Часть I

КОРПУС И ЕГО ОБОРУДОВАНИЕ

gost.e-ecolog.ru

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

1.1.1 Настоящая часть Правил распространяется на водоизмещающие однокорпусные суда и катамараны, суда на подводных крыльях и воздушной подушке с классом Российского Речного Регистра (далее — Речной Регистр) и устанавливает требования к конструкции и конструированию корпуса, общей и местной прочности, вибрационной прочности, устойчивости элементов корпуса, оборудованию помещений и предназначенным для защиты экипажа и пассажиров ограждениям, поручням, переходным мостикам, сходным трапам, иллюминаторам.

Требования настоящей части Правил распространяются на проектируемые суда и суда в постройке, если в соответствующих разделах и главах настоящей части не указано иное.

1.1.2 Требования настоящей части Правил распространяются на корпуса судов из стали, алюминиевых сплавов, железобетона и стеклопластика.

1.1.3 Материалы, применяемые для изготовления элементов конструкции корпуса, должны соответствовать требованиям ч. X Правил.

1.2 ТЕРМИНЫ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.2.1 Термины, относящиеся к общей терминологии Правил, и их определения приведены в 2.1 и 2.2 ч. 0 Правил.

1.2.2 В настоящей части Правил используются следующие термины.

.1 Высота надводного борта — расстояние от верхней кромки палубной линии до верхней кромки линии предельной осадки, измеренное отвесно по борту в сечении по мидель-шпангоуту (определение палубной линии приведено в 1.2.24 ч. II Правил).

.2 Главные размерения судна:

L — длина по конструктивной ватерлинии, м;

B — наибольшая ширина судна по конструктивной ватерлинии, м;

H — высота борта (вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости до линии пересечения теоретических поверхностей борта и верхней палубы судна или их продолжений при закругленном соединении палубы с бортом), м;

T — осадка судна по конструктивную ватерлинию, м;

D — водоизмещение судна при осадке по конструктивную ватерлинию, кН;

V — объемное водоизмещение при осадке по конструктивную ватерлинию, $м^3$;

δ — коэффициент общей полноты водоизмещения.

.3 Конструктивная ватерлиния (КВЛ) — ватерлиния, принятая за основу построения теоретического чертежа и соответствующая полученному предварительным расчетом полному водоизмещению судна.

.4 Кормовой перпендикуляр — линия пересечения диаметральной плоскости с вертикальной поперечной плоскостью, проходящей через крайнюю кормо-

вую точку конструктивной ватерлинии судна.

.5 Машинное отделение — см. 2.2.24 ч. 0 Правил.

.6 Машинные помещения — см. 2.2.25 ч. 0 Правил.

.7 Носовой перпендикуляр — линия пересечения диаметральной плоскости с вертикальной поперечной плоскостью, проходящей через крайнюю носовую точку конструктивной ватерлинии судна.

.8 Осадка — расстояние по вертикали от основной плоскости до данной грузовой ватерлинии, измеренное на миделе.

.9 Отсек — часть внутреннего объема корпуса, ограниченного днищем или вторым дном, бортами или продольными переборками, палубой, если она имеется, или верхней кромкой борта, если палуба отсутствует, и двумя соседними поперечными непроницаемыми переборками или пиковой переборкой и оконечностью.

.10 Палуба переборок — самая верхняя палуба, до которой доведены поперечные водонепроницаемые переборки.

.11 Участки длины судна:

средняя часть — участок длиной $0{,}5L$, считая по $0{,}25L$ в нос и корму от мидель-шпангоута;

носовая оконечность — участок длиной $0{,}15L$ от носового перпендикуляра по направлению к мидель-шпангоуту;

кормовая оконечность самоходного судна — участок между кормовым перпендикуляром и кормовой переборкой машинного отделения или участок длиной $0{,}15L$ от кормового перпендикуляра по направлению к мидель-шпангоуту в зависимости от того, какой участок имеет меньшую длину;

кормовая оконечность несамоходного судна — участок длиной $0{,}15L$ от кормового перпендикуляра по направлению к мидель-шпангоуту;

переходные районы — участки между средней частью и оконечностями.

1.2.3 Обозначения и пояснения, относящиеся к корпусам катамаранов и судов на воздушной подушке, приведены в 4.1.2 и 6.1.7 – 6.1.9.

2 КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ СТАЛЬНОГО КОРПУСА

2.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.1.1 Настоящий раздел устанавливает требования к прочности и размерам основных конструктивных элементов стальных сварных корпусов судов.

2.1.2 Настоящий раздел устанавливает требования к судам, эксплуатирующимся в бассейнах разрядов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О», «Р» и «Л» при расчетных высотах волн, приведеных в табл. 2.1.2.

Таблица 2.1.2

Расчетные высоты волн

Класс судна	Расчетная высота волны, м
«М-СП 4,5»	4,5
«М-СП 3,5»	3,5
«М», «М-ПР»	3,0
«О», «О-ПР»	2,0
«Р»	1,2
«Л»	0,6

2.1.3 Требования 2.1.5 – 2.6, распространяются на суда, соотношения главных размерений которых не превышают значений, указанных в табл. 2.1.3-1 и 2.1.3-2.

Требования настоящего раздела распространяются на суда, указанные в табл. 2.1.3-2, в том случае, если их осадка носом не менее значений, приведенных в табл. 2.1.3-3.

2.1.4 Требования настоящего раздела распространяются на следующие типы судов, длина которых не превышает 140 м:

.1 самоходные трюмные однопалубные сухогрузные суда с кормовым расположением машинного отделения;

.2 самоходные наливные суда с кормовым расположением машинного отделения;

Таблица 2.1.3-1

Максимальное соотношение главных размерений судов классов «М-ПР», «М», «О-ПР», «О», «Р» и «Л»

Типы судов	Максимальное соотношение главных размерений судов классов					
	«М-ПР» и «М»		«О-ПР» и «О»		«Р» и «Л»	
	L/H	B/H	L/H	B/H	L/H	B/H
1. Самоходные и несамоходные сухогрузные трюмные	25	4,0	27	5,0	28	5,0
2. Самоходные наливные	25	4,0	27	5,0	35	6,0
3. Самоходные и несамоходные суда-площадки и несамоходные наливные	25	5,0	35	6,0	40	7,0
4. Пассажирские водоизмещающие	25	4,0	27	5,0	28	5,0
5. Буксиры и толкачи	18	3,5	18	3,5	20	4,0
6. Суда технического флота	20	4,0	20	4,0	22	5,0
7. Рыбопромысловые, разъездные и суда длиной до 25 м	18	3,5	18	3,5	18	4,0

Примечание. Для наливных судов с продольными встроенными цилиндрическими грузовыми емкостями или тронковой палубой, включаемыми в эквивалентный брус, под высотой борта H следует принимать H_1 — высоту от основной плоскости до верхней кромки емкости или тронка.

.3 несамоходные трюмные однопалубные сухогрузные суда;

.4 несамоходные наливные суда;

.5 самоходные суда-площадки с кормовым расположением машинного отделения и несамоходные суда-площадки;

Таблица 2.1.3-2

Максимальное соотношение главных размерений судов классов «М-СП»

Типы судов	Максимальное соотношение главных размерений	
	L/H	B/H
Сухогрузные и наливные	24	3
Пассажирские	25	4
Буксиры	18	3
Ледоколы	18	3,5

Примечания. 1. Для сухогрузных и наливных судов класса «М-СП 4,5» требования раздела применимы при $L/H \le 23$.

2. Для наливных судов с продольными встроенными грузовыми емкостями или тронками, включаемыми в эквивалентный брус, вместо высоты борта H следует принимать H_1 — высоту от основной плоскости до верхней кромки емкости или тронка.

Таблица 2.1.3-3

Требования к осадке судов классов «М-СП», «М-ПР» и «О-ПР»

Минимально допустимая осадка носом*, $T_н$, м, судна класса					
«М-СП»		«М-ПР»		«О-ПР»	
при длине судна L, м					
≤25	≥60	≤25	≥60	≤25	≥60
0,90	1,70	0,75	1,40	0,50	0,90

* Для промежуточных длин судов минимально допустимая осадка носом определяется линейной интерполяцией.

.6 пассажирские суда;

.7 буксиры и толкачи;

.8 суда технического флота;

.9 рыбопромысловые суда;

.10 разъездные суда,

а также на суда классов «М-СП», «М-ПР» и «О-ПР» длиной до 140 м, типы которых указаны в табл. 2.1.3-2 (за исключением пассажирских судов и ледоколов классов «М-СП 4,5»).

2.1.5 Для судов с соотношениями главных размерений, выходящими за пределы, указанные в табл. 2.1.3-1 – 2.1.3-2, а также для судов, типы которых не перечислены в 2.1.4, конструкция и размеры связей должны быть выбраны по результатам дополнительных расчетов, на основании которых может быть обоснована возможность применения требований Правил или равноценных замен.

2.1.6 Конструктивные элементы корпуса должны соответствовать требованиям 2.2, а размеры связей корпусов всех судов — требованиям 2.3 – 2.6. Размеры связей корпусов судов длиной более 50 м, кроме того, должны быть проверены расчетом в соответствии с требованиями 2.2. Проектант может также назначить размеры связей корпуса судна по результатам проведения прямого расчета прочности и проверки устойчивости элементов конструкции корпуса с учетом назначенного им срока службы судна в соответствии с 2.2.83 и требований к судам в эксплуатации, установленных Правилами.

2.1.7 Для каждого сухогрузного и наливного судна должна быть разработана Инструкция по загрузке и разгрузке, подтвержденная необходимыми расчетами прочности, остойчивости и посадки, учитывающими наиболее неблагоприятные случаи нагрузки в процессе загрузки-разгрузки.

Инструкция по загрузке и разгрузке должна содержать следующие данные:

.1 варианты загрузки судна, при которых может быть разрешено его плавание, включая неполную загрузку и допустимую перегрузку при определенных условиях, с указанием соответствующих осадок судна;

.2 условия постановки судна под загрузку — наличие балласта на судне и возможность одновременного проведения операции по загрузке, разгрузке и балластировке, а также методы контроля;

.3 допустимость выполнения загрузки и разгрузки в условиях волнения на открытых акваториях, а также разряд бассейна акватории, на которой допускается выполнение грузовых операций, и допускаемое при этом волнение;

.4 порядок действий в аварийных случаях — затопление отдельных трюмов или отсеков судна;

.5 режимные мероприятия в соответствии с правилами и инструкциями по перевозке сыпучих грузов;

.6 допускаемую неравномерность загрузки судна как по трюмам, так и внутри трюмов по длине и ширине;

.7 допускаемые значения удельных нагрузок при равномерном распределении груза с учетом указанной в .6 неравномерности, а также при перевозке сосредоточенных грузов и тяжеловесов;

.8 допускаемое количество слоев груза и порядок выполнения работ по его загрузке и разгрузке;

.9 рекомендуемые способы укладки и закрепления груза;

.10 характерные особенности загрузки и разгрузки наливных судов: порядок заполнения отсеков, допускаемые производительности грузовых систем с учетом требовании по обеспечению электростатической искробезопасности, методы контроля уровня груза в танках и осадок судна, допустимые перепады уровней грузов по отсекам, уменьшение производительности налива в начальный период, перед окончанием загрузки и т. п.;

.11 информацию о возможности и порядке ускоренной загрузки и разгрузки, исходя из типа и наибольшей производительности механизированных средств и подачи грузовых систем, числа поперечных и продольных переборок и т. п.

2.1.8 Материалы, применяемые для изготовления элементов конструкций корпуса, регламентированных настоящим разделом Правил, должны соответствовать требованиям ч. X Правил.

2.1.9 Допускается применение сталей нормальной прочности (см. 2.2 ч. X Правил) с пределом текучести 235 МПа и повышенной прочности с пределом текучести до 390 МПа включительно.

Примечание. Стальной прокат применяется на следующих условиях:

сталь марок D, E, D27S, E27S, D32, E32, D36, E36, D40, D40S, E40, E40S (см. 2.2 ч. X Правил) любой толщины применяется без ограничений;

сталь марок B, A27S, A32, A36, A40, A40S (см. 2.2 ч. X Правил) применяется для судов всех классов, кроме ледового пояса;

сталь марки A применяется:

на судах всех классов длиной 25 м и более, кроме ледового пояса и конструкций упорных и сцепных устройств и кроме конструкций, участвующих в обеспечении общей прочности;

на судах всех классов длиной менее 25 м, кроме ледового пояса и конструкций упорных и сцепных устройств.

2.1.10 Значения моментов сопротивления поперечного сечения балок набора корпуса, вычисляемых по формулам, приведенным в 2.4, соответствуют стали с R_{eH}, равным 235 МПа. В случае применения для корпусных конструкций стали повышенной прочности эти моменты сопротивления следует уменьшить пропорционально отношению $235/(k_{н}R_{eH})$, где $k_{н}$ — коэффициент, определяемый по формуле (2.2.67-3), а R_{eH} — предел текучести примененной стали повышенной прочности.

2.1.11 При пользовании таблицами настоящего раздела Правил промежуточные значения параметров следует определять линейной интерполяцией.

2.2 РАСЧЕТЫ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ

Расчетные нагрузки при общем изгибе

2.2.1 Для вычисления изгибающих моментов $M_{тв}$ и перерезывающих сил $N_{тв}$ на тихой воде[1] следует интегрировать кривую нагрузки не менее чем по 21 равноотстоящей ординате. Для судов всех типов и назначений должны быть рассмотрены наиболее неблагоприятные возможные варианты нагрузки.

2.2.2 Расчетные варианты нагрузки для сухогрузных и наливных судов:

.1 порожнем без балласта — с 10 и 100 % запасов и топлива;

.2 порожнем с балластом — с 10 и 100 % запасов и топлива;

[1] Тихой водой считается акватория со скоростью течения менее 0,1 км/ч и спокойной поверхностью (допускается мелкая рябь) при ветре до 3 м/с.

.3 в полном грузу при распределении груза, установленном инструкцией по загрузке и разгрузке;

.4 при других неблагоприятных вариантах нагрузки — перевозке тяжеловесов, неполном использовании грузоподъемности судна;

.5 в процессе загрузки и разгрузки.

2.2.3 Расчетные варианты нагрузки для буксиров и толкачей:

.1 с 10 % запасов и топлива, с балластом и без него;

.2 со 100 % запасов и топлива, с балластом и без него.

2.2.4 Расчетные варианты нагрузки для пассажирских судов:

.1 порожнем без груза и пассажиров — с 10 и со 100 % запасов и топлива;

.2 в полном грузу и с пассажирами — с 10 и со 100 % запасов и топлива.

2.2.5 Расчетные случаи состояния нагрузки для судов технического флота:

.1 с 10 и 100 % запасов и топлива, с балластом и без него в состоянии попоходному;

.2 с 10 и 100 % запасов и топлива, с балластом и без него в рабочем состоянии.

2.2.6 Расчетные случаи состояния нагрузки для других судов, не указанные в 2.2.2 – 2.2.5, определяются технической документацией, согласованной Речным Регистром, исходя из их назначения и конструктивных особенностей.

2.2.7 Должны быть рассмотрены расчетные случаи нагрузки (за исключением случая 2.2.2.5), при которых затопление отсеков (см. 4.2 и 4.3 ч. II Правил) вызывает увеличение изгибающих моментов.

2.2.8 Для сухогрузных судов в случае, указанном в 2.2.2.3, $M_{тв}$ и $N_{тв}$ следует определять в предположении, что 5 % (у судов для местных перевозок минеральностроительных материалов — 7,5 %) общего количества принятого на судно груза перенесено из трюмов (с грузовой палубы) в средней части судна в трюмы (на грузовую палубу) у оконечностей (рис. 2.2.8-1 и 2.2.8-2) или наоборот.

2.2.9 Значения $M_{тв}$ и $N_{тв}$ на тихой воде допускается определять с учетом гибкости корпуса. В этом случае расчеты должны выполняться по методике, согласованной Речным Регистром. В качестве характеристик жесткости корпуса должны использоваться моменты инерции площади поперечного сечения корпуса при строительных толщинах, определенные без учета редуцирования связей корпуса.

2.2.10 Дополнительный волновой изгибающий момент на миделе судов классов «М», «О», «Р» и «Л» определяется по формуле, кН·м,

$$M_{дв} = \pm(k_р M_в + M_у), \qquad (2.2.10\text{-}1)$$

где $M_в$ — изгибающий момент, вызванный непосредственным действием волнения (волновой изгибающий момент), кН·м;

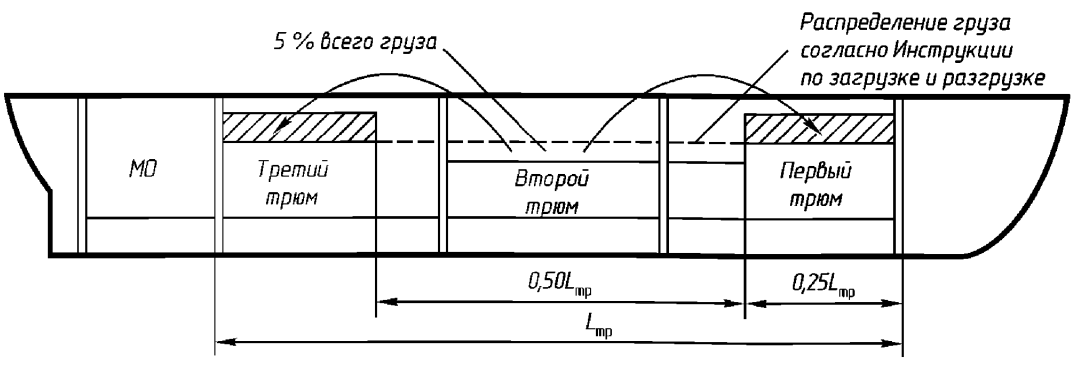


Рис. 2.2.8-1. Перераспределение груза при равномерной загрузке

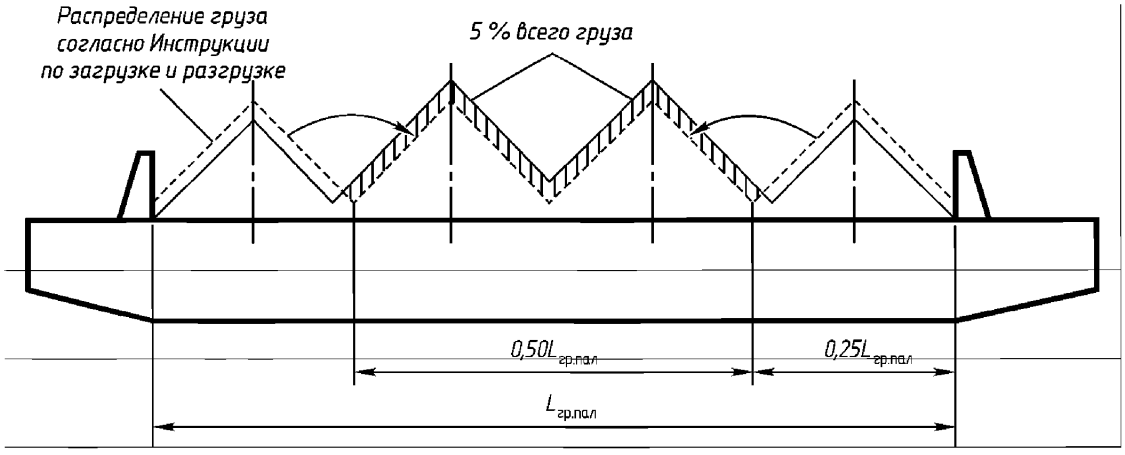


Рис. 2.2.8-2. Перераспределение груза при загрузке горками

$k_р$ — коэффициент, учитывающий влияние волновой вибрации;

$M_у$ — изгибающий момент, вызванный ударом волн в носовую оконечность (ударный изгибающий момент), кН·м.

Волновой изгибающий момент определяется по формуле, кН·м,

$$M_в = 0,255\varepsilon k_\delta k_т k_в B L^2 h, \qquad (2.2.10\text{-}2)$$

где h — высота волны, определяемая по табл. 2.1.2, м;

ε — коэффициент, определяемый по табл. 2.2.10-1;

Таблица 2.2.10-1

Значения параметров для определения составляющих дополнительного волнового момента

Разряд бассейна	Значения параметров			
	ε	η	$\omega_{ср}$, $с^{-1}$	v_1, м/с
«М»	0,920	1,000	1,18	5,42
«О»	0,805	0,874	1,64	4,14
«Р»	0,848	0,874	2,22	3,21
«Л»	0,874	0,874	3,28	2,26

коэффициенты k_δ, $k_т$, $k_в$ вычисляются по формулам:

$$k_\delta = \exp\left[-1,6\left(1-\delta\right)\right]; \qquad (2.2.10\text{-}3)$$

$$k_т = \exp\left\{-1,14T\delta/\left[\eta h\left(2\delta+1\right)\right]\right\}; \qquad (2.2.10\text{-}4)$$

$$k_в = \left\{1-\exp\left[-0,19\delta B/\left(\eta h\right)\right]\right\}\eta h/\left(0,19\delta B\right); \qquad (2.2.10\text{-}5)$$

δ — коэффициент полноты водоизмещения;

η — коэффициент, принимаемый по табл. 2.2.10-1.

Перечисленные коэффициенты могут также быть определены по табл. 2.2.10-2 – 2.2.10-4, в которых величины a и b вычисляются по формулам:

$$a = 3T\delta/\left(2\delta+1\right); \qquad (2.2.10\text{-}6)$$

$$b = \delta B. \qquad (2.2.10\text{-}7)$$

Значения L, B, T и δ следует определять при посадке судна, соответствующей расчетному случаю нагрузки при вычислении изгибающего момента на тихой воде $M_{тв}$.

Таблица 2.2.10-2

Значения коэффициента k_δ в зависимости от δ

δ	k_δ	δ	k_δ
0,55	0,487	0,80	0,726
0,60	0,527	0,85	0,787
0,65	0,571	0,90	0,852
0,70	0,619	0,95	0,923
0,75	0,670	1,00	1,000

Коэффициент $k_р$ рассчитывается по формуле:

$$k_р = \psi\left\{1+\omega_к^2\Big/\left[\sigma^2\sqrt{\left(1-\omega_к^2/\sigma^2\right)^2+\left(2k_\mu\omega_к/\sigma\right)^2}\right]\right\}, \qquad (2.2.10\text{-}8)$$

где $\omega_к$ — частота волны, наблюдаемая с движущегося судна, $с^{-1}$:

$$\omega_к = \omega_{ср} + 1,92\, k_v v_{тв}/L; \qquad (2.2.10\text{-}9)$$

Таблица 2.2.10-3

Значения коэффициента $k_т$ в зависимости от разряда бассейна и параметра a

a, м	Значения $k_т$ для бассейна разряда			
	«М»	«О»	«Р»	«Л»
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5	0,939	0,897	0,834	0,696
1,0	0,881	0,805	0,696	0,485
1,5	0,827	0,722	0,581	0,337
2,0	0,776	0,647	0,485	0,235
2,5	0,729	0,581	0,404	0,163
3,0	0,684	0,521	0,337	0,114
3,5	0,642	0,467	0,281	0,079
4,0	0,603	0,419	0,235	0,055
4,5	0,566	0,376	0,196	0,038

Таблица 2.2.10-4

Значения коэффициента $k_в$ в зависимости от разряда бассейна и параметра b

b, м	Значения $k_в$ для бассейна разряда			
	«М»	«О»	«Р»	«Л»
3,0	0,911	0,853	0,771	0,610
6,0	0,832	0,735	0,610	0,408
9,0	0,762	0,638	0,493	0,295
12,0	0,700	0,559	0,408	0,227
15,0	0,646	0,493	0,344	0,183
18,0	0,597	0,439	0,295	0,153
21,0	0,553	0,393	0,257	0,131
24,0	0,514	0,355	0,227	0,115
27,0	0,479	0,323	0,203	0,102
30,0	0,448	0,295	0,183	0,092

$\omega_{ср}$ — частота волны, $с^{-1}$, определяется по табл. 2.2.10-1;

$$\sigma = k_s\sqrt{I\Big/\left\{\left[1,2+B\big/(3T)\right]DL^3\right\}}; \qquad (2.2.10\text{-}10)$$

$$k_\mu = 0{,}0612\ (1 - 0{,}047\sigma - 0{,}0077\sigma^2) \ge 0; \qquad (2.2.10\text{-}11)$$

(коэффициент k_μ нельзя принимать меньше нуля);

k_v — коэффициент, определяемый по формуле:

$$k_v = 1 - 19{,}9h/L + 143\left(h/L\right)^2, \qquad (2.2.10\text{-}12)$$

$v_{тв}$ — скорость хода судна на тихой воде для расчетного случая нагрузки, км/ч;

k_s — коэффициент, равный для судов:

грузовых	$123\cdot10^4$
пассажирских	$117\cdot10^4$
буксиров и толкачей	$104\cdot10^4$

I — момент инерции площади миделевого сечения эквивалентного бруса, вычисляемый при проектных (строительных) толщинах и редукционных коэффициентах связей, равных единице, $м^4$;

D — водоизмещение судна, соответствующее расчетному случаю нагрузки, кН;

ψ — коэффициент, определяемый по формулам:

при $0 \le \omega_к/\sigma \le 1{,}0$

$$\psi = \cos\left[1{,}3\left(\omega_к/\sigma\right)^2\right]; \qquad (2.2.10\text{-}13)$$

при $1{,}0 < \omega_к/\sigma \le 1{,}4$

$$\psi = 2{,}167\,\omega_к/\sigma - 1{,}9. \qquad (2.2.10\text{-}14)$$

Ударный изгибающий момент определяется по формуле, кН·м,

$$M_у = k_у\varphi_1 DL, \qquad (2.2.10\text{-}15)$$

в которой

$$k_у = 5{,}3\cdot10^{-4}\varphi_0\sigma v_0; \qquad (2.2.10\text{-}16)$$

φ_1 – коэффициент, равный:

$\varphi_1 = 1$ при $T_н \le T_н^0$;

$\varphi_1 = 3 - 2T_н/T_н^0$ при $T_н^0 < T_н < 1{,}5T_н^0$;

$\varphi_1 = 0$ при $T_н \ge 1{,}5T_н^0$;

$T_н$ — осадка носом для расчетного случая нагрузки, м;

$T_н^0$ — «пороговая» осадка носом, равная, м:

$$T_н^0 = \left(0{,}68 + 0{,}21k_v v_{тв}/\sqrt{L}\right)\eta h; \qquad (2.2.10\text{-}17)$$

φ_0 — коэффициент, равный

$$\varphi_0 = 1 - 1{,}03b_0 + b_0^2 - 0{,}417b_0^3, \qquad (2.2.10\text{-}18)$$

$$b_0 = 4{,}32\sqrt{\delta\left(B/L\right)\left(T/L\right)}; \qquad (2.2.10\text{-}19)$$

величина v_0 вычисляется по формуле,

$$v_0 = \left(0{,}336 + 0{,}104\,k_v v_{тв}/\sqrt{L}\right)v_1 + 0{,}024k_v v_{тв}; \qquad (2.2.10\text{-}20)$$

величина v_1 принимается по табл. 2.2.10-1.

Значение дополнительного волнового изгибающего момента для судов классов

«Р» и «Л» должно быть принято постоянным на протяжении $0,5L$ в средней части судна и уменьшаться к оконечностям до нуля по линейной зависимости (рис. 2.2.10). Для судов классов «М» и «О» границы постоянного участка эпюры должны отстоять в нос и корму от мидель-шпангоута судна не менее, чем на $0,15L$.

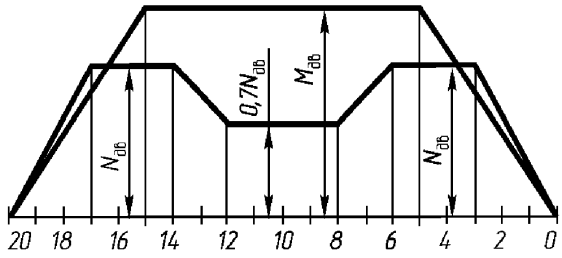


Рис. 2.2.10. Эпюры дополнительных волнового момента и перерезывающей силы

Максимальное значение дополнительной волновой перерезывающей силы $N_{дв}$ определяется по формуле, кН:

$$N_{дв} = 4M_{дв}/L. \qquad (2.2.10\text{-}21)$$

Эпюра дополнительных волновых перерезывающих сил должна быть принята в соответствии с рис. 2.2.10.

2.2.11 Дополнительный волновой изгибающий момент судов классов «М-СП», «М-ПР» и «О-ПР» следует определять с помощью следующей зависимости, кН·м:

$$M_{дв} = \pm 9,81 k_0 k_1 k_2 k_3 \delta B L^2 h, \qquad (2.2.11\text{-}1)$$

где k_0 — коэффициент, вычисляемый по формуле:

$$k_0 = 1,24 - 1,7B/L \le 1,0; \qquad (2.2.11\text{-}2)$$

k_1 — коэффициент, в зависимости от длины судна L определяемый по табл. 2.2.11;

k_2 — коэффициент, в зависимости от длины судна L и осадки носом $T_н$ определяемый по формуле:

$$k_2 = 2 - 20T_н/L \ge 1,0; \qquad (2.2.11\text{-}3)$$

k_3 — коэффициент, значения которого для судов класса «М-СП 4,5» принимают равным 1,114 применительно к судам длиной 25 и 60 м, 1,277 применительно к судам длиной 100 м и 1,367 применительно к судам длиной 140 м, при этом значения k_3 для промежуточных длин судна следует определять линейной интерполяцией. Для судов всех остальных классов k_3 = 1,0 независимо от их длины.

δ — коэффициент полноты водоизмещения;

h — расчетная высота волны, принимаемая в соответствии с табл. 2.1.2.

Таблица 2.2.11

Значения коэффициента k_1

Класс судна	Значения коэффициента k_1* при длине судна, м			
	25	60	100	140
«М-СП»	0,0147	0,0147	0,0147	0,0137
«М-ПР»	0,0143	0,0147	0,0137	0,0120
«О-ПР»	0,0154	0,0154	0,0114	0,0089
* Значения k_1 для промежуточных длин судна следует определять линейной интерполяцией.				

Значения L, $T_н$ и δ следует принимать исходя из расчетного случая нагрузки при определении изгибающего момента на тихой воде.

Дополнительный волновой изгибающий момент принимают постоянным на длине $0,3L$ в средней части судна и уменьшающимся к оконечностям до нуля по линейной зависимости (см. рис. 2.2.10).

2.2.12 Расчетные значения изгибающих моментов для прогиба и перегиба в расчетном сечении корпуса следует вычислять алгебраическим суммированием значений изгибающих моментов на тихой воде с дополнительным волновым изгибающим моментом в этом сечении, кН·м:

$$M_р = M_{тв} + M_{дв}. \qquad (2.2.12\text{-}1)$$

Для пассажирских судов класса «М-СП» длиной 50 м и более значение изгибающего момента на тихой воде $M_{тв}$ должно вычисляться в соответствии с 2.2.4 и приниматься по абсолютной величине не менее определяемого по формуле, кН·м:

$$M_{тв} = \pm k_{тв} \delta B L^2, \qquad (2.2.12\text{-}2)$$

где δ — коэффициент полноты водоизмещения;

$k_{тв}$ — коэффициент, определяемый по формуле:

$$k_{тв} = k_\sigma k_L k_\delta - 34,34\, k_0 k_1 k_2 \geq 0; \quad (2.2.12\text{-}3)$$

k_σ — коэффициент, определяемый по табл. 2.2.12-1;

Таблица 2.2.12-1

Значения коэффициента k_σ

Характеристика связей корпуса	k_σ при R_{eH}, МПа			
	235	315	355	390
Участвующие в общем изгибе:				
не несущие местную нагрузку	1,645	1,572	1,585	1,598
несущие местную нагрузку	1,410	1,474	1,534	1,591

k_L — коэффициент, определяемый с помощью уравнения:

$$k_L = \left(0,171 - 2,516 \cdot 10^{-3} L + 2,446 \cdot 10^{-5} L^2\right) \Big/ \left(1 - 1,768 \cdot 10^{-2} L + 1,888 \cdot 10^{-4} L^2\right) \quad (2.2.12\text{-}4)$$

или принимаемый по табл. 2.2.12-2;

Таблица 2.2.12-2

Значения коэффициента k_L

L	k_L	L	k_L
50	0,257	110	0,381
65	0,315	125	0,370
80	0,366	140	0,351
95	0,392		

k_1 — коэффициент, определяемый по табл. 2.2.11.

2.2.13 Расчетные значения перерезывающих сил для прогиба и перегиба в расчетном сечении корпуса следует определять суммированием абсолютных значений перерезывающей силы на тихой воде и дополнительной волновой перерезывающей силы в этом сечении, кН:

$$N_р = |N_{тв}| + |N_{дв}|. \quad (2.2.13)$$

2.2.14 Наибольшие расчетные изгибающие моменты и перерезывающие силы следует определять в соответствии с требованиями 2.2.12 и 2.2.13 при расчетных случаях нагрузки в соответствии с 2.2.2 – 2.2.7.

2.2.15 Для расчетного случая по 2.2.2.5, если загрузка и разгрузка в условиях волнения не установлена проектной документацией, согласованной Речным Регистром, то в формулах (2.2.12) и (2.2.13) значения $M_{дв}$ и $N_{дв}$ не должны приниматься менее 0,7 соответствующих значений, определенных в соответствии с указаниями 2.2.10 для судна класса «Л». Если проектной документацией, согласованной Речным Регистром, установлено проведение грузовых операций в незащищенных акваториях, то $M_{дв}$ и $N_{дв}$ определяются по формулам (2.2.10-1) и (2.2.10-21) для судна, эксплуатирующегося в бассейне того разряда, в которую входит эта акватория.

Значения $M_{дв}$ и $N_{дв}$ в процессе загрузки и разгрузки следует рассчитывать с учетом размещения груза по длине судна в соответствии с 2.2.8.

Расчетные местные нагрузки

2.2.16 Местную нагрузку следует вычислять для следующих случаев состояния нагрузки судна:

.1 в полном грузу;

.2 порожнем или в балласте;

.3 в процессе загрузки и разгрузки (для грузовых судов);

.4 в процессе испытания корпусов судов на непроницаемость и герметичность;

.5 при затоплении отсеков в соответствии с 4.2 и 4.3 ч. II Правил;

.6 при других неблагоприятных условиях эксплуатации судна.

2.2.17 Местную прочность конструкции следует проверять на те нагрузки, которые вызывают наибольшие напряжения.

Прочность продольных балок корпуса проверяется по суммарным напряжениям, возникающим от общего продольного изгиба судна и местной нагрузки.

2.2.18 Расчетную местную нагрузку следует задавать давлением, значение которого следует принимать равным наибольшему из значений, полученных по приведенным в 2.2.19 – 2.2.29 формулам в соответствии с типом судна, допускаемыми состояниями нагрузки и формой кор-

пуса. В этих формулах используются следующие обозначения:

H_c — высота борта судна в рассматриваемом сечении, м;

$T_{гр}$ — осадка судна в полном грузу в рассматриваемом сечении, м;

$T_п$ — осадка судна порожнем в рассматриваемом сечении, м;

$T_б$ — осадка судна в балласте в рассматриваемом сечении, м;

$h_б$ — высота балластной цистерны до верха воздушной трубы, м;

$h_ш$ — высота расширительной шахты грузового отсека наливного судна, м;

$h_к$ — напор водяного столба, соответствующий избыточному давлению, на которое сконструирован и рассчитан дыхательный клапан в газоотводных трубах, м;

r — полувысота волны, м (высота волны принимается в соответствии с данными табл. 2.1.2 независимо от устанавливаемого судну ограничения по допустимой высоте волны). Для судов класса «М-СП 4,5» расчетная полувысота волны в общем случае должна приниматься равной r = 2,35 м. При указанной выше полувысоте расчетной волны вычисляют также моменты сопротивления поперечного сечения балок набора по формулам, приведенным в 2.4;

$p_{гр}$ — давление груза или топлива без учета неравномерности его распределения, кПа;

$H_т$ — высота трюма судна в рассматриваемом сечении от основной плоскости, м;

$p_н$ — давление груза, вычисленное с учетом неравномерности его распределения в соответствии с 2.2.19, кПа;

$\gamma_г$ — удельный вес навалочного либо жидкого груза, кН/м^3;

$h_{дд}$ — высота двойного дна, м.

2.2.19 Давление груза $p_н$ вычисляется с учетом неравномерности его распределения по формулам, кПа:

.1 для сухогрузных судов

$$p_н = k_н\, p_{гр}, \qquad (2.2.19.1)$$

где $k_н$ — коэффициент неравномерности давления груза, принимаемый (кроме судов, перевозящих навалочные грузы горками или штабелем) равным 1,25 при расчете рамного набора и 1,50 при расчете холостого набора и пластин;

.2 для наливных судов

$$p_н = p_{гр} \pm \Delta p_н, \qquad (2.2.19.2)$$

где $\Delta p_н$ — расчетная допустимая неравномерность давления груза по трюмам для вариантов нагрузки, предусмотренных инструкцией по загрузке и разгрузке;

.3 для сухогрузных судов, перевозящих навалочные грузы горками, при расчете холостого набора и пластин

$$p_н = \gamma_г \left[\left(H_г - h\right) \Big/ \left(1{,}13 + 0{,}48\theta + 0{,}15\theta^2\right) + h \right], \qquad (2.2.19.3\text{-}1)$$

где $H_г$ — высота горки, м, определяемая по массе груза в горке, увеличенной на 10 % (у судов для местных перевозок минерально-строительных материалов — на 15 %) для учета неравномерности погрузки;

θ — угол естественного откоса навалочного груза, рад;

h — приведенная высота горки, определяемая по формуле, м:

$$h = H_г - \operatorname{tg}\theta \left(L_г + B_г + \sqrt{L_г^2 + B_г^2} \right) \Big/ 6\,. \qquad (2.2.19.3\text{-}2)$$

Здесь $L_г$, $B_г$ — соответственно длина и ширина части грузового настила, на которой находится одна горка груза, м.

Если в результате вычисления по формуле (2.2.19.3-2) получится $h < 0$, то следует принять $h = 0$.

.4 для сухогрузных судов, перевозящих навалочные грузы штабелем, при расчете холостого набора и пластин

$$p_н = \gamma_г \left[\left(H_{шт} - h_{шт}\right) \Big/ \left(1{,}07 + 0{,}33\theta\right) + h_{шт} \right], \qquad (2.2.19.4)$$

где $h_{шт}$ — высота прямоугольной части поперечного сечения штабеля, м;

$H_{шт}$ — полная высота штабеля, определяемая по массе груза в единице длины штабеля, увеличенной на 10 % (у судов для местных перевозок минерально-строительных материалов — на 15 %) для учета неравномерности погрузки, м;

.5 для сухогрузных судов, перевозящих навалочные грузы горками, при расчете рамного набора давление груза считается распределенным неравномерно по площади настила. Внутри окружности с центром в центре горки и с радиусом

$$r_1 = (0,12 + 0,39\theta) R_1, \qquad (2.2.19.5\text{-}1)$$

где R_1 — радиус конической части горки, определяемый по формуле, м:

$$R_1 = (H_г - h)\operatorname{ctg}\theta, \qquad (2.2.19.5\text{-}2)$$

давление постоянно и равно давлению $p_н$, вычисляемому по формуле (2.2.19.3-1).

Внутри кольца $r_1 \le r_м \le R_1$ давление меняется вдоль радиуса по линейному закону

$$p_м = p_р + (p_н - p_р)(R_1 - r_м)/(R_1 - r_1), \qquad (2.2.19.5\text{-}3)$$

где $r_м$ — отстояние точки M, в которой вычисляется давление $p_м$, от центра горки, м;

$p_р$ — составляющая, равная

$$p_р = \gamma_г h. \qquad (2.2.19.5\text{-}4)$$

В точках опорного прямоугольника с радиусом-вектором $r_м > R_1$ давление

$$p_м = p_р. \qquad (2.2.19.5\text{-}5)$$

.6 при расчете рамного набора сухогрузных судов, перевозящих навалочные грузы штабелем, давление груза следует считать равномерно распределенным по длине штабеля и неравномерно распределенным в поперечном направлении. В средней части настила под штабелем давление следует считать постоянным и равным давлению $p_н$, вычисленному по формуле (2.2.19.4).

Под средней частью понимается район, в котором

$$y_м \le (0,037+0,165\theta)B_{шт}, \qquad (2.2.19.6\text{-}1)$$

где $B_{шт}$ — ширина штабеля, м,

$y_м$ — отстояние точки, в которой определяется давление, от продольной оси штабеля на грузовом настиле, м.

По краям штабеля давление груза следует считать распределенным в поперечном направлении по линейному закону

$$p_м = p_н - (p_н - \gamma_г h_{шт}) \times \times [2y_м/B_{шт} - (0,074 + 0,329\theta)]/(0,926 - 0,329\theta); \qquad (2.2.19.6\text{-}2)$$

.7 при расчете рамного набора сухогрузных судов, перевозящих навалочные грузы горками, давление груза допускается считать равномерно распределенным по площади настила, если ширина горки не меньше ширины грузового бункера. В этом случае следует использовать формулу (2.2.19.1), в которой коэффициент неравномерности

$$k_н = (1,6 + 0,2\,L_т/B_г)\cdot\left[1 - 0,77(L_т/B_г)^{0,7}/\right. \left.\Big/\left(K_ж + 3,6\right)\right]^{1,5}(1,1 - \gamma_г h/p_{гр}) + \gamma_г h/p_{гр}, \qquad (2.2.19.7\text{-}1)$$

где $K_ж$ — коэффициент:

$$K_ж = n_{гб} I_{гб} (L_т/B_г)^3/(n_п I_п); \qquad (2.2.19.7\text{-}2)$$

$n_{гб}$ — число балок главного направления (поперечных балок), приходящихся на одну горку;

$n_п$ — число перекрестных связей (продольных балок) в перекрытии;

$I_{гб}$, $I_п$ — моменты инерции площади поперечного сечения относительно нейтральной оси соответственно балок главного направления и перекрестных связей;

h — приведенная высота, вычисляемая по формуле (2.2.19.3-2).

Коэффициент неравномерности следует принимать не менее 1,25.

.8 при расчете рамного набора сухогрузных судов, перевозящих навалочные грузы штабелем, давление груза допускается считать равномерно распределенным по площади настила, если ширина штабеля не меньше ширины грузового бункера. В этом случае следует использовать формулу (2.2.19.1), в которой коэффициент неравномерности

$$k_н = 1,46 - 0,33\,\gamma_г h_{шт}/p_{гр}, \qquad (2.2.19.8)$$

где $h_{шт}$ — высота прямоугольной части поперечного сечения штабеля.

Коэффициент неравномерности следует принимать не менее 1,25.

2.2.20 Расчетную нагрузку в носовой оконечности судна считают распределенной равномерно (по прямоугольнику) для днища и по треугольнику или трапеции по высоте борта. Для днища ее принимают равной, кПа:

.1 при клинообразной форме носовой оконечности

$$p = 9{,}81\left(T_{\text{гр}} + 2r\right); \qquad (2.2.20.1)$$

.2 при ложкообразной форме носовой оконечности

$$p = 9{,}81\left(T_{\text{гр}} + 2{,}5r\right); \qquad (2.2.20.2)$$

.3 при санообразной форме носовой оконечности

$$p = 9{,}81\left(T_{\text{гр}} + 3r\right). \qquad (2.2.20.3)$$

2.2.21 Расчетную нагрузку в кормовой оконечности судна считают распределенной так же, как указано в 2.2.20 для носовой оконечности, и для днища принимают равной, кПа:

$$p = 9{,}81\left(T_{\text{гр}} + r\right). \qquad (2.2.21)$$

2.2.22 Давление на днище в районе балластных отсеков следует принимать равным, кПа,

$$p = 9{,}81\left(h_{\text{б}} - T_{\text{б}} + r\right), \qquad (2.2.22\text{-}1)$$

но не более

$$p = 9{,}81h_{\text{б}}. \qquad (2.2.22\text{-}2)$$

2.2.23 Расчетную нагрузку на днище и внутреннее дно, за исключением оконечностей, определяют по формулам, кПа:

.1 для холостого набора и обшивки днища всех отсеков при отсутствии противодавления груза или балласта и состоянии судна:

в грузу $p = 9{,}81\left(T_{\text{гр}} + r\right);$ (2.2.23.1-1)

порожнем $p = 9{,}81\left(T_{\text{п}} + r\right);$ (2.2.23.1-2)

в балласте $p = 9{,}81\left(T_{\text{б}} + r\right);$ (2.2.23.1-3)

.2 для рамного набора грузовых трюмов сухогрузного судна при состоянии в грузу

$$p = p_{\text{н}} - 9{,}81\left(T_{\text{гр}} - r\right); \qquad (2.2.23.2\text{-}1)$$

для рамного набора отсеков, не испытывающих противодавления груза (судаплощадки, отсеки машинных отделений, жилые отсеки пассажирских и буксирных судов)

$$p = 9{,}81\left(T_{\text{гр}} + r\right); \qquad (2.2.23.2\text{-}2)$$

при состоянии порожнем с балластом в двойном дне

$$p = 9{,}81\left(T_{\text{б}} + r - h_{\text{дд}}\right), \qquad (2.2.23.2\text{-}3)$$

где $h_{\text{дд}}$ — высота двойного дна, м;

при состоянии порожнем с балластом вне двойного дна

$$p = 9{,}81\left(T_{\text{б}} + r\right); \qquad (2.2.23.2\text{-}4)$$

при состоянии порожнем без балласта

$$p = 9{,}81\left(T_{\text{п}} + r\right); \qquad (2.2.23.2\text{-}5)$$

.3 для холостого набора и обшивки днища грузовых отсеков наливного судна при состоянии в грузу:

при отсутствии двойного дна при полностью заполненном отсеке

$$p = \gamma_{\text{г}}\left(H_{\text{т}} + h_{\text{ш}}\right) - 9{,}81\left(T_{\text{гр}} - h_{\text{к}} - r\right); \qquad (2.2.23.3\text{-}1)$$

при не полностью заполненном отсеке

$$p = p_{\text{н}} - 9{,}81\left(T_{\text{гр}} - r - h_{\text{к}}\right); \qquad (2.2.23.3\text{-}2)$$

при наличии двойного дна p принимается по формуле (2.2.23.2-2);

при состоянии порожнем с балластом в двойном дне — по формулам (2.2.22-1) и (2.2.22-2); порожнем с балластом вне двойного дна — по формуле (2.2.23.2-4); порожнем без балласта — по формуле (2.2.23.2-5).

.4 для холостого набора и настила внутреннего дна сухогрузного судна:

при состоянии в грузу

$$p = p_{\text{н}}; \qquad (2.2.23.4\text{-}1)$$

при состоянии порожнем с балластом в двойном дне

$$p = 9{,}81\left(h_{\text{б}} - h_{\text{дд}}\right), \qquad (2.2.23.4\text{-}2)$$

где $h_{\text{дд}}$ принимается в соответствии с 2.2.23.2.

.5 для холостого набора и настила внутреннего дна наливного судна при состоянии в грузу:

при полностью заполненном отсеке

$$p = \gamma_г \left(H_г - h_{дд} + h_ш\right) + 9{,}81 h_к ; \quad (2.2.23.5\text{-}1)$$

при неполностью заполненном отсеке

$$p = p_и + 9{,}81 h_к ; \quad (2.2.23.5\text{-}2)$$

.6 для рамного набора грузовых отсеков наливного судна при состоянии в грузу нагрузка вычисляется по формуле (2.2.23.3-1).

2.2.24 При расчете рамного и холостого набора и обшивки бортов нагрузку на борта считают распределенной по высоте борта по треугольнику или трапеции.

Давление на борта и внешние борта судов с двойными бортами на уровне днища (за исключением оконечностей) принимают равным:

для всех судов, за исключением района балластных отсеков и района грузовых отсеков наливных судов — по формуле (2.2.23.2-2);

в районе грузовых отсеков наливных судов — по формуле (2.2.23.3-1) или (2.2.23.3-2);

в районе балластных отсеков — по формулам (2.2.22-1) и (2.2.22-2).

Давление на внутренние борта судов с двойными бортами и двойным дном на уровне второго дна принимают равным, кПа:

для наливных судов — по формуле (2.2.23.5-1) или (2.2.23.5-2),

для сухогрузных судов

$$p = 9{,}81\left(H_с - h_{дд}\right), \quad (2.2.24\text{-}1)$$

для судов, принимающих балласт в междубортное пространство,

$$p = 9{,}81\left(H_б - h_{дд}\right), \quad (2.2.24\text{-}2)$$

но не менее, чем по формуле (2.2.24-1).

2.2.25 Расчетную нагрузку на прочные непроницаемые переборки судна считают распределенной по треугольнику или трапеции и равной на уровне днища, кПа:

.1 для переборки форпика судов всех типов и классов, для всех переборок пассажирских судов классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М» и «О», для переборки ахтерпика толкаемых судов всех классов

$$p = 9{,}81 H_с ; \quad (2.2.25.1)$$

.2 для переборок, разграничивающих отсеки или цистерны судов всех типов и классов (кроме переборок грузовых отсеков наливных судов)

$$p = p_н , \quad (2.2.25.2)$$

где $p_н$ принимается в соответствии с 2.2.19;

.3 для остальных переборок судов всех типов и классов

$$p = 5{,}9 H_с . \quad (2.2.25.3)$$

.4 для переборок грузовых отсеков наливных судов

$$p = \gamma_г \left(H_г + h_ш\right) + 9{,}81 h_к . \quad (2.2.25.4)$$

2.2.26 Расчетную нагрузку на палубное перекрытие принимают равной, кПа:

.1 для грузовой палубы сухогрузных судов

$$p = p_н , \quad (2.2.26.1)$$

где $p_н$ принимается в соответствии с 2.2.19;

.2 для палубы наливных судов в районе грузовых отсеков

$$p = 9{,}81\left(h_ш + h_к\right); \quad (2.2.26.2)$$

.3 для открытых, не предназначенных для размещения груза участков палуб корпуса судов всех типов, кроме наливных:

$$p = 5; \quad (2.2.26.3)$$

.4 для закрытых участков палуб корпуса, надстроек и рубок, предназначенных для пассажиров и размещения экипажа,

$$p = 3{,}5; \quad (2.2.26.4)$$

.5 для верхних палуб надстроек и рубок, недоступных для пассажиров и не предназначенных для грузов,

$$p = 1. \quad (2.2.26.5)$$

2.2.27 Нагрузку при испытании корпусов судов на непроницаемость и герметичность следует принимать с учетом согласованной схемы испытаний в соответствии с указаниями приложения 10 ПТНП.

Местные нагрузки в процессе загрузки и разгрузки следует определять в соответствии с 2.2.19 – 2.2.24, используя вместо $T_{гр}$, $T_п$ и $T_б$ осадки в рассматриваемом сечении на конкретном этапе грузовых опе-

раций, вместо H_c, $h_б$ и $H_т$ — уровень жидкости в балластной цистерне или грузовом танке для текущего состояния загрузки судна.

При этом полувысота расчетной волны принимается равной 0,2 м, если загрузка и разгрузка в условиях волнения не предусматриваются назначением судна. Если назначением судна предусматриваются грузовые операции на незащищенных акваториях, то полувысота волны определяется в соответствии с данными табл. 2.1.2 для судна, эксплуатирующегося в бассейне того разряда, в который входит эта акватория.

2.2.28 Расчетную местную нагрузку на стенки и палубы надстроек и рубок судов класса «М-СП» следует задавать расчетным давлением, которое определяется:

на боковые стенки — по табл. 2.2.28-1;

на открытые палубы, не предназначенные для размещения груза — по табл. 2.2.28-2;

на концевые стенки — по табл. 2.2.28-3.

Для судов класса «М-СП 4,5» расчетные давления, регламентируемые табл. 2.2.28-1, 2.2.28-2 и 2.2.28-3, должны быть увеличены пропорционально коэффициенту k_p, определяемому по формуле

$$k_р = 0,57r, \qquad (2.2.28)$$

где r — см. 2.2.18.

В табл. 2.2.28-1 – 2.2.28-3 значения $x/L = 0,5$ и $x/L = -0,5$ соответствуют сечениям по носовому и кормовому перпендикулярам при осадке судна по конструктивную ватерлинию, $x/L = 0$ — миделевому сечению.

Для закрытых палуб, предназначенных для размещения экипажа, пассажиров и оборудования, расчетное давление должно быть не менее 5,0 кПа.

В зависимости от конструктивных особенностей судна должны быть учтены и другие сочетания местных нагрузок, которые вызывают наибольшие местные напряжения. Это требование относится к судам всех классов.

Таблица 2.2.28-1

Расчетные давления на боковые стенки надстроек и рубок судов класса «М-СП»

Палуба	Расчетное давление на уровне палуб, кПа, для относительного отстояния x/L расчетного сечения от миделя														
	–0,5					$-0,3 \le x/L \le 0,2$					0,5				
	и длины судна*, м														
	25	40	60	100	140	25	40	60	100	140	25	40	60	100	140
Верхняя	5,9	9,7	13,7	18,5	23,3	4,9	5,6	8,5	11,5	14,5	7,6	15,5	22,0	29,8	37,6
1-го яруса	4,7	4,9	5,1	9,2	12,4	4,7	4,9	5,1	6,7	8,4	4,7	4,9	6,8	15,2	20,2
2-го яруса и вышестоящие	4,7	4,9	5,1	5,5	5,6	4,7	4,9	5,1	5,5	5,6	4,7	4,9	5,1	5,5	5,6

* Если длина судна не совпадает с указанными в таблице значениями, расчетное давление определяют путем линейной интерполяции табличных данных.

Таблица 2.2.28-2

Расчетные давления на открытые палубы судов класса «М-СП», не предназначенные для размещения груза

Палуба	Расчетное давление на палубы, кПа, для относительного отстояния x/L расчетного сечения от миделя														
	–0,5					$-0,3 \le x/L \le 0,2$					0,5				
	и длины судна*, м														
	25	40	60	100	140	25	40	60	100	140	25	40	60	100	140
Верхняя	6,1	6,5	9,8	12,9	16,5	6,0	6,0	6,0	8,1	10,1	8,3	12,0	16,0	19,8	27,4
1-го яруса	3,6	3,6	3,7	7,5	9,8	3,6	3,6	3,7	4,7	6,0	4,6	7,5	9,9	12,7	19,2

* Если длина судна не совпадает с указанными в таблице значениями, расчетное давление определяют путем линейной интерполяции табличных данных.

Примечание. Для открытых незагруженных палуб второго и последующих ярусов надстроек и рубок расчетное давление должно быть не менее 1,5 кПа.

Таблица 2.2.28-3

Расчетные давления на концевые стенки судов класса «М-СП»

Палуба	Расчетное давление на уровне палуб, кПа, на стенку																			
	заднюю (кормовую)										переднюю (носовую)									
	для относительного отстояния x/L стенки надстройки от миделя																			
	–0,5					–0,2 ≤ x/L < 0					0					0,5				
	и длины судна[1], м																			
	25	40	60	100	140	25	40	60	100	140	25	40	60	100	140	25	40	60	100	140
Верхняя	5,8	6,0	9,2	14,3	25,6	5,8	6,0	6,1	8,0	14,3	11,6	11,9	21,0	39,0	70,0	12,6	16,0	33,0	55,0	98,0
1-го яруса[2]	5,8	6,0	6,1	8,8 / 6,2	18,2 / 15,7	5,8	6,0	6,1	6,2	6,5 / 6,2	11,6 / 5,8	11,9 / 6,0	12,5 / 6,1	19,0 / 11,0	43,5 / 26,8	11,6 / 5,8	11,9 / 6,0	22,0 / 6,1	39,0 / 19,0	68,0 / 44,0
2-го яруса и вышестоящие	5,8	6,0	6,1	6,2	6,2	5,8	6,0	6,1	6,2	6,2	5,8	6,0	6,1	6,2	6,2	5,8	6,0	6,1		
3-го яруса и вышестоящие	5,8	6,0	6,1	6,2	6,2	5,8	6,0	6,1	6,2	6,2	5,8	6,0	6,1	6,2	6,2	5,8	6,0	6,1	6,2	6,2

[1] Если длина судна не совпадает с указанными в таблице значениями, расчетное давление определяют путем линейной интерполяции табличных данных.

[2] В числителе приведены расчетные давления для нижележащего яруса надстройки (рубки), в знаменателе — для вышележащего яруса.

2.2.29 При перевозке автомобилей и другой колесной техники с пневматическими шинами, а также при использовании автопогрузчиков давление колеса следует считать равномерно распределенным по его отпечатку и равным давлению в шине. Отпечаток одного колеса автомобиля следует считать прямоугольником со сторонами l_1 и l_2 (сторона l_1 ориентирована по ширине колеса). Размеры сторон принимаются равными, см:

для диагональной шины

$$l_1 = \sqrt{\left(10K_{д}Q/p_{к}\right)\sqrt{b_{к}/d_{к}}}\,, \qquad (2.2.29\text{-}1)$$

$$l_2 = \sqrt{\left(10K_{д}Q/p_{к}\right)\sqrt{d_{к}/b_{к}}}\,, \qquad (2.2.29\text{-}2)$$

для радиальной шины (маркировка содержит знак «R» или «Radial»)

$$l_1 = 0,7b_{к}\,, \qquad (2.2.29\text{-}3)$$

$$l_2 = 10K_{д}Q/\left(p_{к}l_1\right), \qquad (2.2.29\text{-}4)$$

где $p_{к}$ — давление в шине, МПа;

Q — нагрузка на шину, кН;

$b_{к}$ — ширина шины, см;

$d_{к}$ — диаметр шины, см;

$K_{д}$ — коэффициент динамичности, равный $K_{д} = 1$ для вилочного погрузчика и $K_{д} = 1,1$ для автомобилей.

Если на стадии проектирования неизвестно, какие шины будут использоваться на колесной технике, то следует принимать значения l_1 и l_2 для колеса, имеющего меньшую площадь отпечатка.

Для вилочного погрузчика принимается, что вся нагрузка (вес погрузчика с перевозимым грузом) передается только передней осью.

Расчеты общей прочности

2.2.30 Определение напряжения от общего изгиба следует проводить для двух случаев: прогиба — при сжатой палубе и перегиба — при сжатом днище.

Расчет следует выполнять для тех сечений корпуса, в которых можно ожидать наибольшие суммарные напряжения, например, в наиболее слабом сечении средней части судна, в местах окончания основных продольных связей, в сечениях у границ перехода одной системы набора в другую или в случае изменения материала корпуса.

2.2.31 В эквивалентный брус включаются все продольные связи корпуса, находящиеся в рассматриваемом сечении и идущие непрерывно на протяжении, большем, чем удвоенная высота борта, при условии, что соединение этих связей с

корпусом обеспечивает участие их в общем изгибе (см. также 2.4.43).

2.2.32 Если ширина выреза b_0 в палубе (рис. 2.2.32) меньше 0,05 ширины B_c непрерывного участка палубы в данном месте, то такой вырез при вычислении момента сопротивления поперечного сечения корпуса не учитывается. Если ширина выреза b_0 равна или больше 0,05 ширины непрерывного участка палубы в данном месте, то в эквивалентный брус включаются только связи, находящиеся вне выреза по ширине палубы. При этом за пределами выреза по длине палубы часть связей в эквивалентный брус не включается.

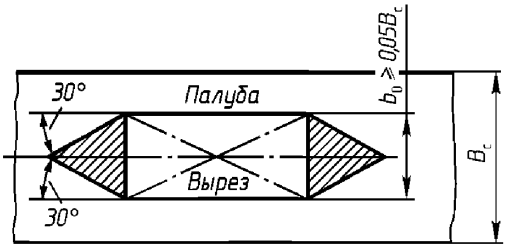


Рис. 2.2.32. Определение участков палубы за пределами выреза, продольные свзия которых не включаются в эквивалентный брус

2.2.33 Прерывистые связи в районе их окончания следует включать в эквивалентный брус в соответствии с рис. 2.2.32 и 2.2.33 (заштрихованные участки в эквивалентный брус не включаются).

2.2.34 Одноярусные надстройки (рубки) или надстройки первого яруса, опирающиеся не менее чем на три поперечные переборки, следует включать в эквивалентный брус в соответствии с рис. 2.2.33.

На концевых участках продольных стенок надстроек (рубок) не должно быть часто расположенных оконных и других вырезов, ширина которых больше расстояния между вырезами.

2.2.35 В эквивалентный брус не включаются ограждения грузовых палуб судов-площадок и привальные брусья всех судов.

Специальные меры по исключению привальных брусьев или ограждений судов-площадок из участия в общем изгибе судна не должны вызывать повышенной концентрации напряжений.

2.2.36 Элементы эквивалентного бруса и нормальные напряжения в нем следует рассчитывать методом последовательных приближений с редуцированием гибких связей: пластин обшивки, внутреннего дна, платформ, палуб, бортов и продольных переборок.

За окончательное приближение следует принимать такое, при котором разность нормальных напряжений от общего изгиба судна в конечном и предыдущем приближениях не превышает 5 % для каждой из крайних кромок эквивалентного бруса.

2.2.37 Редуцированию не подлежат:

.1 части пластин, прилегающие к продольным связям, шириной, равной 0,25 короткой стороны опорного контура с каждой стороны связи (рис. 2.2.37-1 и 2.2.37-2), но не превышающей 25 толщин пластины;

.2 скуловой лист на протяжении скулового закругления;

.3 пластины растянутой зоны эквивалентного бруса при продольной системе набора.

2.2.38 При продольной системе набора редукционные коэффициенты сжатых пластин определяются по формуле

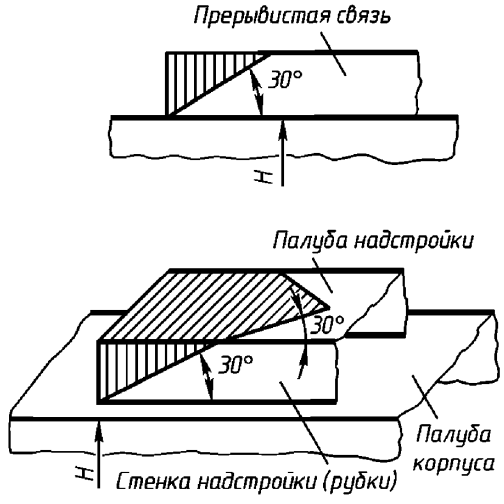


Рис. 2.2.33. Определение участков, в которых обрывающиеся продольные связи не включаются в эквивалентный брус

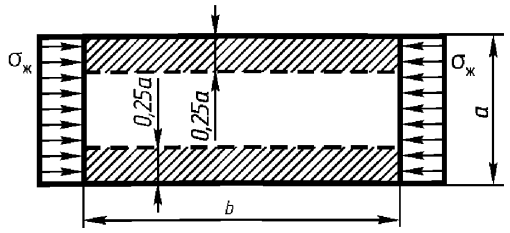


Рис. 2.2.37-1. Определение части продольной пластины, не подлежащей редуцированию

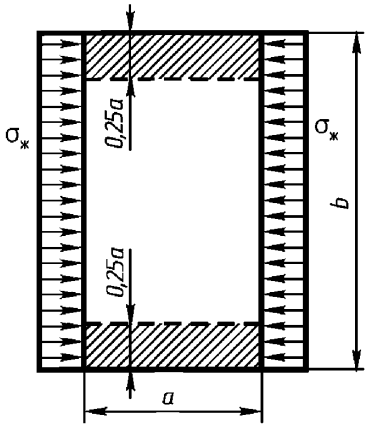


Рис. 2.2.37-2. Определение части поперечной пластины, не подлежащей редуцированию

$$\varphi = \sigma_{кр} / |\sigma_{ж}|, \qquad (2.2.38)$$

где $|\sigma_{ж}|$ — абсолютное значение сжимающего напряжения в жестких связях на уровне центра тяжести пластины, полученного при расчете эквивалентного бруса в соответствующем приближении, МПа;

$\sigma_{кр}$ — критическое напряжение сжатой пластины, вычисляемое в соответствии с 2.2.72, МПа.

Редукционный коэффициент не должен быть больше 1.

2.2.39 При поперечной системе набора редукционные коэффициенты пластин назначаются по табл. 2.2.39. Поперечная местная нагрузка на пластину при определении этих коэффициентов расчетом назначается по указаниям 2.2.19 – 2.2.28, а расчетная стрелка погиби h_0 должна быть принята не менее вычисленной по формуле, м:

$$h_0 = a(0{,}0015/t + 0{,}4)/55, \qquad (2.2.39\text{-}1)$$

Таблица 2.2.39

Значения редукционного коэффициента для поперечных пластин

Вид деформации	Редукционный коэффициент φ при толщине пластин, м			
	0,004	0,006	0,008	0,012
Растяжение	0,07	0,18	0,33	0,56
Сжатие	0,03	0,07	0,12	0,28

где a — длина меньшей стороны пластины, м;

t — толщина пластины, м.

Для настилов грузовых палуб и двойного дна судов, предназначенных для загрузки-разгрузки грейферами, стрелку погиби h_0, вычисленную по формуле (2.2.39-1), следует увеличить в два раза; начальную погибь следует считать косинусоидальной, а балку-полоску — жестко заделанной независимо от того, действует или не действует на настил поперечная нагрузка.

Редукционный коэффициент при сжатии φ, не должен иметь значение больше рассчитанного по формуле:

$$\varphi = (19/|\sigma_{ж}|)(100t/a)^2\left(1 + a^2/b^2\right)^2, \qquad (2.2.39\text{-}2)$$

где $|\sigma_{ж}|$ — см. 2.2.38;

a — см. 2.2.39-1;

b — длина большей стороны пластины, м.

2.2.40 При общем изгибе корпуса судна должны быть определены напряжения в его связях:

нормальные, МПа,

$$\sigma_i = M_р z_i \cdot 10^{-3} / I; \qquad (2.2.40\text{-}1)$$

касательные на уровне характерных горизонтальных сечений по высоте эквивалентного бруса, МПа:

$$\tau = N_р S / (I \sum t), \qquad (2.2.40\text{-}2)$$

где $M_р$ — наибольший расчетный изгибающий момент в поперечном сечении, кН·м;

I — момент инерции поперечного сечения эквивалентного бруса, м^4;

z_i — отстояние i-й связи от нейтральной оси эквивалентного бруса (со знаком плюс — выше нейтральной оси и со знаком минус — ниже нейтральной оси), м;

N_p — наибольшая расчетная перерезывающая сила в поперечном сечении, кН;

S — статический момент относительно нейтральной оси части поперечного сечения эквивалентного бруса, лежащей по одну сторону горизонтального сечения, для которого определяются касательные напряжения, м^3;

$\sum t$ — суммарная толщина обшивки бортов, стенок продольного комингса и продольных переборок в горизонтальном сечении, в котором определяются касательные напряжения, мм.

Расчеты местной прочности

2.2.41 Расчеты местной прочности должны выполняться для судов всех классов независимо от длины судна.

При расчетах местной прочности следует исходить из следующих положений:

.1 связи рамного набора — флоры, рамные бортовые шпангоуты и бимсы — должны рассматриваться как жесткие опоры для продольных днищевых, бортовых и палубных балок (ребер жесткости); кильсоны, бортовые стрингеры и карлингсы — соответственно для холостых днищевых и бортовых шпангоутов и бимсов; рамные стойки и шельфы переборок — соответственно для холостых горизонтальных и вертикальных ребер жесткости;

.2 переменность характеристик жесткости сечения рамных связей, обусловленную наличием книц, при раскрытии статической неопределимости системы учитывать не следует;

.3 пролеты стержней, составляющих шпангоутную раму, следует принимать по габаритным размерам (высоте борта, ширине корпуса судна, расстоянию между продольными переборками);

.4 при определении напряжений в опорных сечениях балок набора наличие книц следует учитывать при расчете момента сопротивления поперечного сечения балки включением в него сечения кницы и при расчете изгибающего момента, действующего у кромки книц;

.5 при переменной высоте балок (флоров, бортовых рамных шпангоутов, рамных стоек переборок и т. д.) допускается использование в расчетах характеристик поперечного сечения в середине пролета балки;

.6 касательные напряжения в стенках рамного набора в районе выреза определяются путем деления перерезывающей силы на площадь поперечного сечения стенки, из которой исключена площадь поперечного сечения выреза.

2.2.42 При расчетах рамных шпангоутов следует руководствоваться следующими положениями:

.1 прогиб бимсов и радиус закругления скулы не должны учитываться, стержни, составляющие раму, должны считаться прямолинейными, а длина их принимается в соответствии с указаниями 2.2.41.3;

.2 пиллерсы, подкрепляющие рамные шпангоуты, должны считаться только уравнивающими прогибы днищевой и палубной ветвей и нагруженными сосредоточенными силами. При раскрытии статической неопределимости в расчетах не должны учитываться изменения длины пиллерсов и влияние жесткости книц.

Пиллерсы, жесткость которых близка к жесткости ветвей шпангоутной рамы, следует рассчитывать как элементы рамы, нагруженные, кроме осевого усилия, еще и моментами по концам;

.3 если продольные балки разгружают рамные шпангоуты (о чем можно судить по предварительному расчету перекрытия), разгружающее действие их следует учитывать в виде сосредоточенных реакций. Рамы без пиллерсов при отсутствии палубной нагрузки допускается рассчитывать как открытые, бортовые ветви которых в палубном узле свободно оперты на жесткие опоры;

.4 многоярусные рамы при отсутствии нагрузки на палубах допускается рассчитывать как одноярусные;

.5 бракетные флоры в каждом пролете между кильсонами допускается рассчитывать как балки, нагруженные снизу давле-

нием воды, а сверху — груза. Верхние и нижние балки бракетных флоров, соединенные вертикальной стойкой в пролете, разрешается рассчитывать в предположении равенства прогибов балок в точках их соединения со стойкой.

2.2.43 При расчете прочности перекрытий коэффициент заделки концов балок главного направления определяется из расчета шпангоутной рамы.

Если расчет рамы не производится, то коэффициенты заделки флоров у скулы и бимсов у бортов следует определять по формуле

$$k = 1/\left[1 + \zeta\, II/\left(B_1 i\right)\right], \qquad (2.2.43)$$

где ζ — коэффициент, значение которого принимают по табл. 2.2.43 в зависимости от количества продольных переборок, варианта нагрузки и отношения $II/\left(B_1 i\right)$;

Таблица 2.2.43

Значение коэффициента ζ

Количество продольных переборок	Отношение $II/\left(B_1 i\right)$	Значения ζ для судна	
		в грузу	порожнем
0	—	0,50	0,65
1	<1 ≥1	0,50 0,17	1,35
≥2	<1 ≥1	0,50 0,17	1,10

l — пролет бортового шпангоута, м;

B_1 — пролет бимса или флора, м;

I — момент инерции поперечного сечения бимса или флора, м^4;

i — момент инерции поперечного сечения бортового шпангоута, м^4.

2.2.44 Коэффициенты k заделки флоров и бимсов в зависимости от наличия на судне продольных переборок или ферм определяются следующим образом:

при расстояниях между соседними продольными переборками (фермами) или между продольной переборкой (фермой) и бортом, отличающихся друг от друга меньше чем на 20 %, $k = 1$;

то же, отличающихся друг от друга больше чем на 20 %:

для меньших пролетов балок $k = 1$;

для больших пролетов балок $k = 0{,}75$.

2.2.45 Коэффициенты k заделки перекрестных связей в перекрытиях определяются следующим образом:

при длинах смежных отсеков, отличающихся друг от друга меньше чем на 20 %, следует принимать $k = 1$;

при длинах смежных отсеков, отличающихся друг от друга больше чем на 20 %, коэффициент k рассчитывается по формуле:

$$k = \left[1 + 0{,}5\, q'\left(L'_{\text{п}}/L_{\text{п}}\right)^3/q\right]\Big/\left(1 + 0{,}5\, L'_{\text{п}}/L_{\text{п}}\right), \qquad (2.2.45)$$

где q' — среднее арифметическое значение нагрузок смежных отсеков, кПа;

q — нагрузка на рассчитываемое перекрытие, кПа;

$L'_{\text{п}}$ — среднее арифметическое значение длин смежных перекрытий, м;

$L_{\text{п}}$ — длина рассчитываемого перекрытия, м.

2.2.46 Кильсоны и карлингсы, флоры и бимсы, соединенные на каждом рамном шпангоуте пиллерсами, допускается рассчитывать как перекрытие, принимая их за одну балку суммарной жесткости и разнося реакции в узлах пропорционально жесткостям кильсонов и карлингсов.

Для днищевых перекрытий следует проверить касательные напряжения в стенках опорных сечений балок.

2.2.47 Раскосные фермы следует считать жесткими опорами для рамного набора.

2.2.48 Холостые шпангоуты и бимсы должны рассчитываться как многопролетные балки в предположении, что продольные рамные связи (кильсоны, карлингсы и бортовые стрингеры) являются жесткими несмещающимися опорами для холостых шпангоутов и бимсов, а отдельные участки последних между опорами работают на изгиб.

При соединении бортового холостого шпангоута и флора кницей нижний конец шпангоута должен считаться жестко заделанным.

Концы холостых шпангоутов и бимсов в узле пересечения палубы с бортом, а также полубимсов, примыкающие к комингсу, должны приниматься свободно опертыми.

2.2.49 Продольные балки (ребра жесткости) при продольной системе набора должны рассчитываться исходя из требований:

.1 местной прочности, как балки:

жестко заделанные на рамном поперечном наборе (флорах, шпангоутах или бимсах) при симметричной нагрузке;

многопролетные неразрезные при несимметричной нагрузке;

.2 устойчивости, как балки, свободно опертые на рамный поперечный набор.

2.2.50 Бортовые стрингеры должны рассчитываться в составе бортового перекрытия.

При перевязке стрингеры наружного и внутреннего бортов должны рассчитываться как система балок с распорками.

2.2.51 Набор переборок из рамных стоек и шельфов, если последние поддерживают эти стойки, должен рассчитываться, как перекрытие.

Холостые вертикальные стойки при отсутствии шельфов должны рассчитываться как однопролетные, а при наличии их — как неразрезные многопролетные балки.

Холостые горизонтальные ребра жесткости при отсутствии рамных стоек следует рассчитывать как однопролетные, а при наличии их — как жестко заделанные балки на рамных стойках, если расстояния между последними одинаковы. Если эти расстояния неодинаковы, то коэффициенты заделки холостых горизонтальных ребер должны соответствовать требованиям 2.2.44.

2.2.52 Расчет прочности пластин обшивки и настилов следует выполнять в предположении, что все пластины, несущие местную нагрузку, являются пластинами конечной жесткости, заделанными жестко на длинных кромках опорного контура.

При отношении сторон опорного контура более двух пластины должны рассматриваться как гнущиеся по цилиндрической поверхности и рассчитываться как балки-полоски.

2.2.53 Ширину присоединенного пояска, м, при определении элементов поперечного сечения балок судового набора назначают следующим образом:

.1 при расчете продольных балок палуб, днища и второго дна, если они набраны по продольной системе набора, холостых бимсов и шпангоутов при поперечной системе набора, а также балок холостого набора переборок ширина присоединенного пояска рассчитывается по формуле:

$$c_1 = 0,5a\,, \qquad (2.2.53.1)$$

где a — расстояние между холостыми одноименными балками (шпация), м.

Ширина присоединенного пояска не должна приниматься более 50 толщин этого пояска;

.2 при расчете рамных связей, расположенных перпендикулярно холостым балкам (бимсов, шпангоутов, флоров при продольной системе набора, а также карлингсов, кильсонов и бортовых стрингеров при поперечной системе набора), ширину присоединенного пояска для этих связей следует вычислять по формуле, м:

$$c_2 = c_1 + (b - c_1)\varphi\,, \qquad (2.2.53.2)$$

где c_1 — ширина присоединенного пояска в соответствии с 2.2.53.1, м;

b — расстояние между рамными одноименными связями, расположенными перпендикулярно холостым балкам, м;

φ — редукционный коэффициент, назначаемый по табл. 2.2.39.

Если редукционный коэффициент рассчитывается (см. 2.1.6), а не назначается по табл. 2.2.39, то входящее в кубическое уравнение напряжение в жестких связях принимается равным допускаемому нормальному напряжению в рассматриваемой рамной связи, взятому с соответствующим знаком;

.3 при расчете рамных связей одного направления с холостым набором (кар-

лингсов и кильсонов при продольной системе набора, рамных шпангоутов при поперечной системе набора борта) в расчетные значения площади присоединенного пояска вводятся площади поперечных сечений находящихся в пределах пояска ребер холостого набора, а сама ширина присоединенного пояска определяется по формуле, м:

$$c_3 = 0,5d\left[1 + 0,45\left(100t/a\right)^2\right], \quad (2.2.53.3)$$

где d — расстояние между рамными одноименными связями, расположенными параллельно холостым балкам, м;

a — расстояние между холостыми одноименными балками (шпация), м.

Во всех случаях должно быть соблюдено условие $c_3 \le d$;

.4 ширина присоединенного пояска балок судового набора во всех случаях не должна превышать $^1/_6$ длины расчетного пролета рассматриваемой балки;

.5 для рамных связей, расположенных поперек гофров и непосредственно соединяющихся с гофрированным листом по всей своей длине, ширина присоединенного пояска принимается равной 12 толщинам гофрированного листа;

.6 для рамных связей, расположенных поперек гофров и непосредственно не соединяющихся с гофрированным листом на всей длине, ширину присоединенного пояска следует принимать равной нулю;

.7 для связей, идущих поверх продольных балок (навесная система набора), ширину присоединенного пояска следует принимать равной нулю.

2.2.54 Расчетную нагрузку на палубный узел раскосной фермы или на палубный конец отдельно стоящего пиллерса следует определять по формуле, кН:

$$P = fp + P_в, \quad (2.2.54\text{-}1)$$

где f — площадь палубы или платформы, поддерживаемая пиллерсом, включая грузовые люки, расположенные в рассматриваемом районе, м^2;

p — расчетная нагрузка на площадь f, определяемая в соответствии с 2.2.26, кПа;

$P_в$ — расчетная нагрузка, воспринимаемая пиллерсом от вышерасположенного пиллерса, кН.

Расчетную нагрузку на днищевой узел раскосной фермы или на днищевой конец отдельно стоящего пиллерса следует определять по формуле, кН:

$$P_д = 9,81 f_д \left(T \pm r\right) \ge 0, \quad (2.2.54\text{-}2)$$

где $f_д$ — площадь днища, поддерживаемая днищевым узлом раскосной фермы или отдельно стоящим пиллерсом, м^2;

T — осадка в рассматриваемом случае нагрузки судна в районе установки фермы или отдельно стоящих пиллерсов, м;

r — полувысота расчетной волны, м.

Значение $P_д$ не должно быть меньше нуля. Усилия в пиллерсах и раскосах следует определять из расчета фермы, нагруженной силами P и $P_д$. Пролет фермы принимается равным:

для продольных ферм — расстоянию между поперечными переборками или поперечными фермами, или между поперечной переборкой и поперечной фермой;

для поперечных ферм — расстоянию между бортом и продольной переборкой или между продольными переборками.

В состав нагрузки поперечных ферм должны быть включены и реакции их взаимодействия с продольными фермами.

Усилия в отдельно стоящих пиллерсах следует определять из совместного расчета днищевого и палубного перекрытий. Допускается силу, сжимающую отдельно стоящий пиллерс принимать большей из двух сил P и $P_д$.

При определении усилий в раскосах и пиллерсах следует рассматривать два случая:

когда на палубу в рассматриваемом районе судна действует максимально допустимая нагрузка. В этом случае в формуле (2.2.54-2) используется знак «минус»;

когда в рассматриваемом районе судна нагрузка на палубу отсутствует. В этом случае в формуле (2.2.54-2) используется знак «плюс».

2.2.55 Площадь поперечного сечения пиллерса или раскоса F должна быть не менее, м^2,

$$F = 2 \cdot 10^{-3} |P'| / \sigma_{кр}, \qquad (2.2.55\text{-}1)$$

где $|P'|$ — абсолютная величина расчетного усилия в пиллерсе (раскосе), определенного с учетом нагрузки на палубный и днищевой узлы (см. 2.2.54) и схемы фермы, кН;

$\sigma_{кр}$ — критические напряжения, МПа, определяемые в соответствии с 2.2.71 по величине эйлеровых напряжений, МПа:

$$\sigma_э = 2 \cdot 10^5 I / (l^2 F), \qquad (2.2.55\text{-}2)$$

где I — наименьший момент инерции площади поперечного сечения пиллерса (раскоса), м^4;

l — расчетная длина пиллерса (раскоса), м, принимаемая равной:

для пиллерса — фактической длине пиллерса;

для раскоса — приведенной длине $l_{пр}$, определяемой по формуле:

$$l_{пр} = k l_п / \cos\alpha, \qquad (2.2.55\text{-}3)$$

где k — коэффициент, принимаемый равным:

для ферм, схематично изображенных на рис. 2.2.55 а) и 2.2.55 б) — 1,

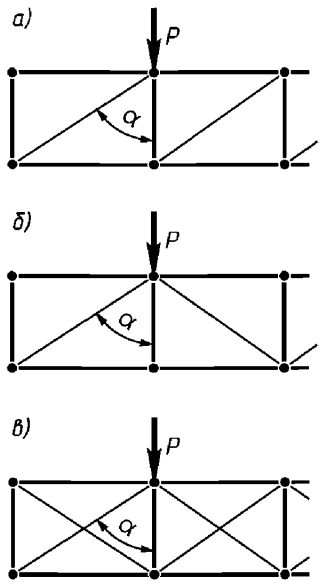


Рис. 2.2.55. Варианты ферм

для ферм, схематично изображенных на на рис. 2.2.55 в) — 0,66;

$l_п$ — полная длина раскоса, м;

α — угол между продольными осями пиллерса и раскоса.

2.2.56 Поперечная прочность грузовых судов с двойными бортами и с большим раскрытием палуб оценивается с помощью расчета днищевого перекрытия грузового бункера совместно со шпангоутными рамами двойных бортов в предположении, что все узлы этих рам неподвижны и что внешние и внутренние борта являются жесткими опорами для флоров, если выполняется неравенство

$$d_1 B_ф \left(84 i_1 D^2 / l_т^2 + i_2\right) / \left(k_{ср} l_т^2\right) \geq 2{,}7, \qquad (2.2.56\text{-}1)$$

где $l_т$ — длина наиболее длинного грузового трюма, м;

$B_ф$ — длина флора (расстояние между внутренними бортами на уровне второго дна), м,

d_1 — расстояние между флорами, м;

$k_{ср}$ — средний коэффициент заделки флоров:

$$k_{ср} = \left(k_р n_р + k_п n_п\right) / \left(n_р + n_п\right); \qquad (2.2.56\text{-}2)$$

$n_р$ — число флоров в трюме, установленных в плоскости шпангоутных рам;

$n_п$ — число флоров в трюме, установленных в плоскости полупереборок;

$k_р$ — коэффициент заделки концов флоров на рамах:

$$k_р = 1 / \left(1 + I_ф / \left\{B_ф \left[I_б / H + I_д / \left(b_д \alpha_с\right)\right]\right\}\right); \qquad (2.2.56\text{-}3)$$

H — высота борта, м;

$\alpha_с$ — коэффициент, учитывающий сдвиг:

$$\alpha_с = 1 + 7{,}8 I_д / \left(b_д^2 f_д\right); \qquad (2.2.56\text{-}4)$$

$I_ф$, $I_д$, $I_б$ — моменты инерции площади поперечного сечения флора в районе грузового бункера, флора двойного борта и шпангоута внутреннего борта с присоединенными поясками, м^4;

$f_д$ — площадь поперечного сечения стенки флора двойного борта, м^2;

$b_д$ — ширина двойного борта на уровне палубы днища, м;

$k_п$ — коэффициент заделки флоров на полупереборках:

$$k_п = 1\Big/\Big[1 + 6I_ф\Big/\Big(t_{пп}h_д^2 B_ф\Big)\Big], \qquad (2.2.56\text{-}5)$$

но не менее, чем $k_р$;

$t_{пп}$ — толщина листа полупереборки в нижней части, м;

$h_д$ — высота двойного дна, м;

i_1 — относительный момент инерции двойного борта при стесненном скручивании:

$$i_1 = b_п^2\left(t_б H + t_п b_п\right)\Big/\left(12I_ф\right); \qquad (2.2.56\text{-}6)$$

$b_п$ — ширина двойного борта на уровне палубы, м;

i_2 — относительный момент инерции двойного борта при свободном скручивании:

$$i_2 = Ht_б b_с^2\left[1 + b_с t_б\Big/\left(Ht_п\right)\right]\Big/I_{ф/}; \qquad (2.2.56\text{-}7)$$

$t_п$, $t_б$ — средние толщины настила палубы и обшивки бортов (внешнего и внутреннего), м;

$b_с$ — ширина двойного борта на уровне полувысоты борта.

2.2.57 Если неравенство (2.2.56-1) не выполняется, то должен быть представлен расчет совместной деформации двойных бортов и днищевого перекрытия на тихой воде на действие местных нагрузок, регламентируемых настоящей частью Правил.

2.2.58 Для судов с большим раскрытием палуб, для которых неравенство (2.2.56-1) не выполняется, должны быть найдены возникающие на волнении дополнительные срезывающие силы и изгибающие моменты в сечениях флора по диаметральной плоскости и по внутреннему борту, которые должны быть просуммированы с такими же силами и моментами на тихой воде.

Для судов классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М» и «О» максимальные значения сил и моментов могут быть вычислены по формулам:

срезывающая сила в сечении по внутреннему борту, кН,

$$V_{оп} = \pm 6,52hB_ф d_1 e^{-kT}\left(1 - e^{-0,5kB}\right)\Big/\left(kB\right); \qquad (2.2.58\text{-}1)$$

изгибающий момент в сечении по внутреннему борту, кН·м,

$$M_{оп} = \pm hd_1\Big[4,88\beta T\left(1 - e^{-kT}\right) + 0,710B_ф^2 \times \times\left(k - k_{ср}\beta\right)e^{-kT}\left(1 - e^{-0,5kB}\right)\Big/B\Big]\Big/k; \qquad (2.2.58\text{-}2)$$

изгибающий момент в сечении по диаметральной плоскости, кН·м,

$$M_{пр} = \pm hd_1\Big[3,96\beta T\left(1 - e^{-kT}\right) + 0,641B_ф^2 \times \times\left(1,5 - k + k_{ср}\beta\right)e^{-kT}\left(1 - e^{-0,5kB}\right)\Big/B\Big]\Big/k, \qquad (2.2.58\text{-}3)$$

где h — высота волны, определяемая по табл. 2.1.2, м;

k — частота формы условной волны, для судов классов «О-ПР» и «О» принимаемая равной 0,140 м$^{-1}$, для судов классов «М-СП», «М-ПР» и «М» — 0,0838 м$^{-1}$;

T — осадка посередине трюма, м;

B — ширина судна, м;

$$\beta = k\Big/\Big\{B_ф d_1\Big[97,4\left(H/l_0\right)^2 i_1 + 3,80i_2\Big]\Big/l_0^2 + k_{ср}\Big\}; \qquad (2.2.58\text{-}4)$$

l_0 — принимается равной длине трюма, м, при $l_т \le 65$ м и равной 65 м при $l_т > 65$ м;

$B_ф$, d_1, i_1, i_2, $k_{ср}$ — см. 2.2.56.

При вычислении изгибающих моментов, действующих в сечениях флора, установленного в плоскости шпангоутной рамы, следует принимать $k = k_р$; а в сечении флора, установленного в плоскости полупереборки, $k = k_п$.

2.2.59 При перевозке автомобилей и при использовании автопогрузчиков прочность настила определяется значением остаточного прогиба $W_{ост}$, полученного пластиной при действии на нее нагрузки от колеса или группы колес. Прогиб должен удовлетворять неравенству

$$W_{ост}/b \le 0,01, \qquad (2.2.59\text{-}1)$$

где b — наименьший размер пластины в плане (расстояние между ребрами, см. рис. 2.2.59), м.

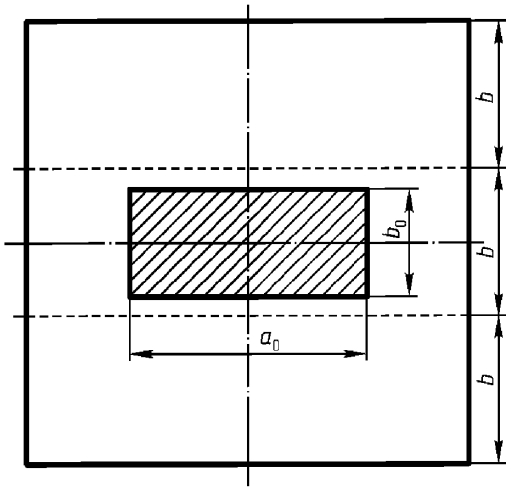


Рис. 2.2.59. Схема расположения пятна нагрузки на палубе

Параметр $W_{ост}/b$ вычисляется по формуле:

$$W_{ост}/b = 10^{-2} k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 \sqrt{\left(p_к/p_т - 1\right)^3}\,, \qquad (2.2.59\text{-}2)$$

где k_1 — коэффициент, равный 1,40 для стали с R_{eH} = 235 МПа и 1,00 для более прочных сталей;

$$k_2 = 6,0/\left(b/t_{min}\right) - 15\,; \qquad (2.2.59\text{-}3)$$

$$k_3 = 0,45 b_0/b + 0,75\,; \qquad (2.2.59\text{-}4)$$

$$k_4 = 0,20 a_0/b + 0,80\,; \qquad (2.2.59\text{-}5)$$

$$k_5 = 1,9\left(\sigma_ж \cdot 10^3/E\right)^2 + 0,74\,; \qquad (2.2.59\text{-}6)$$

$p_к$ — давление в пятне нагрузки (рис. 2.2.59), равное давлению в шине, МПа;

$p_т$ — давление, вызывающее появление фибровой текучести:

$$p_т = t_{min}^2 \left(R_{eH} - \sigma_0\right)/\left(k_\sigma a_0 b_0\right); \qquad (2.2.59\text{-}7)$$

t_{min} — толщина настила в конце срока эксплуатации судна без восстановительного ремонта, определяемая по формуле (2.2.59-11), м;

$\sigma_ж$ — абсолютное значение максимальных сжимающих напряжений в жестких связях на уровне настила: при поперечной системе набора — в присоединенном пояске карлингса или кильсона при общем изгибе корпуса, при продольной — в присоединенном пояске бимса или флора при изгибе перекрытия; при расчете на воздействие колес автомобилей в рейсе находится с учетом волнения, на воздействие колес автопогрузчиков — с учетом нагрузок, действующих во время грузовых операций, МПа;

σ_0 — напряжение, равное меньшему из напряжений $\sigma_ж$ и $\sigma_э$, где

$$\sigma_э = 19\left(100 t_{min}/b\right)^2; \qquad (2.2.59\text{-}8)$$

a_0 — размер пятна приложения нагрузки вдоль длинной стороны пластины, м;

b_0 — то же самое вдоль короткой стороны, м;

R_{eH} — предел текучести материала настила, МПа;

E — модуль упругости, МПа;

k_σ — коэффициент напряжений в пластине, определяемый по табл. 2.2.59.

Таблица 2.2.59

Значение коэффициента k_σ в зависимости от отношений b_0/b и a_0/b

b_0/b	Значения k_σ при a_0/b, равном				
	0,3	0,6	1,2	1,8	2,4
0,2	1,056	0,904	0,652	0,492	0,387
0,4	0,896	0,766	0,550	0,409	0,316
0,6	0,734	0,630	0,456	0,342	0,266
0,8	0,602	0,518	0,376	0,284	0,222
1,0	0,494	0,424	0,309	0,233	0,183

Размеры пятна приложения нагрузки a_0 и b_0 принимаются в зависимости от ориентации колеса равными l_1 либо l_2. Значения l_1 и l_2 определяются в соответствии с 2.2.29.

Для сдвоенных колес величина l_1 заменяется на l_1^*

$$l_1^* = l_1 + b_к + \Delta\,, \qquad (2.2.59\text{-}9)$$

где $b_к$ — см. 2.2.29, а давление в шине p заменяется на приведенное давление p^*

$$p^* = 2 p l_1/l_1^*\,, \qquad (2.2.59\text{-}10)$$

где Δ — расстояние между шинами сдвоенного колеса.

При $b_0 > b$ принимается $b_0 = b$. При $p < p_т$ остаточный прогиб $W_{ост} = 0$.

Формула (2.2.59-2) применима, если:

$30 \le b/t_{min} \le 170$;

$0,15 \le a_0/b \le 2,10$;

$0,20 \le b_0/b \le 1,00$;

$0,11 \le 100R_{eH}/E \le 0,17$;

$0 \le \sigma_ж \cdot 10^4/E \le 8,0$.

Толщина настила в конце срока эксплуатации судна без восстановительного ремонта:

$$t_{min} = t - \Delta t, \qquad (2.2.59\text{-}11)$$

где t — проектная толщина настила, которая должна быть не меньше, чем требуется в 2.4.1, м;

Δt — износ за время эксплуатации, м:

$$\Delta t = 8 \cdot 10^{-5} \tau, \qquad (2.2.59\text{-}12)$$

τ — срок эксплуатации судна без восстановительного ремонта, лет.

2.2.60 В районе вырезов в стенках рамного набора, в котором действует наибольшая срезывающая сила, должны быть определены напряжения, МПа:

нормальные

$$\sigma = \left[Mz/I + V_п \left(0,5l_в - x\right) z_п / I_п \right] \cdot 10^{-3}; \qquad (2.2.60\text{-}1)$$

касательные

$$\tau = 10^{-3} V/F_н, \qquad (2.2.60\text{-}2)$$

где M — изгибающий момент, действующий на балку в сечении, проходящем через середину выреза, кН·м;

I — центральный момент инерции площади поперечного сечения балки в районе выреза, м^4;

$z_п$ — отстояние точки, в которой определяется напряжение, от нейтральной оси балки, м;

$V_п$ — срезывающая сила, действующая на перемычку стенки в сечении, проходящем через середину выреза, кН; срезывающую силу в этом сечении следует считать распределенной между перемычками стенки пропорционально моменту инерции площади поперечного сечения перемычек;

$l_в$ — длина выреза, м;

x — отстояние расчетного сечения от левой кромки выреза, м;

$I_п$ — момент инерции части площади поперечного сечения балки, расположенной над или под вырезом, относительно собственной нейтральной оси, м^4;

$z_п$ — отстояние рассматриваемой точки от нейтральной оси перемычки стенки, м;

V, $F_н$ — срезывающая сила, кН, и площадь поперечного сечения стенки, м^2, в наиболее ослабленном сечении балки соответственно.

Суммирование напряжений

2.2.61 Расчетные напряжения связей корпуса от общего изгиба и от местной нагрузки должны быть определены в зависимости от значений, расположения и направления действующих внешних нагрузок.

За расчетные напряжения в проверяемой связи корпуса следует принимать наибольшие нормальные и касательные напряжения, которые не должны быть больше допускаемых Правилами.

2.2.62 Прочность продольных связей корпуса, принимающих участие в общем продольном изгибе, следует проверять по напряжениям, получаемым в результате алгебраического сложения напряжений от общего продольного изгиба с напряжениями от местной нагрузки.

2.2.63 Для судов, не перевозящих грузы на палубе, суммарные напряжения следует вычислять только в связях днища. В связях палубы этих судов расчетными напряжениями являются напряжения от общего изгиба. Однако если у таких судов часть нагрузки с днища через пиллерсы передается на палубу и вызывает изгиб в ее связях, суммарные напряжения в связях палубы следует вычислять с учетом этой нагрузки (например, суммарные напряжения в связях палубы судов-площадок в состоянии порожнем).

2.2.64 Для всех судов, перевозящих грузы на палубе, суммарные напряжения в связях палубы вычисляются с учетом местной нагрузки на палубу.

2.2.65 Определение и суммирование напряжений проводятся для двух расчетных изгибающих судно моментов: при прогибе и при перегибе.

Напряжения от местной нагрузки для суммирования с напряжениями от общего изгиба, полученными от каждого из указаннных моментов, вычисляются при соответствующей местной нагрузке.

2.2.66 Суммарные напряжения от общего изгиба и от изгиба перекрытия определяются для наружных и внутренних кромок его связей на опоре и в пролете.

Допускаемые напряжения

2.2.67 При расчетах напряжений от общего изгиба и от местной нагрузки и суммарных напряжений за опасные нормальные и касательные напряжения принимаются:

$$\sigma_0 = k_н R_{eH}; \qquad (2.2.67\text{-}1)$$

$$\tau_0 = 0,57\sigma_0, \qquad (2.2.67\text{-}2)$$

где R_{eH} — предел текучести материала;

$k_н$ — коэффициент, вычисляемый при 235 МПа $\le R_{eH} \le$395, МПа, по формуле:

$$k_н = 1 - 0,089\left(R_{eH}/235 - 1\right) - 0,129\left(R_{eH}/235 - 1\right)^2. \qquad (2.2.67\text{-}3)$$

2.2.68 Нормы допускаемых напряжений установлены табл. 2.2.68.

Расчеты устойчивости

2.2.69 Проверочные расчеты устойчивости следует выполнять для следующих элементов корпуса:

.1 палубных перекрытий, днищевых перекрытий судов без двойного дна, продольных ребер жесткости палуб, днища, второго дна, бортов, продольных переборок на действие максимальных сжимающих напряжений, возникающих при общем изгибе;

.2 пиллерсов (одиночных и в составе ферм) и раскосов на действие максимальных сжимающих напряжений;

.3 бортовой обшивки и листов продольных переборок на действие максимальных касательных напряжений, возникающих при общем изгибе.

2.2.70 Проверку на устойчивость следует выполнять с учетом отклонений от закона Гука критических (исправленных эйлеровых) напряжений $\sigma_{кр}$. Критические напряжения находятся в зависимости от эйлеровых напряжений $\sigma_э$, вычисленных в предположении, что материал элемента корпуса в момент потери устойчивости подчиняется закону Гука.

2.2.71 Для сжатых стальных стержней критическое напряжение $\sigma_э$, МПа, следует находить по формулам:

Таблица 2.2.68

Нормируемые значения допускаемых напряжений

Наименование и характеристика связей корпуса	Характеристика расчетных напряжений от нагрузок	Нормируемые значения допускаемых напряжений в долях от опасных напряжений
1. Жесткие связи эквивалентного бруса, участвующие только в общем изгибе и не несущие местной нагрузки (продольные непрерывные комингсы, связи ненагруженных палуб и т. п.)	Нормальные напряжения от общего изгиба	Для судов классов «М-СП», «М-ПР», «М» — 0,70, классов «О-ПР», «О», «Р» и «Л» — 0,75
2. Жесткие связи эквивалентного бруса, участвующие в общем изгибе и несущие местную нагрузку (связи днища всех судов, нагруженных палуб и нагруженных продольных непрерывных комингсов, за исключением комингсов судов с двойными бортами классов «О-ПР», «О», «Р» и «Л»)	То же	0,60

Окончание табл. 2.2.68

Наименование и характеристика связей корпуса	Характеристика расчетных напряжений от нагрузок	Нормируемые значения допускаемых напряжений в долях от опасных напряжений
3. Продольные непрерывные комингсы и карлингсы судов, перевозящих грузы на люковых крышках и на палубе, а также кильсоны судов всех типов	Суммарные нормальные напряжения от общего изгиба и от изгиба перекрытий:	
	в пролете	0,75
	на опоре	0,95
4. Продольные балки (неразрезные ребра жесткости)	Суммарные нормальные напряжения от общего и местного изгиба:	
	в пролете	0,85
	на опоре	0,95
5. Обшивка корпуса и настилы при поперечной системе набора	Нормальные напряжения от местной нагрузки:	
	в пролете	0,80
	на опоре	0,95
6. Обшивка и настилы при продольной системе набора	Нормальные напряжения от местной нагрузки:	
	в пролете	0,80
	на опоре	0,95
7. Связи корпуса, воспринимающие действие перерезывающей силы при общем изгибе (обшивка бортов и продольных переборок)	Касательные напряжения	0,60
8. Поперечный рамный набор корпуса: флоры, рамные шпангоуты и бимсы	Нормальные напряжения от местной нагрузки:	
	в пролете	0,75
	на опоре	0,85
9. Поперечный холостой набор корпуса: днищевые и бортовые шпангоуты, бимсы и связи внутреннего дна при поперечной системе набора	Нормальные напряжения от местной нагрузки:	
	в пролете	0,85
	на опоре	0,95
10. Продольные и поперечные переборки (в том числе и стенки цистерн):	Нормальные напряжения от местной нагрузки:	
рамные стойки и шельфы	в пролете	0,85
	на опоре	0,90
холостые стойки (ребра жесткости)	в пролете	0,85
	на опоре	0,95
листы переборок	в пролете	0,85
	на опоре	0,95
11. Стенки балок рамного набора	Касательные напряжения в сплошных сечениях	0,80
	Нормальные напряжения в районе вырезов	0,95
	Касательные напряжения в районе вырезов	0,80

Примечания. 1. В расчетах прочности корпуса судна при подъеме из воды и спуске на воду, при испытании на непроницаемость и герметичность, а также при затопленном отсеке судна нормируемые значения допускаемых суммарных напряжений (от общего изгиба и от местной нагрузки) следует принимать равными 0,95 предела текучести материала связей.

2. Для изолированно работающих связей (пиллерсы и раскосы), проверяемых на устойчивость, нормируемые значения допускаемых напряжений при сжатии должны приниматься равными 0,50, для пересекающихся раскосов — 0,75 критического напряжения, но не более 0,50 предела текучести материала связей.

$$\left.\begin{aligned}
&\sigma_{кр} = \sigma_э \quad \text{при } \sigma_э \le 0,6R_{eH},\\
&\sigma_{кр} = \left(1,12 - 0,312R_{eH}/\sigma_э\right)R_{eH}\\
&\qquad \text{при } 0,6R_{eH} < \sigma_э < 2,6R_{eH},\\
&\sigma_{кр} = R_{eH} \quad \text{при } \sigma_э \ge 2,6R_{eH},
\end{aligned}\right\} \qquad (2.2.71)$$

где R_{eH} — предел текучести материала.

2.2.72 Критические напряжения пластин, МПа, сжатых вдоль длинной кромки, должны вычисляться по формулам:

$$\left.\begin{aligned}
&\sigma_{кр} = \sigma_э \quad \text{при } \sigma_э \le 0,6R_{eH},\\
&\sigma_{кр} = \left(1,63 - 0,8\sqrt{R_{eH}/\sigma_э}\right)R_{eH}\\
&\qquad \text{при } 0,6R_{eH} < \sigma_э < 1,6R_{eH},\\
&\sigma_{кр} = R_{eH} \quad \text{при } \sigma_э \ge 1,6R_{eH},
\end{aligned}\right\} \qquad (2.2.72\text{-}1)$$

где $\sigma_э$ — эйлеровы напряжения, МПа:

$$\sigma_э = 78,5\left(100t/a\right)^2, \qquad (2.2.72\text{-}2)$$

t — толщина пластины, см;

a — длина короткой кромки, см;

R_{eH} — предел текучести материала, МПа.

2.2.73 Критические напряжения при сжатии днищевых и палубных перекрытий, а также продольных ребер жесткости должны быть не меньше предела текучести материала.

В случае применения поперечной системы набора жесткость холостых шпангоутов днища и холостых бимсов должна быть не ниже критической. Допускается снижение критических напряжений днищевых и палубных перекрытий, а также продольных ребер жесткости до значения, при которых выполняется условие:

$$\sigma_{кр} \ge K_у\sigma_{сж}\ , \qquad (2.2.73\text{-}1)$$

$\sigma_{сж}$ — максимальное напряжение сжатия в перекрытии или продольном ребре при общем изгибе от действия расчетных нагрузок, МПа;

$K_у$ — коэффициент запаса устойчивости, определяемый по формуле

$$K_у = K_{кл}\left(0,75 + 0,25\,R_{eH}/235\right), \qquad (2.2.73\text{-}2)$$

где R_{eH} — см. 2.2.71, МПа;

$K_{кл}$ — коэффициент запаса устойчивости, равный для судов классов:

«М-СП», «М-ПР» и «М»	1,43
остальных	1,33

2.2.74 При расчете устойчивости продольные балки холостого набора считаются свободно опертыми на соответствующие поперечные связи (флоры, рамные шпангоуты и бимсы). Эйлеровы напряжения при сжатии продольных ребер, МПа,

$$\sigma_э = \pi^2 EI/\left[b^2\left(f + at\right)\right], \qquad (2.2.74)$$

где E — модуль упругости, МПа;

I — момент инерции площади поперечного сечения ребра с присоединенным пояском, размеры которого назначаются в соответствии с 2.2.53.1, м^4;

b — пролет ребра, м;

f — площадь поперечного сечения ребра без присоединенного пояска, м^2;

a — расстояние между ребрами (длина меньшей стороны пластины), м;

t — толщина пластины, м.

2.2.75 Касательные напряжения пластин борта и переборок при общем изгибе, определяемые по формуле (2.2.40-2), не должны быть более 0,95 критических касательных напряжений, определяемых по формуле, МПа:

$$\left.\begin{aligned}
&\tau_{кр} = \tau_э \quad \text{при } \tau_э \le 0,5\,R_{eH}/\sqrt{3},\\
&\tau_{кр} = R_{eH}\cdot\left[1 - R_{eH}/\left(4\tau_э\sqrt{3}\right)\right]/\sqrt{3}\\
&\qquad \text{при } \tau_э > 0,5\,R_{eH}/\sqrt{3},
\end{aligned}\right\} \qquad (2.2.75\text{-}1)$$

где R_{eH} — см. 2.2.71,

$\tau_э$ — эйлеровы касательные напряжения, определяемые по формуле:

$$\tau_э = 19k\left(100\,t/a\right)^2, \qquad (2.2.75\text{-}2)$$

где k — коэффициент, определяемый в зависимости от отношения сторон пластины b/a (b — длина большей стороны пластины, м) по табл. 2.2.75;

t, a — см. 2.2.74.

Таблица 2.2.75

Значения коэффициента k в зависимости от отношения b/a

b/a	k	b/a	k
1,0	9,34	1,8	6,70
1,1	8,56	2,0	6,56
1,2	8,00	2,5	6,07
1,3	7,60	3,0	5,86
1,4	7,30	∞	5,35
1,6	6,92		

Расчеты общей предельной прочности

2.2.76 Во всех случаях должна быть проверена общая прочность корпуса судна по предельным моментам.

Под предельным моментом понимается изгибающий момент, вызывающий хотя бы в одной из продольных связей корпуса, включенной в эквивалентный брус, нормальные напряжения общего изгиба, равные по абсолютной величине опасным; при этом во всех других связях напряжения должны быть не больше опасных. Для связей, не несущих местной нагрузки, опасные напряжения принимаются равными

$$\sigma_o = k_н R_{eH}, \qquad (2.2.76\text{-}1)$$

а для связей с местной нагрузкой —

$$\sigma_o = 0,9 k_н R_{eH}, \qquad (2.2.76\text{-}2)$$

где R_{eH} — предел текучести материала рассматриваемой связи;

коэффициент $k_н$ вычисляется по формуле (2.2.67-3).

Если для судов класса «М-СП» соблюдается требование 2.5.2, расчеты общей прочности судов длиной менее 50 м, за исключением пассажирских, можно не выполнять.

2.2.77 Определению подлежат два предельных момента $M_{пр}$: один при прогибе, другой при перегибе корпуса, кН·м,

$$M_{пр} = W_{пр}\sigma_o \cdot 10^3, \qquad (2.2.77)$$

где $W_{пр}$ — момент сопротивления поперечного сечения эквивалентного бруса относительно той связи, в которой напряжения равны опасным, м^3;

σ_o — опасное напряжение в указанной связи, МПа.

2.2.78 При вычислении момента сопротивления $W_{пр}$ редукционные коэффициенты пластин при продольной системе набора следует назначать в соответствии с требованиями 2.2.38, а при поперечной системе набора — по табл. 2.2.78.

Таблица 2.2.78

Значения редукционных коэффициентов для поперечных пластин при определении $W_{пр}$

Вид деформации	Редукционные коэффициенты φ при толщине пластин, мм			
	4	6	8	12
Растяжение	0,08	0,24	0,40	0,60
Сжатие	0,03	0,07	0,12	0,28

2.2.79 Редуцированию подлежат также сжатые «жесткие» связи корпуса (продольные балки палуб, платформ, ширстрека, днища, настила второго дна), у которых критические напряжения $\sigma_{кр}$, вычисленные в соответствии с 2.2.71 и 2.2.74, меньше напряжений в жестких связях $\sigma_ж$, возникающих при действии предельного момента. Редукционный коэффициент этих связей

$$\varphi = \sigma_{кр} / |\sigma_ж| \le 1. \qquad (2.2.79)$$

2.2.80 Для обеспечения прочности корпуса по предельному моменту должно выполняться условие

$$|M_{пр}| \ge k |M_р|, \qquad (2.2.80)$$

где k — коэффициент запаса прочности по предельному моменту;

$M_р$ — расчетный изгибающий момент при прогибе и при перегибе, кН·м.

2.2.81 Значения коэффициента k независимо от марки применяемой стали для судов всех классов принимается равным 1,35.

2.2.82 Для грузовых судов прочность корпуса по предельному моменту должна быть дополнительно проверена с помощью выражения:

$$M_{пр} \ge k_{пр} DL, \qquad (2.2.82)$$

где $k_{пр}$ — коэффициент предельного момента, определяемый по табл. 2.2.82;

D — водоизмещение судна в полном грузу, кН.

Таблица 2.2.82

Значения коэффициента предельного момента $k_{пр}$ в зависимости от типа и длины судна

Тип судна	Коэффициент $k_{пр}$ при длине судна L, м				
	20	60	80	100	140
Грузовое самоходное	0,068	0,055	0,040	0,032	0,028
Сухогрузное несамоходное	0,056	0,043	0,028	0,021	0,018
Наливная баржа	0,048	0,032	0,020	0,015	0,012

Расчеты общей прочности корпуса в конце срока службы судна. Оценка сроков службы отдельных связей корпуса

2.2.83 Для судов длиной 50 м и более должна быть проверена общая прочность корпуса на срок, в течении которого предполагается эксплуатация судна без восстановительного ремонта корпуса. Указанный срок определяется судовладельцем (заказчиком проекта) либо разработчиком.

Для всех судов должно быть выполнено определение сроков службы отдельных связей корпуса из условия обеспечения допустимых в процессе эксплуатации остаточных толщин.

Расчеты должны выполняться применительно к указанным в проектной спецификации условиям эксплуатации (разряд бассейна эксплуатации, грузоподъемность, виды перевозимого груза, условия проведения грузовых операций), влияющим на прочность корпуса, и принятым в проекте размерам связей.

Расчеты должны быть выполнены в соответствии с 2.2.84 – 2.2.97.

2.2.84 Проверка общей прочности в конце срока службы судна выполняется по предельным моментам.

Определению подлежат два предельных момента: один при прогибе и один при перегибе корпуса, кН·м:

$$M_{пр.и} = \sigma_o W_{пр.и} \cdot 10^3, \qquad (2.2.84)$$

где $W_{пр.и}$ — момент сопротивления поперечного сечения эквивалентного бруса, вычисленный с учетом износов и местных остаточных деформаций связей корпуса, относительно той связи корпуса, в которой напряжения равны опасным, м^3;

σ_o — опасное напряжение для указанной связи, МПа; назначается в соответствии с 2.2.76.

2.2.85 При определении момента сопротивления $W_{пр.и}$ следует редуцировать гибкие связи корпуса, полагая, что в одной из них нормальные напряжения общего изгиба равны по абсолютной величине опасным, и учитывая одновременный износ связей корпуса в соответствии с 2.2.86 – 2.2.88 и их местные деформации в соответствии с 2.2.89 – 2.2.92. Износы и деформации следует определять при возрасте судна, равном планируемому сроку службы, уменьшенному на 5 лет.

2.2.86 Сроки службы отдельных связей корпуса T вычисляются по формуле, год:

$$T = \left(t_{пр} - [t]\right)/c_p + 5, \qquad (2.2.86\text{-}1)$$

где $t_{пр}$ — толщина рассматриваемой связи, принятая в проекте, мм;

c_p — расчетная скорость изнашивания, определяемая в соответствии с указаниями 2.2.87, мм/год;

$[t]$ — допустимая остаточная толщина, принимаемая для листов обшивок и настилов по табл. 2.2.86 и определяемая для балок набора по формуле:

$$[t] = \alpha t_{пр}, \qquad (2.2.86\text{-}2)$$

где α — коэффициент, равный 0,6 для продольных балок палубы и днища, и равный 0,5 — для остальных балок.

При использовании данных табл. 2.2.86 необходимо учитывать следующее:

.1 если шпация принята больше 550 мм, то толщины связей, указанные в таблице (за исключением п. 5.1), должны быть увеличены на значение поправки $\Delta t = \left(a/a_0 - 1\right) \cdot [t]$, где: a — фактическая шпация, мм; a_0 — нормальная шпация, принимаемая равной $a_0 = 550$ мм; $[t]$ — табличное значение допустимой остаточной толщины отдельной связи корпуса;

Таблица 2.2.86

Допустимые остаточные толщины листов обшивок и настилов судов

Наименование связи	Минимальная остаточная толщина, мм, для судов классов									
	«М-СП»		«М-ПР» и «М»			«О-ПР» и «О»			«Р» и «Л»	
	при длине, м									
	60	140	25	80	140	25	80	140	25	80
1 Наружная обшивка										
1.1 Наружная обшивка (за исключением случаев, указанных в пп. 1.2 – 1.7)	4,0	5,0	3,0	4,0	4,5	3,0	3,5	4,5	2,5	3,0
1.2 Наружная обшивка, ограничивающая балластные и топливные цистерны	4,5	5,5	3,5	4,5	5,0	3,5	4,0	5,0	3,0	3,5
1.3 Скуловой пояс наружной обшивки	4,5	5,5	3,5	4,5	5,5	3,0	4,0	5,0	3,0	4,0
1.4 Ширстречный пояс в средней части судна	5,0	6,5	3,0	5,5	6,0	3,0	4,0	5,0	3,0	4,0
1.5 Днищевая обшивка наливных судов без двойного дна и бортовая обшивка наливных судов без двойных бортов в районе грузовых танков	5,0	7,0	3,5	5,0	6,5	3,5	5,0	6,0	3,5	4,5
1.6 Обшивка днища в носовой оконечности на высоте до 0,04B от основной плоскости	5,0	7,0	4,0	5,5	6,0	3,5	4,5	5,5	3,0	3,5
1.7 Обшивка борта в носовой оконечности	4,5	5,5	3,5	4,5	5,5	3,5	4,5	5,5	3,0	3,5
2 Настилы палуб и платформ										
2.1 Настил палубы (за исключением случаев, указанных в пп. 2.2 – 2.8)	4,5	6,0	3,0	4,5	5,5	3,0	4,0	5,0	2,5	3,5
2.2 Палубный стрингер в средней части судна	5,0	6,5	3,0	5,5	6,0	3,0	4,0	5,0	3,0	4,0
2.3 Настил верхней палубы в оконечностях, в районе межлюковых перемычек, палуб юта и надстроек (не участвующих в общем изгибе корпуса) на участках, не защищенных надстройками. Настил палубы бака	4,5	4,5	3,0	4,0	4,5	3,0	4,0	4,5	2,5	3,0
2.4 Настил верхней палубы за пределами средней части, палуб юта и надстроек (не участвующих в общем изгибе корпуса) на участках, защищенных надстройками. Настил платформ	3,5	3,5	2,5	3,0	3,0	2,5	3,0	3,0	2,5	2,5
2.5 Настил палубы наливных судов в районе грузовых танков	5,0	5,5	3,5	4,5	5,5	3,5	4,5	5,5	3,0	4,0
2.6 Настил палубы в оконечностях толкаемых судов	—	—	3,5	6,0	7,0	3,5	6,0	7,0	3,5	5,0
2.7 Настил палубы надстройки, участвующей в общем изгибе корпуса, в средней части судна и на участках, не защищенных надстройками	—	—	3,0	4,0	4,5	3,0	4,0	4,5	2,5	3,0
2.8 Настил палубы надстройки, участвующей в общем изгибе корпуса, за пределами средней части судна на участках, защищенных надстройками	—	—	2,5	3,0	3,0	2,5	3,0	3,0	2,5	2,5
3 Грузовые настилы										
3.1 Настил второго дна грузовых судов (за исключением случаев, оговоренных в пп. 3.2 и 3.3)	4,0	4,5	3,0	4,0	4,5	3,0	4,0	4,5	2,5	3,5
3.2 Настил второго дна сухогрузных судов под грузовыми люками, если предусмотрена загрузка-разгрузка грейферами, и палуб судов-площадок в пределах грузовой площадки	6,5	6,5	4,5	5,5	6,0	4,5	5,5	6,0	3,5	4,5
3.3 Настил второго дна наливных судов в районе расположения грузовых танков	5,0	5,5	4,5	5,0	5,5	4,5	5,0	5,5	4,0	4,5

Продолжение табл. 2.2.86

Наименование связи	Минимальная остаточная толщина, мм, для судов классов									
	«М-СП»		«М-ПР» и «М»			«О-ПР» и «О»			«Р» и «Л»	
	при длине, м									
	60	140	25	80	140	25	80	140	25	80
4 Переборки и внутренние борта										
4.1 Обшивка непроницаемых переборок и внутренних бортов (за исключением случаев, оговоренных в пп. 4.2 – 4.9)	3,5	3,5	2,5	3,5	3,5	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0
4.2 Обшивка переборки форпика	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	2,5	3,5	4,0	2,5	3,5
4.3 Обшивка внутренних бортов и нижние листы непроницаемых переборок сухогрузных судов в районе грузовых трюмов. Обшивка внутренних бортов, а также поперечных переборок, разграничивающих заполненные и не заполненные грузом отсеки в районе грузовых танков наливных судов (за исключением нижнего пояса)	4,0	4,5	3,0	4,0	4,5	3,0	3,5	4,0	2,5	3,5
4.4 Обшивка непроницаемых переборок (за исключением нижних листов) сухогрузных судов в районе грузовых трюмов	4,0	4,0	2,5	3,5	4,0	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0
4.5 Обшивка внутренних бортов судов с полным раскрытием грузовых трюмов, нижние листы внутренних бортов судов с неполным раскрытием грузовых трюмов и поперечных переборок в районе грузовых трюмов, если предусмотрена загрузка-разгрузка грейферами	5,0	5,0	4,0	4,5	5,0	4,0	4,5	5,0	3,0	4,0
4.6 Нижние листы внутренних бортов, а также поперечных переборок, разграничивающих заполненные и не заполненные грузом отсеки в районе грузовых танков наливных судов	5,0	5,5	4,5	5,0	5,5	4,5	5,0	5,5	4,0	4,5
4.7 Обшивка поперечных переборок, разграничивающих на наливных судах отсеки, заполненные грузом	3,5	4,0	2,5	3,5	3,5	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0
4.8 Верхний пояс переборок судов-площадок в пределах грузовой площадки	5,5	5,5	3,0	5,0	5,0	3,0	5,0	5,0	3,0	4,5
5 Прочие связи										
5.1 Листовые конструкции и стенки балок рамного набора под грузовым настилом судов-площадок и настилом второго дна сухогрузных судов под грузовыми люками, если предусмотрена загрузка-разгрузка грейферами	5,5	5,5	3,0	5,0	5,0	3,0	5,0	5,0	3,0	4,5
5.2 Непрерывные продольные комингсы грузовых люков	6,0	7,5	4,5	6,0	7,5	3,5	5,5	6,5	3,5	4,5
5.3 Поперечные комингсы грузовых люков	5,0	6,0	2,5	4,5	5,0	2,5	4,5	5,0	2,5	3,5
5.4 Листы шахт машинных отделений и капов машинного отделения, стенки надстроек, не участвующих в общем изгибе корпуса	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
5.5 Обшивка стенок надстроек, участвующих в общем изгибе корпуса	—	—	3,0	4,0	4,5	3,0	3,5	4,5	2,5	3,0

Окончание табл. 2.2.86

Примечания. 1. Толщины листов связей, приведенные в таблице, соответствуют шпации, равной 550 мм.

2. Остаточная толщина отдельных листов обшивок и настилов судов менее 25 м принимается по нормам средних остаточных толщин соответствующей группы связей, регламентируемых табл. 3.6.2 ПОСЭ для судов группы II.

3. Для судов с санообразной формой обводов носовой оконечности требование п. 1.6 распространяется на участок корпуса, расположенный на 4 % ширины судна выше плоского участка днища в районе носового подъема.

.2 если шпация принята меньше a_0 и (или) связи выполнены из сталей повышенной прочности, то толщины связей, указанные в таблице (за исключением п. 5.1), уменьшаются на значение поправки $\Delta t = \left[1 - 15{,}3\, a \Big/ \left(a_0 \sqrt{R_{eH}}\right)\right] \cdot [t]$, где a, a_0, $[t]$ — см. выше (при $a > a_0$ принимается $a = a_0$); R_{eH} — предел текучести материала связи, МПа. Допустимые остаточные толщины, получаемые после введения поправок Δt к табличным значениям $[t]$, не должны приниматься менее толщин, регламентируемых 3.5.5.2 ПОСЭ;

.3 для судов классов «М-СП», «М-ПР», «М», «О-ПР» и «О» длиной более 50 м в случае использования поперечной системы набора конструкции в средней части судна остаточная толщина, регламентируемая таблицей, увеличивается: для обшивки днища (п. 1.1) — на значение $1{,}2\,(L - 50)/90$, для настила второго дна (п. 3.1) и нижних листов внутренних бортов наливных судов в районе грузовых танков (п. 4.6) — на значение $0{,}7\,(L - 50)/90$;

.4 указания п. 1.6 таблицы об остаточной толщине обшивки днища в носовой оконечности для судов класса «М-СП» распространяются на район корпуса, отстоящий от носового перпендикуляра до $0{,}2L$. При этом для судов класса «М-СП», допускаемых к эксплуатации в море с ограничением по волнению менее 3,5 м, для участка корпуса, отстоящего от носового перпендикуляра от $0{,}15L$ до $0{,}20L$, остаточная толщина уменьшается до значений, требуемых для средней части судна;

.5 остаточная толщина отдельных листов ледового пояса наружной обшивки для судов, имеющих в формуле класса знак ледовых усилений, должна быть не менее 0,8 требуемой Правилами толщины для соответствующего района корпуса при устанавливаемой судну категории ледовых усилений;

.6 остаточная толщина отдельных листов ледового пояса наружной обшивки ледоколов должна быть не менее 0,8 проектной толщины;

.7 независимо от значений, приведенных в таблице, остаточные толщины листов наружной обшивки и настила палубы буксиров, толкачей, ледоколов (вне ледового пояса), плавкранов, обшивки поперечных переборок буксиров, толкачей, ледоколов (для полотнищ листов, примыкающих к борту), обшивки продольных и поперечных переборок плавкранов не должны быть меньше норм средних остаточных толщин соответствующей группы связей, установленных табл. 3.6.2 ПОСЭ для судов группы II;

.8 требуемая п. 1.6 таблицы толщина обшивки днища для судов классов «М-СП», «М-ПР» и «М» уменьшается на 0,5 мм в районах корпуса, в которых днищевой набор состоит из продольных балок холостого набора и рамных балок поперечного набора, установленных на каждой шпации;

.9 для судов класса «М-СП 4,5» толщины связей корпуса, указанные в пп. 1.1, 1.6, 2.1 и 2.3 табл. 2.2.86, должны быть увеличены на значение Δt_{min}, определяемое по формуле:

$$\Delta t_{min} = \left(\sqrt{k_p} - 1\right) t, \qquad (2.2.86.9)$$

где t — допустимая остаточная толщина связи, регламентируемая табл. 2.2.86 для судна класса «М-СП»;

$k_р$ — коэффициент, определяемый в соответствии с 2.2.28.

Полученные в результате расчета сроки службы отдельных связей не должны быть меньше планируемого срока службы судна, принятого в проекте.

2.2.87 Расчетная скорость изнашивания определяется по формуле:

$$c_р = \left(1 + k_Q v\right) c, \qquad (2.2.87\text{-}1)$$

где v — коэффициент вариации скорости изнашивания:

$$v = 0,51 - 1,06c; \qquad (2.2.87\text{-}2)$$

k_Q — коэффициент, принимаемый равным:

при проверке общей прочности корпуса по предельному моменту в конце планируемого срока службы — 0;

при определении срока службы отдельной связи — 1,65;

c — рекомендуемая средняя скорость изнашивания, назначаемая по табл. 2.2.87, мм/год.

При использовании данных табл. 2.2.87 необходимо учитывать следующее:

.1 для судов внутреннего плавания, предназначенных для эксплуатации в бассейнах северных и восточных рек, средние скорости изнашивания связей корпуса, не контактирующих непосредственно с перевозимым грузом, могут быть уменьшены вдвое. При этом районы плавания судов, применительно к условиям плавания в которых в проекте были уменьшены средние скорости изнашивания связей, должны быть указаны в спецификации в качестве разрешенных;

.2 для судов смешанного плавания всех классов, предназначенных для эксплуатации только в морях Северного Ледовитого океана, средние скорости изнашивания связей корпуса, могут быть приняты как для судов классов «М», «О», «Р» и «Л»;

.3 для судов класса «М-СП», предназначенных для эксплуатации только в Балтийском и Белом морях, средние скорости изнашивания могут быть приняты как для судов класса «М-ПР»;

.4 для судов, предназначенных для эксплуатации в бассейнах Черного, Мраморного, Ионического, Адриатического, Эгейского, Средиземного, Каспийского и Аравийского морей (независимо от основного символа в формуле класса) рекомендуемые средние скорости изнашивания связей наружного и внутреннего бортов должны приниматься в соответствии с требованиями к судам класса «М-СП». Для прочих связей рекомендуемые средние скорости изнашивания должны приниматься не менее требуемых для судов класса «М-ПР»;

.5 если при проверке прочности в конце срока службы судна средние скорости изнашивания уменьшались с учетом требований 2.2.87.2 и 2.2.87.3, районы плавания судов, применительно к которым было допущено такое уменьшение, должны быть указаны в спецификации в качестве разрешенных для эксплуатации.

2.2.88 Местные остаточные деформации продольных балок совместно с настилом или обшивкой (вмятины) следует учитывать в палубе судов-площадок, в настиле второго дна и в наклонных стенках грузового бункера или внутренних бортах сухогрузных судов.

2.2.89 Суммарная ширина вмятин принимается равной ширине конструкции в пределах грузовой зоны. Стрелку прогиба отдельной вмятины в поперечном сечении следует принимать распределенной по синусоиде между продольными рамными связями.

2.2.90 Максимальная стрелка прогиба вмятины h по середине расстояния между рамными продольными связями определяется по формуле, мм:

$$h = 501 k_0 k_р k_к b \left(\tau - 5\right)^{0,73} / \left(R_{eH} W_0\right), \qquad (2.2.90\text{-}1)$$

где k_0 — коэффициент, принимаемый равным:

Таблица 2.2.87

Значения рекомендуемых средних скоростей изнашивания для различных связей корпуса судна

Наименование связи		Рекомендуемая средняя скорость изнашивания, мм/год, для судна класса			
		«М-СП»	«М-ПР»	«О-ПР»	«М», «О», «Р», «Л»
1 Палубный настил					
1.1 в районе расположения балластных цистерн		0,07	0,05	0,05	0,04
1.2 судов-площадок, перевозящих навалочные грузы		0,15	0,13	0,13	0,12
1.3 в районе грузовых танков наливных судов		0,15	0,13	0,13	0,12
1.4 в районе грузовых танков наливных судов, перевозящих сырую нефть		0,21	0,19	0,19	0,18
1.5 в районах, не указанных в п. 1.1 – 1.4		0,06	0,04	0,04	0,03
2 Бортовая обшивка					
2.1 Борт при отсутствии второго борта:					
2.1.1 надводный		0,08	0,05	0,05	0,04
2.1.2 в районе ниже ватерлинии в полном грузу		0,10	0,07	0,06	0,05
2.2 Борт при наличии второго борта (отсеки двойного борта предназначены для груза, топлива или балласта):					
2.2.1 надводный	цистерны заполнены топливом	0,13	0,10	0,10	0,09
	цистерны заполнены балластом	0,12	0,08	0,06	0,06
2.2.2 ниже ватерлинии в полном грузу	цистерны заполнены топливом	0,15	0,12	0,11	0,10
	цистерны заполнены балластом	0,13	0,08	0,07	0,06
3 Днищевая обшивка					
3.1 скуловой пояс и прилегающий к нему пояс днищевой обшивки		0,12	0,10	0,09	0,08
3.2 прочие поясья обшивки днища		0,09	0,07	0,06	0,05
3.3 в районе топливных цистерн		0,14	0,11	0,11	0,10
3.4 в районе балластных отсеков		0,12	0,08	0,07	0,06
3.5 в районе грузовых танков		0,14	0,11	0,11	0,10
4 Настил второго дна					
4.1 в районе топливных цистерн		0,14	0,11	0,11	0,10
4.2 в районе балластных отсеков		0,10	0,07	0,06	0,05
4.3 в трюмах, если предусматривается выполнение грузовых операций грейферами		0,17	0,14	0,13	0,12
5 Обшивка второго борта					
5.1 Обшивка второго борта грузовых судов					
5.1.1 верхний и средний поясья		0,06	0,05	0,04	0,03
5.1.2 нижний пояс		0,13	0,08	0,07	0,05
5.1.3 в районе топливных цистерн		0,14	0,11	0,11	0,10
5.1.4 в районе балластных отсеков		0,10	0,08	0,07	0,05
5.2 Обшивка второго борта судов, перевозящих в том числе и навалочные грузы					
5.2.1 верхний и средний поясья		0,12	0,09	0,08	0,07
5.2.3 нижний пояс		0,17	0,14	0,13	0,12
6 Обшивка продольных и поперечных переборок					
6.1 Водонепроницаемые переборки					
6.1.1 верхний и средний поясья		0,06	0,05	0,04	0,03
6.1.2 нижний пояс		0,10	0,08	0,07	0,05
6.2 Переборки между трюмами для навалочных грузов					
6.2.1 верхний и средний поясья		0,11	0,08	0,08	0,07
6.2.2 нижний пояс		0,17	0,14	0,13	0,12
6.3 Переборки между грузовыми танками					
6.3.1 верхний пояс		0,16	0,13	0,13	0,12

Окончание табл. 2.2.87

Наименование связи	Рекомендуемая средняя скорость изнашивания, мм/год, для судна класса			
	«М-СП»	«М-ПР»	«О-ПР»	«М», «О», «Р», «Л»
6.3.2 средний пояс	0,12	0,09	0,09	0,08
6.3.3 нижний пояс	0,15	0,13	0,12	0,11
6.4 Переборки между грузовыми танками судов, перевозящих сырую нефть				
6.4.1 верхний пояс	0,22	0,19	0,19	0,18
6.4.2 средний пояс	0,16	0,13	0,13	0,12
6.4.3 нижний пояс	0,21	0,18	0,17	0,16
7 Набор палуб				
7.1 Продольные подпалубные балки, бимсы и карлингсы палуб, ограничивающие:				
7.1.1 грузовые трюмы сухогрузных судов и районы судовых помещений	0,06	0,04	0,04	0,03
7.1.2 грузовые танки	0,16	0,13	0,13	0,12
7.1.3 грузовые танки судов, перевозящих сырую нефть	0,22	0,19	0,19	0,18
7.1.4 топливные цистерны	0,16	0,13	0,13	0,12
7.1.5 балластные отсеки	0,12	0,08	0,07	0,06
7.2 Комингсы грузовых люков	0,06	0,04	0,04	0,03
8 Набор бортов и переборок				
8.1 Продольные балки, основные и рамные шпангоуты, вертикальные стойки и горизонтальные рамы бортов и переборок, ограничивающие:				
8.1.1 грузовые трюмы сухогрузных судов и районы судовых помещений	0,08	0,05	0,05	0,04
8.1.2 грузовые танки	0,16	0,13	0,13	0,12
8.1.3 грузовые танки судов, перевозящих сырую нефть	0,22	0,19	0,19	0,18
8.1.4 топливные цистерны	0,16	0,13	0,13	0,12
8.1.5 балластные отсеки	0,17	0,11	0,10	0,08
9 Набор днища и второго дна				
9.1 Вертикальный киль, днищевые стрингеры, флоры и продольные балки днища при отсутствии второго дна:				
9.1.1 в районе грузовых трюмов	0,10	0,07	0,06	0,05
9.1.2 в балластных отсеках	0,12	0,08	0,07	0,06
9.1.3 в не предназначенных для затопления отсеках, в том числе судов-площадок	0,10	0,07	0,06	0,05
9.2 Вертикальный киль, днищевые стрингеры, флоры и продольные балки днища и второго дна в отсеках двойного дна:				
9.2.1 не предназначенных для заполнения	0,1	0,07	0,06	0,05
9.2.2 в топливных цистернах	0,16	0,13	0,13	0,12
9.2.3 в балластных отсеках	0,12	0,08	0,07	0,06

Примечания. 1. При отсутствии привальных брусьев средняя скорость изнашивания обшивки наружного борта увеличивается в два раза.

2. Средняя скорость изнашивания днищевой обшивки судов, предназначенных для эксплуатации преимущественно на мелководье, принимается 0,10 мм/год.

при наличии распорок между продольными балками холостого набора настила второго дна и днища, установленными по середине пролета	0,5
в остальных случаях	1,0

$k_р$ — коэффициент, принимаемый равным:

если в проекте предусматривается возможность выполнения грузовых операций кранами грузоподъемностью 200 кН и более	1,5
в остальных случаях	1,0

$k_к$ — коэффициент, принимаемый равным:

для грузовых палуб судов-площадок	1,0
для настила второго дна сухогрузных судов	0,7
для стенок бункера и внутренних бортов	$0{,}7\cos\alpha$

Здесь α — угол наклона стенки бункера и внутренних бортов к основной плоскости;

b — длина балки, равная расстоянию между рамными поперечными связями, на которые опирается балка, см;

τ — планируемый срок службы судна, годы;

R_{eH} — предел текучести материала балки, МПа;

W_0 — предельный момент сопротивления ребра жесткости, см^3:

$$W_0 = f_{пр}\left(y_0 + 0{,}05\,t_{пп}\right), \qquad (2.2.90\text{-}2)$$

где $f_{пр}$ — проектная площадь поперечного сечения профиля балки без присоединенного пояска, см^2;

y_0 — отстояние центра тяжести поперечного сечения профиля балки без присоединенного пояска от обшивки, см;

$t_{пп}$ — проектная толщина присоединенного пояска, мм.

2.2.91 Деформированные продольные балки с присоединенными поясками шириной, равной половине расстояния между балками, следует включать в эквивалентный брус с редукционными коэффициентами $\varphi_р$, определенными в зависимости от перечисленных ниже параметров:

h — стрелка погиби деформированной балки в соответствии с 2.2.90, см;

a — расстояние между балками, см;

$F_р$, $I_р$ — площадь поперечного сечения, см^2, и момент инерции этой площади относительно нейтральной оси, см^4, продольной деформированной и изношенной балки с присоединенным пояском шириной, равной a;

z_{max} — отстояние крайнего волокна полки от нейтральной оси указанного выше поперечного сечения, см;

ρ — радиус инерции, см:

$$\rho = \sqrt{I_р / F_р}\ ; \qquad (2.2.91\text{-}1)$$

E, R_{eH} — модуль упругости и предел текучести материала балки, МПа;

b — длина балки, равная расстоянию между рамными поперечными связями, на которые опирается балка, см;

$\sigma_э$ — эйлерово напряжение в материале балки, МПа:

$$\sigma_э = \pi^2 E I_р / \left(F_р b^2\right); \qquad (2.2.91\text{-}2)$$

$\sigma_ж$ — напряжение в жестких связях на уровне центра тяжести площади поперечного сечения балки с присоединенным пояском, МПа;

при растяжении $\sigma_ж > 0$,

при сжатии $\sigma_ж < 0$;

n — относительное напряжение:

$$n = \sigma_ж / R_{eH}\ ; \qquad (2.2.91\text{-}3)$$

p — давление груза на настил, который поддерживается балкой в соответствии с 2.2.19 – 2.2.23 для балок, поддерживающих обшивку или настил, на которые груз не действует, принимается $p = 0$;

$H_р$ — высота балки, см.

Редукционный коэффициент $\varphi_р$ вычисляется по формулам:

$$\left.\begin{aligned}
&\varphi_р = \varphi_0 XYk_п && \text{при} \quad n \le n_1,\\
&\varphi_р = \varphi_0 k_п && \text{при} \quad n_1 < n \le 0,\\
&\varphi_р = \varphi_0 && \text{при} \quad 0 < n \le n_2,\\
&\varphi_р = \varphi_0 X_1 && \text{при} \quad n_2 \le n,
\end{aligned}\right\} \qquad (2.2.91\text{-}4)$$

где φ_0 — коэффициент, определяемый по табл. 2.2.91;

Таблица 2.2.91

Значения коэффициента φ_0

h_0/ρ	φ_0 при $\sigma_ж/\sigma_э$, равном			h_0/ρ	φ_0 при $\sigma_ж/\sigma_э$, равном		
	1	0	–1		1	0	–1
0	1	1	1	6	0,193	0,182	0,172
1	0,916	0,889	0,848	7	0,147	0,140	0,134
2	0,719	0,667	0,609	8	0,115	0,111	0,107
3	0,516	0,471	0,428	9	0,093	0,090	0,087
4	0,363	0,333	0,307	10	0,076	0,074	0,072
5	0,260	0,242	0,227				

$k_п$ — коэффициент, который принимается равным:

для балок палуб судов-площадок и балок второго дна	1,0
в остальных случаях	0,85

n_1, n_2 — числа, получаемые по формуле

$$n_{1,2} = \mp\left(1,056 + 0,021\,h_0^2/\rho^2 - 0,145\,h_0/\rho - 0,131\,z_{\max}/\rho\right), \quad (2.2.91\text{-}5)$$

где число n_1 отрицательное, n_2 — положительное;

X, X_1, Y — величины, определяемые по формулам:

$$X = 1 + n\left[-0,402 + 1,60\,h_0/b - 0,015\,\sigma_э/R_{eH} - 0,982n - 45,2\,h_0^2/b^2 + 0,614\,h_0\sigma_э/(bR_{eH}) - 0,00142\,\sigma_э^2/R_{eH}^2 - 0,362n^2\right]; \quad (2.2.91\text{-}6)$$

$$X_1 = 1 + n\left[0,400 - 2,90\,h_0/b + 0,0137\,\sigma_э/R_{eH} - 0,896n + 50,1\,h_0^2/b^2 - 0,522\,h_0\sigma_э/(bR_{eH}) + 0,00123\,\sigma_э^2/R_{eH}^2 + 0,329n^2\right]; \quad (2.2.91\text{-}7)$$

$$Y = 1 - 1\cdot 10^{-3}\,pab^2H_p \times \left(0,0271 + 0,169\,h_0/b - 0,00292\,\sigma_э/R_{eH}\right)/\left(I_pR_{eH}\right). \quad (2.2.91\text{-}8)$$

Если определенный по формулам (2.2.91-6) – (2.2.91-8) какой-либо коэффициент получается отрицательным, то его следует принимать равным нулю, если больше единицы — равным единице.

2.2.92 Редукционные коэффициенты пластин в районе вмятин при продольной системе набора не должны приниматься больше определенных в соответствии с 2.2.91 редукционных коэффициентов продольных деформированных балок, составляющих их опорный контур.

Редукционные коэффициенты пластин в районе вмятин при поперечной системе набора, за исключением грузовой палубы судов-площадок и настила второго дна сухогрузных судов, определяются в соответствии с табл. 2.2.78. Редуцируемые части пластин настила грузовой палубы судов-площадок и настила второго дна сухогрузных судов при поперечной системе набора в эквивалентный брус не включаются.

2.2.93 Для обеспечения общей прочности судна по предельному моменту $M_{пр.и}$ с учетом износов и местных остаточных деформаций связей корпуса должно выполняться условие

$$\left|M_{цр.и}\right| > K_и\left|M_р\right|, \quad (2.2.93)$$

где $K_и$ — коэффициент запаса прочности по предельному моменту с учетом износов и местных остаточных деформаций связей корпуса;

$M_р$ — расчетный изгибающий момент при прогибе и при перегибе, кН·м.

2.2.94 Коэффициент $K_и$ в условии прочности (2.2.93) принимается равным коэффициенту $K_{годн}$, значения которого устанавливаются в п. 3.3 приложения 1 ПОСЭ.

2.2.95 Для грузовых судов общую прочность судна по предельному моменту $M_{пр.и}$ с учетом износов и местных остаточных деформаций связей корпуса следует проверить дополнительно с помощью соотношения:

$$\left|M_{пр.и}\right| \geq k_{пр.и}DL\ , \quad (2.2.95)$$

где $k_{пр.и}$ — коэффициент предельного момента с учетом износов и местных остаточных деформаций связей корпуса.

2.2.96 Значения коэффициента $k_{пр.и}$ в конце срока службы судна принимаются по табл. 2.2.96.

Таблица 2.2.96

Значения коэффицента $k_{пр.и}$ в зависимости от типа и длины судна

Тип судна	Коэффициент $k_{пр.и}$ при длина судна, м				
	20	60	80	100	140
Грузовое самоходное	0,055	0,045	0,033	0,027	0,023
Сухогрузное несамоходное	0,045	0,035	0,023	0,018	0,015
Наливная баржа	0,036	0,024	0,016	0,013	0,010

2.2.97 Требования 2.2.93 – 2.2.95 должны выполняться в течение всего планируемого срока службы судна.

2.3 КОНСТРУИРОВАНИЕ КОРПУСА СУДНА

Общие требования

2.3.1 При конструировании корпусов судов следует руководствоваться принципом совмещения связей в одной плоскости, в соответствии с которым связи размещаются таким образом, чтобы образовались замкнутые конструкции: «карлингс – рамная стойка поперечной переборки – кильсон»; «продольная балка палубы или платформы – холостая стойка поперечной переборки – продольная балка двойного дна или платформы»; «флор – шпангоут – бимс»; «бортовой стрингер – шельф поперечной переборки – шельф продольной переборки» и т. п.

2.3.2 Изменения толщины, высоты, сечения или формы связей корпуса должны быть плавными.

Разность толщин смежных листов не должна превышать 30 % толщины наиболее толстого из соединяемых листов или 5 мм (принимается меньшее значение). Указанное не относится к листам, образующим пазы, а также к утолщенным листам, устанавливаемым у концов надстроек, под якорными клюзами, под судовыми техническими средствами. Разделку кромки наиболее толстого листа следует выполнять до толщины тонкого листа в соответствии с национальными стандартами[1].

2.3.3 Переход высот стенок балок и ребер жесткости от большей к меньшей или наоборот следует производить на участке, протяженность которого для стенок кильсонов и карлингсов в средней части судна должна быть не менее пяти разностям высот стенок соединяемых связей, для других связей — не менее двух разностей высот.

Пояски балок аналогичным образом должны плавно переходить один в другой.

2.3.4 Следует обеспечивать непрерывность возможно большего числа основных продольных связей корпуса.

2.3.5 Переход от продольной системы набора к поперечной должен быть постепенным. В одном поперечном сечении корпуса не допускается прерывать более 1/3 продольных балок холостого набора, а также более двух продольных рамных связей, расположенных по днищу или по палубе судна. Сечения, в которых прерываются продольные связи, должны отстоять друг от друга не менее чем на две шпации.

2.3.6 Не допускается заканчивать продольные связи в районах, ослабленных вырезами и в районах концентрации напряжений, например, у скруглений углов прямоугольных вырезов, окончаний надстроек и продольных комингсов.

2.3.7 В районах окончания палуб, платформ, настила второго дна, продольных переборок должны быть предусмотрены кницы или другие конструкции, уменьшающие концентрацию напряжений (рис. 2.3.7).

2.3.8 Ребра жесткости в местах окончания должны быть доведены до поперечной связи и закреплены кницами.

Допускается выполнять окончания на «ус» следующих связей:

.1 противовибрационных ребер жесткости;

.2 ребер жесткости, подкрепляющих стенки набора;

.3 холостых стоек поперечных переборок на судах с поперечной системой набора, за исключением пиковых и переборок машинного отделения;

.4 холостых стоек продольных переборок на судах с продольной системой набора.

Не допускается окончание ребра на «ус» у выреза с неподкрепленной кромкой, в том числе у выреза для прохода балок холостого набора.

Примечание. Под окончанием на «ус» понимается узел окончания холостого набора (стоек), ребер жесткости, а также полок рамного набора, книц и бракет, выполненый в соответствии с рис. 2.3.8.

2.3.9 Продольные балки рамного набора следует заканчивать на поперечных пере-

[1] ГОСТ 8713, ГОСТ 52640, ГОСТ 14771

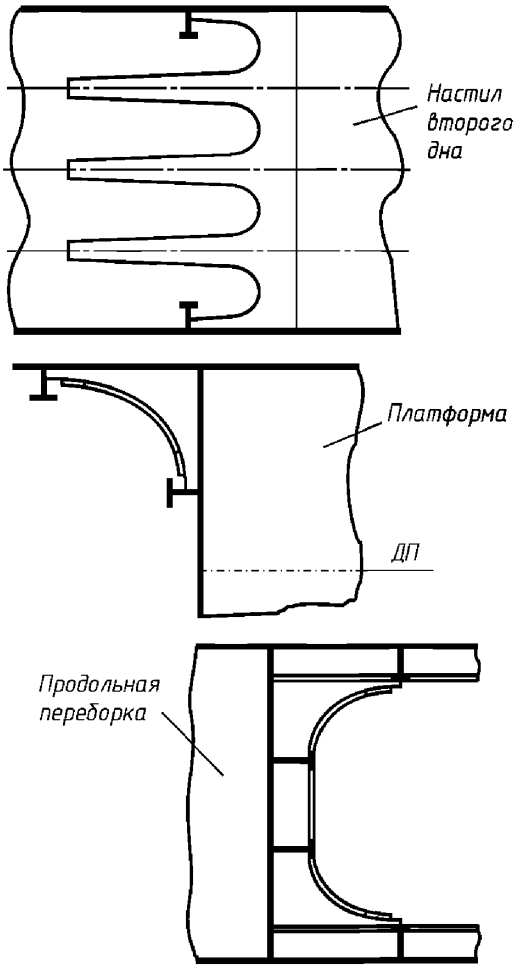


Рис. 2.3.7. Конструкция окончаний палуб, платформ, настила второго дна, продольных переборок

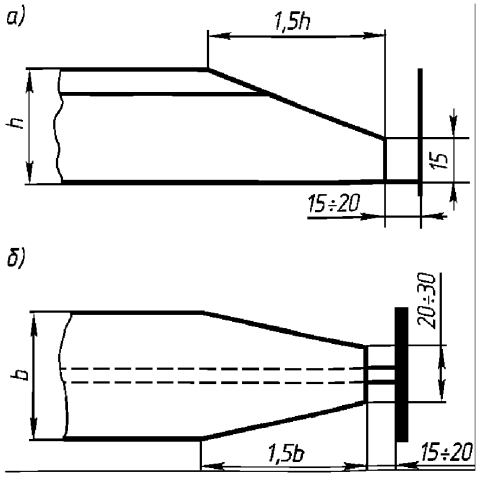


Рис. 2.3.8. Узел окончания на «ус» холостого набора (стоек), ребер жесткости, полок рамного набора, книц и бракет

борках или поперечном рамном наборе. С противоположной стороны должна быть установлена сгонная кница протяженностью не менее 1,5 высоты оканчиваемой балки, доведенная до поперечной балки рамного набора и приваренная к ней. Высота кницы должна равняться высоте оканчиваемой рамной балки с уменьшением на конце до 1/4 этой высоты. Толщина стенки и размеры полки кницы должны приниматься такими же, что и у оканчиваемой балки. Полку следует оканчивать на «ус» (рис. 2.3.9, *а* и *б*). Если оканчиваемая балка рамного набора переходит в продольную балку холостого набора, доводить кницу до поперечной балки не требуется (рис. 2.3.9, *в*).

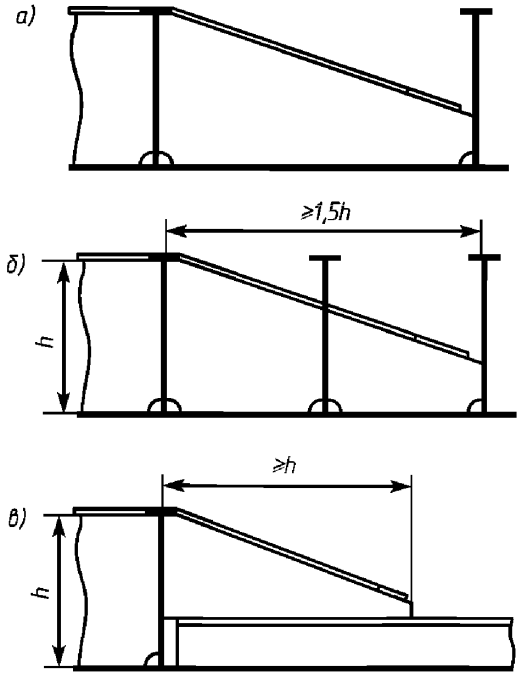


Рис. 2.3.9. Конструкции окончаний балок рамного набора

2.3.10 При продольной системе набора днища, палубы или платформы холостые шпангоуты должны закрепляться по концам кницами, доведенными до ближайших продольных балок.

При комбинированной (см. 2.4.33) системе набора борта в местах примыкания холостых шпангоутов к бортовым стринге-

рам или платформам должны быть установлены кницы в плоскости шпангоутов.

При комбинированной и продольной системах набора борта на участке между рамными шпангоутами по скуле и в узле соединения борта с палубой в плоскости каждого практического шпангоута требуется устанавливать кницы, доходящие до ближайших продольных балок.

2.3.11 В процессе проектирования следует предусматривать конструктивные мероприятия по увеличению прочности и жесткости тех корпусных конструкций, которые в эксплуатационных условиях подвергаются местным сосредоточенным или ударным нагрузкам, не учитываемым в расчетах прочности, например, палубы в районе опорного барабана, бортов и днища плавучих кранов; оконечностей толкачей и толкаемых судов; палубы судов-площадок; второго дна и внутренних бортов сухогрузных судов и т. п.

Конструирование балок набора

2.3.12 Балки набора, стенки которых расположены в одной плоскости (бимса со шпангоутом, шпангоута с флором и т. п.), следует соединять с помощью книц, устанавливаемых в плоскости стенок соединяемых балок набора; при этом рамные балки должны быть сварены одна с другой. Балки поперечного холостого набора допускается соединять кницами, устанавливаемыми внахлестку.

При соединении балок рамного набора кницы должны перекрывать набор на протяжении не менее высоты меньшего профиля, при соединении балок холостого набора — не менее двух высот меньшего профиля (для книц, устанавливаемых внахлестку, перекрой измеряется от полки балки). Толщина книц, соединяющих балки рамного и холостого набора, должна быть не менее меньшей толщины стенки соединяемых балок. Допускается уменьшение толщины книц, соединяющих балки холостого набора: для книц без фланца — на 1 мм при толщине стенки балки от 7 до 9 мм включительно и на 2 мм при толщине 10 мм и более; для книц с фланцем или с приваренной полосой — на 1 мм при толщине стенки в интервале от 6 до 8 мм и на 2 мм при толщине 9 мм и более.

2.3.13 Кницы, устанавливаемые в узлах соединения балок рамного набора, должны иметь по свободной кромке полосу или фланец, оканчивающиеся на «ус». В остальных случаях подкрепление свободной кромки требуется, если длина одной из привариваемых сторон кницы или бракеты превышает 35 их толщин. Толщина приваренной полосы должна быть не менее толщины стенки кницы, ширина — не менее восьми толщин полосы, но не менее 40 мм по одну сторону от линии приварки. Ширина фланца должна быть не менее восьми толщин кницы, но не менее 40 мм. Максимальная ширина пояска, измеренная от стенки кницы, не должна превышать 10 его толщин. Площадь сечения полки кницы в узле соединения балок рамного набора должна составлять не менее 0,8 от площади меньшей полки соединяемых балок.

2.3.14 В местах пересечения с переборками балки рамного набора следует крепить с обеих сторон переборки кницами, перекрывающими эти балки на длине не менее их высоты. Стенки и пояски балок должны привариваться к обшивке переборок. У переборок машинного отделения и оконечностей, а также переборок, испытывающих воздействие знакопеременных нагрузок, полки следует заканчивать на «ус».

2.3.15 Холостой набор должен быть пропущен через вырезы в проницаемых рамных связях или проницаемых переборках. Стенку балки холостого набора следует приварить к стенке проницаемой рамной связи или к проницаемой переборке, либо связи должны быть соединены с помощью книц, планок (рис. 2.3.15-1), ребер жесткости или путем комбинации указанных способов.

Толщина кницы принимается в соответствии с 2.3.12, толщина планки и ребра жесткости должна быть не менее толщины

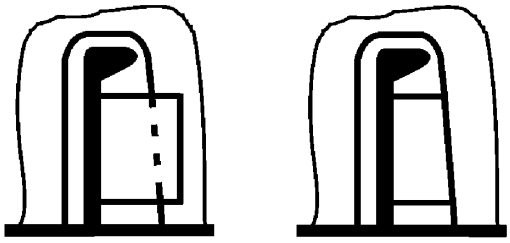


Рис. 2.3.15-1. Соединение холостой связи и проницаемой рамной связи с помощью планки

стенки балки рамного набора или переборки.

Катеты кницы должны быть не менее 1,5 высоты балки холостого набора, высота ребра — не менее 0,6 высоты этой балки. Должны также выполняться требования к ребрам жесткости, установленные в 2.3.20. Смещение кницы или ребра жесткости от плоскости стенки несимметричного профиля не должно превышать катета сварного шва, увеличенного на 1 мм.

При навесной конструкции набора балки холостого набора, выполненные из уголка, допускается соединять с балками рамного набора путем сварки полок двумя швами. В случае применения в качестве холостого набора полособульбового профиля соединение должно выполняться с помощью книц.

При навесном (двухъярусном) наборе в качестве балок рамного набора могут применяться готовые прокатные или сварные двутавры и швеллеры, а также гнутые швеллеры с полками одинаковой ширины.

Постановка проставок между балкой рамного набора и обшивкой не допускается. Допускается постановка проставок в местах пересечения балок рамного набора с переборками и неразрезными кильсонами, а также в местах перехода навесного набора в обычный («нарезной»). При этом свободную кромку проставки следует выполнять с фигурным вырезом, указанным на рис. 2.3.15-2.

2.3.16 Соединение продольных балок холостого набора, прерывающихся на непроницаемых рамных связях или непроницаемых переборках следует выполнять с помощью книц или бракет, устанавливаемых с обеих сторон рамной связи или переборки в плоскости стенок соединяемых балок. Толщина книц должна соответствовать требованиям 2.3.12. Длина сварного шва, соединяющего кницу с продольной балкой, должна быть не менее 2,5 высоты балки, а по свободной кромке должен отгибаться фланец независимо от толщины и размеров сторон кницы (рис. 2.3.16).

2.3.17 Для образования голубниц (протоков) у поперечных связей продольные балки днища и палубы допускается не доводить до листов связей. Расстояние между торцом ребра и листом связи не должно превышать 10 толщин обшивки днища, но не более 100 мм (принимать меньшее значение). Соединение продоль-

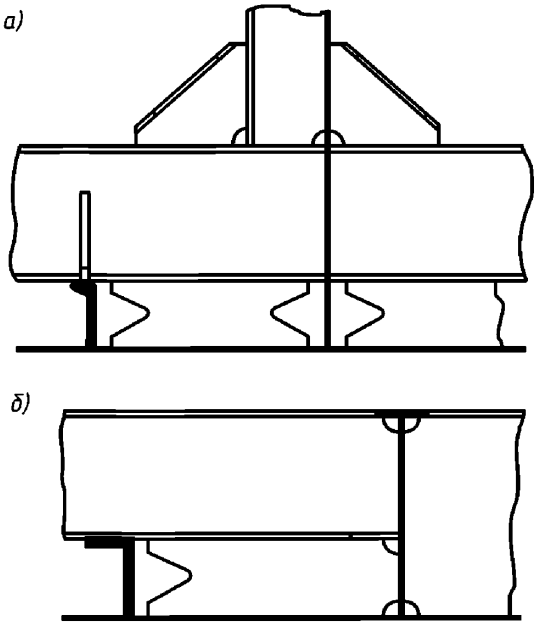


Рис. 2.3.15-2. Конструкция навесного набора

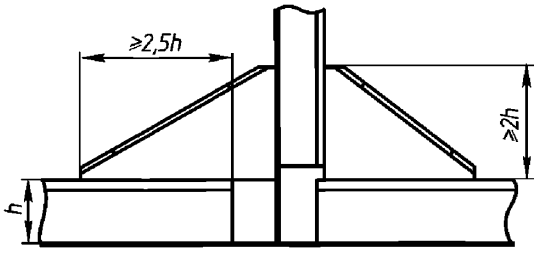


Рис. 2.3.16. Пересечение балки холостого набора с непроницаемой рамной связью

ных балок холостого набора следует выполнять в соответствии с 2.3.16.

2.3.18 При закреплении концов балок холостого набора, прерывающихся на переборках или рамных связях, не допускается приварка с помощью книц к неподкрепленным листам. В плоскости книц должно находиться ребро жесткости (рис. 2.3.18-1) или по концу одной из книц должно устанавливаться ребро жесткости из полосы или прокатного профиля (рис. 2.3.18-2), доходящее до ближайших балок набора. Концы ребра допускается заканчивать на «ус».

Кница, закрепляющая конец балки холостого набора на поперечной балке рамного набора, должна доводиться до полки последней. При этом допускается технологический зазор 10–20 мм (рис. 2.3.18-3).

Сторона кницы или бракеты, привариваемая к полке балки рамного набора, не должна доходить до свободной кромки полки на 10–20 мм.

При подходе к наружной обшивке полки рамного набора должны заканчиваться на «ус» с зазором между концом полки и обшивкой 10–20 мм.

2.3.19 В узле пересечения трех взаимно перпендикулярных конструкций (например, платформы, продольной и поперечной переборок) должны быть установлены кницы или ребра жесткости для разнесения усилий, возникающих в точке пересечения (рис. 2.3.19).

2.3.20 Стенки рамного набора при отношении высоты h, см, к толщине t, см, большем $80\sqrt{235/R_{eH}}$, где R_{eH} — предел текучести материала балки, МПа, должны быть подкреплены ребрами жесткости, нормальными или параллельными пояскам рамного набора с соблюдением следующих условий:

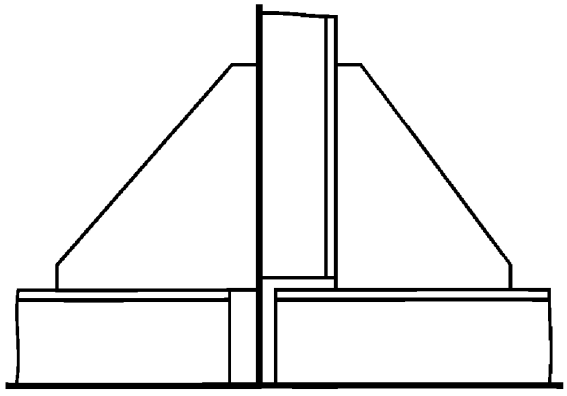


Рис. 2.3.18-1. Устранение жесткой точки по концам книц с помощью вертикального ребра

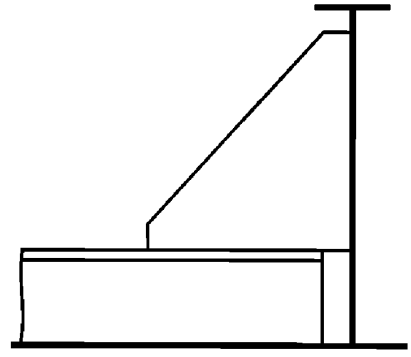


Рис. 2.3.18-3. Окончание балки холостого набора на рамной связи

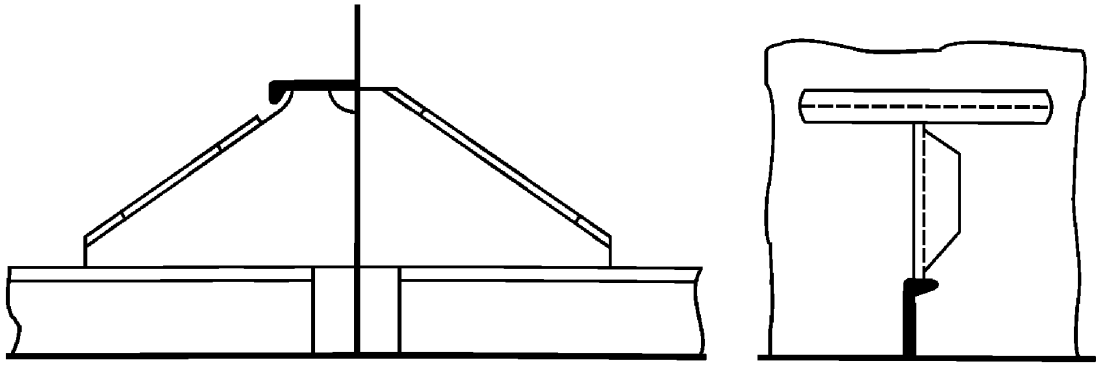


Рис. 2.3.18-2. Устранение жесткой точки по концам книц с помощью горизонтального ребра

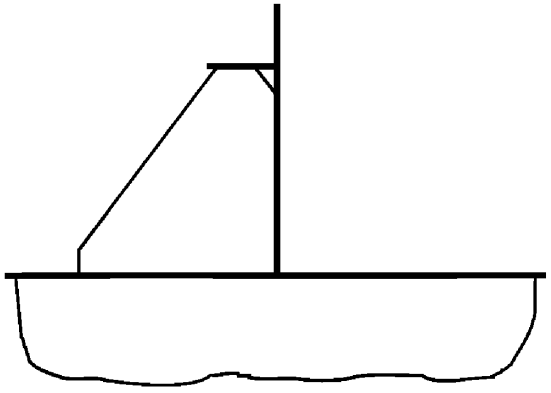


Рис. 2.3.19. Установка кницы для разнесения усилий, возникающих в точке пересечения трех взаимно перпендикулярных конструкций

.1 расстояние между подкрепляющими ребрами S, установленными нормально пояскам рамного набора, должно быть не более, см:

$$S = \left(0,24\,h/t - 9,5\right)h\sqrt{R_{eH}/235}\Big/ \Big/\left(h/t - 75\sqrt{235/R_{eH}}\right); \qquad (2.3.20.1)$$

.2 момент инерции площади поперечного сечения ребер жесткости, нормальных пояскам рамного набора, с присоединенным пояском должен быть не менее, см^4:

$$i = 0,1St^3e^{KS/h}, \qquad (2.3.20.2)$$

где K — коэффициент, определяемый по табл. 2.3.20.2;

Таблица 2.3.20.2

Значения коэффициента K в зависимости от отношения $h\sqrt{R_{eH}/235}/t$

$h\sqrt{R_{eH}/235}/t$	K	$h\sqrt{R_{eH}/235}/t$	K
80	0	105	7,89
85	1,05	110	9,23
90	3,53	115	10,31
95	5,04	120	12,00
100	6,65		

.3 момент инерции площади поперечного сечения ребер жесткости, параллельных пояскам рамного набора, с присоединенным пояском должен быть не менее, см^4:

$$i = 5,1\cdot10^{-7}R_{eH}\left(f + at\right)l^2, \qquad (2.3.20.3)$$

где R_{eH} — предел текучести материала ребра, МПа;

f — площадь поперечного сечения ребра (без присоединенного пояска), см^2;

a — расстояние между подкрепляющими ребрами, см;

l — длина подкрепляемого участка стенки, см.

Ребра допускается выполнять из полосы, если отношение их высоты к толщине не превышает 10; при этом высота ребра должна быть не менее 50 мм, а толщина — не менее 0,8 толщины подкрепляемой стенки.

Отношение h/t для стенок рамного набора, подвергающегося действию больших локальных нагрузок (набор борта всех судов; набор палуб судов-площадок, для которых предусматривается загрузка и разгрузка грейферами), должно быть не более $55\sqrt{235/R_{eH}}$.

2.3.21 Толщина стенки рамного набора в зависимости от толщины прилегающей обшивки должна быть не менее значений, указанных в табл. 2.3.21-1.

Таблица 2.3.21-1

Значения толщины стенки рамного набора в зависимости от толщины прилегающей обшивки

Толщина, мм			
обшивки	стенки	обшивки	стенки
4,0	4,0	7,0	6,0
4,5	4,0	8,0	6,0
5,0	4,5	9,0	7,0
5,5	5,0	10,0	7,0
6,0	5,0	11,0	8,0

При толщине обшивки 12 мм и более толщина стенки может быть уменьшена на 4 мм по сравнению с толщиной обшивки.

Для стенок рамного набора, примыкающего к палубному стрингеру или комингсу открытых судов, может быть допущено большее уменьшение, но не более чем в два раза по сравнению с толщиной прилегающих листов указанных конструкций.

Толщину стенок рамного набора грузовых судов длиной 50 м и более следует принимать не менее значений, указанных в табл. 2.3.21-2.

Таблица 2.3.21-2

Значения толщин стенок рамного набора грузовых судов длиной 50 м и более

Наименование связи	Минимальная толщина стенки рамной балки, мм					
	судов, перевозящих минерально-строительные грузы на местных линиях			прочих грузовых судов		
	при длине корпуса, м					
	50	80	≥110	50	80	≥110
Рамный набор: борта в средней и кормовой части судна;	6	7	8	5	6	8
борта в носовой оконечности;	7	8	8	6	7	8
днища в носовой оконечности	6	7	8	6	7	8

2.3.22 Толщина приваренной полки балки не должна превышать двух толщин ее стенки. Ширина симметричной полки не должна превышать 24 ее толщин, а ширина полки, приваренной с одной стороны стенки — 12 толщин. Ширину отогнутого фланца следует принимать в пределах 8–12 его толщин.

У Г-образных профилей отношение ширины фланца к его толщине должно быть не более 30. Ширина дополнительного малого фланца (гребешка) должна быть не менее 30 мм.

2.3.23 При вычислении момента сопротивления и момента инерции поперечного сечения несимметричной балки с отогнутым фланцем площадь фланца f_{fl} следует умножать на коэффициент φ, определяемый по формуле:

$$\varphi = \left(1 + 3\Big/\left\{1 + 12\left[l/(10\eta h)\right]^4 \left(f_{ст}/f_{ф}\right)^2 \left(t/b\right)\right\}\right)^{-1}, \quad (2.3.23)$$

где l — пролет балки, см;

η — коэффициент, зависящий от вида закрепления концов и принимаемый равным:

при жестко заделанных концах	1,5
при одном жестко заделанном и другом свободно опертом конце	1,25
при свободно опертых концах	1

h — высота стенки, см;

$f_{ст}$ — площадь поперечного сечения стенки, см^2;

$f_{ф}$ — площадь поперечного сечения фланца, см^2;

t — толщина фланца, см;

b — ширина фланца, см.

Вырезы в корпусных конструкциях

2.3.24 Прямоугольные вырезы в продольных связях должны иметь скругление в углах радиусом не менее 0,1 ширины выреза. Радиусы скругления вырезов грузовых трюмов в главных палубах, ограниченных непрерывными продольными комингсами, могут быть уменьшены до 0,5 м.

2.3.25 Вырезы в продольных связях корпуса судна следует располагать большей стороной вдоль судна.

2.3.26 Связи у вырезов следует оканчивать на специально установленной связи и приваривать к ней (рис. 2.3.26). Если вырезов несколько, их следует по возможности располагать на одной линии вдоль судна, не совмещая несколько вырезов в одном поперечном сечении.

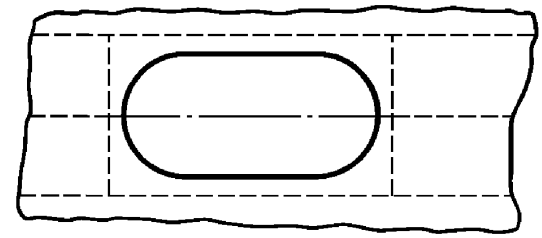


Рис. 2.3.26. Подкрепляющие связи у выреза

2.3.27 Делать вырезы в стенке балки непосредственно вблизи опор и книц не допускается. Вырезы должны быть на расстоянии не менее 50 % высоты балки от конца кницы.

2.3.28 Высота вырезов в стенке балок рамного набора для прохода балок холостого набора не должна превышать 0,5 высоты рамного набора. Если стенки балок соединены сваркой, а ослабление от выреза компенсировано постановкой планки, высота выреза может быть увели-

чена до 0,6 высоты рамного набора. В районе двойных бортов высота выреза может приниматься равной 0,6 высоты рамного полубимса. Суммарная высота вырезов для прохода балок холостого набора в стенках сплошных флоров и кильсонов двойного дна, а также сплошных рамных шпангоутов «диафрагм» и платформ двойного борта не должны превышать 0,4 высоты (ширины) перечисленных связей.

Высота облегчающих вырезов и вырезов для лазов не должна превышать 50 %, а ширина — 75 % высоты рамной связи в данном месте.

Расстояние от кромок всех вырезов в рамных связях до кромок вырезов для прохода балок холостого набора должно быть не менее высоты этих балок.

2.3.29 Высота вырезов для голубниц (протоков) в наборе не должна превышать 20 % высоты балки, а длина должна быть не более 15 толщин обшивки или настила.

2.3.30 Ослабленные вырезом стенки рамного набора должны быть подкреплены ребрами жесткости, параллельными пояскам балки, момент инерции площади поперечного сечения которых с присоединенным пояском должен быть не менее определенного по формуле (2.3.20.3).

2.3.31 Предусмотренные в 2.3.30 для балок с вырезами подкрепления могут не выполняться, если вырезы имеют круглую форму, их диаметр не превышает 20 % высоты балки рамного набора и расположены они на расстоянии не менее двух высот балки один от другого или от других вырезов.

2.3.32 Участки стенок рамного набора, прилегающие к внутреннему борту, поперечным и продольным переборкам, следует подкреплять наклонными ребрами жесткости (рис. 2.3.32), вырез должен располагаться посередине подкрепляемой стенки. Наклонные ребра жесткости должны иметь площадь f поперечного сечения (без присоединенного пояска) не менее, см^2,

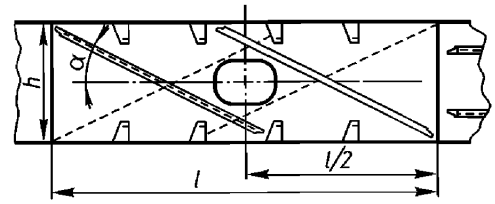


Рис. 2.3.32. Подкрепление наклонными ребрами жесткости

$$f = \left(12,7V - F_н\tau_0\right)/\left(2R_{eH}\sin\alpha\right) \quad (2.3.32\text{-}1)$$

и момент инерции i площади поперечного сечения ребер с присоединенным пояском не менее, см^4,

$$i = 5,1\cdot 10^{-7} R_{eH}\left[f + ht/(6\sin\alpha)\right]h^2/\sin^2\alpha, \quad (2.3.32\text{-}2)$$

где V, $F_н$ — срезывающая сила, кН, и площадь поперечного сечения стенки, см^2, в наиболее ослабленном сечении балки соответственно;

τ_0 — опасное касательное напряжение материала стенки в соответствии с (2.2.67-2), МПа;

R_{eH} — предел текучести материала ребра, МПа;

h, t — высота и толщина стенки соответственно, см;

α — угол наклона ребер жесткости к нейтральной оси стенки, град.

При установке наклонных ребер напряжения в районе вырезов в стенках рамного набора в соответствии с 2.2.60 не проверяются.

Гофрированные конструкции

2.3.33 Применение гофрированных конструкций допускается для непроницаемых и проницаемых переборок корпуса и для второстепенных конструкций, не участвующих в общем изгибе, — выгородок, стенок и крыш рубок.

2.3.34 Прочность гофрированных конструкций должна быть не меньше прочности аналогичных плоских конструкций.

2.3.35 Для непроницаемых переборок корпуса гофры должны быть сквозными — трапециевидного (рис. 2.3.35, *а*) или

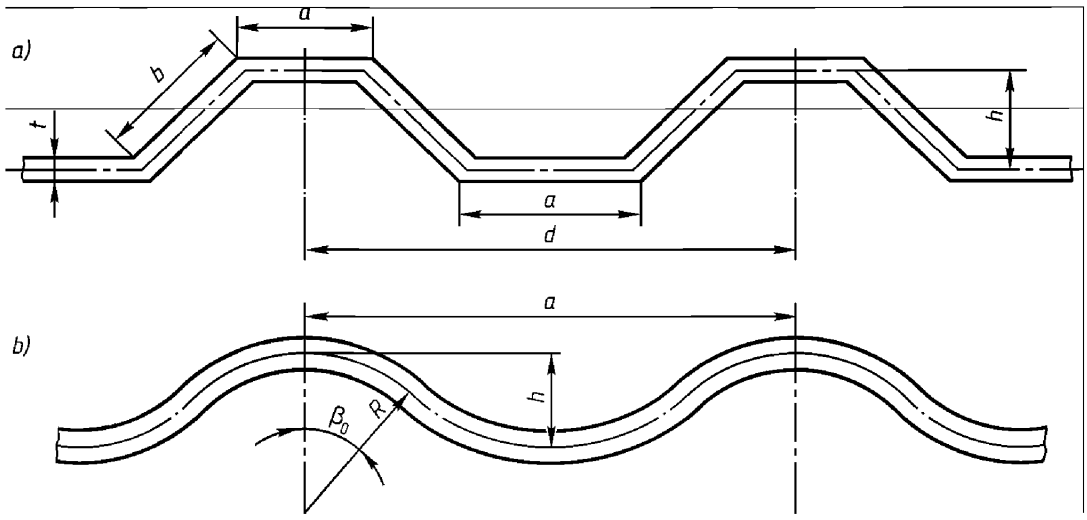


Рис. 2.3.35. Виды поперечных сечений гофр непроницемых переборок:
а — трапецевидное, *б* — волнистое

волнистого (рис. 2.3.35, *б*) поперечного сечения. Гофры поперечных переборок должны быть расположены вертикально, а продольных — горизонтально или вертикально. При вертикальном расположении гофров на продольной переборке последняя в эквивалентный брус не включается.

2.3.36 По концам книц балок, примыкающих к гофрированным полотнищам, должны быть предусмотрены поперечные ребра, идущие до ближайших граней гофров, шельфы или другие конструкции, обеспечивающие разнесение сосредоточенной нагрузки от углов книц (рис. 2.3.36).

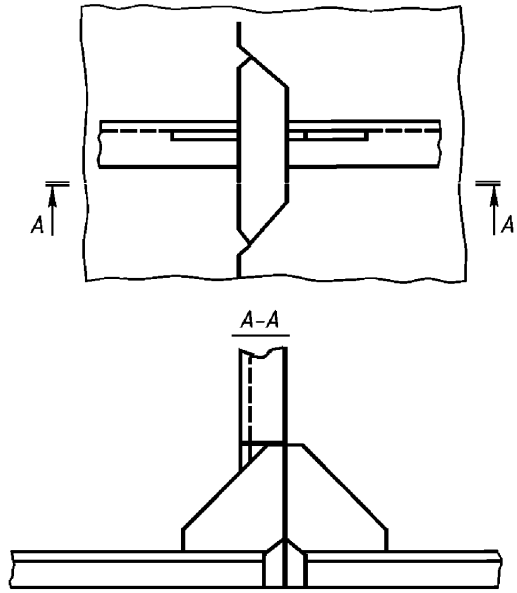


Рис. 2.3.36. Пример разнесения сосредоточенной нагрузки, возникающей по концам книц

Сварные соединения

2.3.37 Стыки листов наружной обшивки и палуб не должны располагаться непосредственно в местах повышенной концентрации напряжений, например, в углах больших вырезов, у концов фундаментов.

2.3.38 Не допускается скученность сварных швов, то есть пересечение их под острым углом или невыполнение требований 2.3.39.

2.3.39 Расстояние между параллельными межсекционными стыковыми и угловыми сварными швами должно быть не менее $10t$ при толщине листа $t = 3 \div 10$ мм и 100 мм при $t > 10$ мм.

Расстояние между параллельными стыковыми и угловыми сварными швами, расположенными внутри секции, должно быть не менее 30 мм.

2.3.40 Угол между двумя стыковыми швами должен быть больше 60°.

2.3.41 Монтажные стыки настилов палуб и наружной обшивки секций и блоков следует располагать в одной плоскости.

2.3.42 При соединении элементов корпусных конструкций встык должен быть обеспечен провар на всю толщину соединяемых частей.

2.3.43 В тавровых соединениях, работающих на отрыв и испытывающих вибрационные, переменные или ударные нагрузки, следует применять двусторонние непрерывные швы, обеспечивающие сквозной провар притыкаемой стенки.

Поверхность швов таких соединений должна иметь вогнутую форму и плавно сопрягаться с поверхностями соединяемых частей.

2.3.44 Типы швов тавровых соединений конструкций корпусов судов указаны в табл. 2.3.44-1.

Конструктивные элементы швов тавровых соединений без скоса кромок конструкций корпусов судов следует назначать по табл. 2.3.44-2, в которой коэффициент прочности, соответствующий номеру шва, представляет собой отношение суммарной расчетной высоты непрерывного шва к толщине наиболее тонкого из соединяемых листов. Расчетная высота шва принята равной 0,7 катета шва. Для прерывистых и точечных швов коэффициент прочности равнопрочных им непрерывных швов указан в табл. 2.3.44-2.

2.3.45 Указанные в табл. 2.3.44-2 швы допускается заменять на равнопрочные швы другого типа с иными размерами конструктивных элементов в соответствии с национальными стандартами[1].

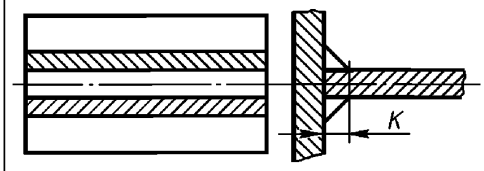
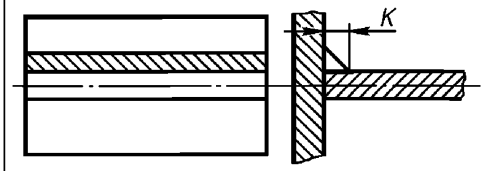
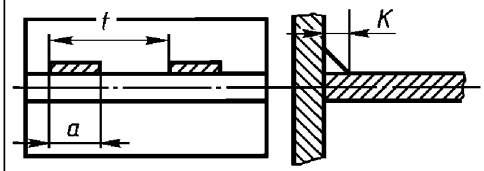
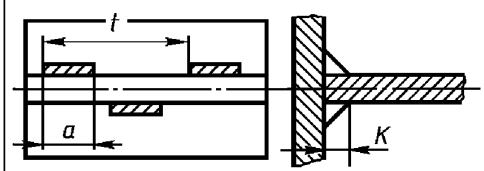
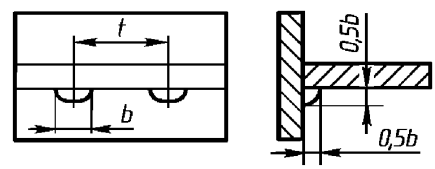
2.3.46 Номера швов тавровых соединений для элементов корпусов судов, предназначенных для эксплуатации в бассейнах различных разрядов, назначают в соответствии с табл. 2.3.46.

2.3.47 На буксирах-толкачах и толкаемых судах приваривать набор к наружной обшивке и к палубе в районе сцепных устройств следует непрерывными швами.

2.3.48 Для тавровых соединений, работающих на отрыв, должен применяться шов № 1, обеспечивающий равнопрочность с привариваемой стенкой (на срез и на отрыв).

Таблица 2.3.44-1

Типы швов тавровых соединений конструкций корпусов судов

Характер выполняемого шва и его эскиз	Обозначение шва
1. Двусторонний непрерывный 	*ДК*
2. Односторонний непрерывный 	*ОК*
3. Односторонний прерывистый 	*K-a/t*
4. Шахматный прерывистый 	*K-aZt*[1]
5. Точечный односторонний 	*T-b/t*

[1] *Z* — шов с шахматным расположением.

Примечание. *Д* — двусторонний; *О* — односторонний; *Т* — точечный; *K* — катет шва, мм; *a* — длина длина провариваемого участка, мм; *t* — шаг, мм; *b* — ширина точки, мм.

[1] ГОСТ 2.312, ГОСТ 14771, ГОСТ 5264

Таблица 2.3.44-2

Конструктивные элементы швов тавровых соединений без скоса кромок конструкций корпусов судов

Толщина наиболее тонкого из соединяемых листов, мм	Конструктивные элементы шва номер				
	1	2	3	4	5
	с коэффициентом прочности				
	1	0,75	0,50	0,35	0,20
3,0 и 3,5	*Д*3	*Д*2	*О*3	3-50/100 или *Т*-10/40	3-50/100 или *Т*-10/50
4,0 и 4,5	*Д*3	*Д*3	*О*4	*О*3	4-75/200 или *Т*-10/50
5,0 и 5,5	*Д*4	*Д*4	*О*4	*О*3	4-75/200 или *Т*-10/40
6 и 7	*Д*5	*Д*4	*Д*3,5	4-75 *Z* 150	4-75 *Z* 300
8 и 9	*Д*6	*Д*5	*Д*4	5-75 *Z* 150	4-75 *Z* 200
10	*Д*7	*Д*6	*Д*5	6-75 *Z* 150	5-75 *Z* 200
12	*Д*9	*Д*6	*Д*5	6-75 *Z* 150	5-75 *Z* 200

Примечание. Катеты швов 5 мм и более, выполняемые автоматической и полуавтоматической сваркой под слоем флюса или в углекислом газе, допускается уменьшать на 1 мм.

Таблица 2.3.46

Номера швов тавровых соединений для элементов корпусов судов

Свариваемые элементы корпуса	Номер шва по табл. 2.3.44-2 для судов классов	
	«М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О»	«Р» и «Л»
Днищевой набор		
1. Стенки кильсонов, флоров к наружной обшивке, кроме указанных в п. 5 и 3	3	4
2. Стенки кильсонов, флоров к их пояскам или к настилу второго дна, кроме указанных в п. 3 – 5	4	4
3. Стенки кильсонов, флоров к их пояскам, настилу второго дна и наружной обшивке в машинных отделениях в районе фундаментов	2	3
4. Стенки кильсонов, флоров к настилу второго дна сухогрузных судов, загрузку и выгрузку которых производят грейферами	3	3
5. Стенки непроницаемых флоров и кильсонов к наружной обшивке и к настилу второго дна	2	2
6. Стенки флоров и кильсонов друг к другу и к переборкам	2	2
7. Холостой набор к наружной обшивке в машинном отделении, а также на 0,2 длины судна в оконечностях	3	3
8. Холостой набор к наружной обшивке в районах, кроме указанного в п. 7	5	5
9. Холостой набор к настилу второго дна сухогрузных судов, загрузку и выгрузку которых производят грейферами	3	3
10. Холостой набор к настилу второго дна для судов, кроме указанных в п. 9	4	4
11. Настил второго дна к наружной обшивке и к внутреннему борту	2	2
Бортовой набор		
12. Стенки рамных шпангоутов и бортовых стрингеров к их поясам, к наружной обшивке и к обшивке внутреннего борта	3	4
13. Стенки бортовых стрингеров, рамных шпангоутов и холостой набор к обшивке второго борта судов, загрузку и разгрузку которых производят грейферами	3	3
14. Стенки рамных шпангоутов и бортовых стрингеров один к другому и к переборкам	2	2
15. Холостой набор к наружной обшивке и к обшивке внутреннего борта	3	4
Набор палуб и платформ		
16. Набор палубы к палубному настилу в районах установки опорных барабанов на плавучих кранах	1	1
17. Набор палубы к палубному настилу на судах-площадках	2	2
18. Набор палубы к палубному настилу на судах, кроме указанных в п. 17	5	5

Окончание табл. 2.3.46

Свариваемые элементы корпуса	Номер шва по табл. 2.3.44-2 для судов классов	
	«М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О»	«Р» и «Л»
19. Стенки рамного набора к их пояскам	4	4
20. Стенки рамных бимсов и карлингсов друг к другу, к бортовой обшивке и к переборкам	2	2
21. Комингсы люков к палубе и к бимсам	2	2
Переборки		
22. Форпиковая, ахтерпиковая переборки и переборки водяных и нефтяных цистерн к наружной обшивке и к палубе	2	2
23. Непроницаемые переборки, кроме указанных в п. 22, к наружной обшивке, настилу второго дна и к настилу палубы	2	2
24. Стенки рамного набора к их пояскам и к листам переборок	4	4
25. Стенки рамного набора переборок друг к другу и к днищевому, бортовому и палубному набору	2	2
26. Продольные переборки к поперечным	2	2
27. Холостой набор переборок к их листам	5	5
Палубы, платформы и надстройки		
28. Палубные стрингеры верхних расчетных палуб к наружной обшивке	1	1
29. Палубные стрингеры палуб, кроме указанных в п. 28, и платформы к наружной обшивке	2	2
30. Пиллерсы к пояскам рамного набора и второму дну	2	2
31. Наружные стенки рубок и надстроек к палубе	3	3
32. Набор надстроек и рубок к их стенкам	5	5
33. Переборки надстроек и рубок к палубе	4	4
Кницы, подкрепления рамного набора		
34. Кницы к набору и к листам конструкций	2	2
35. Пояски книц к стенкам книц	2	3
36. Подкрепляющие ребра жесткости и окантовочные полосы вырезов к стенкам рамного набора	4	5
Фундаменты		
37. Стенки, бракеты и кницы фундаментов двигателей внутреннего сгорания друг к другу, к наружной обшивке, к настилу второго дна и к опорным пояскам	1	1
38. Стенки, бракеты и кницы фундаментов, кроме указанных в п. 37, к наружной обшивке, к настилу второго дна и к опорным пояскам	2	2
39. Пояски бракет и книц к их стенкам	2	3

2.3.49 Свободные концы стенок балок холостого набора и ребер при односторонней приварке должны быть обварены вокруг с переходом шва на другую сторону на длину не менее удвоенной высоты профиля балок и ребер.

При односторонней приварке должны быть также обварены вокруг с переходом шва на другую сторону на длину не менее удвоенной высоты профиля участки стенок балок холостого набора в местах прохода их через вырезы, а также сами вырезы в переборах.

2.3.50 На стенках набора следует предусматривать вырезы в местах их пересечения со сварными швами полотнищ, если эти полотнища сваривают после установки набора.

2.3.51 Применение точечных швов, указанных в табл. 2.3.44-2, не допускается в подводной части корпуса судна, а также в районах действия местной вибрационной и ударной нагрузок (в районах машинного отделения, гребных винтов, ледовых подкреплений, носовой оконечности).

2.3.52 Приварку холостого набора к стенкам рамного набора, проницаемым переборкам, выгородкам и платформам при проходе его через вырезы и при отсутствии книц (планок, ребер жесткости) выполняют швом № 2.

2.3.53 Концы балок рамного набора (стенки и свободные пояски), не закрепленные кницами, должны привариваться швом № 2 на длине, равной высоте профиля балки.

Для разрезных балок рамного набора (флоров, бимсов, кильсонов, карлингсов, стрингеров) под концами следует понимать участки, примыкающие к перекрестным связям (бортам, переборкам, раскосным фермам), которые являются для балок жесткими опорами.

Концы балок холостого набора, не закрепленные кницами, должны привариваться швом № 2 на длине, равной удвоенной высоте профиля балки.

2.3.54 На участках балок, закрепленных кницами (на расстоянии a и a' от опоры до внешней кромки кницы — рис. 2.3.54), стенки балок должны привариваться к пояскам и листам швами, номера которых назначаются равными номерам швов для приварки книц.

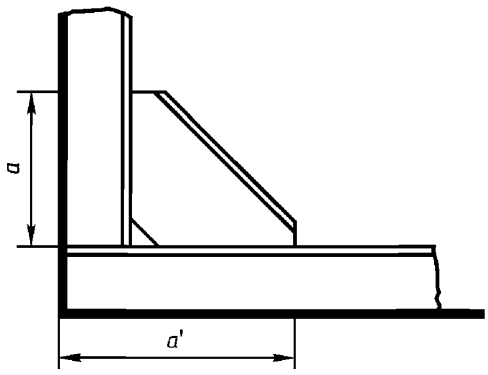


Рис. 2.3.54. Участки балок

2.3.55 Швы тавровых соединений конструкций сцепных устройств и упоров должны быть непрерывными двусторонними.

2.3.56 Сварные соединения должны выполняться в соответствии с требованиями 7 ч. X Правил.

2.3.57 Фланцы переборочных и палубных стаканов к водонепроницаемым переборкам и палубам должны привариваться с двух сторон непрерывными швами.

2.4 РАСПОЛОЖЕНИЕ, РАЗМЕРЫ И КОНСТРУКЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ КОРПУСА

Толщины листов и шпация

2.4.1 Толщины связей корпуса должны быть не менее приведенных в табл. 2.4.1-1 – 2.4.1-4.

Для судов классов «М-ПР», «О-ПР», «М» и «О» длиной более 50 м в случае использования поперечной системы набора конструкции в средней части судна минимальная толщина, регламентируемая таблицей 2.4.1-1, должна быть увеличена: для обшивки днища (п. 1.1 табл. 2.4.1-1) — на значение $1,2(L-50)/90$, для настила второго дна (п. 3.1 табл. 2.4.1-1) и нижних листов внутренних бортов наливных судов в районе грузовых танков (п. 4.10 табл. 2.4.1-1) — на значение $0,7(L-50)/90$.

Требуемые п. 1.5 табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2 толщины обшивки днища для судов классов «М-СП», «М-ПР» и «М» могут быть уменьшены на 0,5 мм в районах корпуса, в которых днищевой набор состоит из продольных балок и балок поперечного набора, установленных на каждой шпации.

Требования к минимальной толщине наружной обшивки в носовой оконечности судов класса «М-СП» (пп. 1.5 и 1.6 табл. 2.4.1-2) распространяются на суда, допускаемые к эксплуатации в море с минимальной осадкой $T_н < 0,035L$. При больших минимальных осадках толщина наружной обшивки в носовой оконечности должна приниматься в соответствии с требованиями табл. 2.4.1-1 для судов классов «М-ПР» и «М».

Таблица 2.4.1-1

Минимальные толщины связей корпуса судна

Наименование связи	Минимальная толщина связей корпуса, мм, судов класса							
	«М-ПР» и «М»			«О-ПР» и «О»			«Р» и «Л»	
	при длине судна, м							
	25	80	140	25	80	140	25	80
1 Наружная обшивка								
1.1 Наружная обшивка (за исключением случаев, оговоренных в пп. 1.2 – 1.6)	4,0	6,0	8,0	4,0	6,0	7,0	3,0	5,0
1.2 Наружная обшивка, ограничивающая балластные и топливные цистерны	4,5	7,0	9,0	4,5	7,0	8,0	3,5	6,0
1.3 Скуловой пояс наружной обшивки	5,0	7,0	9,0	5,0	7,0	8,0	4,0	6,0
1.4 Ширстречный пояс в средней части судна	5,0	8,0	10,0	5,0	7,0	8,5	4,0	6,0
1.5 Обшивка днища в носовой оконечности на высоте до 0,04B от основной плоскости	5,0	8,0	9,0	4,5	7,0	8,0	4,0	6,0
1.6 Обшивка борта в носовой оконечности	4,5	7,0	9,0	4,5	7,0	8,0	4,0	6,0
2 Настилы палуб и платформ								
2.1 Настил палубы (за исключением случаев, оговоренных в пп. 2.2 – 2.8)	4,0	6,5	8,0	4,0	6,0	7,0	3,5	5,5
2.2 Палубный стрингер в средней части судна	5,0	8,0	10,0	5,0	7,0	8,5	4,0	6,0
2.3 Настил верхней палубы в оконечностях, в районе межлюковых перемычек, палуб юта и надстроек (не участвующих в общем изгибе корпуса), на участках, не защищенных надстройками. Настил палубы бака	4,0	5,0	5,5	4,0	5,0	5,5	3,0	4,0
2.4 Настил верхней палубы за пределами средней части, палуб юта и надстроек (не участвующих в общем изгибе корпуса), на участках, защищенных надстройками. Настил платформ	3,0	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	3,5
2.5 Настил палубы наливных судов в районе грузовых танков	5,0	7,0	9,5	5,0	7,0	8,5	4,5	6,0
2.6 Настил палубы в оконечностях толкаемых судов	4,0	7,0	8,0	4,0	7,0	8,0	4,0	6,0
2.7 Настил палубы надстройки, участвующей в общем изгибе корпуса, в средней части судна и на участках, не защищенных надстройками	4,0	5,0	5,5	4,0	5,0	5,5	3,0	4,0
2.8 Настил палубы надстройки, участвующей в общем изгибе корпуса, за пределами средней части судна на участках, защищенных надстройками	3,0	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	3,5
3 Грузовые настилы								
3.1 Настил второго дна грузовых судов (за исключением случаев, оговоренных в п. 3.2 и п. 3.3)	4,5	6,0	7,0	4,0	5,5	6,5	3,0	5,0
3.2 Настил второго дна сухогрузных судов под грузовыми люками, если предусмотрена загрузка-разгрузка грейферами, и палуб судов-площадок в пределах грузовой площадки	7,0	10,0	10,5	7,0	9,5	10,0	7,0	9,0
3.3 Настил второго дна наливных судов в районе расположения грузовых танков	6,0	7,5	8,0	5,5	7,0	8,0	5,0	6,0
4 Переборки и внутренние борта								
4.1 Обшивка непроницаемых переборок и внутренних бортов (за исключением случаев, оговоренных в пп. 4.2 – 4.12)	3,0	5,0	5,0	3,0	4,0	5,0	3,0	4,0
4.2 Обшивка переборки форпика	3,5	5,5	5,5	3,0	4,5	5,5	3,0	4,5
4.3 Обшивка внутренних бортов сухогрузных судов в районе грузовых трюмов	4,5	6,0	7,0	4,0	5,5	6,5	3,0	5,0

Продолжение табл. 2.4.1-1

Наименование связи	Минимальная толщина связей корпуса, мм, судов класса							
	«М-ПР» и «М»			«О-ПР» и «О»			«Р» и «Л»	
	при длине судна, м							
	25	80	140	25	80	140	25	80
4.4 Обшивка непроницаемых переборок (за исключением нижних листов) сухогрузных судов в районе грузовых трюмов	3,5	5,5	6,0	3,5	5,0	5,5	3,0	4,0
4.5 Нижние листы непроницаемых переборок сухогрузных судов в районе грузовых трюмов	4,0	6,0	6,5	4,0	5,5	6,0	3,5	4,5
4.6 Обшивка внутренних бортов судов с полным раскрытием грузовых трюмов, нижние листы внутренних бортов судов с неполным раскрытием грузовых трюмов, нижние листы поперечных переборок в районе грузовых трюмов, если предусмотрена загрузка-разгрузка грейферами	5,0	7,0	8,0	5,0	7,0	8,0	4,5	6,0
4.7 Верхний пояс переборок судов-площадок в пределах грузовой площадки	5,0	8,0	8,0	5,0	8,0	8,0	5,0	7,0
4.8 Обшивка внутренних бортов, а также поперечных переборок, разграничивающих заполненные и не заполненные грузом отсеки наливных судов в районе грузовых танков (за исключением нижних и верхних поясьев)	5,0	6,5	7,5	4,5	6,0	7,0	3,5	5,5
4.9 Верхний пояс внутренних бортов, а также поперечных переборок, разграничивающих заполненные и не заполненные грузом отсеки наливных судов в районе грузовых танков	5,5	7,0	8,0	5,0	6,5	7,5	4,0	6,0
4.10 Нижний пояс внутренних бортов, а также поперечных переборок, разграничивающих заполненные и не заполненные грузом отсеки наливных судов в районе грузовых танков	6,0	7,5	8,0	5,5	7,0	8,0	5,0	6,0
4.11 Обшивка поперечных переборок, разграничивающих на наливных судах отсеки, заполненные грузом (за исключением верхнего пояса)	4,5	6,0	6,5	4,0	5,5	6,5	3,5	5,0
4.12 Верхний пояс обшивки поперечных переборок, разграничивающих на наливных судах отсеки, заполненные грузом	5,0	6,5	7,0	4,5	6,0	7,0	4,0	5,5
5 Прочие связи								
5.1 Листовые конструкции и стенки балок рамного набора под грузовым настилом судов-площадок и настилом второго дна сухогрузных судов под грузовыми люками, если предусмотрена загрузка-разгрузка грейферами	5,0	8,0	8,0	5,0	8,0	8,0	5,0	7,0
5.2 Листовые конструкции и балки набора внутри балластных цистерн	4,0	6,0	6,0	4,0	6,0	6,0	3,5	5,0
5.3 Подпалубный набор и набор переборок внутри грузовых танков и топливных цистерн	4,5	7,0	7,0	4,5	7,0	7,0	4,0	5,5
5.4 Непрерывные продольные комингсы грузовых люков	7,0	10,0	12,0	6,0	9,0	11,0	5,5	7,5
5.5 Поперечные комингсы грузовых люков	4,0	7,0	8,0	4,0	6,0	7,0	4,0	6,0
5.6 Листы шахт машинных отделений и капов машинного отделения, стенки надстроек, не участвующих в общем изгибе корпуса	3,0	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,0	4,0
5.7 Обшивка стенок надстроек, участвующих в общем изгибе корпуса	3,5	5,0	5,0	3,5	5,0	5,0	3,5	5,0

Примечания. 1. Толщины листов связей, приведенные в таблице, соответствуют шпации, равной 550 мм.

2. Если дробная часть толщины, полученной путем интерполяции, больше или равна 0,25 мм, то округлять толщины следуют в большую сторону, если меньше 0,25 мм — в меньшую. При толщи-

Окончание табл. 2.4.1-1

нах более 6 мм допускается округлять: в меньшую сторону, если дробная часть менее 0,50 мм, и в большую сторону, если дробная часть больше или равна 0,50 мм.

3. Для судов с санообразной формой обводов носовой оконечности требование п. 1.5 распространяется на участок корпуса, расположенный на 4 % ширины судна выше плоского участка днища в районе носового подъема.

Таблица 2.4.1-2

Минимальные толщины связей корпуса судна класса «М-СП»

Наименование связи	Длина судна, м		
	25	60	140
1 Наружная обшивка			
1.1 Наружная обшивка (за исключением случаев, оговоренных в пп. 1.2 – 1.6)	5,0	6,0	9,0
1.2 Наружная обшивка, ограничивающая балластные и топливные цистерны	6,0	7,0	9,5
1.3 Скуловой пояс	6,0	7,0	10,0
1.4 Ширстречный пояс в средней части судна	5,5	9,0	11,0
1.5 Обшивка днища в районе, отстоящем до $0,2L$ в корму от носового перпендикуляра и на $0,04B$ от основной плоскости	5,5	7,5	10,5
1.6 Обшивка борта в носовой оконечности	5,5	7,0	9,5
2 Настилы палуб и платформ			
2.1 Настил палубы (за исключением случаев, оговоренных в пп. 2.2 – 2.5)	5,0	6,5	9,5
2.2 Палубный стрингер в средней части судна	5,5	9,0	11,0
2.3 Настил верхней палубы в оконечностях, в районе межлюковых перемычек, палуб юта и надстроек (не участвующих в общем изгибе корпуса), на участках, не защищенных надстройками. Настил палубы бака	5,0	6,0	6,0
2.4 Настил верхней палубы за пределами средней части, палуб юта и надстроек (не участвующих в общем изгибе корпуса), на участках, защищенных надстройками Настил платформ	4,5	5,0	5,0
2.5 Настил палубы наливных судов в районе грузовых танков	5,5	9,0	10,0
3 Грузовые настилы			
3.1 Настил второго дна грузовых судов (за исключением случаев, оговоренных в п. 3.2 и п. 3.3)	5,0	7,0	7,0
3.2 Настил второго дна сухогрузных судов под грузовыми люками, если предусмотрена загрузка-разгрузка грейферами, и палуб судов-площадок в пределах грузовой площадки	8,0	12,0	12,0
3.3 Настил второго дна наливных судов в районе расположения грузовых танков	6,5	8,0	8,5
4 Переборки и внутренние борта			
4.1 Обшивка непроницаемых переборок и внутренних бортов (за исключением случаев, оговоренных в пп. 4.2 – 4.12)	4,0	5,0	5,0
4.2 Обшивка переборки форпика	4,5	5,5	5,5
4.3 Обшивка внутренних бортов сухогрузных судов в районе грузовых трюмов	5,0	6,5	7,0
4.4 Обшивка непроницаемых переборок (за исключением нижних листов) сухогрузных судов в районе грузовых трюмов	4,5	6,5	6,5
4.5 Нижние листы непроницаемых переборок сухогрузных судов в районе грузовых трюмов	5,0	6,5	7,0
4.6 Обшивка внутренних бортов судов с полным раскрытием грузовых трюмов, нижние листы внутренних бортов судов с неполным раскрытием грузовых трюмов и поперечных переборок в районе грузовых трюмов, если предусмотрена загрузка-разгрузка грейферами	7,0	10,0	10,0
4.7 Верхний пояс переборок судов-площадок в пределах грузовой площадки	5,5	9,0	9,0
4.8 Обшивка внутренних бортов, а также поперечных переборок, разграничивающих заполненные и не заполненные грузом отсеки наливных судов в районе грузовых танков(за исключением нижних и верхних поясьев)	5,5	7,0	7,5

Окончание табл. 2.4.1-2

Наименование связи	Длина судна, м		
	25	60	140
4.9 Верхний пояс внутренних бортов, а также поперечных переборок, разграничивающих заполненные и не заполненные грузом отсеки наливных судов в районе грузовых танков	6,0	8,5	9,0
4.10 Нижний пояс внутренних бортов, а также поперечных переборок, разграничивающих заполненные и не заполненные грузом отсеки наливных судов в районе грузовых танков	7,0	8,0	8,5
4.11 Обшивка поперечных переборок, разграничивающих на наливных судах отсеки, заполненные грузом (за исключением верхнего пояса)	5,0	6,5	7,0
4.12 Верхний пояс обшивки поперечных переборок, разграничивающих на наливных судах отсеки, заполненные грузом	5,5	8,5	9,0
5 Прочие связи			
5.1 Листовые конструкции и стенки балок рамного набора под грузовым настилом судов-площадок и настилом второго дна сухогрузных судов под грузовыми люками, если предусмотрена загрузка-разгрузка грейферами	6,0	9,0	9,0
5.2 Листовые конструкции и балки набора внутри балластных цистерн	5,5	7,0	7,0
5.3 Подпалубный набор и набор переборок внутри грузовых танков и топливных цистерн	6,0	8,0	8,0
5.4 Непрерывные продольные комингсы грузовых люков	7,5	10,0	12,0
5.5 Поперечные комингсы грузовых люков	5,5	8,0	10,0
5.6 Листы шахт машинных отделений и капов машинного отделения, стенки надстроек, не участвующих в общем изгибе корпуса	4,0	4,5	5,0

Примечания. 1. Для судов с санообразной формой обводов носовой оконечности требование 1.5 распространяется на участок корпуса, расположенный на 4 % ширины судна выше плоского участка днища в районе носового подъема.

2. Значения минимальных толщин листов связей соответствуют шпации 550 мм и должны быть откорректированы с учетом фактической шпации в соответствии с требованиями 2.4.3 и 2.4.4.

3. Правило округления приведено в прим. 2 к табл. 2.4.1-1.

Таблица 2.4.1-3

Минимальные толщины листов стенок палуб надстроек и рубок судов класса «М-СП»

Наименование конструкции надстроек, рубок		Минимальные толщины листов, мм, при длине судна, м						
		25	40	60	80	100	120	140
Боковые стенки	Нижний ярус надстройки, участвующей в общем изгибе корпуса	4,2	4,7	5,3	6,4	7,5	8,3	9,0
	Нижний ярус надстройки, не участвующей в общем изгибе корпуса; наружная обшивка бака и юта	4,1	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4
	Верхние ярусы надстройки, рубки	4,0	4,2	4,5	4,7	4,9	5,2	5,4
Концевые стенки	Нижний ярус надстройки	4,1	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4
	Верхние ярусы надстройки, рубки	4,0	4,2	4,5	4,7	4,9	5,2	5,4
Палубы	Нижний ярус надстройки, участвующей в общем изгибе корпуса	4,7	5,3	6,2	7,0	7,7	8,3	9,0
	Нижний ярус надстройки, не участвующий в общем изгибе корпуса; палуба бака и юта пассажирских водоизмещающих судов	4,1	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8
	Палуба бака и юта буксиров и ледоколов	5,0	5,4	5,7	6,0	6,0	6,0	6,0
	Верхние ярусы надстройки, рубки	4,0	4,2	4,3	4,5	4,7	4,8	5,0

Примечания. 1. Толщины листов относятся к конструкциям, выполненным из стали.

2. Правило округления приведено в примечании 2 к табл. 2.4.1-1.

3. В случае, когда длина судна не совпадает с указанными в таблице значениями, минимальные толщины листов определяют путем линейной интерполяции табличных данных.

Таблица 2.4.1-4

Минимальные толщины листов связей корпусов буксиров и ледоколов класса «М-СП»

Наименование связей	Минимальные толщины листов связей, мм, при длине судна, м			
	25	60	100	140
1. Наружная обшивка в средней части судна и кормовой оконечности	5,0	6,0	7,5	9,0
2. Ширстрек и палубный стрингер в средней части судна	6,0	10,0	11,5	13,0
3. Наружная обшивка форпика	6,0	9,0	10,0	11,0
4. Наружная обшивка в районе от форпика до сечения, отстоящего на $0,25L$ в корму от носового перпендикуляра	6,0	7,0	8,5	10,0
5. Скуловой пояс наружной обшивки в средней части судна и кормовой оконечности	6,0	7,0	8,5	10,0
6. Настил верхней палубы в оконечностях на длине $0,15L$ от носового и кормового перпендикуляров	5,5	6,0	6,0	6,0
7. Настил платформ	4,5	6,0	6,0	6,0
8. Обшивка непроницаемых переборок	5,0	6,0	6,0	6,0

Примечания. 1. Значения минимальных толщин листов связей соответствуют шпации 550 мм и должны быть откорректированы с учетом фактической шпации в соответствии с требованиями 2.4.3 и 2.4.4.

2. Правило округления приведено в примечании 2 к табл. 2.4.1-1.

3. В случае, когда длина судна не совпадает с указанными в таблице значениями, минимальные толщины листов связей определяют путем линейной интерполяции табличных данных.

Толщина листов настила палубы и обшивки надстроек, указанных в табл. 2.4.1-3, в районе их соединения должна быть увеличена на 1 мм на ширине не менее 300 мм.

Толщина настила верхней палубы, указанная в табл.2.4.1-4, кроме ее участков в оконечностях (п. 6 табл. 2.4.1-4), при шпации, равной 550 мм, должна приниматься не менее 5,5 мм при любой длине судна.

Для судов класса «М-СП 4,5» толщины связей корпуса, указанные в 1.1, 1.5, 2.1 и 2.3 табл. 2.4.1-2, должны быть увеличены на значение $\Delta t_{\min}$, определяемое по формуле:

$$\Delta t_{\min} = \left(\sqrt{k_p} - 1\right) t, \qquad (2.4.1\text{-}1)$$

где t — допустимая остаточная толщина связи судна класса «М-СП», регламентируемая табл. 2.2.86;

k_p — коэффициент, определяемый в соответствии с указаниями 2.2.28.

Для наливных судов класса «М-СП» с продольными цилиндрическими встроенными емкостями минимальные толщины наружной обшивки в средней части, ширстрека и палубного стрингера в средней части корпуса судна принимаются по табл. 2.4.1-2 как для судов с условной длиной $L_1 = LH/H_1$, где H_1 — высота эквивалентного бруса. Расстояние по вертикали от верхней кромки цилиндрической емкости до палубы в диаметральной плоскости должно быть не более $1,2R$.

Толщины листов стенок и палуб надстроек и рубок судов класса «М-СП» независимо от результатов расчета и категории (марки) стали не должны быть меньше установленных табл. 2.4.1-3. При этом:

.1 если шпация принята большей 550 мм, то минимальные толщины листов перекрытий, указанные в табл. 2.4.1-3, должны быть увеличены пропорционально увеличению шпации по сравнению со значением 550 мм;

.2 если шпация принята меньшей 550 мм, то минимальные толщины листов перекрытий, указанные в табл. 2.4.1-3, могут быть уменьшены пропорционально уменьшению шпации по сравнению со значением 550 мм. Уменьшение толщин не должно превышать 10 %;

.3 если конструкция выполнена из легких сплавов, минимальные толщины ее листовых элементов должны приниматься не меньшими, чем это требуется для соот-

ветствующей конструкции, выполненной из стали.

Толщины листов связей корпусов буксиров и ледоколов класса «М-СП» независимо от результатов расчета и категории (марки) стали должны быть не менее установленных табл. 2.4.1-4.

На буксиры класса «М-СП» распространяются требования 2.5.15 – 2.5.22. При этом толщина листовых элементов корпусных конструкций во всех случаях не должна быть меньше толщин, установленных табл. 2.4.1-4, причем дополнительного увеличения на 1 мм толщины водонепроницаемых переборок, регламентируемого 2.5.20, не требуется.

Для буксиров класса «М-СП 4,5» толщины связей, установленные пп. 1, 4 и 6 табл. 2.4.1-4, должны быть увеличены на $\Delta t_{\min}$, определяемую по формуле (2.4.1-1).

2.4.2 Шпация — расстояние между балками продольного или поперечного набора — должна приниматься не более 650 мм. Рекомендуемая шпация — 550 мм.

2.4.3 Если шпация принята больше a_0, то толщины связей, указанные в табл. 2.4.1-1 (за исключением пп. 4.9, 4.12, 5.1 – 5.3), должны быть увеличены на значение Δt, определяемое по формуле, мм:

$$\Delta t = \left(a/a_0 - 1\right)[t], \qquad (2.4.3)$$

где a — фактическая шпация, мм;

a_0 — нормальная шпация, принимаемая равной 550 мм;

$[t]$ — допустимая остаточная толщина отдельной связи корпуса, регламентируемая табл. 2.2.86. (без учета поправок, определяемых в соответствии с примечаниями 2 и 3 к указанной таблице), мм.

2.4.4 Если шпация принята меньше a_0 и (или) связи выполнены из сталей повышенной прочности, то толщины связей, указанные в табл. 2.4.1-1 (за исключением пп. 4.9, 4.12, 5.1 – 5.3), могут быть уменьшены на значение Δt, определяемое по формуле, мм:

$$\Delta t = \left[1 - 15{,}3a/\left(a_0\sqrt{R_{eH}}\right)\right]\cdot[t], \qquad (2.4.4)$$

где a, a_0, $[t]$ — см. 2.4.3 (при $a > a_0$ принимается $a = a_0$);

R_{eH} — предел текучести материала связи, МПа.

2.4.5 Ширина утолщенных поясов переборок (см. 4.5, 4.7, 4.9, 4.12 табл. 2.4.1-1) должны быть не менее 0,6 м.

2.4.6 Указанные в пп. 1.4 и 2.2 табл. 2.4.1-1 толщины относятся к судам с высотой борта $H \geq 2{,}5$ м. Ширина ширстрека должна быть не менее $0{,}2H$, палубного стрингера — не менее 0,6 м.

При $H < 2{,}5$ м толщину ширстрека можно принимать равной толщине наружной обшивки.

2.4.7 Толщины листовых конструкций, подверженных специфическим износам и повреждениям (повышенный механический износ, повышенный износ настилов палуб и набора в районе танков наливных судов, перевозящих сернистые нефтепродукты, повышенный коррозионный износ при перевозке агрессивных грузов), должны быть увеличены по сравнению с установленными табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2 исходя из фактических скоростей износа.

2.4.8 Толщины днищевой обшивки и скулового пояса судов, предназначенных для эксплуатации на мелководье[1], следует увеличивать на 1 мм по сравнению с установленными пп. 1.1 – 1.3 и п. 1.5 табл. 2.4.1-1.

2.4.9 Изменение толщины листов в переходных районах должны быть постепенным (см. 2.3.2).

Днищевой набор на судах без двойного дна и в отсеках, в которых двойное дно отсутствует

2.4.10 Расстояние между флорами должно быть кратным шпации и не должно превышать, м:

для судов-площадок	1,8
для пассажирских и наливных судов	2,4
для судов остальных типов	2

[1] Акватория, в которой отношение глубины к осадке судна не более 3.

2.4.11 Момент сопротивления поперечного сечения флора с присоединенным пояском W должен быть не менее, см^3,

$$W = 7k_1k_2dB_1^2(T + r), \qquad (2.4.11\text{-}1)$$

а для судов класса «Л», кроме того, не менее

$$W = 7k_1k_2dB_1^2(0,6T + 0,72), \qquad (2.4.11\text{-}2)$$

где k_1, k_2 — коэффициенты, определяемые по табл. 2.4.11-1 и 2.4.11-2;

Таблица 2.4.11-1

Значения коэффициента k_1

$L_п/B_1$	k_1	
	при наличии рамных шпангоутов	при отсутствии рамных шпангоутов
Для одного кильсона		
0,7	0,8	0,9
0,8	0,9	1,0
0,9 и более	1,0	1,0
Для трех и более кильсонов		
0,7	0,55	0,65
0,9	0,60	0,70
1,1	0,65	0,75
1,3	0,70	0,80
1,5	0,75	0,90
1,7	0,80	1,0
1,9	0,90	1,0
2,1 и более	1,0	1,0

Примечание. $L_п$ — расстояние между поперечными переборками или раскосными фермами, м.

Таблица 2.4.11-2

Значения коэффициента k_2

B_1/H	k_2	
	при наличии рамных шпангоутов или рамных стоек продольных переборок в плоскости каждого флора	при отсутствии
1	0,9	1
2	0,6	
≥3	0,5	

d — расстояние между флорами, м;

B_1 — величина, принимаемая равной наибольшему расстоянию между продольными переборками (раскосными фермами) или между ними и бортом судна, м.

При трех или четырех продольных переборках (раскосных фермах) значение B_1 должно быть принято не менее $B/3$, при пяти и более продольных переборках (раскосных фермах) — не менее $B/4$. При отсутствии продольных переборок (раскосных ферм) B_1 принимают равным B;

T — максимальная осадка судна в рассматриваемом сечении корпуса, м;

r — полувысота расчетной волны, м.

Площадь поперечного сечения стенки флора f_c должна быть не менее, см^2:

$$f_c = 0,46dB_1(T + r). \qquad (2.4.11\text{-}3)$$

Площадь поперечного сечения стенки флора в районе выреза $f_{сн}$ должна быть не менее, см^2:

$$f_{сн} = 0,46dB_1(T + r)\left(1 - 2l'/B_1\right), \qquad (2.4.11\text{-}4)$$

где l' — минимальное расстояние между кромкой выреза и опорой, м.

2.4.12 При поперечной системе набора днища, если флоры расположены не на каждой шпации, между ними должны быть установлены днищевые холостые шпангоуты.

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

$$W = 5,5ac^2\left(T + r\right), \qquad (2.4.12\text{-}1)$$

а момент инерции — не менее, см^4,

$$I = 3\left[2 - a/(d - a)\right]\left(t/a\right)^3 c^4, \qquad (2.4.12\text{-}2)$$

где a — шпация, м;

c — наибольшее расстояние между кильсонами или между кильсоном и продольной переборкой (бортом), м;

t — толщина днищевой обшивки в соответствии с 2.4.1, см;

T, r, d — принимаются в соответствии с 2.4.11.

2.4.13 На всех судах должен быть установлен непрерывный диаметральный кильсон. Вместо среднего кильсона допускается устанавливать два кильсона — по одному с каждой стороны диаметральной плоскости. При этом коэффициент k_1 в формулах (2.4.11-1) и (2.4.11-2) должен приниматься таким же, как и при установке среднего кильсона. Расстояние между кильсонами, а также между кильсонами и бортом или продольной переборкой не должно превышать 2,5 м.

Кильсоны должны быть протянуты возможно дальше в нос и корму. Момент сопротивления поперечного сечения среднего и бокового кильсонов должен быть не менее момента сопротивления, требуемого для флоров.

2.4.14 При продольной системе набора момент сопротивления поперечного сечения ребра жесткости днища с присоединенным пояском должен быть не менее, см^3,

$$W = 10a_1 d^2 (T + r), \qquad (2.4.14\text{-}1)$$

а момент инерции — не менее, см^4,

$$I = 2{,}8d^2 (f + 100a_1 t), \qquad (2.4.14\text{-}2)$$

где a_1 — расстояние между ребрами жесткости, м;

f — площадь поперечного сечения ребра без присоединенного пояска, см^2;

d, T, r — см. 2.4.11, t — см. 2.4.12.

2.4.15 На судах, имеющих килеватость, в районе мидель-шпангоута высота флоров на расстоянии $0{,}125B$ от борта должна быть не менее половины высоты его в диаметральной плоскости.

2.4.16 На судах с килеватостью флоры у скулы должны иметь к борту плавный подъем, начинающийся на расстоянии от борта не менее $0{,}05B$, для соединения с бортовым холостым шпангоутом. Высота этого подъема, измеренная по борту, считая от продолженной до борта линии верхней кромки флора, должна быть не менее трех высот профиля бортового холостого шпангоута. Если указанный подъем флоров осуществляется с применением книц, то толщина этих книц должна быть такой же, как и толщина флоров, причем на свободной кромке кницы должна быть поставлена такая же полоса, как и по флору, или должен быть отогнут фланец.

Днищевой набор в отсеках с двойным дном

2.4.17 Расстояние между флорами должно быть кратным шпации и не должно превышать, м:

для сухогрузных судов в пределах грузовых люков	1,8
для пассажирских и наливных судов	2,4
для сухогрузных судов вне пределов грузовых люков и судов остальных типов	2

2.4.18 Высоту междудонного пространства следует принимать не менее, м, для судов длиной:

120 м и менее	0,8
более 120 м	0,9

2.4.19 В отсеках с двойным дном должны быть установлены непрерывные диаметральный и, если это установлено Правилами, боковые кильсоны.

Расстояние между кильсонами, а также между кильсонами и бортом или продольной переборкой не должно превышать 3 м. Кильсоны должны быть протянуты возможно дальше в нос и корму.

2.4.20 Минимальная толщина листов флоров должна соответствовать пп. 5.1 и 5.2 табл. 2.4.1-1 и табл. 2.4.1-2.

2.4.21 При поперечной системе набора, если флоры расположены не на каждой шпации, между ними должны быть установлены бракетные флоры.

2.4.22 Бракетные флоры должны состоять из верхних и нижних непрерывных балок, соединенных бракетами у кильсонов (продольных переборок) и у скулы.

2.4.23 Кромки бракет должны иметь пояски или отогнутые фланцы. Толщина бракет должна быть не менее толщины флоров.

2.4.24 Концы нижних и верхних балок бракетных флоров должны перекрывать бракеты на длине не менее удвоенной высоты профиля соответствующей балки (рис. 2.4.24).

2.4.25 Ширина бракет по обеим сторонам вертикального киля и у скулы должна быть не менее 0,5 высоты междудонного пространства. Ширина бракет у кильсонов должна быть не менее 0,3 высоты междудонного пространства. Допускается применение балок бракетных флоров, разрезных на кильсонах. В этом случае с каждой

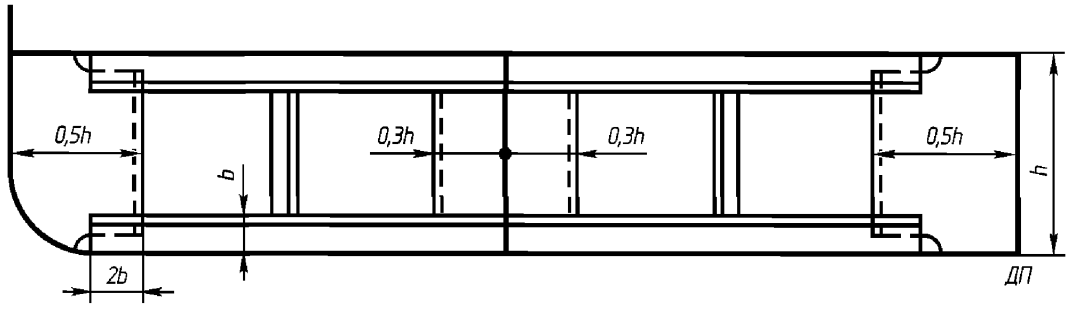


Рис. 2.4.24. Конструкция бракетного флора

стороны кильсонов должны быть установлены бракеты шириной не менее 0,3 высоты междудонного пространства.

2.4.26 Между бракетами допускается установка распорок, соединяющих верхнюю и нижнюю балки бракетного флора и делящих пролет балок бракетного флора пополам.

Площадь поперечного сечения распорки должна быть не менее площади поперечного сечения меньшей из балок бракетного флора.

2.4.27 Момент сопротивления поперечного сечения нижней балки бракетного флора с присоединенным пояском должен быть не менее, см^3,

$$W = 5,5K_0as_1^2(T + r), \qquad (2.4.27\text{-}1)$$

Момент сопротивления поперечного сечения верхней балки бракетного флора с присоединенным пояском должен быть не менее, см^3,

$$W = 4K_0as_1^2H_c, \qquad (2.4.27\text{-}2)$$

а для грузовых судов не менее

$$W = 0,4K_0as_1^2p. \qquad (2.4.27\text{-}3)$$

В этих формулах:

K_0 — коэффициент, принимаемый равным:

при отсутствии распорки	1
при наличии распорки	0,6

s_1 — наибольшее расстояние между внутренними кромками бракет, м;

H_c — высота борта в рассматриваемом сечении, м;

p — давление груза на настил второго дна, назначаемое в соответствии с 2.2.23.4, кПа;

a — см. 2.4.12,

T, r — см. 2.4.11.

2.4.28 При продольной системе набора днища момент сопротивления поперечного сечения продольных балок днища с присоединенным пояском должен быть не менее, см^3:

$$W = 10K_0a_1d^2(T + r), \qquad (2.4.28\text{-}1)$$

а момент инерции — не менее, см^4,

$$I = 2,8d^2(f + 100a_1t). \qquad (2.4.28\text{-}2)$$

Момент сопротивления поперечного сечения продольных балок второго дна с присоединенным пояском должен быть не менее, см^3:

$$W = 7K_0a_1d^2H_c, \qquad (2.4.28\text{-}3)$$

а для грузовых судов, кроме того, не менее

$$W = 0,7K_0a_1d^2p. \qquad (2.4.28\text{-}4)$$

В этих формулах:

K_0, H_c, p — принимаются в соответствии с 2.4.27;

a_1, f — см. 2.4.14;

d, T, r — см. 2.4.11;

t — см. 2.4.12.

2.4.29 Площадь сечения распорки, устанавливаемой между продольными балками днища и второго дна, должна быть не менее площади сечения меньшей из соединяемых балок.

2.4.30 На судах, предназначенных для перевозки навалочных грузов с загрузкой и разгрузкой грейферами, моменты сопро-

тивления поперечного сечения верхних балок бракетных флоров W_1 и продольных балок второго дна W_2 с присоединенным пояском в пределах грузовых люков должны быть не менее, см^3,

$$W_1 = 91kas_1, \qquad (2.4.30\text{-}1)$$

где a, s_1 принимаются по 2.4.27;

$$W_2 = 91ka_1d, \qquad (2.4.30\text{-}2)$$

где a_1, d принимаются по 2.4.28;

k — коэффициент, принимаемый равным для кранов грузоподъемностью, кН:

	k
50	0,5
100 и 160	1,0
200	1,5

При установке распорок по 2.4.26 значения W_1 и W_2 могут быть уменьшены на 30 %.

2.4.31 Если двойное дно заканчивается на внутреннем борте, высота флора в межбортовом пространстве у внутреннего борта должна равняться высоте двойного дна. Должен быть обеспечен плавный переход от настила второго дна к свободному пояску этого флора с помощью фестонных или приставных книц, расположенных в плоскости пояска флора. Ширина фестонной кницы или суммарная ширина полки и приставных книц в месте присоединения их к внутреннему борту должна быть не менее 0,25 расстояния между флорами. Толщину книц следует принимать равной толщине настила второго дна. Допускается уменьшение толщины кницы на 2 мм по сравнению с утолщенным по условию загрузки и разгрузки грейфером настилом второго дна.

2.4.32 При продольной системе набора днища и второго дна, доходящего до наружного борта, на участке между флорами в плоскости каждого практического шпангоута должны устанавливаться скуловые бракеты, доходящие до ближайших продольных балок днища и второго дна. Толщину бракет следует принимать равной толщине флора.

Бортовой набор

2.4.33 Бортовой набор должен набираться по следующим системам: поперечной с чередующимися рамными и холостыми шпангоутами, однородной поперечной, продольной системе с использованием рамных шпангоутов, а также комбинированной системе (продольной в верхнем и нижнем районах борта и поперечной в среднем районе).

2.4.34 Рамные шпангоуты должны быть установлены в плоскости флоров.

Расстояние между ними не должно превышать значений, регламентируемых для флоров.

2.4.35 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.

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

$$W = 10kH_cd, \qquad (2.4.36\text{-}1)$$

где k — коэффициент, определяемый по формулам:

для судов всех типов, кроме наливных,

$$k = \sqrt{2+0{,}085L}; \qquad (2.4.36\text{-}2)$$

для наливных судов

$$k = \sqrt{2+0{,}050L}, \qquad (2.4.36\text{-}3)$$

где H_c — высота борта в рассматриваемом сечении, м;

d — расстояние между рамными шпангоутами, м.

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

$$W = 12kla, \qquad (2.4.37)$$

где k — коэффициент, принимаемый по 2.4.36;

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.

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

$$W = 14kH_c a, \qquad (2.4.38)$$

где k — коэффициент, принимаемый по 2.4.36.

2.4.39 По концам шпангоутов должны быть установлены бимсовые и скуловые кницы.

Скуловая кница холостого шпангоута или шпангоута при однородной поперечной системе бортового набора должна перекрывать закругление скулы. Высота скуловой кницы должна быть такой, чтобы шпангоут перекрывал кницу на длине, равной двукратной высоте его профиля.

Если момент сопротивления поперечного сечения холостых днищевых шпангоутов не меньше требуемого для холостых бортовых шпангоутов, то днищевые шпангоуты допускается продолжить по скуле и борту вверх без установки скуловых книц.

2.4.40 На судах с двойным дном и одинарными бортами рамные и холостые шпангоуты следует заканчивать на втором дне с помощью книц, размеры которых должны соответствовать указаниям 2.3.12. Допускается замена книц, размещаемых в плоскости стенки балки, приставными или фестонными кницами, установленными в плоскости полки балки. Суммарная ширина приставных книц и полки или ширина фестонной кницы должна быть не менее трех ширин полки. В плоскости этих книц под настилом второго дна следует установить ребра жесткости или бракеты.

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

$$W = 6kd^2, \qquad (2.4.41)$$

где k и d принимаются в соответствии с 2.4.36.

2.4.42 При высоте борта H_c, превышающей 2 м, должен быть поставлен один бортовой стрингер; при высоте борта 4 м и более должно быть установлено не менее двух бортовых стрингеров. На судах с высотой борта, превышающей 2 м, при двух привальных брусьях на уровне нижнего бруса следует устанавливать бортовой стрингер. Если на судне применены привальные полосы, установка бортового стрингера обязательна. Размеры бортовых стрингеров должны быть не менее размеров, требуемых для рамных шпангоутов или для бортовых шпангоутов при однородной поперечной системе набора.

2.4.43 С целью увеличения расчетной площади верхнего пояска эквивалентного бруса при поперечной системе набора борта допускается устанавливать по ширстреку и верхней части внутреннего борта оканчиваемые на «ус» разрезные продольные ребра жесткости из профиля, применяемого для холостых шпангоутов. Ребра могут выполняться из полосы толщиной, равной толщине обшивки и высотой, равной не более 10 толщин. Расстояние между концами ребер и шпангоутами не должно превышать 30 мм.

В эквивалентный брус разрезные продольные ребра жесткости не включаются, а учитываются только их присоединенные пояски.

2.4.44 Обшивка внутреннего борта должна или доводиться до днищевой обшивки или в случае, когда она заканчивается на настиле второго дна, иметь продолжение в междудонном пространстве в виде дополнительного кильсона.

Допускаются как поперечная, так и продольная системы набора внутреннего борта. Размеры рамного и холостого набора должны быть не менее размеров, тре-

буемых для наружного борта без учета ледовых подкреплений.

2.4.45 На судах с двойными бортами вместо располагаемых на одном уровне стрингеров наружного и внутреннего бортов могут быть установлены платформы, а вместо балок рамного набора — диафрагмы. Толщина платформ и диафрагм должна назначаться в соответствии с 2.3.21, а при использовании межбортового пространства под балласт — с учетом 2.4.1. Для доступа ко всем районам двойного борта должны быть предусмотрены вырезы для лазов, размеры которых назначаются в соответствии с 2.3.28. Платформы и диафрагмы должны подкрепляться ребрами жесткости в соответствии с 2.3.20 и 2.3.30. Допускается увеличение высоты вырезов в диафрагмах при условии дополнительного их подкрепления, которые будут обеспечивать требуемые Правилами моменты сопротивления элементов набора.

2.4.46 Требуемые моменты сопротивления балок рамного набора наружного и внутреннего бортов могут быть уменьшены на 30 % при наличии одной платформы и на 50 % — при двух платформах. Аналогичное уменьшение моментов сопротивления допускается при установке одной и двух распорок. При этом минимальная площадь сечения распорки F должна быть не менее, см^2,

$$F = 0,22dH^2, \qquad (2.4.46\text{-}1)$$

а минимальный момент инерции площади сечения распорки I не менее, см^4,

$$I = 0,25H^2dl^2, \qquad (2.4.46\text{-}2)$$

где H — высота борта, м;

d — рамная шпация, м;

l — длина пролета распорки, м.

Палубный набор

2.4.47 Рамные бимсы следует устанавливать в плоскости каждого рамного шпангоута, а также в плоскости поперечных комингсов грузовых люков, шахт машинных отделений и в местах подкреплений под палубными механизмами и устройствами.

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

.1 для участков палуб, предназначенных для размещения груза,

$$W = 0,1k_0k_1k_2dB_1^2p, \qquad (2.4.48.1\text{-}1)$$

где k_0 — коэффициент, равный:

для холостых бимсов, если не предусматривается загрузка и разгрузка грейферами	4
для холостых полубимсов	5
для рамных бимсов	7
для рамных полубимсов на судах без двойных бортов	28

k_1 — коэффициент, для холостых бимсов и для полубимсов следует принимать $k_1 = 1$; для рамных бимсов — в соответствии с данными табл. 2.4.11-1, в которой вместо слова «кильсон» следует читать «карлингс»;

k_2 — коэффициент, для холостых бимсов и для полубимсов следует принимать $k_2 = 1$; для рамных бимсов — в соответствии с данными табл. 2.4.11-2, в которой вместо слова «флора» следует читать «бимса»;

d — для холостых бимсов и полубимсов — шпация; для рамных бимсов и полубимсов — расстояние между соседними рамными бимсами или полубимсами, м;

B_1 — наибольшее расстояние, м:

для рамных бимсов — между бортами или между бортами и продольной переборкой (раскосной фермой), между переборками (раскосными фермами);

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

p — расчетное давление груза, определяемое по формуле, кПа,

$$p = 9,81M/f, \qquad (2.4.48.1\text{-}2)$$

где M — максимальная масса груза, который может быть принят на данный загружаемый участок палубы, т;

f — площадь данного загружаемого участка палубы, м^2.

При установке в корпусе между бортом и продольной переборкой (раскосной фермой) ряда пиллерсов значение W может быть уменьшено на 20 %. Расстояние между пиллерсами не должно превышать удвоенного расстояния между флорами.

Давление p должно быть не менее давления груза, определенного в соответствии с 2.2.19. Значение W для рамных бимсов, если предусматривается загрузка и разгрузка грейферами, должно быть не менее определенного по 2.4.48.5;

.2 для участков палуб наливных судов в районе грузовых отсеков

$$W = k_0 k_1 k_2 d B_1^2, \qquad (2.4.48.2)$$

где k_0, k_1, k_2 — коэффициенты (см. 2.4.48.1);

.3 для открытых, не предназначенных для размещения груза участков палуб судов всех типов, кроме наливных,

$$W = k_0 k_1 k_2 d B_1^2, \qquad (2.4.48.3)$$

где k_0 — коэффициент, равный:

для холостых бимсов судов классов «М-СП», «М-ПР»,«М», «О-ПР» и «О»	5,5
для холостых бимсов судов классов «Р» и «Л»	3,7
для холостых полубимсов судов классов «М-СП», «М-ПР»,«М», «О-ПР» и «О»	7,5
для холостых полубимсов судов классов «Р» и «Л»	5,0
для рамных бимсов судов классов «М-СП», «М-ПР»,«М», «О-ПР» и «О»	11,0
для рамных бимсов судов классов «Р» и «Л»	7,2
для рамных полубимсов судов классов «М-СП», «М-ПР»,«М», «О-ПР» и «О» без двойных бортов	42,0
для рамных полубимсов судов классов «Р» и «Л»	28,0

k_1, k_2, d, B_1 — см. 2.4.48.1.

Для участков палуб, на которые через пиллерсы, стенки надстроек, выгородки и т. п. передаются нагрузки с вышерасположенных палуб, момент сопротивления поперечного сечения рамного бимса, определяемый по формуле (2.4.48.3), должен быть умножен на коэффициент $m = (n + 1)$, где n — число вышерасположенных палуб, за исключением указанной в 2.4.48.4. При этом значение B_1 должно быть принято равным наибольшему расстоянию между продольными рядами пиллерсов или между продольным рядом пиллерсов и продольной переборкой (бортом), поддерживающими бимс;

.4 для закрытых участков палуб корпуса, надстроек и рубок, предназначенных для пассажиров и размещения экипажа,

$$W = k_0 k_1 k_2 d B_1^2, \qquad (2.4.48.4)$$

где k_0 — коэффициент, равный:

для холостых бимсов	1,85
для холостых полубимсов	2,5
для рамных бимсов	3,6
для рамных полубимсов на судах без двойных бортов	14

k_1, k_2, d, B_1 — см. 2.4.48.1.

Для верхних палуб надстроек и рубок, не предназначенных для размещения грузов и доступа пассажиров, минимальный момент сопротивления может быть уменьшен на 30 % по сравнению с вычисленным по формуле (2.4.48.4);

.5 для холостых бимсов судов-площадок, если предусмотрена загрузка и разгрузка грейферами

$$W = 115 k a s_1 \ell^2, \qquad (2.4.48.5)$$

где a, s_1 — принимаются по 2.4.27;

k — см. 2.4.30.

.6 при $L_п/B_1 < 0,7$ размеры рамных бимсов следует принимать равными размерам карлингсов, определяемых в соответствии с 2.4.53.

Здесь $L_п$ — расстояние между поперечными переборками и раскосными фермами.

2.4.49 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.

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

$$I = 3B_1W. \qquad (2.4.50)$$

Момент инерции, см^4, холостого бимса или полубимса должен быть не менее значения, определяемого формулой (2.4.12-2), в которой:

c — наибольшее расстояние между карлингсами или между карлингсом и продольной переборкой (бортом), м;

t — толщина настила палубы, см.

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

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

$$W = a_1d^2p, \qquad (2.4.51.1)$$

где a_1 — расстояние между ребрами жесткости, м;

d — расстояние между рамными бимсами, м;

p — принимается в соответствии с 2.4.48.1;

.2 для палуб судов-площадок, если предусматривается загрузка и разгрузка грейферами,

$$W = 115ka_1d, \qquad (2.4.51.2)$$

где a_1, d определяются в соответствии с 2.4.51.1;

k — определяются в соответствии с 2.4.30.

.3 для участков палуб наливных судов в районе грузовых танков

$$W = 11,5a_1d^2; \qquad (2.4.51.3)$$

.4 для открытых, не предназначенных для размещения груза участков палуб судов всех типов, кроме наливных, классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М» и «О»

в средней части

$$W = 15a_1d^2, \qquad (2.4.51.4\text{-}1)$$

в оконечностях

$$W = 7,5a_1d^2, \qquad (2.4.51.4\text{-}2)$$

судов классов «Р» и «Л»

в средней части

$$W = 10a_1d^2, \qquad (2.4.51.4\text{-}3)$$

в оконечностях

$$W = 5a_1d^2; \qquad (2.4.51.4\text{-}4)$$

.5 для закрытых участков палуб корпуса, предназначенных для размещения пассажиров и экипажа, судов всех классов в средней части

$$W = 5a_1d^2, \qquad (2.4.51.5\text{-}1)$$

в оконечностях

$$W = 2,5a_1d^2, \qquad (2.4.51.5\text{-}2)$$

.6 для участков палуб надстроек, не участвующих в общем изгибе, предназначенных для пассажиров и размещения экипажа,

$$W = 2,5a_1d^2, \qquad (2.4.51.6)$$

Для верхних палуб надстроек и рубок, не предназначенных для размещения грузов и доступа пассажиров, значение W может быть уменьшено на 30 % по сравнению с вычисленным по формуле (2.4.51.6).

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

$$i = 0,0127R_{eH}\left(f + 100a_1t\right)d^2, \qquad (2.4.52)$$

где R_{eH} — предел текучести материала, МПа;

f — площадь поперечного сечения подпалубного ребра без присоединенного пояска, см^2;

t — толщина палубного настила, см;

a_1, d — принимаются в соответствии с 2.4.51.

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

Момент сопротивления поперечного сечения карлингса W, см^3, при $L_п/B_1 < 0,7$ должен быть не менее:

.1 для участков палуб, предназначенных для размещения груза

$$W = 0,72k_1k_2bl_к^2p, \qquad (2.4.53.1)$$

где k_1 — коэффициент, равный 1 при одном рамном бимсе, поддерживающем карлингс, а при трех и более бимсах k_1 определяется по табл. 2.4.53-1;

k_2 — коэффициент, определяемый по табл. 2.4.53-2;

Таблица 2.4.53-1

Значения коэффициента k_1

$B_1/l_к$	k_1	
	при наличии	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 2.4.53-2

Значения коэффициента k_2

$l_к/H$	k_2	
	при наличии	при отсутствии
	рамных стоек поперечных переборок в плоскости каждого карлингса	
≤1	0,9	1
2	0,6	
≥3	0,5	

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

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

p — см. 2.4.48.1;

$L_п$ — расстояние между поперечными переборками или раскосными фермами, м.

.2 для участков палуб наливных судов в районе грузовых отсеков, а также для открытых, не предназначенных для размещения груза участков палуб судов всех типов,

$$W = 7,2k_1k_2bl_к^2; \qquad (2.4.53.2)$$

.3 для участков палуб надстроек и рубок, не предназначенных для размещения грузов и доступа пассажиров,

$$W = 3,6k_1k_2bl_к^2. \qquad (2.4.53.3)$$

2.4.54 Карлингсы следует устанавливать в одних плоскостях с кильсонами.

2.4.55 Ширина выреза в палубе не должна превосходить 0,70 ширины судна B в данном месте. Допускается увеличивать вырез до $0,85B$ при осуществлении специальных мероприятий (увеличение жесткости поперечного набора, установка двойных бортов с полупереборками, уменьшение длины вырезов).

2.4.56 При ширине выреза люков, большей $0,70B$, продольные комингсы люков должны быть непрерывными по длине всех трюмов и оканчиваться кницами длиной не менее двух высот комингса. Продольные комингсы, установленные по длине каждого люка, следует заканчивать кницами длиной не менее двух высот комингса при отсутствии плавного сопряжения его с поперечными комингсами и в случае, если плавное сопряжение продольного комингса с поперечным выполнено установкой в плоскости палубы горизонтальной кницы со свободным пояском.

2.4.57 Стенки комингса должны быть в одной плоскости со стенкой карлингса.

2.4.58 Не допускается располагать стыковые швы и вырезы у углов люков, расположенных в средней части судна, в районе, размеры которого указаны на рис. 2.4.58, где r — радиус скругления угла люка в соответствии с 2.3.24, b_0 — ширина люка.

2.4.59 По стенкам комингсов в плоскости рамных бимсов должны устанавливаться вертикальные бракеты. Ширина бракет по палубе должна быть не менее высоты рамного бимса или половины высоты комингса, смотря по тому, что меньше, но не менее ширины полки комингса. Верхняя кромка бракеты должна быть приварена к полке комингса. Полосы

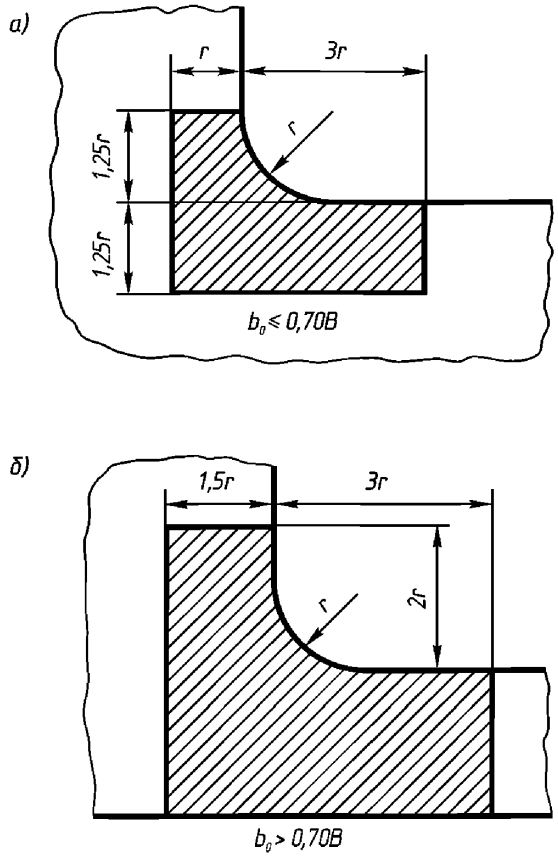


Рис. 2.4.58. Участки палубы, в которых не допускается располагать стыковые швы

или фланцы, подкрепляющие свободную кромку бракеты, должны заканчиваться на «ус», не доходя до полки комингса, а у палубы могут заканчиваться на «ус» или иметь уширение и привариваться к настилу, при этом с обратной стороны настила должны быть установлены ребра жесткости или бракеты, устраняющие «жесткие точки».

2.4.60 Верхние кромки комингсов должны быть усилены полосой или профилем, обеспечивающими достаточную устойчивость листов комингсов. Если отношение высоты стенки комингса к ее толщине превышает 40, то стенка комингса должна быть также подкреплена горизонтальными ребрами в соответствии с 2.3.20.3.

2.4.61 Листы комингсов грузовых люков следует доводить до уровня нижней кромки рамных бимсов, а у нижней кромки комингса должен быть отогнутый фланец шириной, принимаемой в пределах 8 – 12 толщин комингса.

2.4.62 Одиночные вырезы в расчетной палубе, расположенные на участках от борта до линии вырезов грузовых люков в средней части судна, должны располагаться на удалении от углов вырезов грузовых люков и шахт машинных помещений, а также от концевых переборок надстроек. Если ширина (диаметр) выреза больше 20-ти толщин палубного листа или 0,05 ширины непрерывного участка палубы в соответствии с рис. 2.2.32 (для сопоставления используется тот размер, который меньше), то вырез должен быть подкреплен таким образом, чтобы прочностные показатели палубы с вырезом были бы не ниже таковых палубы без выреза.

Непроницаемые переборки

2.4.63 Количество и расположение прочных непроницаемых поперечных переборок следует определять в зависимости от зоны эксплуатации, типа и назначения судна.

На судах, где в соответствии с 4 ч. II Правил требуется обеспечение непотопляемости, количество и расположение непроницаемых поперечных переборок и полупереборок должно быть обосновано соответствующими расчетами непотопляемости.

2.4.64 На всех судах должны быть форпиковая и ахтерпиковая поперечные непроницаемые переборки.

Форпиковая переборка должна устанавливаться от носового перпендикуляра в корму на расстоянии, не меньшем половины ширины корпуса. Для судов шириной больше 14 м при наличии технических обоснований допускается уменьшать длину форпика.

2.4.65 Для толкаемых судов, приспособленных для сцепки с толкачом любой оконечностью, обе пиковые поперечные переборки должны соответствовать требованиям Правил, установленным для конструкции форпиковой переборки.

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

2.4.67 Поперечные непроницаемые переборки должны идти от днища до палубы надводного борта.

2.4.68 Устройство дверей и лазов в переборках форпика и ахтерпика не допускается. Если в прочих поперечных непроницаемых переборках устанавливают двери и лазы, то они должны быть непроницаемыми и закрывающимися с обеих сторон, а на судах, к которым предъявляются требования непотопляемости, — кроме того, закрывающимися с главной палубы.

2.4.69 Все трубы, кабели, движущиеся части для штуртросной и валиковой проводок, проходящие через непроницаемые переборки, следует прокладывать в переборочных стаканах с применением сальников или с использованием других конструкций, которые обеспечивают непроницаемость переборок.

2.4.70 На сухогрузных судах минимальное число непроницаемых поперечных переборок, включая форпиковую и ахтерпиковую, должно быть при длине судна, м:

	число переборок
20–60	3
61–80	4
81–100	5
≥101	6

2.4.71 На судах с двойным дном и двойными бортами межбортовые непроницаемые полупереборки (диафрагмы) следует устанавливать не реже чем через 15 шпаций. Толщина полупереборок назначается в соответствии с 2.4.45, а их набор должен соответствовать требованиям 2.4.74, 2.4.75, 2.4.77, 2.4.78.

2.4.72 На судах-площадках должны быть установлены продольная переборка в ДП и раскосные фермы или ряды пиллерсов, расстояние между которыми не должно превышать 2,5 м. Расстояние между пиллерсами не должно превышать удвоенного расстояния между флорами.

На судах длиной менее 50 м в ДП вместо продольной переборки может быть установлена раскосная ферма.

Кроме поперечных переборок по 2.4.70, на этих судах должны быть установлены поперечные раскосные фермы. Расстояние между поперечными раскосными фермами или между поперечными раскосными фермами и переборкой не должно превышать 12 шпаций для судов с высотой борта, не превышающей 2,5 м, и 18 шпаций при высоте борта более 2,5 м.

2.4.73 Непроницаемые переборки могут быть плоскими или гофрированными. Минимальные толщины обшивки непроницаемых переборок должны быть не менее установленных табл. 2.4.1-1, 2.4.1-2 и 2.4.1-4.

2.4.74 Плоские переборки должны быть подкреплены набором.

Стойки поперечных переборок, устанавливаемые в плоскостях кильсонов и карлингсов, должны быть рамными.

В случае, если кильсоны и карлингсы не находятся в одной вертикальной плоскости, могут устанавливаться частичные рамные стойки, доходящие до ближайшего шельфа и переходящие в холостые стойки в соответствии с рис. 2.3.9, *в*, а при горизонтальных ребрах — оканчивающиеся кницей длиной не менее 1,5 высоты рамной стойки и доходящей до ребра жесткости.

Рамные и холостые стойки продольных переборок следует устанавливать соответственно в плоскости рамных и холостых бортовых шпангоутов.

Момент сопротивления поперечного сечения вертикальной рамной стойки с присоединенным пояском должен быть не меньше требуемого момента сопротивления поперечного сечения рамного борто-

вого шпангоута с присоединенным пояском без учета ледовых подкреплений и требований табл. 2.3.21-2.

2.4.75 При наличии бортовых стрингеров в их плоскостях на переборках должны быть установлены шельфы.

Момент сопротивления поперечного сечения шельфа с присоединенным пояском должен быть не меньше требуемого момента сопротивления поперечного сечения бортового стрингера.

2.4.76 На форпиковой переборке холостые стойки следует устанавливать на расстоянии не более 0,6 м одна от другой. На прочих переборках расстояние между холостыми стойками не должно превышать 0,75 м.

При продольной системе набора палубы и днища холостые стойки поперечных переборок должны быть установлены в плоскости продольных балок холостого набора палубы и днища и прикреплены к ним кницами.

2.4.77 Для непроницаемых переборок момент сопротивления поперечного сечения холостой вертикальной стойки с присоединенным пояском должен быть не меньше требуемого 2.4.37 момента сопротивления поперечного сечения холостого шпангоута с присоединенным пояском.

2.4.78 Момент сопротивления поперечного сечения горизонтальных ребер жесткости непроницаемых переборок с присоединенным пояском должен быть не меньше требуемого формулой (2.4.41); при этом значение d, м, должно быть принято равным расстоянию между вертикальными рамными стойками.

2.4.79 Для продольных переборок момент инерции поперечного сечения верхнего горизонтального ребра с присоединенным пояском должен быть не менее требуемого для палуб по 2.4.52.

2.4.80 Конструкцию гофрированных переборок следует выполнять с соблюдением следующих указаний:

.1 гофрированные поперечные переборки корпуса устанавливают на сплошные непроницаемые флоры или непосредственно на днищевую обшивку или настил второго дна.

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

Карлингсы, кильсоны и продольные ребра холостого набора палубы и днища крепят к гофрам кницами (см. 2.3.36);

.2 переборки с вертикально расположенными гофрами должны быть подкреплены шельфами, устанавливаемыми в плоскости бортовых стрингеров.

Переборки с горизонтально расположенными гофрами должны быть подкреплены рамными стойками, устанавливаемыми в плоскости рамных шпангоутов;

.3 гофры переборок должны иметь момент сопротивления не менее требуемого 2.4.77 и 2.4.78;

.4 моменты сопротивления поперечного сечения гофров (рис. 2.3.35) должны определяться по формулам, см^3:

для трапециевидных гофров

$$W = th\left(a + b/3\right); \qquad (2.4.80.4\text{-}1)$$

для волнистых гофров

$$W = \gamma t R^2, \qquad (2.4.80.4\text{-}2)$$

где

$$\gamma = \left(\beta_0 + 2\beta_0 \cos^2 \beta_0 - 1{,}5 \sin 2\beta_0\right) \Big/ \left(1 - \cos \beta_0\right), \qquad (2.4.80.4\text{-}3)$$

где β_0 — угол гофра (см. рис. 2.3.35);

.5 размеры гофров должны быть выбраны таким образом (см. рис. 2.3.35), чтобы выдерживались соотношения:

для трапециевидных гофров

$$\left.\begin{aligned} a/t < 55 \quad &\text{при} \quad a \geq b, \\ b/t < 55 \quad &\text{при} \quad a < b; \end{aligned}\right\} \qquad (2.4.80.5\text{-}1)$$

для волнистых гофров

$$R/t < 65. \qquad (2.4.80.5\text{-}2)$$

Пиллерсы и фермы

2.4.81 Площадь поперечного сечения пиллерса или раскоса должна быть не

меньше площади, определяемой по формуле, м^2,

$$F = 98{,}1 \cdot 10^{-4} fm/(nR_{eH}), \quad (2.4.81\text{-}1)$$

где f — площадь палубы или платформы, поддерживаемая пиллерсом, включая грузовые люки, расположенные в рассматриваемом районе, м^2;

n — коэффициент, определяемый по табл. 2.4.81 в зависимости от значения N, рассчитываемого по формуле

$$N = \beta\sqrt{fm}/(\eta_т l); \quad (2.4.81\text{-}2)$$

Таблица 2.4.81

Значения коэффициента n

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

β — коэффициент, принимаемый равным:

для сечения трубы	1,00
для квадратного коробчатого сечения и крестообразного сечения, составленного из двух профилей равнобоких уголков	0,61
для сечения профиля в форме одного равнобокого уголка	0,44

$\eta_т$ — коэффициент:

$$\eta_m = R_{eH}/235; \quad (2.4.81\text{-}3)$$

l — длина пиллерса, м;

R_{eH} — предел текучести стали, МПа;

m — коэффициент, для палуб грузовых отсеков наливных судов m = 1,0, для палуб сухогрузных судов, предназначенных для размещения грузов, определяется по формуле

$$m = M/f, \quad (2.4.81\text{-}4)$$

а для участков палуб, не предназначенных для размещения грузов,

$$m = 0{,}5j; \quad (2.4.81\text{-}5)$$

где M — максимальная масса груза, т, размещенного на палубе площадью f;

j — число палуб, поддерживаемых пиллерсом.

2.4.82 Наименьший момент инерции поперечного сечения пиллерса или раскоса должен быть не менее вычисляемого по формуле, см^4,

$$I = \beta^2 F^2, \quad (2.4.82)$$

где β — коэффициент, определяемый в соответствии с 2.4.81;

F — площадь поперечного сечения пиллерса или раскоса, рассчитываемая в соответствии с 2.4.81.

2.4.83 Пиллерсы, составленные из нескольких фасонных профилей, должны быть установлены на соединительных прокладках, расположенных не более чем через 1 м. Концы пиллерсов, поддерживающих грузовые палубы и палубы наливных судов, должны крепиться к днищевому и палубному набору четырьмя кницами; концы пиллерсов, поддерживающих другие палубы, допускается крепить только двумя кницами. Высота книц должна быть не меньше двойной высоты поперечного сечения пиллерсов.

2.4.84 Пиллерсы следует устанавливать в узлах пересечения флоров с кильсонами и карлингсов с бимсами. Если это выполнить невозможно, при установке пиллерса не в узле пересечения кильсона с флором под ним по днищу должны быть установлены связи тех же размеров, что и у основного рамного набора в этом месте, доходящие с обеих сторон до ближайших рамных связей. Аналогичная конструкция должна быть и при соединении пиллерса с рамным палубным набором. В стенках кильсонов и флоров вырезы под пиллерсами не допускаются.

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

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

2.4.87 Конструкция поперечных и продольных раскосных ферм (см. рис. 2.2.55) должна быть образована соответственно флорами и бимсами или кильсонами и карлингсами, связанными пиллерсами и раскосами.

2.4.88 Продольный и поперечный набор (соответственно кильсоны, карлингсы и флоры, бимсы), образующий пояса продольных или поперечных раскосных ферм, должен быть таврового профиля.

2.4.89 По концам раскоса и в узлах пересечения раскосов должны быть установлены кницы или бракеты. Размеры книц или бракет принимают такими, чтобы на них можно было закрепить конец раскоса на длине, равной двойной высоте профиля. Толщина книц (бракет) должна быть не менее толщины стенки соответствующего пояса фермы.

2.4.90 В раскосах, составленных из нескольких одинаковых профилей, должно быть не менее трех соединительных прокладок для ферм, схема которых соответствует рис. 2.2.55, *а* и 2.2.55, *б*, и не менее двух соединительных прокладок для ферм, схема которых соответствует рис. 2.2.55, *в*.

2.4.91 Пиллерсы ферм следует изготовлять с соблюдением указаний 2.4.82 – 2.4.86.

Набор корпуса в машинном отделении

2.4.92 Сплошные флоры следует устанавливать на каждом шпангоуте. Расстояние между рамными шпангоутами и бимсами не должно превышать трех шпаций. Шпация не должна быть больше, чем в средней части судна.

Днищевые, бортовые и палубные связи должны отвечать требованиям, изложенным в 2.4.10 – 2.4.62, и их размеры не должны быть меньше требуемых размеров соответствующих связей в средней части судна без учета надбавки на загрузку и разгрузку грейферами.

Связи машинного отделения должны иметь надлежащую конструктивную перевязку со связями отсеков, прилегающих к машинному отделению.

В машинном отделении судов класса «М-СП» каждый второй шпангоут должен быть рамным, а момент сопротивления W площади поперечного сечения карлингсов с присоединенным пояском для машинного отделения должен быть не менее, м^3:

$$W = 5{,}8 \cdot 10^{-6} a_1 d_1^2, \qquad (2.4.92)$$

где a_1 — средняя ширина площади палубы, поддерживаемой карлингсом, м;

d_1 — наибольший пролет карлингса, измеренный между поперечными переборками или центрами пиллерсов и поперечной переборкой, м.

Профиль поперечного сечения бимсов судов класса «М-СП» следует принимать таким же, как и карлингса.

2.4.93 Применение флоров и кильсонов с отогнутыми фланцами не допускается.

2.4.94 Толщина стенки флоров в машинном отделении должна быть больше требуемой толщины стенки флоров в средней части судна не менее, чем на 1 мм. Для сухогрузных судов толщину стенки флоров в средней части определяют в этом случае без учета ее увеличения из условий загрузки-разгрузки грейферами.

2.4.95 Число кильсонов и их расположение должны быть согласованы с расположением машинных фундаментов и кильсонов в смежных отсеках.

У фундаментов под главные двигатели одна из продольных балок должна быть совмещена с одним из кильсонов. В случае невозможности совмещения кильсонов с продольными фундаментными балками главных двигателей в плоскости продольных фундаментных балок должны быть установлены дополнительные кильсоны по всей длине машинного отделения (от переборки до переборки), перевязанные с вертикальными рамными стойками поперечных переборок.

Кильсоны машинного отделения должны иметь размеры не меньше размеров флоров.

Набор оконечностей

2.4.96 Система набора борта в оконечностях должна быть поперечной. На судах с санообразными обводами оконечностей в форпике и ахтерпике допускается продольная система набора с флорами, установленными через две шпации.

Размеры набора должны быть не меньше требуемых для набора в средней части корпуса судна; при этом должны выполняться требования 2.4.97 – 2.4.99.

Расстояние между балками не должно превышать значений, принятых для средней части судна.

2.4.97 Набор носовой оконечности должен быть выполнен с соблюдением следующих указаний:

.1 флоры в носовой оконечности должны располагаться на каждой поперечной шпации, которая должна быть не более 550 мм. Толщина стенки флоров должна быть на 1 мм больше, чем требуется в средней части судна.

Флоры, устанавливаемые в плоскостях холостых шпангоутов в корму от переборки форпика для участка корпуса длиной $0{,}2L$ от носового перпендикуляра судов класса «М-СП» должны иметь толщину стенки, одинаковую с толщиной стенки флоров, устанавливаемых в плоскостях рамных шпангоутов, и высоту не менее 1/3 высоты двойного дна в этом районе и не менее 2,5 высоты продольных балок холостого набора. Свободные кромки таких флоров должны быть подкреплены фланцами или поясками.

Толщина стенок флоров в форпике судов, швартующихся носом к необорудованному берегу, должна быть на 2 мм больше, чем требуемая Правилами в средней части судна.

Момент сопротивления поперечного сечения флора с присоединенным пояском для судов с санообразной или ложкообразной формой носовой оконечности, рассчитанный по формуле (2.4.11-1) или (2.4.11-2), должен быть увеличен в 1,5 раза; при этом B_1 определяется на уровне пояска флора, ближайшего к форпиковой переборке. У судов с клинообразной формой носовой оконечности высота флоров должна быть не менее 80 % высоты флоров средней части судна;

.2 средний кильсон должен быть соединен со штевнями, а при наличии транца — с диаметральной рамной стойкой транца.

Размеры профиля кильсонов должны быть не менее размеров флоров;

.3 расстояние между рамными шпангоутами не должно превышать двух шпаций.

Момент сопротивления поперечного сечения рамных и холостых шпангоутов должен быть увеличен на 25 % по сравнению с определяемым по формулам (2.4.36-1) и (2.4.37);

.4 в форпике судов класса «М-СП» должно быть не менее трех карлингсов. Высота стенки карлингсов и рамных бимсов должна быть не менее 2,5 высот холостых бимсов;

.5 момент сопротивления W площади поперечного сечения холостых бимсов с присоединенными поясками на отдельных участках палубы судов класса «М-СП» для участка корпуса длиной $0{,}2L$ от носового перпендикуляра должен быть не менее, м^3:

$$W = 5{,}5 \cdot 10^{-6} d B_1^2, \qquad (2.4.97.5)$$

где d — расстояние между бимсами, м;

B_1 — наибольший пролет бимсов, измеренный между карлингсами или между карлингсами и продольной переборкой или бортом, м;

.6 бортовые стрингеры следует устанавливать в соответствии с 2.4.42.

Если бортовой стрингер заканчивается у форштевня, то его следует соединить брештуком, толщина которого должна быть равна толщине стрингера.

Длина брештука должна быть не менее одной шпации. Размеры свободного пояска брештука должны соответствовать размерам свободного пояска бортового стрингера;

.7 если осадка судна класса «М-СП» носом менее 3,5 % длины судна, усиление днищевых конструкций в соответствии с требованиями .1 – .6 должно быть выполнено для участка корпуса длиной $0{,}2L$ от носового перпендикуляра в корму.

2.4.98 В ахтерпике шпация не должна превышать 550 мм.

На судах классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О» и «Р» флоры в ахтерпике следует устанавливать на каждом шпангоуте. Флоры должны быть выведены над гребным валом или над дейдвудной трубой на высоту не менее половины диаметра отверстия в стенке флора. Их можно также доводить до гребного вала или дейдвудной трубы, выше которых должны быть приварены к шпангоутам поперечные связывающие их полосы с поясками; толщина полос должна быть равна толщине флоров (рис. 2.4.98).

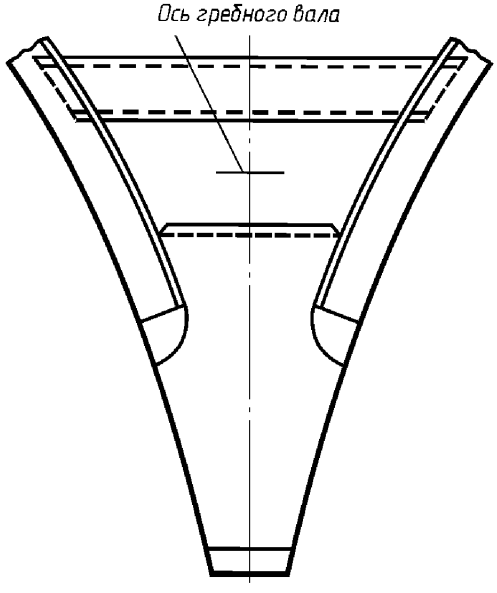


Рис. 2.4.98. Конструкция флора, расположенного ниже гребного вала

Кильсоны должны быть протянуты возможно дальше в корму как продолжение кильсонов и фундаментных балок машинного отделения. Расстояние между рамными шпангоутами не должно превышать двух шпаций.

На судах с полными кормовыми обводами следует устанавливать поворотные шпангоуты, расположенные нормально к обшивке. Расстояние между радиальными шпангоутами должно быть не более шпации, принятой для средней части судна.

Момент сопротивления поперечного сечения рамных и холостых шпангоутов с присоединенным пояском должен быть увеличен на 15 % по сравнению с определяемым по формулам (2.4.36-1) и (2.4.37).

Для судов класса «М-СП» указанные выше усиления должны быть выполнены на длине от кормовой переборки машинного отделения до кормовой оконечности, включая ахтерпик.

2.4.99 Оконечности толкаемых судов следует подкреплять таким образом, чтобы усилия от упоров равномерно распределялись на борта и продольные связи корпуса.

В плоскости упоров должны быть установлены продольные переборки или раскосные фермы, прочно связанные с корпусом судна и доведенные до переборки форпика (ахтерпика). В районе упоров должны быть поставлены замкнутые шпангоутные рамы.

Штевни, кили, кронштейны гребных валов

2.4.100 Размеры поперечного сечения форштевня из полосовой стали ниже грузовой ватерлинии должны быть не менее, мм:

для судов классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О» и буксиров-толкачей всех классов

$$\left.\begin{aligned} t &= 12 + 0{,}4L; \\ a &= 64 + 1{,}5L \quad \text{при } L \le 50\text{м}; \\ a &= 90 + 1{,}0L \quad \text{при } L > 50\text{м}; \end{aligned}\right\} \quad (2.4.100\text{-}1)$$

для судов классов «Р» и «Л», кроме буксиров-толкачей

$$\left.\begin{aligned} t &= 10 + 0{,}2L; \\ a &= 55 + 0{,}5L \quad \text{при } L \le 50\text{м}; \\ a &= 30 + 1{,}0L \quad \text{при } L > 50\text{м}; \end{aligned}\right\} \quad (2.4.100\text{-}2)$$

где t — толщина полосы, мм;

a — ширина полосы, мм.

2.4.101 Диаметр поперечного сечения форштевня из прутковой стали ниже грузовой ватерлинии должен быть не менее, мм:

для судов классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О» и буксиров-толкачей всех классов

$$d = 46 + 0,96L; \qquad (2.4.101\text{-}1)$$

для судов классов «Р» и «Л», кроме буксиров-толкачей,

$$d = 32 + 0,63L. \qquad (2.4.101\text{-}2)$$

2.4.102 Площадь поперечного сечения форштевня из угловой равнобокой стали ниже грузовой ватерлинии должна быть не менее, см^2:

для судов классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О» и буксиров-толкачей всех классов

$$F = 11 + 0,22L; \qquad (2.4.102\text{-}1)$$

для судов классов «Р» и «Л», кроме буксиров-толкачей

$$F = 7 + 0,22L. \qquad (2.4.102\text{-}2)$$

2.4.103 Выше грузовой ватерлинии площадь поперечного сечения форштевня можно постепенно уменьшать и принимать у верхнего конца равной 70 % определенной по формулам (2.4.102-1), (2.4.102-2).

Если форштевень состоит из отдельных частей, то стык их не должен находиться в районе грузовой ватерлинии.

Верхний конец форштевня должен быть доведен до ближайшей палубы или платформы, расположенной над грузовой ватерлинией.

Нижний конец форштевня должен быть доведен до сечения, отстоящего в нос от переборки форпика не более чем на 2–3 шпации.

2.4.104 Для гнутых форштевней (рис. 2.4.104) допускается применение листовой стали толщиной на 25 % больше толщины листов наружной обшивки в носовой оконечности судна.

2.4.105 Форштевни с примыкающей к ним обшивкой должны быть подкреплены брештуками, положение которых следует согласовывать с положением бортовых стрингеров и другого набора в носовой оконечности. Толщина брештуков не должна быть меньше толщины прилегающих листов наружной обшивки.

2.4.106 У листовых гнутых форштевней брештук должен перекрывать стыковое соединение наружной обшивки с форштевнем не менее чем на 5 толщин форштевня (см. рис. 2.4.104).

2.4.107 Размеры поперечного сечения старнпоста ахтерштевня из брусковой стали выше яблока гребного вала должны быть не менее, мм:

для судов классов «М-СП», «М-ПР» и «М»

$$\left.\begin{aligned} t &= 16 + 0,25L + 0,8H^2; \\ a &= 55 + 2L \quad \text{при } L < 20\,\text{м}; \\ a &= 65 + 1,5L \quad \text{при } 20 \le L \le 50\,\text{м}; \\ a &= 90 + L \quad \text{при } L > 50\,\text{м}; \end{aligned}\right\} \qquad (2.4.107\text{-}1)$$

для судов классов «О-ПР» и «О»

$$\left.\begin{aligned} t &= 12 + 0,25L + 0,8H^2; \\ a &= 30 + 2L \quad \text{при } L < 20\,\text{м}; \\ a &= 50 + L \quad \text{при } 20 \le L \le 50\text{м}; \\ a &= 40 + 1,2L \quad \text{при } L > 50\,\text{м}; \end{aligned}\right\} \qquad (2.4.107\text{-}2)$$

для судов классов «Р» и «Л»,

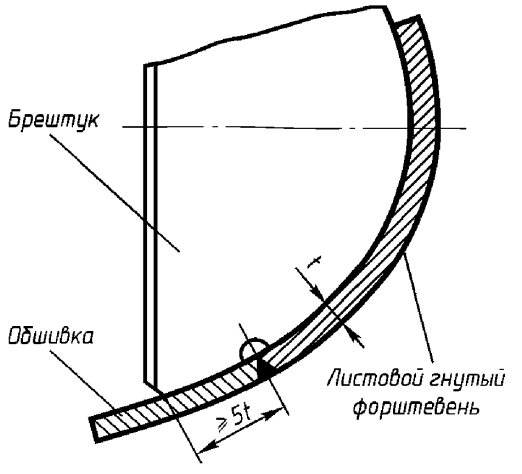


Рис. 2.4.104. Конструкция соединения гнутого форштевня с бортовой обшивкой и брештуком

$$\left.\begin{array}{l} t = 10 + 0{,}18L + 0{,}8H^2; \\ a = 30 + 2L \quad \text{при } L < 20\,\text{м}; \\ a = 50 + L \quad \text{при } 20 \le L \le 50\,\text{м}; \\ a = 40 + 1{,}2L \quad \text{при } L > 50\,\text{м}; \end{array}\right\} \qquad (2.4.107\text{-}3)$$

где a, t — ширина и толщина поперечного сечения старпоста ахтерштевня, мм.

2.4.108 Толщину поперечных сечений рудерпоста и старпоста ниже яблока следует увеличивать в два раза по сравнению с толщиной, рассчитанной по формулам (2.4.107-1) – (2.4.107-3). Ширину поперечных сечений старпоста и рудерпоста в верхней части можно уменьшать на 15 % по сравнению со значениями, определяемыми по этим же формулам.

2.4.109 Толщина стенки яблока старпоста (в рассверленном состоянии) должна быть не менее 60 % толщины, рассчитанной по формулам (2.4.107-1) – (2.4.107-3).

2.4.110 Подошва на участке между старпостом и рудерпостом должна быть по возможности короче и иметь площадь поперечного сечения на 25 % больше площади сечения с размерами a и t, рассчитанными по формулам (2.4.107-1) – (2.4.107-3).

Для надежного крепления с обшивкой подошва ахтерштевня должна иметь протяженность от старпоста в нос не менее 10-кратной ширины поперечного сечения старпоста ниже яблока. Нижняя часть подошвы ахтерштевня должна иметь плавный подъем с уклоном 1/10 в направлении рудерпоста.

В верхней части рамы ахтерштевня должны быть предусмотрены 1–2 ребра (прилива) для крепления поперечного набора.

2.4.111 Если на судне установлен брусковый киль, размеры его поперечного сечения должны быть не менее, чем вычисленные по формулам:

$$h = 100 + L\,; \qquad (2.4.111\text{-}1)$$

$$b = 12 + 0{,}4L\,, \qquad (2.4.111\text{-}2)$$

где h, b — высота и ширина брускового киля, мм.

2.4.112 Кронштейны гребных валов могут быть однолапыми или двулапыми; лапы должны быть расположены под углом 80–100° одна относительно другой; осевые линии лап должны пересекаться на оси гребного вала.

Размеры двулапых кронштейнов должны быть не менее рассчитанных по формулам:

$$\left.\begin{array}{l} t_л = 0{,}45d; \\ F_л = 0{,}47d^2; \\ l_c = 3d; \\ t_c = 0{,}33d, \end{array}\right\} \qquad (2.4.112)$$

где $t_л$, t_c — соответственно толщина лапы и ступицы, мм;

d — диаметр гребного вала, мм;

$F_л$ — площадь поперечного сечения лапы, мм^2;

l_c — длина ступицы, мм.

Толщину стенки ступицы двулапых кронштейнов на судах длиной до 25 м можно уменьшать до $0{,}25d$.

Лапы кронштейнов должны крепиться к набору корпуса и к наружной обшивке на сварке. Толщина листов наружной обшивки в районе крепления лап кронштейнов должна быть увеличена на 25 % по сравнению с толщиной обшивки в кормовой оконечности, определяемой в соответствии с табл. 2.4.1-1, 2.4.1-2 и 2.4.1-4.

Усиления корпуса для плавания в битом льду

2.4.113 Суда всех классов, эпизодически плавающие в мелкобитом льду, должны иметь подкрепления, требования к которым установлены в 2.4.115 – 2.4.129. Эти требования ориентированы на толщину мелкобитого льда, указанную в табл. 2.4.113.

Таблица 2.4.113

Зависимость знака категории ледовых усилений от толщины мелкобитого льда

Знак категории ледовых усилений	Толщина мелкобитого льда, см
лед 10	10
лед 20	20
лед 30	30
лед 40	40

2.4.114 Суда, предназначенные для плавания в более тяжелых ледовых условиях, чем указанные в табл. 2.4.113, должны иметь подкрепления корпуса, спроектированные с учетом типа, назначения и условий плавания судна.

2.4.115 По всей длине судна следует установить 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 длине, равной ширине судна, должна быть такой же, как толщина ледового пояса.

2.4.116 Толщина листов ледового пояса $t_л$ должна быть не менее указанной в табл. 2.4.116.

Таблица 2.4.116

Значения толщины листов ледового пояса в зависимости от категории ледовых усилений и длины судна

Знак категории ледовых усилений	L, м	$t_л$, мм		
		носовая часть судна	район ахтерпика	на остальной длине судна
лед 40	60	11,3	7,2	6,9
	140	13,8	10,8	10,4
	160	14,4	11,7	11,3
лед 30	25	6,3	4,8	4,6
	80	10,0	7,2	6,9
	140	12,5	9,6	9,2
	160	13,3	10,4	10,0
лед 20	25	5,6	4,8	4,6
	80	8,8	7,2	6,9
	140	10,0	8,4	8,1
	160	10,4	8,8	8,5
лед 5 и лед 10	25	5,0	3,6	3,5
	80	7,5	6,0	5,8

Примечание. Под носовой частью судна понимается район, кормовая граница которого совпадает с третьим практическим шпангоутом цилиндрической вставки, а для судов с цилиндрической вставкой менее $0,3L$ — со шпангоутом, на котором угол между касательной к ватерлинии судна в полном грузу и ДП равен 7°, но не менее чем на протяжении, равном ширине судна.

При использовании данных табл.2.4.116 необходимо учитывать следующее:

если шпация принята больше a_0, то толщины обшивки ледового пояса, указанные в табл. 2.4.116, должны быть увеличены на величину, мм:

$$\Delta t = 0,8\left(\xi a / a_0 - 1\right) t_л, \qquad (2.4.116\text{-}1)$$

где a — фактическая шпация, мм;

a_0 — нормальная шпация, принимаемая равной, мм:

для района носовой части судна (см. примечание к табл.2.4.116)	400
для остальных районов корпуса	550

ξ — коэффициент, вычисляемый по формуле:

$$\xi = \left(10\chi h + 0,5a_0\right) / \left(10\chi h + 0,5a\right); \qquad (2.4.116\text{-}2)$$

h — толщина мелкобитого льда, принимаемая в зависимости от знака категории ледовых усилений по табл. 2.4.113, см;

χ — коэффициент, связывающий высоту зоны приложения ледовой нагрузки с толщиной льда и вычисляемый по формуле:

$$\chi = \mu\left(0,001D\right)^{1/3} \le 1,0; \qquad (2.4.116\text{-}3)$$

μ — коэффициент, принимаемый равным:

для носовой части судна	0,55
для района ахтерпика	0,39
для остальной части длины судна	0,49

Если шпация принята меньше a_0 и (или) связи выполнены из сталей повышенной прочности, то толщины обшивки ледового пояса, указанные в табл. 2.4.116, могут быть уменьшены на величину, мм:

$$\Delta t = 0,8\left[1 - 15,3\xi a / \left(a_0\sqrt{R_{eH}}\right)\right] t_л, \qquad (2.4.116\text{-}4)$$

где a, a_0, ξ — см. выше (при $a > a_0$ принимается $a = a_0$);

R_{eH} — предел текучести материала связи, МПа.

2.4.117 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 7°, но не менее чем на длине, равной ширине судна, — 400 мм;

.2 на остальной длине судна — 550 мм.

2.4.118 Допускается назначить шпацию как для судна без ледовых подкреплений при условии постановки промежуточных бортовых шпангоутов, момент сопротивления поперечного сечения которых соответствует 2.4.121.

2.4.119 Момент сопротивления поперечного сечения для рамных бортовых шпангоутов с присоединенным пояском W должен быть не менее определяемого по формулам, см^3:

.1 в носовой части судна в соответствии с 2.4.117.1,

$$W = 18,5H_c d\sqrt{2+0,085L}\ ; \qquad (2.4.119\text{-}1)$$

.2 в районе ахтерпика

$$W = 14,5H_c d\sqrt{2+0,085L}\ ; \qquad (2.4.119\text{-}2)$$

.3 на остальной длине судна

$$W = 12,5H_c d\sqrt{2+0,085L}\ , \qquad (2.4.119\text{-}3)$$

где d — расстояние между рамными бортовыми шпангоутами, м;

H_c — высота борта в соответствующем районе судна, м.

2.4.120 Момент сопротивления поперечного сечения основных холостых бортовых шпангоутов с присоединенным пояском W должен быть не менее определяемого по формулам, см^3:

.1 в носовой части судна в соответствии с 2.4.117.1,

$$W = 21,5la\sqrt{2+0,085L}\ ; \qquad (2.4.120\text{-}1)$$

.2 в районе ахтерпика

$$W = 17,5la\sqrt{2+0,085L}\ ; \qquad (2.4.120\text{-}2)$$

.3 на остальной длине судна

$$W = 15la\sqrt{2+0,085L}\ , \qquad (2.4.120\text{-}3)$$

где a — шпация (расстояние между основными холостыми бортовыми шпангоутами), м;

l — наибольшее расстояние, измеренное по борту между днищем (настилом второго дна) и бортовым стрингером, между бортовыми стрингерами или бортовым стрингером и палубой в соответствующем районе судна, м.

2.4.121 Момент сопротивления поперечного сечения промежуточных бортовых шпангоутов с присоединенным пояском должен быть не менее 75 % требуемого момента сопротивления поперечного сечения основных холостых шпангоутов с присоединенным пояском.

2.4.122 По всей длине судна в районе ледового пояса должны быть бортовые стрингеры, причем один из них следует установить ниже грузовой ватерлинии. При малых изменениях эксплуатационных осадок может быть установлен один стрингер.

2.4.123 Нижние участки бортовых промежуточных шпангоутов должны перекрывать скулу. Следует 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 должны быть ниже верхней кромки ледового пояса.

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

2.4.125 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.

2.4.126 Площадь поперечного сечения форштевня следует увеличить на 50 % по сравнению с требуемой 2.4.100 – 2.4.104. Кромки листов наружной обшивки, примыкающие к форштевню, должны быть защищены от действия льда.

2.4.127 Площадь поперечного сечения ахтерштевня должна быть увеличена на 15 % по сравнению с требуемой 2.4.107 – 2.4.110.

2.4.128 Винты и рули должны быть защищены от воздействия льда, например, с помощью крейсерской кормы, противоледовых выступов или каких-либо других конструкций.

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

Надстройки и уступы главной палубы

2.4.130 Поперечный набор надстроек должен быть установлен в одних плоскостях с поперечным набором основного корпуса.

Значение момента сопротивления поперечного сечения с присоединенным пояском бортовых шангоутов надстроек судов классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О» должно быть не менее 9 $см^3$.

2.4.131 Продольные стенки надстроек должны быть продолжены за концевые переборки надстроек на длину, равную высоте надстроек, и плавно сопряжены с палубой.

Ширстрек корпуса судна на протяжении не менее трех шпаций в корму от каждой концевой переборки надстройки, а также выступающая часть нижнего пояса обшивки надстройки и часть его, простирающаяся внутрь надстройки на длину, равную половине высоты надстройки, должны быть утолщены на 40 % для судов классов «М-СП», «М-ПР» и «М», на 25 % — классов «О-ПР» и «О» и на 10 % — классов «Р» и «Л».

На том же протяжении, что и ширстрек, должен быть утолщен палубный стрингер верхней палубы на 20 % для судов классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О» и на 10 % — классов «Р» и «Л».

Если длина бака и юта менее 0,25L, то утолщения можно не делать.

2.4.132 В месте уступа главной палубы должны быть предусмотрены специальные подкрепления. Карлингсы палуб должны быть плавно перевязаны. Ширстрек в месте уступа должен быть утолщен на 35 % по обе стороны уступа не менее чем на три шпации.

Если уступ наклонный, то протяженность его должна быть не менее двух высот.

Длину участка, где главная и возвышенная палубы проходят одна над другой, следует выбирать из условий обеспечения общей прочности корпуса, а для судов длиной до 50 м — из условий, приведенных в 2.5.2, при включении в расчет площадей сечения настилов палуб и обшивки борта на этом участке в соответствии с 2.2.32 – 2.2.34. При необходимости увеличения площади сечения настилов этих палуб путем постановки между ними продольных вертикальных бракет длина последних должна быть не менее двух их высот, а толщина — не менее требуемой Правилами для переборок в данном районе. Концы бракет должны быть закреплены в соответствии с требованиями 2.3.7. Бракеты должны быть подкреплены ребрами жесткости.

Если плоскости продольных стенок надстройки (рубки) не совмещены с плоскостями бортов, то они должны опираться на карлингсы, поставленные в плоскости этих стенок.

Фальшборт

2.4.133 Районы установки фальшборта, его протяженность, высоту следует назначать в соответствии с требованиями 10.1 и 10.2.

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

2.4.135 Конструкция фальшборта в средней части судна должна быть такой, чтобы он не участвовал в общем изгибе корпуса.

2.4.136 Фальшборт должен быть подкреплен стойками, расстояние между которыми не должно превышать три шпации.

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

Цистерны

2.4.138 Цистерны топлива и масла, нефтесодержащих и сточных вод могут быть выполнены вкладными и встроенными.

2.4.139 Топливные цистерны не должны иметь общих переборок с цистернами для питьевой воды и располагаться перед форпиковой переборкой.

2.4.140 Цистерны основного запаса топлива должны составлять часть корпусной конструкции судна и располагаться за пределами машинных помещений, в которых размещены двигатели и котлы. Если эти цистерны, за исключением цистерн двойного дна, в силу необходимости размещены рядом или внутри указанных выше машинных помещений, по меньшей мере, одна из их вертикальных стенок должна примыкать к переборке машинного помещения и иметь общую границу с цистернами двойного дна, а площадь поверхности стенки цистерны, общая с машинным помещением, должна быть как можно меньше. Если эти цистерны расположены внутри машинных помещений, в которых размещены двигатели и котлы, в них не должно содержаться топливо с температурой вспышки паров 60 °С и ниже.

2.4.141 На пассажирских судах в случае применения вкладных топливных цистерн основного запаса топлива запрещается их установка в машинных помещениях, в которых размещены двигатели и котлы. Вкладные расходные и другие топливные цистерны должны устанавливаться на непроницаемом для топлива поддоне, имеющем сточную трубу, выведенную в сточную цистерну.

2.4.142 Цистерны должны быть сконструированы таким образом, чтобы содержащаяся в них среда не соприкасалась с обшивкой днища и бортов.

Расстояние от днища встроенной цистерны в самой низкой ее части до днищевой обшивки должно быть не менее 800 мм, а от бортовых стенок цистерны до бортовой обшивки его следует принимать таким, чтобы был обеспечен доступ для осмотра и ремонта. Доступ к вкладным цистернам, в том числе и грузовым, следует обеспечить со всех сторон, при этом расстояние от днища вкладной цистерны в самой низкой ее части до днищевой обшивки должно быть не менее 800 мм, расстояние между стенками цистерн и обшивкой бортов, поперечных переборок должно быть не менее760 мм.

2.4.143 Толщины стенок встроенных цистерн и листовых конструкций должны соответствовать требованиям пп. 4.1 и 5.2 табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2.

Моменты сопротивления рамных и холостых связей необходимо принимать по аналогии с соответствующими связями переборок.

2.5 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОТДЕЛЬНЫМ ТИПАМ СУДОВ

Суда длиной менее 50 м

2.5.1 Для судов всех классов длиной менее 50 м, если не соблюдаются требования 2.5.2, следует выполнить расчеты общей прочности в соответствии с 2.2. В этом случае допускается определять изгибающий момент $M_{тв}$ на основе использования данных по судну-прототипу, имеющему тот же архитектурно-конструктивный тип, что и рассматриваемое судно, близкие размерения, водоизмещение и схожее расположение машинного отделения по длине судна, или на основе поста-

тейного подсчета изгибающего момента на миделе как алгебраической суммы моментов от нагрузки масс различных статей нагрузки и сил поддержания. При этом в любом случае абсолютная величина изгибающего момента должна приниматься не менее, кН·м,

$$M_{\text{тв}\min} = a_{\text{тв}} D, \qquad (2.5.1)$$

где $a_{\text{тв}} = 1{,}1$ для самоходных судов и $a_{\text{тв}} = 0{,}74$ — для несамоходных судов;

D — водоизмещение судна в полном грузу, кН.

Распределение полученного таким образом значения $M_{\text{тв}}$ по длине судна должно быть принято постоянным на участке, отстоящем на $\pm 0{,}25L$ от миделя, и уменьшаться к оконечностям до нуля по линейной зависимости.

При выполнении указаний 2.3 и 2.4 расчеты местной прочности, требуемые в 2.2, можно не проводить (см. 2.1.6).

2.5.2 Для судов длиной 50 м и менее суммарное значение площади поперечного сечения продольных связей раздельно палубного и днищевого пояса должно быть не менее, см^2:

$$F = D' L \eta \alpha \left[\left(0{,}1\, L/T - 1\right)/k_1 + k_2 \right]/H, \qquad (2.5.2)$$

где D' — водоизмещение судна в полном грузу, т;

k_1 — коэффициент, определяемый по табл. 2.5.2;

Таблица 2.5.2

Значения коэффициента k_1

Разряд бассейна	k_1 при длине, м, судна	
	25	50
«М»	13	47
«О»	25	93
«Р»	50	193
«Л»	132	483
«М-СП 4,5»	15,3	46,1
«М-СП 3,5»[1]	17,2	51,3
«М-ПР»	20,3	60,2
«О-ПР»	33,6	93,6

[1] Максимальное значение выражения, стоящего в квадратных скобках формулы (2.5.2), не ограничивается.

k_2 — коэффициент, равный для судов:

самоходных	$1{,}00/L$
несамоходных	$0{,}67/L$

η — коэффициент, равный для связей:

палубного пояса, не несущих местной нагрузки	0,65
днищевого и палубного поясов, несущих местную нагрузку	0,75

α — коэффициент, зависящий от относительного отстояния x/L рассматриваемого расчетного сечения от миделя и принимаемый равным:

$$\alpha = 1{,}0 \quad \text{при} \quad |x/L| \le 0{,}25,$$
$$\alpha = 2{,}0 - |x/L|/0{,}25 \quad \text{при} \quad |x/L| > 0{,}25;$$

x — отстояние рассматриваемого расчетного сечения от миделя, м.

Значение выражения, стоящего в скобках формулы (2.5.2), не должно приниматься более 0,125. Для сухогрузных судов, если на не защищенных от волнения акваториях допускается проведение грузовых операций в один слой одним краном или двумя кранами в одном направлении, суммарное значение площади поперечного сечения продольных связей раздельно для палубного и днищевого поясьев должно быть также не менее определяемого по формуле (2.5.2) при увеличенном на 20 % значении коэффициента k_2. Значения коэффициента k_1 должны приниматься в этом случае с учетом зоны эксплуатации, в которую входит эта акватория. Значение выражения, стоящего в скобках формулы (2.5.2), в этом случае не должно приниматься более 0,15.

При проведении грузовых операций в один слой двумя кранами в различных направлениях прочность корпуса должна быть подтверждена прямыми расчетами прочности, выполняемыми при значениях изгибающих моментов и перерезывающих сил на тихой воде, определенных в соответствии с требованиями 2.2.1 и 2.2.2.5.

В суммарную площадь поперечного сечения палубного пояса должны быть включены:

65 % площади сечения настила палубы при продольной системе набора;

полная площадь участков настила шириной по 0,25 шпации с каждой стороны каждой продольной связи при поперечной системе набора;

10 % остальной площади настила при поперечной системе набора;

непрерывные продольные балки холостого набора;

непрерывные продольные комингсы и подкрепляющие их непрерывные продольные балки;

карлингсы;

верхний участок ширстрека, возвышающийся над палубой, а также участок ширстрека ниже палубы высотой 0,5 шпации при поперечной системе набора борта и 0,25 шпации при продольной;

верхние подпалубные участки продольных переборок и внутренних бортов высотой 0,5 шпации при поперечной системе набора и 0,25 расстояния между продольными балками при продольной.

В суммарную площадь поперечного сечения днищевого пояса должны быть включены:

65 % площади сечения днищевой обшивки и настила второго дна при продольной системе набора;

полная площадь сечения участков днищевой обшивки и настила второго дна шириной по 0,25 шпации с каждой стороны каждой продольной связи при поперечной системе набора;

10 % остальной площади при поперечной системе набора;

непрерывные продольные балки холостого набора днища и кильсоны с подкрепляющими и непрерывными продольными балками;

непрерывные продольные ребра балки холостого набора настила второго дна;

скуловой лист в скругленной части;

нижняя часть продольных переборок, наружных и внутренних бортов до уровня выше настила второго дна или флоров на 0,25 шпации.

Включаемые в суммарную площадь поперечного сечения палубного и днищевого поясов продольные связи по своему расположению относительно рассматриваемого сечения, протяженности и соединению с корпусом должны соответствовать 2.2.31.

Выбор поперечных сечений, для которых выполняется проверка прочности в соответствии с требованиями настоящего пункта, должен выполняться в соответствии с 2.2.30.

Требования 2.5.1 и настоящего пункта на пассажирские водоизмещающие суда класса «М-СП» не распространяются.

Сухогрузные суда

2.5.3 Суда класса «М-СП» должны иметь двойное дно и двойные борта в районе грузовых трюмов.

2.5.4 На судах, предназначенных для перевозки грузовых контейнеров (см. ГОСТ Р 53350), в настиле палубы или второго дна должны быть предусмотрены гнезда под угловые фитинги контейнеров и выполнены соответствующие подкрепления.

Наливные суда

2.5.5 Транспортные нефтеналивные суда должны иметь второе дно и вторые борта в районе грузовых танков или же грузовые танки должны быть вкладными (см. 2.5.111 – 2.5.126, 2.5.157 – 2.5.161) или встроенными (см. 2.5.142 – 2.5.156).

Требования 2.5.6 – 2.5.8 не распространяются на суда с вкладными емкостями и встроенными оболочками.

2.5.6 Наливные суда длиной до 80 м должны иметь в районе грузовых танков одну продольную переборку в диаметральной плоскости, а суда длиной 80 м и более — не менее двух продольных переборок. На судах с двойными бортами достаточно установить одну продольную переборку в диаметральной плоскости.

Отсутствие расширительных шахт над грузовыми танками следует обосновывать расчетом в зависимости от температурных условий и наличия свободных подпалубных объемов.

2.5.7 На судах с отношением $B/H > 3{,}5$ в дополнение к продольным переборкам

должны быть установлены продольные фермы или пиллерсы. Расстояние между продольной переборкой и продольной фермой или между продольными фермами и бортом не должно превышать 2,5 м.

2.5.8 На наливных судах должны быть установлены поперечные переборки, расположенные на расстоянии, не более, для судов с высотой борта H, м:

$\leq 2{,}5$	24 шп.
$> 2{,}5$	36 шп.

На несамоходных наливных судах между поперечными переборками должны быть установлены поперечные фермы или пиллерсы или проницаемые поперечные переборки. Расстояние между поперечными переборками или переборками и фермами не должно превышать 12 шпаций для судов с высотой борта $H \leq 2{,}5$ м и 18 шпаций — для судов с высотой борта $H > 2{,}5$ м.

Водоизмещающие пассажирские суда

2.5.9 Конструкция корпуса пассажирских водоизмещающих судов предусматривается следующих типов:

.1 однопалубные суда с легкими надстройками, не участвующими в общем изгибе корпуса;

.2 многопалубные суда с прочной главной палубой и прочной палубой надстройки первого яруса, входящей в состав эквивалентного бруса;

.3 открытые суда с двойным дном или без него и надстройкой, участвующей или не участвующей в общем изгибе.

2.5.10 Если надстройка (рубка) участвует в общем изгибе корпуса, должна быть обеспечена прочность связей ее верхней прочной палубы и прочность соединений надстройки с корпусом в местах действия наибольших касательных напряжений по концам сплошных участков ее продольных стенок.

В случае невыполнения указанных выше требований должны быть приняты конструктивные меры, снижающие степень участия надстройки (рубки) в общем изгибе корпуса и препятствующие повышенной концентрации напряжений в самой надстройке и в палубе, на которую она опирается.

2.5.11 Продольные стенки надстройки (рубки) длиной более шести ее высот, не совпадающие с бортами корпуса, должны соединяться с поперечными концевыми стенками плавно по радиусу, составляющему не менее 1/3 высоты надстройки. Для надстроек (рубок) меньших длин указанный радиус округления может быть пропорционально уменьшен. Этому требованию должны соответствовать и надстройки (рубки), продольные стенки которых не совмещены с продольными стенками нижерасположенных надстроек.

2.5.12 Толщина стрингера верхней прочной и следующей за ней нижней палуб пассажирских судов должна быть не менее установленной п. 2.2 табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2.

2.5.13 Толщина настила палубы пассажирских судов в средней части должна быть не менее установленной п. 2.1 табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2.

2.5.14 Толщины стенок надстроек (рубок) должны быть не менее установленных п. 5.6 табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2, а надстроек (рубок), участвующих в общем изгибе корпуса, — не менее установленных п. 5.7 табл. 2.4.1-1 и в табл. 2.4.1-3.

Буксиры и толкачи

2.5.15 Толщина t наружной обшивки буксиров и толкачей в средней части и кормовой оконечности должна быть не менее, мм:

$$t = \big(L + 100\big)\big/30 + t_{\text{доп}}\,, \qquad (2.5.15)$$

при этом $t_{\text{доп}} = 0$ — для судов мощностью 330 кВт и менее;

$t_{\text{доп}} = 0{,}06\sqrt{1{,}36P_{\text{e}} - 450}$ — для судов мощностью свыше 330 кВт, где P_{e} — мощность буксира или толкача, кВт.

Для шлюзовых и рейдовых буксиров, шлюзовых и рейдовых толкачей всех клас-

сов, а также плотоводов классов «М» и «О», толщина наружной обшивки в средней части должна быть увеличена на 2 мм по сравнению с толщиной, определяемой по формуле (2.5.15).

Во всех случаях толщина наружной обшивки в средней части должна быть не менее установленной табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-4.

2.5.16 Толщину ширстрека и скулового пояса следует принимать равной толщине наружной обшивки в данном сечении корпуса, но не менее установленной пп. 1.3 и 1.4 табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-4.

2.5.17 Толщины наружной обшивки носовой оконечности буксиров и толкачей должны быть не менее толщин в средней части, определяемых в соответствии с 2.5.15 и 2.5.16, но не менее толщин обшивки в носовой оконечности, установленных табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-4.

2.5.18 Толщина палубного стрингера в средней части должна быть не менее толщины бортовой обшивки. Ширина палубного стрингера должна быть не менее 500 мм.

2.5.19 Толщина настила палубы буксиров и толкачей в средней части и оконечностях должна быть не менее, мм:

для открытых участков

$$t = (220 + L)/60 + t_{доп}; \qquad (2.5.19\text{-}1)$$

для закрытых надстройками участков

$$t = (180 + L)/60 + t_{доп}, \qquad (2.5.19\text{-}2)$$

где $t_{доп}$ принимается по 2.5.15.

Для шлюзовых, рейдовых буксиров и толкачей толщина настила палубы в кормовой оконечности не должна быть менее требуемой Правилами толщины наружной обшивки в средней части.

2.5.20 Толщина листов переборок не должна быть меньше значения, определенного по табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2 и увеличенного на 1 мм.

2.5.21 Толщины листов траншевой носовой переборки толкачей и листов упоров должны быть не менее толщины настила палубы в носовой оконечности.

2.5.22 Носовые оконечности корпусов толкачей следует подкреплять таким образом, чтобы обеспечивалось равномерное распределение усилий от упоров на борта и продольные связи корпуса.

В плоскости упоров должны быть установлены продольные переборки или раскосные фермы, прочно связанные с корпусом судна и доведенные до переборки форпика.

В районе упоров должны быть поставлены замкнутые шпангоутные рамы (флоры, бортовые рамные шпангоуты и бимсы).

Ледоколы

2.5.23 Требования 2.5.24 – 2.5.68 распространяются на ледоколы, соответствующие условию $D^{1/4}P^{1/3} < 230$ и имеющие соотношения главных размерений и характеристики обводов корпуса в следующих пределах:

$L/B = 3{,}3 \div 5{,}0$; $B/T = 4{,}0 \div 6{,}5$;

$\alpha = 15 \div 35$; $\varphi = 11 \div 25$;

$\beta = 30 \div 50$; $\beta_м = 10 \div 25$,

где D — водоизмещение судна при осадке по конструктивную ватерлинию, кН;

P — суммарная мощность на гребных валах, кВт;

L — длина судна по конструктивной ватерлинии, м;

B — ширина судна на мидель-шпангоуте по конструктивной ватерлинии, м;

T — осадка судна по конструктивную ватерлинию, м;

φ — угол между касательной к линии форштевня и основной плоскостью на уровне конструктивной ватерлинии, град;

α — угол между касательной к конструктивной ватерлинии и диаметральной плоскостью в сечении, отстоящем на $0{,}15L$ от носового перпендикуляра, град;

β — угол между вертикалью и касательной к теоретическому шпангоуту, отстоящему от носового перпендикуляра на

$0,15L$ на уровне конструктивной ватерлинии, град;

$\beta_м$ — угол между вертикалью и касательной к мидель-шпангоуту на уровне конструктивной ватерлинии, град.

2.5.24 В 2.5.25 – 2.5.68 приняты следующие определения участков корпуса судна:

носовой район — участок корпуса длиной $0,3L$ от носового перпендикуляра;

средний район — участок корпуса длиной $0,5L$, расположенный между носовым и кормовым районами;

кормовой район — участок корпуса длиной $0,2L$ от кормового перпендикуляра.

2.5.25 Для корпусов ледоколов, кроме наружной обшивки, следует применять судостроительную сталь марок не ниже *D* и *E*; для наружной обшивки — не ниже марки *E*.

2.5.26 Расчеты прочности и устойчивости, допускаемые напряжения, конструктивное оформление и размеры элементов корпуса ледокола должны соответствовать требованиям 2.1 – 2.4, 2.6, если в 2.5.27 – 2.5.68 не установлено иное.

2.5.27 В расчетах местной прочности корпусных конструкций на восприятие ледовых нагрузок допускаемые напряжения следует принимать равными 0,95 предела текучести материала R_{eH}.

2.5.28 Для продольных связей днища и бортов, испытывающих ледовую нагрузку, суммирование напряжений от общего и местного изгиба не проводится.

2.5.29 Расчетное давление льда на обшивку ледового пояса в носовом районе $p_н$, определяется по формуле, МПа,

$$p_н = 1,4 + 0,004D^{1/4}P^{1/3}, \qquad (2.5.29)$$

где *D* и *P* — см. 2.5.23.

2.5.30 Расчетное давление льда на обшивку ледового пояса следует принимать, МПа:

в среднем районе

$$p_с = 0,60p_н; \qquad (2.5.30\text{-}1)$$

в кормовом районе

$$p_к = 0,75p_н, \qquad (2.5.30\text{-}2)$$

где $p_н$ — см. 2.5.29.

2.5.31 Расчетное давление льда на днищевую обшивку вне ледового пояса $p_д$ определяется по формуле, МПа,

$$p_д = p_н D^{1/4}P^{1/3}/400, \qquad (2.5.31)$$

где $p_н$ — см. 2.5.29,

D, P — см. 2.5.23.

Давление $p_д$ не должно иметь значение больше $p_с$.

2.5.32 Расчетная интенсивность ледовой нагрузки, действующей на бортовой набор в носовом районе ледового пояса при ударе судна о ледовый покров $q_н$ определяется по формуле, кН/м,

$$q_н = 12,6k\sqrt[3]{Dv^2p_н^2}, \qquad (2.5.32)$$

где *k* — безразмерный коэффициент, принимаемый по графику рис. 2.5.32 в зависимости от углов α и β;

v — расчетная скорость ледокола в момент соударения со льдом, принимаемая равной 60 % максимальной скорости ледокола на чистой воде, м/с;

D — см. 2.5.23; $p_н$ — см. 2.5.29.

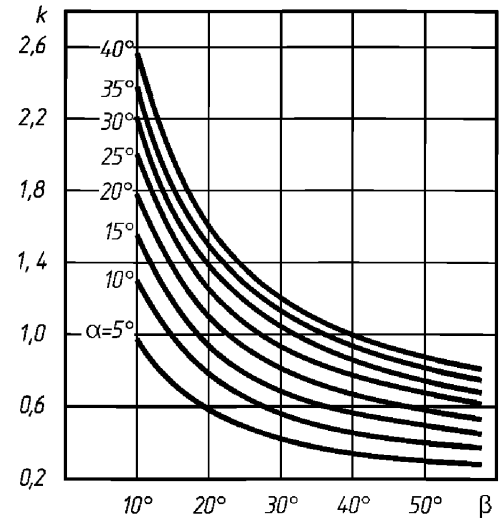


Рис. 2.5.32. Графики для определения коэффициента *k*

2.5.33 Расчетную интенсивность ледовой нагрузки на бортовой набор q_c следует принимать, кН/м:

в среднем районе — не менее большей из величин:

$$q_c = 0,6q_н; \quad (2.5.33\text{-}1)$$

$$q_c = 0,028L^2/\sin\beta_м; \quad (2.5.33\text{-}2)$$

в кормовом районе

$$q_к = 0,75q_н, \quad (2.5.33\text{-}3)$$

где $q_н$ — см. 2.5.32.

Интенсивность $q_к$ в любом случае должна быть не менее принятого значения q_c.

2.5.34 Расчетная интенсивность $q_д$ ледовой нагрузки на продольные балки и холостые шпангоуты днища вне ледового пояса, кН/м:

$$q_д = 10p_д L. \quad (2.5.34)$$

Интенсивность $q_д$ не должна быть больше значения q_c, определяемого по формуле (2.5.33-1).

2.5.35 Шпацию в носовом районе принимают не более 300 мм. Допускается ее увеличение до 600 мм с постановкой промежуточных бортовых шпангоутов.

2.5.36 Шпация в среднем и кормовом районах ледокола не должна превышать 500 мм. Допускается увеличение шпации до 650 мм с постановкой промежуточных бортовых шпангоутов.

2.5.37 По всей длине корпуса ледокола должен быть установлен ледовый пояс наружной обшивки.

2.5.38 Верхняя граница ледового пояса должна возвышаться над ватерлинией, соответствующей наибольшей осадке судна, не менее чем на 0,6 м. Нижняя граница ледового пояса должна быть ниже на $0,02L$ ватерлинии судна, соответствующей состоянию нагрузки с 10 % запасов и топлива без балласта, но не менее чем на 0,8 м.

2.5.39 В носовом районе на протяжении не менее $0,2L$ от носового перпендикуляра в корму и в кормовом районе на протяжении не менее $0,15L$ от кормового перпендикуляра в нос нижняя кромка ледового пояса должна доводиться до диаметральной плоскости.

2.5.40 Толщину листов обшивки ледового пояса следует принимать не менее вычисляемой по формуле, мм:

$$t = 720s\sqrt{p/R_{eH}}, \quad (2.5.40)$$

где s — расстояние между балками набора, м;

p — расчетное давление льда, определяемое по формулам (2.5.29) – (2.5.31) в зависимости от положения листов обшивки по длине судна, МПа;

R_{eH} — предел текучести материала наружной обшивки, МПа.

2.5.41 Толщину листов наружной обшивки вне ледового пояса следует определять по формуле (2.5.15), где P_e нужно принимать равной суммарной мощности на гребных валах P, кВт.

2.5.42 Уменьшение толщин листов наружной обшивки по высоте от ледового пояса должно быть постепенным, чтобы смежные листы отличались по толщине не более чем на 30 % от толщины более тонкого из соединяемых листов.

2.5.43 Толщину листов настила палубы следует определять по формулам (2.5.19-1) и (2.5.19-2) с учетом 2.5.15.

2.5.44 Расстояние между рамными шпангоутами борта в носовом районе должно быть не более 1,2 м, на остальной длине судна — не более 2,0 м.

Минимальная толщина стенок рамных шпангоутов в пределах ледового пояса в носовом районе — 10 мм, на остальной длине судна — 8 мм.

2.5.45 По всей длине ледокола на уровне конструктивной ватерлинии (или ниже ее не более чем на 0,25 м) следует устанавливать бортовой стрингер или платформу.

2.5.46 В пределах ледового пояса расстояние между бортовыми стрингерами (стрингером и палубой или платформой,

стрингером и днищем) должно быть не более 1,2 м, толщины стенок указанных стрингеров и листов платформ, примыкающих к наружной обшивке в районе ледового пояса, должны быть не менее толщины стенки рамных шпангоутов, установленных в этом районе.

2.5.47 В местах пересечения холостых шпангоутов с бортовыми стрингерами следует устанавливать кницы.

2.5.48 Холостые шпангоуты борта рассчитываются как многопролетные балки, опертые на стрингеры (платформы), палубный настил, кильсон или скуловой лист днища. Сосредоточенную нагрузку Q на которую рассчитываются холостые шпангоуты борта, следует определять по формуле, кН,

$$Q = qs, \qquad (2.5.48)$$

где q — расчетная интенсивность ледовой нагрузки для соответствующего района ледового пояса (см. 2.5.24) в соответствии с 2.5.32 и 2.5.33, кН/м;

s — расстояние между холостыми или между холостым и рамным шпангоутами, м.

Точку приложения силы Q следует принимать в середине наиболее длинного пролета шпангоута ледового пояса.

При постановке промежуточных шпангоутов в качестве s в формуле (2.5.48) следует принимать расстояние между промежуточным и холостым шпангоутами. Промежуточные шпангоуты рассчитывают так же, как холостые.

При однородной поперечной системе бортового набора бортовые шпангоуты рассчитывают как холостые шпангоуты при конструкции бортового набора с рамными шпангоутами. При этом следует учесть, что при однородной системе бортовые стрингеры являются разносящими нагрузку и поэтому не могут считаться опорами для шпангоутов.

2.5.49 Расчет прочности бортовых стрингеров и рамных шпангоутов следует выполнять в составе бортового перекрытия, при этом для среднего района судна протяженность зоны приложения ледовой нагрузки принимают по всей длине бортового перекрытия. Длину приложения ледовой нагрузки в носовом и кормовом районах l рассчитывают по формуле, м,

$$l = 0,01q/p, \qquad (2.5.49)$$

где значения расчетных давления p и интенсивности ледовой нагрузки q определяют в соответствии с 2.5.29 – 2.5.34.

2.5.50 Стенки холостых и рамных шпангоутов на уровне ледового пояса по всей длине судна должны быть приварены к наружной обшивке сплошным двусторонним швом.

2.5.51 Шпангоуты, устанавливаемые в оконечностях, должны соответствовать требованиям 2.4.124.

2.5.52 Сплошные флоры следует устанавливать на каждом шпангоуте по всей длине носового и кормового районов судна.

Расстояние между сплошными флорами в среднем районе судна не должно превышать 2,0 м.

2.5.53 Расчет прочности сплошных флоров и кильсонов следует выполнять в составе днищевых перекрытий, загруженных равномерно распределенным давлением льда, равным $0,3p_д$, где $p_д$ определяют по формуле (2.5.31).

2.5.54 Холостые шпангоуты днища следует рассчитывать как однопролетную защемленную по концам балку длиной, равной наибольшему расстоянию между кильсонами или между кильсоном и бортом или продольной переборкой. Сосредоточенную нагрузку Q, на которую рассчитывают холостые шпангоуты днища, следует считать приложенной посередине пролета и определять по формуле, кН,

$$Q = q_д s, \qquad (2.5.54)$$

где $q_д$ — расчетная интенсивность ледовой нагрузки, вычисляемая по формуле (2.5.34), кН/м;

s — расстояние между холостыми шпангоутами днища или между днищевым холостым шпангоутом и флором, м.

Продольные балки холостого набора следует рассчитывать при допущении, что длина их пролета равна расстоянию между сплошными флорами, а значение s — расстоянию между балками.

2.5.55 Поперечные переборки должны быть плоскими, причем конструкция их должна соответствовать 2.5.20, 2.5.21, 2.5.56 – 2.5.59.

2.5.56 Толщина полотна переборки, примыкающего к обшивке борта и днища, должна быть не менее толщины стенки рамного шпангоута и флора соответственно.

2.5.57 На поперечных переборках должны быть установлены горизонтальные ребра жесткости, примыкающие к бортовому набору. Протяженность этих ребер от каждого борта к диаметральной плоскости должна быть не менее 10 % ширины переборки. Ближайшая стойка переборки, до которой эти ребра доводятся, должна быть рамной.

Момент сопротивления поперечного сечения ребер должен соответствоватьтребованиям 2.4.78, а концы ребер следует срезать на «ус». Кроме того, должны выполняться следующие условия:

.1 расстояние между ребрами a должно быть не более определяемого по формуле, м,

$$a = 0{,}88t/\sqrt{R_{eH}}\,, \qquad (2.5.57\text{-}1)$$

где t — толщина листов переборки на участке, примыкающем к борту, мм;

R_{eH} — предел текучести материала переборки, МПа;

.2 момент инерции i ребра с присоединенным пояском обшивки переборки шириной, равной 1/6 длины пролета ребра, должен быть не менее определяемого по формуле, см^4,

$$i = 191psal^2, \qquad (2.5.57\text{-}2)$$

где p — расчетное давление льда на обшивку ледового пояса для соответствующего района судна, МПа;

s — расстояние между холостыми и между холостым и рамным шпангоутами, м;

l — длина пролета ребра, м;

.3 момент инерции I рамной стойки переборки с присоединенным пояском обшивки, до которой доводятся горизонтальные ребра жесткости, должен быть не менее определяемого по формуле, см^4,

$$I = 0{,}32\left(l_1/l\right)^3 i\,, \qquad (2.5.57\text{-}3)$$

где l_1 — длина пролета стойки, м;

l — длина пролета ребра, м;

i — момент инерции ребра с присоединенным пояском обшивки, см^4.

2.5.58 Горизонтальные ребра и шельфы, устанавливаемые на поперечных переборках на уровне ледового пояса, должны быть приварены к листам переборок сплошным двусторонним швом.

2.5.59 Прочность поперечных переборок должна быть проверена расчетами на устойчивость и на изгиб соответственно при восприятии ледовой нагрузки и гидростатического напора воды, заполняющей отсек до палубы.

2.5.60 Если в диаметральной плоскости над форштевнем установлена продольная переборка, ее длина должна быть не менее длины форштевня, а толщина листов этой переборки — не менее толщины листов форпиковой переборки.

2.5.61 Форштевень и ахтерштевень ледокола должны быть изготовлены из кованой или литой стали. Допускается изготовление форштевня из стальных листов, толщина которых должна быть не менее чем в два раза больше толщины листов ледового пояса, примыкающих к форштевню.

2.5.62 Форштевень должен иметь шпунт или какую-либо другую конструкцию, предохраняющую примыкающие к нему кромки листов наружной обшивки от ударов о лед.

2.5.63 Форштевень устанавливается на протяжении всего носового подъема днища судна в диаметральной плоскости от верхней палубы до ближайшей к месту этого подъема поперечной переборки.

2.5.64 Форштевень должен соединяться сплошным сварным швом с примыкающей к нему наружной обшивкой и продольной переборкой, установленной в соответствии с 2.5.60.

2.5.65 В районе ледового пояса форштевень должен быть подкреплен брештуками, расстояние между которыми по высоте не должно превышать 0,5 м. При этом высота и толщина стенки и размеры пояска брештуков принимаются такими же, как у рамных шпангоутов, установленных в форпике. Брештуки следует доводить до шпангоутов.

2.5.66 Площадь поперечного сечения форштевня на уровне ледового пояса должна быть не менее определяемой по формуле, см^2

$$F = 2L. \qquad (2.5.66)$$

По мере удаления от ледового пояса вверх площадь поперечного сечения форштевня может постепенно уменьшаться до 70 % значения F, рассчитанного по формуле (2.5.66).

2.5.67 Площадь поперечного сечения ахтерштевня следует увеличить в 1,5–2 раза по сравнению со значениями, рассчитанными по формуле (2.4.107-1). При этом должны быть выполнены требования 2.4.110.

2.5.68 В кормовой оконечности ледокола следует предусматривать защиту винтов и рулей от битого льда при движении задним ходом.

Суда технического флота

2.5.69 Размеры связей корпуса судов технического флота должны приниматься в соответствии с 2.1.6, при этом должны быть учтены требования 2.5.70 – 2.5.73.

2.5.70 Расчеты общей и местной прочности, жесткости и вибрации корпуса должны быть произведены с учетом особенностей условий эксплуатации судов технического флота и специфики работы специальных механизмов, устройств и оборудования.

2.5.71 В районе расположения черпаковой и рамоподъемной башен набор основного корпуса должен быть усилен. Опоры рамоподъемной башни можно заканчивать у палубы. Под ними должны быть предусмотрены пиллерсы, рамные стойки и другие равноценные конструкции. Опоры черпаковой башни должны быть продолжены до днища и соединены с продольным и поперечным набором или под ними должны быть установлены поперечные переборки.

Настил палубы в местах прохода опор черпаковой башни и под опорами рамоподъемной башни должен быть утолщен на 25 %.

2.5.72 Система бортового набора в районе присоединения сосуновых труб должна быть поперечной с установкой рамных шпангоутов, толщина наружной обшивки должна быть увеличена на 25 %.

2.5.73 В отделении грунтовых насосов должны быть предусмотрены непроницаемые участки флоров и кильсонов, образующие сточный колодец.

Суда длиной менее 25 м

2.5.74 Требования 2.5.75 – 2.5.110 распространяются на суда длиной менее 25 м, типы которых указаны в 2.1.4.

Эти суда должны соответствовать требованиям 2.1, 2.3, 2.4, 2.5.75 – 2.5.110.

2.5.75 Толщины связей корпуса во всех случаях должны приниматься не менее 2,5 мм.

2.5.76 Толщина обшивки днища и скулового пояса в средней части и кормовой оконечности t должна быть не менее определяемой по формуле, мм,

$$t = 1060a\sqrt{T + r + m}/R_{eH}, \qquad (2.5.76)$$

где a — шпация, м;

T, r — см. 2.4.11;

m — величина, принимаемая равной, м, для судов классов:

«М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О»	0,6
«Р» и «Л»	0,9

R_{eH} — предел текучести, МПа.

При этом толщина обшивки днища должна быть не менее 3 мм, а скулового пояса — не менее 4 мм.

2.5.77 Толщина обшивки днища и скулового пояса буксиров и судов, которые могут быть использованы в условиях мелководья и лесосплава, должна быть увеличена на 1 мм по сравнению с требуемой в соответствии с (2.5.76).

2.5.78 Толщина наружной обшивки в носовой оконечности у всех судов (за исключением указанных в 2.5.79), должна быть увеличена на 1 мм по сравнению с требуемой в соответствии с 2.5.76.

2.5.79 Толщина наружной обшивки судов, работающих в условиях мелководья и лесосплава, должна быть увеличена на 2 мм по сравнению с требуемой в соответствии с 2.5.76.

2.5.80 Толщину обшивки борта допускается принимать на 1 мм меньше требуемой для обшивки днища судов всех назначений, за исключением буксиров и судов, предназначенных для эксплуатации в условиях лесосплава.

2.5.81 Толщина палубного настила должна быть не менее определяемой по формуле, мм,

$$t = 35a\sqrt{p/R_{eH}}, \qquad (2.5.81)$$

где a — шпация, м;

p — расчетная нагрузка, принимаемая в соответствии с 2.2.26, кПа.

2.5.82 Толщина листов переборок должна быть не менее, мм,

$$t = 62a\sqrt{H_c/R_{eH}}, \qquad (2.5.82)$$

где a — расстояние между стойками, м;

H_c — высота борта в данном сечении, м.

2.5.83 Толщину стенки флора в оконечностях допускается принимать равной толщине стенки флора в средней части судна.

2.5.84 Толщину стенки рамного набора допускается принимать на 1 мм меньше толщины обшивки или настила, но не менее 2,5 мм.

2.5.85 Допускается установка углового профиля в районе скулы, имеющей острые обводы с приваркой обшивки борта и днища к скуловому уголку внахлестку. Толщина полок уголка должна быть равна толщине обшивки днища, но не менее 4 мм.

2.5.86 При продольной системе набора момент сопротивления поперечного сечения продольных балок с присоединенным пояском для днища и палубы должен быть не менее, см^3,

$$W = 130pal^2/R_{eH}, \qquad (2.5.86)$$

где p — расчетная нагрузка на перекрытие, определяемая в соответствии с 2.2.16 – 2.2.29, кПа;

a — расстояние между балками, м;

l — пролет балки, м.

2.5.87 Переборки должны быть подкреплены стойками. Момент сопротивления поперечного сечения стоек с присоединенным пояском должен быть не менее, см^3,

$$W = 75pal^2/R_{eH}, \qquad (2.5.87)$$

где p — расчетное давление на уровне нижнего конца стойки, определяемое по 2.2.25, кПа;

a — расстояние между стойками, м;

l — пролет стойки, м.

Концы стоек следует крепить кницами или срезать на «ус».

2.5.88 Расстояние между сплошными флорами должно быть кратным шпации и не должно превышать 1,5 м, а у буксиров — 1,0 м.

2.5.89 Допускается уменьшать высоту и площадь поперечного сечения кильсона на 15 % по сравнению с высотой и площадью сплошных флоров на протяжении всего отсека или части его.

2.5.90 Продольные балки холостого набора, а также продольные рамные связи, расположенные по днищу или по палубе

судна, допускается прерывать на пиковых переборках в одном сечении.

2.5.91 Длину кницы, предусмотренной в 2.3.9, допускается принимать равной одной шпации.

2.5.92 Рамные бортовые шпангоуты, бимсы и стойки переборок, а также сплошные флоры, шельфы и бортовые стрингеры допускается не устанавливать, если прочность корпуса обеспечивается нерамными связями. Требуемые моменты сопротивления продольного и поперечного набора при этом следует определять из расчета прочности, выполненного в соответствии с 2.2.

2.5.93 Количество поперечных переборок должно быть не менее двух.

2.5.94 Машинное отделение должно быть отделено переборками от остальных помещений судна. Допускается переборку машинного отделения считать переборкой ахтерпика при условии выполнения требований Правил по непотопляемости и аварийной остойчивости.

2.5.95 Требования 2.3.7 на суда длиной до 12 м не распространяются.

2.5.96 Применение гофрированных конструкций допускается для полотен переборок, обшивки бортов, настила палуб, стенок надстроек, а также для выгородок, стенок, крыш рубок и других второстепенных стенок и настилов.

2.5.97 Для обшивки бортов гофры должны быть трапециевидного или полукруглого поперечного сечения. У непроницаемых переборок корпуса гофры должны быть сквозными — трапециевидного, волнистого полукруглого или треугольного сечения с закругленной вершиной. Для настила палуб допускается применение только гофр полукруглого поперечного сечения.

2.5.98 Суммарная высота вырезов в стенках рамного набора для холостых балок не должна превышать 50 % высоты рамного набора.

2.5.99 Высота вырезов для голубниц (протоков) в наборе не должна превышать 30 % высоты балки.

2.5.100 Ширина участка палубы между бортом и вырезом должна быть не менее 0,2 м.

2.5.101 Вырезы в палубном настиле, имеющие длину более шести шпаций и ширину более $0{,}2B$, находящиеся в средней части судна и перед кормовым машинным отделением, должны быть закруглены по радиусу, составляющему не менее 10 % от ширины выреза; аналогичные вырезы, находящиеся в остальной зоне палубы, —по радиусу, составляющему не менее 5 % его ширины. Остальные вырезы должны быть закруглены по радиусу, составляющему не менее пяти толщин палубного настила.

2.5.102 Толщину листа фальшборта допускается принимать на 2 мм меньше требуемой толщины обшивки борта в средней части, но не менее 1,5 мм.

2.5.103 Размеры поперечного сечения форштевня, выполненного из полосовой или прутковой стали, определенные в соответствии с 2.4.100, 2.4.101, допускается уменьшать на 25 %.

2.5.104 Площадь поперечного сечения форштевня, выполненного из угловой равнобокой стали, определенную в соответствии с 2.4.102, допускается уменьшать на 50 %. При этом разрешается применять другой симметричный прокат.

2.5.105 Размеры поперечного сечения брускового киля, определенные по 2.4.111-1 и 2.4.111-2, допускается уменьшать на 50 %.

2.5.106 Расчеты общей прочности, требуемые в 2.2, допускается не выполнять, если соблюдается требование 2.5.2. При этом коэффициент k_1 принимается по табл. 2.5.2 для судов длиной 25 м.

2.5.107 Расчет общей вибрации корпуса допускается не проводить.

2.5.108 Приварку непроницаемых переборок толщиной 3 мм и менее (кроме форпиковой, ахтерпиковой и переборок цистерн) к наружной обшивке, а также сварку стыков этих переборок допускается выполнять односторонним сплошным швом с катетом, равным толщине листа переборки.

2.5.109 Свободные концы балок набора должны присоединяться к обшивке (настилу) с уменьшением шага прерывистых или точечных швов и должны быть обварены вокруг в соответствии с 2.3.49.

2.5.110 Допускается соединение балок набора при помощи книц, установленных внахлестку. При соединении внахлестку требуется обварка по всему контуру.

Танкеры с вертикальными вкладными емкостями

2.5.111 Требования 2.5.112 – 2.5.126 распространяются на танкеры с вертикальными цилиндрическими вкладными емкостями (грузовыми баками), имеющие осадку в полном грузу не более 2,25 м и грузоподъемность не более 1000 т. Помимо выполнения требований 2.5.112 – 2.5.126 подлежат выполнению требования 2.1, 2.2, 2.3 и 2.4, если они не противоречат требованиям 2.5.112 – 2.5.126.

2.5.112 Соотношения главных размерений L/H и B/H должны быть не более указанных в табл. 2.1.3-1 и 2.1.3-2 для самоходных и несамоходных сухогрузных трюмных судов.

2.5.113 Минимальное количество непроницаемых поперечных переборок должно соответствовать требованиям 2.4.70.

2.5.114 Средние расчетные скорости изнашивания палубных настилов принимаются в соответствии с пп. 1.1, 1.5, подпалубного набора — пп. 7.1.1, 7.1.5, комингсов — п. 2 табл. 2.2.87, а верхних, средних и нижних листов вторых бортов и переборок в пределах грузовых трюмов — в соответствии с пп. 5.1.1, 5.1.4 и 6.1.1 табл. 2.2.87. Средние расчетные скорости изнашивания других связей назначаются в соответствии с табл. 2.2.87.

2.5.115 Минимальные толщины связей корпуса назначаются по табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2 как для сухогрузных судов. При этом толщины всех поясов непроницаемых переборок и внутренних бортов, ограничивающих грузовые отсеки, должны соответствовать требованиям п. 4.1, толщина настила палубы между бортом и грузовым баком гладкопалубных судов — п. 2.1, толщина настила тронковой палубы и палубы гладкопалубных судов на ширине грузовых баков — п. 2.3 табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2.

2.5.116 Вертикальные вкладные емкости должны устанавливаться на рамный набор днища и соединяться с ним. В один грузовой трюм, ограниченный по концам поперечными непроницаемыми переборками, может быть установлено не более двух грузовых баков. Между баками внутри грузовых трюмов дополнительно должны быть установлены поперечные раскосные фермы. Для танкеров с двойными бортами поперечные раскосные фермы должны располагаться в одной плоскости с межбортовыми полупереборками, требуемыми в соответствии с 2.4.71.

На танкере с одинарными бортами в плоскости продольных комингсов грузовых трюмов или карлингсов, расположенных между бортом и грузовым баком, должны быть установлены продольные раскосные фермы или пиллерсы в узлах пересечения соответствующего кильсона с каждым флором.

В палубе танкера в местах установки вкладных вертикальных емкостей должны быть предусмотрены круглые вырезы, окантованные комингсом. Диаметр выреза в свету должен превышать диаметр бака на 80–100 мм и не должен быть больше 0,75 ширины судна.

Соединение вертикальной вкладной емкости с палубой судна должно производиться с помощью горизонтальной кольцевой связи, идущей по всей окружности

обечайки и привариваемой как к обечайке, так и к комингсу палубного выреза под грузовой бак сплошным непрерывным швом.

2.5.117 Днище в грузовых трюмах может выполняться без двойного дна. Расстояние между флорами должно быть кратным шпации и не превышать 2,0 м.

2.5.118 При определении нагрузок, необходимых для расчета прочности днищевого перекрытия грузового отсека, сила тяжести порожнего бака и сила тяжести бака с грузом могут распределяться равномерно по всей поверхности перекрытия. При этом нагрузки $p_п$ и $p_{гр}$ от веса порожнего бака и веса бака с грузом соответственно определяются по формулам, кПа:

$$p_п = 9{,}81 Q_п / (L_п B_1); \qquad (2.5.118\text{-}1)$$

$$p_{гр} = 9{,}81 Q_{гр} / (L_п B_1), \qquad (2.5.118\text{-}2)$$

где $Q_п$, $Q_{гр}$ — масса бака соответственно порожнего и с грузом, т;

$L_п$ — см. табл. 2.4.11-1;

B_1 — расчетный пролет флора, принимаемый равным для: танкеров с одинарными бортами, не имеющих в грузовом трюме продольных раскосных ферм — ширине судна B; танкеров с одинарными бортами при наличии продольных раскосных ферм между грузовым баком и бортом — расстоянию между продольными раскосными фермами; танкеров с двойными бортами — расстоянию между внутренними бортами.

2.5.119 При выборе расчетных пролетов флоров и бимсов и определении расчетных нагрузок на пиллерс для танкеров с тронковой палубой при наличии непрерывного продольного комингса с жесткостью, превышающей жесткость идущего под ним кильсона не менее чем в 8 раз, и при наличии пиллерсов, установленных между комингсом и кильсоном в узлах пересечения кильсона с каждым флором, система комингс – кильсон приравнивается к продольной раскосной ферме.

2.5.120 Момент сопротивления поперечного сечения флора грузового трюма с присоединенным пояском при отсутствии двойного дна должен быть не менее, см^3,

$$W = 0{,}428 k_1 k_2 d B_1^2 p, \qquad (2.5.120\text{-}1)$$

где p — расчетное давление на днище принимается равным большему из значений, вычисленных по формулам, кПа:

$$p = 9{,}81(T + r + m) - p_п, \qquad (2.5.120\text{-}2)$$

$$p = p_{гр} - 9{,}81(T - r - m); \qquad (2.5.120\text{-}3)$$

где k_1, k_2, d, T, r — см. 2.4.11;

$p_п$, $p_{гр}$ — см. 2.5.118;

m — величина, м, принимаемая равной для судов классов:

«М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О»	0,6
«Р» и «Л»	0,9

Значение p, вычисленное по формуле (2.5.120-3), должно быть не более $p_{гр}$.

2.5.121 Площадь днища грузового трюма, поддерживаемая одним пиллерсом поперечной раскосной фермы, определяется по формуле, м^2:

$$f = L_п B_1 / (n_к + 2n_ф), \qquad (2.5.121\text{-}1)$$

где $L_п$ — принимается в соответствии с табл. 2.4.11-1;

B_1 — принимается в соответствии с 2.5.118;

$n_к$ — число кильсонов между продольными раскосными фермами или внутренними бортами, а при отсутствии последних — между наружными бортами;

$n_ф$ — число флоров между поперечными переборками или между поперечной переборкой и раскосной фермой.

Площадь днища грузового трюма, поддерживаемая пиллерсом продольной раскосной фермы, определяется по формуле, м^2:

$$f = 0{,}5 L_п B_1 / (n_к + n_ф) + 0{,}5 L_п b / (n_ф + 1). \qquad (2.5.121\text{-}2)$$

где b — расстояние от борта до продольной раскосной фермы.

Расчетная нагрузка, воспринимаемая пиллерсом раскосной фермы, определяется по формуле, кН:

$$P = fp, \qquad (2.5.121\text{-}3)$$

где p — см. 2.5.120.

При отсутствии в трюме танкера продольных раскосных ферм усилие, воспринимаемое одним пиллерсом продольного ряда, вычисляют в соответствии с 2.2.54 и 2.2.26.3.

2.5.122 Расчетная нагрузка на борта в районе расположения вкладных емкостей определяется в соответствии с 2.2.24 как для сухогрузных судов. При отсутствии двойного дна в формулах (2.2.24-1) и (2.2.24-2) следует принять $h_{дд} = 0$.

2.5.123 Расчетная нагрузка на поперечные переборки грузового трюма в районе установки вертикальных вкладных емкостей определяется в соответствии с 2.2.25.3.

2.5.124 Расчетная нагрузка для палубы танкера в районе расположения вертикальных вкладных емкостей определяется в соответствии с 2.2.26.3.

2.5.125 Момент сопротивления поперечного сечения бимсов и полубимсов с присоединенным пояском в районе расположения вертикальных вкладных емкостей рассчитывается в соответствии с 2.4.48.3.

2.5.126 Момент сопротивления поперечного сечения продольных подпалубных балок с присоединенным пояском в районе установки вертикальных вкладных емкостей определяется в соответствии с 2.4.51.4.

Плавучие краны

2.5.127 Требования 2.5.128 – 2.5.141 распространяются на несамоходные стреловые грейферно-крюковые с не перемещающимся по корпусу (понтону) полноповоротным верхним грузоподъемным строением плавучие краны (плавкраны) классов «О-ПР (лед)» и «О (лед)» грузоподъемностью не более 25 т, длиной до 50 м и соотношениями главных размерений $L/H \le 15$, $B/H \le 7$.

Помимо выполнения требований 2.5.128 – 2.5.141 должны быть выполнены требования 2.1 – 2.3, если они не противоречат требованиям 2.5.128 – 2.5.141.

Примечание. Классы «О-ПР» и «О» для плавкранов определяются условиями плавания при буксировке со стрелой, уложенной попоходному. Ограничительные условия по ветро-волновому режиму при работе крана назначаются проектантом.

При соотношениях главных размерений, отличающихся от указанных в настоящем пункте, конструкция и размеры связей должны быть подтверждены дополнительными расчетами прочности.

2.5.128 Конструкция фундамента для установки крана должна состоять из опорного кольца, барабана и крестовины, выполненной из продольных и поперечных переборок (рис. 2.5.128).

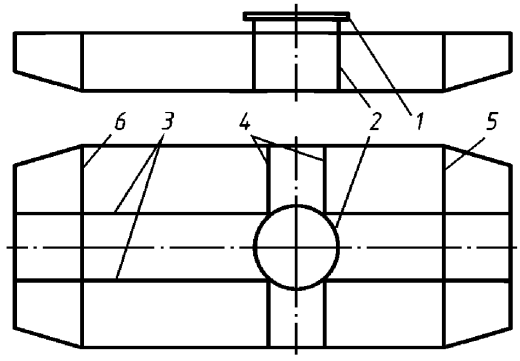


Рис. 2.5.128. Конструкция фундамента для установки крана:
1 — опорное кольцо, *2* — барабан, *3* — продольные переборки крестовины, *4* — поперечные переборки крестовины, *5* — форпиковая переборка, *6* — ахтерпиковая переборка

2.5.129 Пиковые переборки должны устанавливаться на расстоянии не менее одной шпации к миделю от начала цилиндрической вставки. В любом случае длина форпика должна быть не менее семи шпаций, ахтерпика — пяти шпаций.

2.5.130 Борта понтона, форпик и ахтерпик должны иметь поперечную систему набора. В форпике и ахтерпике шпация должна быть не более 400 мм, и флоры должны устанавливаться на каждом шпангоуте.

При шпации более 400 мм в носовой и кормовой оконечностях по борту должны

быть установлены промежуточные шпангоуты, момент сопротивления поперечного сечения которых с присоединенным пояском должен соответствовать требованиям 2.4.121.

2.5.131 Поперечные переборки крестовины по всей ширине понтона, а продольные переборки крестовины на расстоянии не менее трех шпаций в нос и в корму от места соединения с барабаном должны выполняться плоскими. Остальные переборки плавкрана могут выполняться гофрированными.

Продольные переборки крестовины должны располагаться либо по всей длине понтона, либо между переборками форпика и ахтерпика.

Холостой набор плоских переборок, а также гофры должны располагаться вертикально.

2.5.132 Толщины следующих связей корпуса понтона с учетом ледовых подкреплений должны иметь значения не менее, мм:

наружная обшивка и палубный настил по всей длине понтона	8,0
листы плоских поперечных переборок крестовины по всей ширине понтона и продольных переборок крестовины на расстоянии не менее трех шпаций в нос и в корму от места соединения с барабаном	8,0
остальные листы переборок	6,0
скуловой пояс по всей длине понтона	10,0

2.5.133 Толщина стенки барабана δ должна быть не менее определенной по формуле, мм,

$$\delta = (P_г + Q_к)(1 + 2C/R)/(16R), \quad (2.5.133)$$

где $P_г$ — грузоподъемность крана, т;

$Q_к$ — масса крана (верхнего строения), т;

R — радиус барабана, м;

C — расстояние от оси барабана до центра масс крана с наибольшим грузом при максимальном вылете стрелы, м.

Независимо от результатов расчета толщина стенки барабана не должна приниматься меньше 8 мм.

2.5.134 В качестве расчетного пролета B_1 флоров и рамных бимсов при определении их момента сопротивления принимается расстояние между бортом и продольной переборкой крестовины, при этом значение B_1 должно быть не менее $0{,}38B$.

2.5.135 Момент сопротивления поперечного сечения рамного шпангоута борта с присоединенным пояском на всей длине понтона должен быть не менее, см^3,

$$W = 0{,}14LBHd_1, \quad (2.5.135)$$

где d_1 — расстояние между рамными шпангоутами в средней части, м.

2.5.136 Момент сопротивления поперечного сечения холостого шпангоута борта с присоединенным пояском на всей длине понтона должен быть не менее, см^3,

$$W = 0{,}10LBla, \quad (2.5.136)$$

где l — наибольшее расстояние, измеренное по борту, между днищем и бортовым стрингером или между бортовым стрингером и палубой, м;

a — шпация в средней части, м.

2.5.137 Расстояние между стойками транцев должно быть не более 400 мм.

Рамные стойки должны быть установлены в плоскости кильсонов. Свободный поясок рамной стойки должен иметь площадь поперечного сечения не менее 0,65 площади сечения свободного пояска кильсона.

Момент сопротивления поперечного сечения холостой и промежуточной стойки с присоединенными поясками должен быть не менее момента сопротивления поперечного сечения холостого шпангоута с присоединенными поясками, определяемыми в соответствии с 2.5.136.

При расстоянии между стойками более 400 мм должны быть установлены промежуточные стойки, момент сопротивления поперечного сечения с присоединенным пояском которых должен быть не менее 75 % от момента сопротивления поперечного сечения основных холостых стоек с присоединенным пояском.

2.5.138 Толщина стенки опорного кольца должна быть не менее 10 мм, свободного пояска — 20 мм. Толщина стенок вертикальных книц, подкрепляющих стенку и поясок, должна быть не менее 10 мм. Расстояние между кницами, измеренное по хорде опорного кольца, не должно превышать 0,70 м.

Технологическая разностенность стенок опорного кольца и барабана должна быть компенсирована установкой между опорным кольцом и палубой кольцевой горизонтальной накладки толщиной не менее 12 мм, которую допускается изготавливать из отдельных прямоугольных пластин.

Конструкция крепления опорного кольца к палубе должна исключать появление очагов концентрации напряжений. Не допускается приварка книц к неподкрепленным листам палубы; в плоскости книц под палубой должно быть поставлено ребро жесткости или другая конструкция, надлежащим образом перевязанная с набором.

2.5.139 Момент сопротивления поперечного сечения вертикальных рамных стоек с присоединенным пояском барабана и плоских переборок крестовины, указанных в 2.5.131, должен быть не менее определенного для рамного шпангоута борта в соответствии с 2.5.135.

2.5.140 Расстояние между вертикальным набором барабана, измеренное по хорде, не должно превышать 0,70 м.

Момент сопротивления поперечного сечения холостых стоек с присоединенным пояском барабана и плоских переборок крестовины, указанных в 2.5.131, должен быть не менее определенного для холостого шпангоута борта в соответствии с 2.5.136.

2.5.141 Местная прочность переборок форпика и ахтерпика должна быть обеспечена с учетом действия расчетной нагрузки, определяемой в соответствии с 2.2.25.1.

Наливные суда с продольными встроенными круговыми цилиндрическими оболочками

2.5.142 Требования 2.5.143 – 2.5.156 распространяются на наливные суда с одной или двумя продольными цилиндрическими оболочками (грузовыми танками), встроенными в корпус судна, жестко с ним связанными и участвующими в общем изгибе судна.

2.5.143 Во всех случаях, не указанных в 2.5.144 – 2.5.162, следует руководствоваться требованиями 2.1 – 2.4.

2.5.144 Расстояние по вертикали от верхней кромки цилиндрической оболочки до палубы в диаметральной плоскости должно быть не более для судов классов:

«О-ПР», «О», «Р», «Л»	$0{,}7d_ц$
«М-СП», «М-ПР», «М»	$0{,}6d_ц$

где $d_ц$ — диаметр цилиндрической оболочки, м.

2.5.145 Расстояние по вертикали, измеренное от нижней кромки цилиндрической оболочки до наружной обшивки днища, должно приниматься по аналогии с высотой междудонного пространства в соответствии с 2.4.18.

2.5.146 Отношение радиуса цилиндра R к толщине надпалубной части цилиндрической оболочки t должно быть, не более, для судов класса:

«М-СП»	200
«М-ПР», «М»	235
«О-ПР», «О», «Р»	285

В любом случае толщина t должна быть не менее, мм, для судов класса:

«М-СП»	14
«М-ПР», «М»	12
«О-ПР», «О», «Р»	10

Толщина t_1 обшивки цилиндрической оболочки ниже палубы может быть принята на 30 % меньше, чем над палубой. Для судов класса «М-СП» толщина t_1 цилиндрической оболочки под палубой принимается не менее 10 мм.

2.5.147 Технологическая разностенность на стыках и пазах смежных листов цилиндрических оболочек не должна превышать

15 % от толщины наиболее толстого из соединяемых листов или 3 мм в зависимости от того, что меньше. Величина технологического излома оболочки в районе монтажного стыка (возможного при сборке судна излома поверхности вдоль образующей цилиндра, обусловленного строительной разницей форм поперечного сечения смежных обечаек) не должна превышать толщины наиболее толстого из соединяемых листов. Допускаемое отклонение диаметра цилиндрической оболочки, измеренное в любом направлении в плоскости шпангоута, не должно превышать 0,3 % от проектного значения этого диаметра.

2.5.148 Следует обеспечивать плавное окончание продольных цилиндрических оболочек в оконечностях судна путем использования плоских наклонных участков на концах оболочек. Угол наклона плоского участка к палубе должен быть не более 30°.

2.5.149 Установка поперечных переборок и поперечных ферм в корпусе должна производиться в соответствии с 2.5.8. В наливных емкостях концевые поперечные переборки и одна поперечная переборка в районе миделя должны устанавливаться в одной вертикальной плоскости с поперечными переборками корпуса. Остальные поперечные переборки могут устанавливаться в плоскости рамных шпангоутов корпуса.

2.5.150 Цилиндрические оболочки под палубой должны быть подкреплены кольцевыми рамными шпангоутами, устанавливаемыми не реже чем через 4 м по наружной поверхности оболочки в плоскости рамных шпангоутов корпуса.

2.5.151 Между каждой цилиндрической оболочкой и днищем корпуса судна должен устанавливаться кильсон, идущий по всей длине оболочки. Цилиндрические оболочки должны быть соединены с днищем корпуса судна с помощью бракет, устанавливаемых между кольцевыми рамными шпангоутами оболочки и флорами корпуса судна. С каждой стороны кильсона бракеты должны устанавливаться на длине флора, равной радиусу оболочки.

2.5.152 Определение размеров связей корпуса рассматриваемых судов в соответствии с 2.4 производится как для сухогрузных судов без двойного дна при значении B_1 (см. 2.4.11) не менее $B/2$ для танкеров с одной оболочкой и не менее $B/3$ для танкеров с двумя оболочками.

2.5.153 Определение минимальных толщин наружной обшивки, ширстрека и палубного стрингера в средней части корпуса судна по табл. 2.4.1-1 и 2.4.1-2 должно производиться как для судов с условной длиной

$$L_{усл} = LH/H_1,$$

где H_1 — высота эквивалентного бруса, м.

2.5.154 Наибольшие нормальные напряжения в верхней кромке продольной цилиндрической оболочки при сжатии в предельном состоянии (при прогибе судна) не должны превышать критических напряжений, определяемых по формуле, МПа:

$$\sigma_{кр} = kEt/R, \qquad (2.5.154)$$

где k — коэффициент, равный 0,36 при $75 < R/t < 300$;

E — модуль нормальной упругости материала оболочки, МПа;

R/t — отношение радиуса цилиндра к его толщине в надпалубной части.

2.5.155 Равномерно распределенное по поверхности цилиндрической оболочки критическое давление $p_{кр}$ от разрежения при откачке груза должно соответствовать условию, кПа,

$$p_{кр} \geq 1,5 p_в, \qquad (2.5.155\text{-}1)$$

где $p_в$ — вакуум при выкачке груза, соответствующий регулировке дыхательного клапана, кПа, равный 7 кПа.

Значение критического давления принимается равным, кПа,

$$p_{кр} = 920E\left(R/L_ц\right)\left(t/R\right)^{2,5}, \qquad (2.5.155\text{-}2)$$

где E — модуль нормальной упругости материала оболочки, МПа;

R — радиус цилиндра, мм;

$L_п$ — наибольшая длина грузового трюма (расстояние между поперечными переборками в цилиндрической емкости), мм;

t — толщина обшивки цилиндрической оболочки в надпалубной части, мм.

2.5.156 Кольцевые нормальные напряжения в нижней точке цилиндрической оболочки (в продольной плоскости) должны соответствовать условию, МПа,

$$\sigma_у = \left(p_{из} + 19{,}62 \cdot 10^{-3} R\right)\left(R/t_1\right) \cdot 10^{-3} \le 0{,}8\, R_{eH}, \quad (2.5.156)$$

где $p_{из}$ — избыточное давление в грузовом трюме, соответствующее регулировке дыхательного клапана, кПа;

R — радиус цилиндрической оболочки, мм;

t_1 — толщина цилиндрической оболочки в нижней части (под палубой), мм;

R_{eH} — предел текучести материала цилиндрической оболочки, МПа.

Наливные суда с продольными вкладными цилиндрическими емкостями

2.5.157 Требования 2.5.158 – 2.5.161 распространяются на наливные суда с одной или двумя продольными вкладными цилиндрическими емкостями, не участвующими в общем изгибе судна. Крепление продольных емкостей должно исключать возможность передачи нагрузок и перемещений от судовых корпусных конструкций. Вес вкладных емкостей и создаваемые ими нагрузки должны быть равномерно распределены на корпусные конструкции.

2.5.158 Емкости под давлением должны быть рассчитаны на прочность в соответствии с 8 ч. IV Правил, а методы их испытания должны соответствовать требованиям приложения 10 ПТНП.

2.5.159 Материал, из которого изготовлены грузовые емкости, должен быть стойким к агрессивному воздействию груза, или грузовые емкости должны иметь защитное покрытие внутренних поверхностей.

2.5.160 Закрытия люков и горловин грузовых емкостей должны быть герметичными.

2.5.161 Отстояние вкладных цистерн от борта и днища должно быть не меньше аналогичного отстояния для судов с встроенными цистернами.

2.6 ВИБРАЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ

Общие требования

2.6.1 Настоящие требования установлены исходя из условий обеспечения прочности корпусных конструкций и правильного функционирования установленных на судне технических средств.

2.6.2 При расчете вибрации следует проверить отсутствие резонанса путем сравнения частот свободных колебаний с частотами возмущающих сил, вызываемых работой главных и вспомогательных двигателей судна, гребных винтов и других возможных источников вибрации.

2.6.3 Помимо выполнения требований 2.6.2 следует проверить:

.1 общие вертикальные колебания корпуса судна первых двух тонов для расчетных случаев нагрузки судна в полном грузу и порожнем с балластом;

.2 местные колебания первого тона холостого набора, ребер жесткости и пластин наружной обшивки, палуб, платформ, переборок и стенок рамного набора.

2.6.4 Местные колебания следует проверять в следующих районах:

.1 днище на участке от транца до сечения, отстоящего в нос от центра диска гребного винта на расстоянии трех диаметров винта для одновинтовых судов и четырех диаметров винта для двух и трехвинтовых судов;

.2 отсеки судна, где расположены двигатели (главные и вспомогательные) и другие подобные технические средства;

.3 цистерны, примыкающие к машинному отделению.

2.6.5 Расчеты общей и местной вибрации, а также экспериментальное определение параметров вибрации следует выполнять для:

.1 головных судов серии;

.2 судов единичной постройки;

.3 судов после капитального ремонта;

.4 судов, на которых заменены главные и вспомогательные двигатели, другие подобные технические средства или установлены гребные винты с другими размерами.

Расчет общей вибрации

2.6.6 Для предотвращения резонанса частоты свободных колебаний первого тона должны отличаться не менее чем на 15 %, а второго тона не менее чем на 20 % от частот возмущающих сил, численно равных:

.1 частоте вращения гребного винта;

.2 частоте вращения гребного винта, умноженной на число лопастей;

.3 частоте вращения коленчатого вала двигателя;

.4 удвоенной частоте вращения коленчатого вала двигателя;

.5 частоте вращения коленчатого вала двигателя, умноженной на число рабочих циклов n_c в цилиндрах двигателя за один оборот коленчатого вала, рассчитываемое по формуле:

$$n_c = ki, \qquad (2.6.6.5)$$

где k — коэффициент, равный для двигателя:

двухтактного	1
четырехтактного	0,5

i — число цилиндров двигателя;

.6 частоте движения черпаковой цепи при сбегании ее с верхнего барабана;

.7 частоте вращения нижнего черпакового барабана;

.8 частоте вращения механического разрыхлителя;

.9 частоте вращения механического разрыхлителя, умноженной на число режущих элементов.

2.6.7 Частоту N_1 свободных вертикальных колебаний первого тона применительно к корпусу следует определять по формулам, Гц:

.1 для грузовых судов (в том числе наливных)

$$N_1 = 6{,}25 \cdot 10^4 \sqrt{I \Big/ \left\{ \left[1{,}2 + B/(3T) \right] D' L^3 \right\}}; \qquad (2.6.7.1)$$

.2 для пассажирских и грузопассажирских судов

$$N_1 = 5{,}92 \cdot 10^4 \sqrt{I \Big/ \left\{ \left[1{,}2 + B/(3T) \right] D' L^3 \right\}}; \qquad (2.6.7.2)$$

.3 для буксиров-толкачей

$$N_1 = 5{,}27 \cdot 10^4 \sqrt{I \Big/ \left\{ \left[1{,}2 + B/(3T) \right] D' L^3 \right\}}, \qquad (2.6.7.3)$$

где I — момент инерции площади миделевого сечения эквивалентного бруса, м^4 (см. 2.2.9);

B — ширина судна, м;

T — осадка судна на мидель-шпангоуте, м;

D' — водоизмещение судна, т;

L — длина судна по действующей ватерлинии, м.

Значения всех величин берутся для расчетных случаев нагрузки.

Момент инерции следует определять с учетом участия надстройки в общем изгибе корпуса в соответствии с 2.2.34.

2.6.8 Частоту N_2 свободных вертикальных колебаний второго тона применительно к корпусу следует определять по формулам, Гц:

.1 для грузовых судов

$$N_2 = 2{,}6 N_1; \qquad (2.6.8.1)$$

.2 для пассажирских и буксирных судов (толкачей)

$$N_2 = 2{,}3 N_1. \qquad (2.6.8.2)$$

Расчет местной вибрации

2.6.9 Для предотвращения резонанса частоты свободных колебаний первого тона должны превышать не менее чем на 50 % для пластин и на 30 % для холостого

набора и ребер жесткости частоты возмущающих сил, численно равные:

.1 произведению числа лопастей гребного винта на частоту вращения гребного вала[1];

.2 частоте вращения коленчатого вала двигателя, умноженной на число рабочих циклов в цилиндрах двигателя за один оборот коленчатого вала[2];

.3 наибольшей из частот вращения нижнего или верхнего черпакового барабана[3];

.4 частоте вращения механического разрыхлителя, умноженной на число режущих элементов (см. сноску в 2.6.9.1).

Требуемое превышение частот должно обеспечиваться для всех основных эксплуатационных режимов работы судна.

Примечание. Для основных эксплуатационных режимов работы первичных двигателей, генераторов и грузовых насосов допускается превышение частоты возмущающей силы (не менее чем на 30 %) над частотой свободных колебаний.

Если требуемое превышение частот не обеспечивается, следует предусмотреть конструктивные мероприятия для увеличения частоты свободных колебаний. Эффективность этих мероприятий должна быть подтверждена повторным расчетом.

Допускается превышение указанных частот на 25 % для пластин и 15 % для холостого набора и ребер жесткости, если проектант представит обоснованный расчет вынужденной вибрации, подтверждающий, что амплитуда колебаний указанных элементов не превышает допускаемого значения (см. 2.6.25).

2.6.10 Частота N свободных колебаний первого тона пластины наружной обшивки, опертой на рамный набор и не подкрепленной холостым набором или ребрами жесткости, определяется по формуле, Гц:

$$N = \pi\left(1 + a^2/b^2\right)\sqrt{t^2 E \Big/ \left[12\rho(1-\mu^2)\right]} \Big/ \left(2a^2\right), \qquad (2.6.10)$$

где a — короткая сторона пластины, м;

b — длинная сторона пластины, м;

t — толщина пластины, м;

E — модуль упругости первого рода материала пластины, Па;

ρ — плотность материала пластины, кг/м^3;

μ — коэффициент Пуассона материала пластины.

2.6.11 Частоту N^* свободных колебаний пластины с учетом присоединенных масс жидкости следует рассчитывать по формуле, Гц:

$$N^* = N \Big/ \sqrt{k_{\text{п}}}, \qquad (2.6.11\text{-}1)$$

где N — см. 2.6.10;

$k_{\text{п}}$ — коэффициент влияния присоединенных масс жидкости на частоту свободных колебаний пластин, вычисляется по формулам:

если пластина омывается с одной стороны жидкостью,

$$k_{\text{п}} = 1 + \alpha\rho_{\text{ж}} a \Big/ \left(\rho t\right), \qquad (2.6.11\text{-}2)$$

если пластина омывается с двух сторон жидкостями с различными плотностями,

$$k_n = 1 + \alpha a\left(\rho'_{\text{ж}} + \rho''_{\text{ж}}\right) \Big/ \left(\rho t\right); \qquad (2.6.11\text{-}3)$$

$\rho_{\text{ж}}$, $\rho'_{\text{ж}}$, $\rho''_{\text{ж}}$ — плотность жидкостей, кг/м^3;

ρ — плотность материала пластины, кг/м^3;

α — коэффициент, определяемый в зависимости от отношения сторон пластины по табл. 2.6.11;

t — толщина пластины, м.

Таблица 2.6.11

Значения коэффициента α

a/b, c/l	α	a/b, c/l	α
0,1	0,76	0,6	0,51
0,2	0,71	0,7	0,47
0,3	0,65	0,8	0,45
0,4	0,61	0,9	0,43
0,5	0,55	1,0	0,42

[1] В районе интенсивного воздействия возмущающих сил, вызванных работой гребных винтов (см. 2.6.4.1).

[2] В районе отсеков, в которых установлены двигатели и другие технические средства.

[3] В районе расположения рабочих органов.

2.6.12 Частота $N_п$ свободных колебаний первого тона ячеек пластин наружной обшивки, опертых на рамный набор и подкрепленных холостым набором или ребрами жесткости (рис. 2.6.12), рассчитывается с помощью формулы, Гц:

$$N_п = 0,5\pi\left(1 + c^2/l^2\right)\sqrt{Et^2/\left[12\rho(1-\mu^2)\right]}\Big/c^2 , \quad (2.6.12)$$

где c — короткая сторона ячейки пластины, образованной рамным и холостым набором, м;

l — длинная сторона ячейки пластины, м;

E, t, ρ, μ — см. 2.6.10 и 2.6.11.

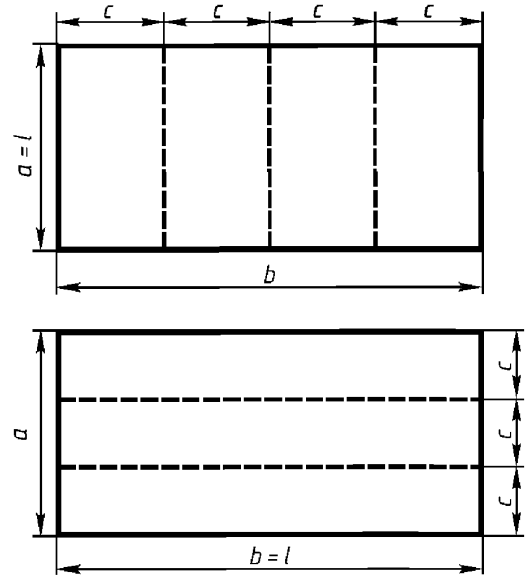


Рис. 2.6.12. Схема расположения пластин наружной обшивки

2.6.13 Частоту $N_п$*, Гц, свободных колебаний ячейки пластины с учетом присоединенных масс жидкости следует рассчитывать аналогично формуле (2.6.11-1). При этом коэффициент влияния присоединенных масс жидкости определяют по формулам:

для пластины, омываемой жидкостью с одной стороны,

$$k_п = 1 + \alpha a\rho_ж/(\rho t), \quad (2.6.13\text{-}1)$$

для пластины, омываемой жидкостями с различными плотностями с двух сторон

$$k_п = 1 + \alpha a\left(\rho'_ж + \rho''_ж\right)/(\rho t), \quad (2.6.13\text{-}2)$$

где α — коэффициент, определяемый по табл. 2.6.11 в зависимости от отношения сторон ячейки пластины;

c — короткая сторона ячейки пластины, м;

$\rho_ж$, $\rho'_ж$, $\rho''_ж$, ρ, t — см. 2.6.11.

2.6.14 Частота свободных колебаний первого тона холостого набора или ребер жесткости определяется по формуле, Гц:

$$N_р = K\sqrt{Ei/\left(m_р l^4\right)} , \quad (2.6.14\text{-}1)$$

где K — коэффициент, равный:

при свободно опертых концах профилей	1,57
при свободно опертом одном конце профиля и жестко заделанном другом	2,46
при жестко заделанных концах профиля	3,56

E — модуль упругости первого рода, Па;

i — момент инерции поперечного сечения ребра или холостого набора вместе с присоединенным пояском обшивки, размеры которого назначаются в соответствии с 2.2.53.1, м^4;

$$m_р = \rho\left(f + ct\right), \quad (2.6.14\text{-}2)$$

l — длина ребра, м;

f — площадь поперечного сечения изолированного ребра, м^2;

t — см. 2.6.10;

c — см. 2.6.12.

2.6.15 Частоту $N_р$* свободных колебаний холостого набора или ребер жесткости с учетом присоединенных масс жидкости следует рассчитывать по формулам, Гц:

$$N^*_р = N_р/\sqrt{k_р} , \quad (2.6.15\text{-}1)$$

где $k_р$ — коэффициент влияния присоединенных масс жидкости, который следует определять без учета ориентации ребер по формуле:

$$k_р = 1 + \alpha\rho_ж a/\left(\rho t_{пр}\right), \quad (2.6.15\text{-}2)$$

где $\rho_ж$ — см. 2.6.11.

Значения коэффициента α следует выбирать по табл. 2.6.11 в зависимости от отношения a/b, т.е. размеров пластин до установки холостого набора или ребер жесткости.

Приведенная толщина $t_{пр}$ пластин с ребром, м:

$$t_{пр} = t + f/c, \qquad (2.6.15\text{-}3)$$

где t, f, c — см. 2.6.14.

В случае омывания пластины, подкрепленной холостым набором, жидкостью с двух сторон $k_р$ определяется по формуле

$$k_р = 1 + \alpha\left(\rho'_ж + \rho''_ж\right)a\Big/\left(\rho t_{пр}\right), \qquad (2.6.15\text{-}4)$$

где $\rho'_ж$ и $\rho''_ж$ — см. 2.6.11.

2.6.16 Соотношение частот свободных колебаний холостого набора (или ребер жесткости) и пластины наружной обшивки должно соответствовать условию $N^*_р / N^*_п > 2$.

2.6.17 Частоту свободных колебаний первого тона пластин внутренних конструкций, опертых на рамный набор и не подкрепленных холостым набором или ребрами жесткости, следует определять по формуле, Гц:

$$N = 1{,}13\pi\sqrt{1 + 0{,}605\,a^2/b^2 + a^4/b^4}\times$$
$$\times\sqrt{Et^2\Big/\left[12\rho(1-\mu^2)\right]}\Big/a^2, \qquad (2.6.17)$$

где a, b, E, t, ρ, μ — см. 2.6.10.

2.6.18 Частоту свободных колебаний пластин, указанных в 2.6.17, с учетом присоединенных масс жидкости следует рассчитывать по формулам (2.6.11-1) – (2.6.11-3). Коэффициент α выбирают с помощью рис. 2.6.18 в зависимости от отношения сторон a/b по кривой, соответствующей $n = 1$.

2.6.19 Частоту свободных колебаний ячеек пластин внутренних конструкций, опертых на рамный набор и подкрепленных холостым набором или ребрами жесткости (см. рис. 2.6.12), следует определять по формуле, Гц:

$$N_п = 1{,}13\pi\sqrt{1 + 0{,}605\,c^2/l^2 + c^4/l^4}\times$$
$$\times\sqrt{Et^2\Big/\left[12\rho(1-\mu^2)\right]}\Big/c^2. \qquad (2.6.19)$$

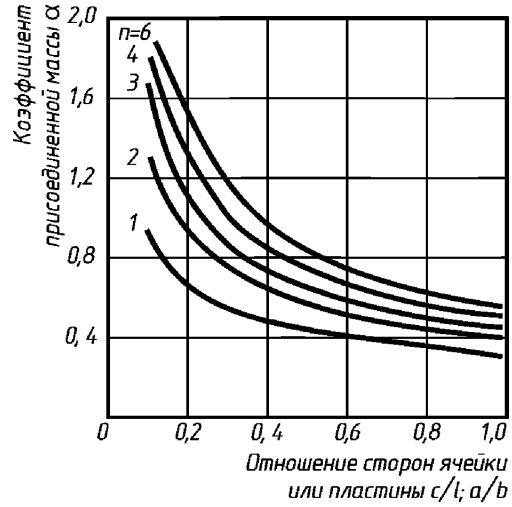


Рис. 2.6.18. Значения коэффициента α

2.6.20 Частоту $N_п^*$ свободных колебаний ячейки пластины с учетом присоединенных масс жидкости следует рассчитывать аналогично формуле (2.6.11-1). Коэффициент влияния присоединенных масс определяют по формулам (2.6.13-1) и (2.6.13-2). Коэффициент α в этих формулах следует выбирать с помощью рис. 2.6.18 в зависимости от отношения сторон ячейки c/l по кривой, соответствующей значению n, равному числу ячеек.

2.6.21 Частоту свободных колебаний первого тона холостого набора или ребер жесткости для внутренних конструкций при их колебаниях в воздухе следует определять по формулам (2.6.14-1) и (2.6.14-2). Влияние присоединенных масс жидкости учитывается формулами (2.6.15-1) – (2.6.15-4).

2.6.22 Вычисление частот свободных колебаний пластин и холостого набора или ребер жесткости для внутренних конструкций следует считать законченным, если $N^*_р / N^*_п > 2$ (или $N_р / N_п > 2$ для конструкций, находящихся в воздухе). В противном случае следует учитывать взаимодействие между пластинами и ребрами при их колебаниях (см. 2.6.23).

2.6.23 Частоту $N_с$ свободных колебаний первого тона пластин внутренних конст-

рукций подкрепляющими эти пластины ребрами жесткости внутренних конструкций с учетом их взаимодействия следует определять по формуле, Гц:

$$N_c^2 = \left[A_1 + A_2 \pm \sqrt{(A_1 + A_2)^2 - 4A_1A_2(1-\beta_1\beta_2)}\right] / \left[2(1-\beta_1\beta_2)\right], \quad (2.6.23\text{-}1)$$

где A_1 и A_2 — квадраты частот свободных колебаний соответственно пластины и ребра жесткости или холостого набора, вычисленные в соответствии с 2.6.19 – 2.6.21;

β_1, β_2 — коэффициенты, рассчитываемые по формулам:

$$\beta_1 = 4\left[1 + \sqrt{1,5(k_п - 1)(k_р - 1)t_{пр}/t}\right] / (3k_п); \quad (2.6.23\text{-}2)$$

$$\beta_2 = 0,5t\left[1 + \sqrt{1,5(k_п - 1)(k_р - 1)t_{пр}/t}\right] / (t_{пр}k_р); \quad (2.6.23\text{-}3)$$

$t_{пр}$ — приведенная толщина пластины с ребром, определяемая по формуле (2.6.15-3).

Частота N_c должна соответствовать требованиям 2.6.9 как для пластин.

Нормы вибрации

2.6.24 Независимо от результатов расчетов общей и местной вибрации на судах, указанных в 2.6.5, следует измерить амплитуды и частоты вибрации:

.1 кормовой оконечности корпуса;

.2 пластин наружной обшивки, внутренних конструкций корпуса и надстройки;

.3 холостого набора и ребер жесткости;

.4 опорных поверхностей фундаментов;

.5 рамного набора в составе перекрытия;

.6 двигателей и других подобных технических средств.

На этих же судах рекомендуется экспериментально определить частоты вертикальных колебаний корпуса первых двух тонов и сравнить их с частотами, полученными расчетом.

На этих же судах рекомендуется экспериментально определить частоты вертикальных колебаний корпуса первых двух тонов и сравнить их с частотами, полученными расчетом.

Указанные измерения необходимо выполнять на глубокой воде[1], а также при ограниченном запасе воды под днищем (условия мелководья) при проектной осадке в грузу и порожнем для всех основных эксплуатационных режимов работы главных и вспомогательных двигателей и объектов судовой техники в соответствии с программой вибрационных испытаний, разработанной проектантом с учетом требований Правил и согласованной Речным Регистром.

2.6.25 Измеренные в эксперименте амплитуды колебаний не должны превышать норм допускаемой вибрации, определяемых с помощью следующих формул:

.1 допускаемые амплитуды A_1 вертикальных колебаний кормовой оконечности определяются по формуле, мм:

$$A_1 = 2/(1 + 0,04N^2), \quad (2.6.25.1)$$

где N — фактическая частота колебаний, измеренная в эксперименте, Гц;

.2 допускаемые амплитуды A_2, мм, колебаний опорных поверхностей фундаментов двигателей до частоты N = 10 Гц – 0,5; при частоте колебаний выше 10 Гц амплитуды A_2 определяются по формуле:

$$A_2 = 1/(0,02N^2); \quad (2.6.25.2)$$

.3 допускаемые амплитуды A_3 колебаний пластин в их центре определяются по формуле, мм:

---

[1] Глубокая вода – характеристика водной акватории, глубина которой H не влияет на ходовые характеристики судна и удовлетворяет условию $H \geq 4T + 3V^2/g$, где T — осадка судна, м; V — скорость судна м/с; g — ускорение свободного падения, м^2/с.

$$A_3 = 0,125\left[a/(100t)\right]^2 t \ , \qquad (2.6.25.3)$$

где a — короткая сторона пластины, мм;

t — толщина пластины, мм;

.4 допускаемые амплитуды колебаний A_4 холостого набора и ребер жесткости в середине пролета определяются по формуле, мм:

$$A_4 = 4000Wl^2/(Ei), \qquad (2.6.25.4)$$

где W — момент сопротивления поперечного сечения профиля с присоединенным пояском, м^3;

l — пролет холостого набора или ребра жесткости, м;

E — модуль упругости первого рода материала, МПа;

i — момент инерции поперечного сечения профиля с присоединенным пояском, м^4.

.5 допускаемые амплитуды A_5 колебаний рамного набора в составе перекрытия определяют как меньшее из двух значений, вычисленных по формулам (2.6.25.1) и нижеследующей, мм:

$$A_5 = 1250Wl^2/(Ei). \qquad (2.6.25.5)$$

Мероприятия по уменьшению вибрации

2.6.26 Если вибрация выше нормативной, должны быть разработаны мероприятия, с помощью которых можно снизить ее до допускаемых норм.

Эффективность выполненных мероприятий должна быть подтверждена повторными измерениями вибрации на всех основных режимах работы главных и вспомогательных двигателей судна.

2.6.27 К мероприятиям, направленным на уменьшение общей вибрации с частотой, равной частоте вращения гребного вала, относят:

.1 проверку геометрии гребного винта (шага лопастей, шага сечений и взаимного расположения осевой линии лопастей по окружности винта). При обнаружении отклонений, превышающих допускаемые проектом, винт должен быть заменен;

.2 заполнение или откачку балластных цистерн;

.3 изменение частоты вращения гребного вала.

2.6.28 К мероприятиям, направленным на уменьшение общей вибрации с частотой, кратной числу лопастей гребного винта, относят:

.1 изменение положения гребного винта относительно корпуса судна или направляющей насадки;

.2 изменение числа лопастей гребного винта;

.3 изменение профиля выступающих частей для обеспечения плавности обтекания их водой;

.4 установку специальных устройств, выравнивающих поле скоростей в диске гребного винта;

.5 установку в корпусе над гребными винтами амортизирующих устройств.

2.6.29 Для уменьшения местной вибрации с частотой, кратной числу лопастей гребного винта, в дополнение к мероприятиям, установленным в 2.6.28, следует:

.1 утолщать или подкреплять промежуточными ребрами жесткости вибрирующие пластины;

.2 проверять правильность конструирования узлов крепления связей в местах пересечения продольного и поперечного набора; создавать замкнутые контуры набора; проверять качество выполнения сварных соединений.

2.6.30 Для уменьшения местной вибрации с частотой, кратной частоте вращения коленчатого вала двигателя, в дополнение к мероприятиям, перечисленным в 2.6.29, следует:

.1 устанавливать двигатели на амортизаторы или подвесные балочные фундаменты;

.2 соединять двигатели, установленные на амортизаторы, с другими объектами судовой техники с помощью эластичных муфт.

2.6.31 Перечень мероприятий, установленный в 2.6.29 и 2.6.30, не является исчерпывающим. В каждом конкретном случае на основе анализа результатов измерений вибрации следует осуществлять и другие мероприятия, снижающие вибрацию до установленных норм.

3 КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА ВОДОИЗМЕЩАЮЩИХ СУДОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

3.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.1.1 В отношении положений, не урегулированных в настоящем разделе, следует руководствоваться требованиями 2.1 – 2.5.

3.2 МАТЕРИАЛ И МИНИМАЛЬНЫЕ ТОЛЩИНЫ СВЯЗЕЙ КОРПУСА

3.2.1 Материалы, применяемые для изготовления элементов конструкций корпуса из алюминиевых сплавов должны соответствовать требованиям 4 ч. X Правил.

3.2.2 Минимально допустимая толщина листов связей, входящих в состав корпуса, должна быть не менее установленной требованиями Правил, предъявляемыми к корпусам стальных судов.

3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПРОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСА

3.3.1 Влияние гибкости корпуса на изгибающий момент и перерезывающую силу следует учитывать, если

$$L^4 B/(EI) > 6{,}01 \cdot 10^3, \qquad (3.3.1)$$

где L, B — расчетные длина и ширина судна по КВЛ, м;

E — модуль упругости материала корпуса, МПа;

I — момент инерции поперечного сечения эквивалентного бруса, м^4.

3.3.2 При расчете балок набора ширину присоединенного пояска следует определять по следующим формулам, см:

.1 для продольных ребер днища и двойного дна, холостых шпангоутов и бимсов (рис. 3.3.2.1, *а*, *г*)

$$c_1 = 0{,}5a\,; \qquad (3.3.2.1)$$

.2 для флоров, бимсов и шпангоутов при продольной системе набора, кильсонов и карлингсов при поперечной системе набора, если они поддерживают балки главного направления (рис. 3.3.2.1, *б*, *г*),

$$c_2 = c_1 + (b - c_1)\varphi_1\,, \qquad (3.3.2.2)$$

где c_1 — ширина присоединенного пояска в соответствии с 3.3.2.1, см;

φ_1 — коэффициент, равный нулю для сжатого присоединенного пояска и определяемый по табл. 3.3.2.2 для растянутого присоединенного пояска обшивки;

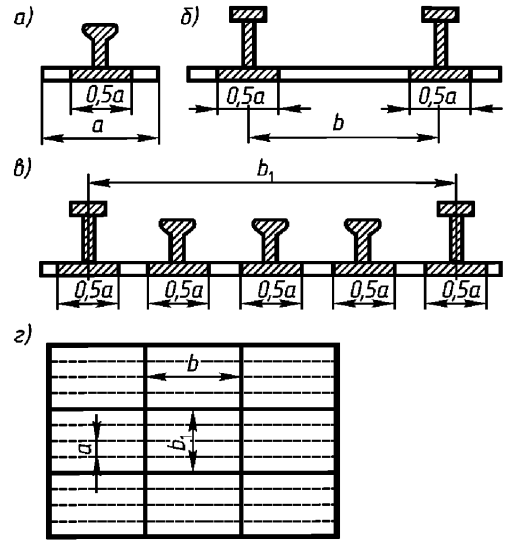


Рис. 3.3.2.1. Определение ширины присоединенного пояска продольных ребер

Таблица 3.3.2.2

Значения коэффициента φ_1

$\sigma_д$, МПа	Расчетное давление p, кПа	Значения φ_1 при 100 t/a, равном				
		0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
70,6	10	0,10	0,14	0,16	0,19	0,22
	20	0,14	0,16	0,18	0,21	0,24
	30	0,16	0,19	0,20	0,23	0,26
	40	0,18	0,22	0,23	0,25	0,28
98,2	10	0,11	0,15	0,17	0,20	0,23
	20	0,14	0,16	0,19	0,22	0,25
	30	0,16	0,19	0,21	0,23	0,26
	40	0,18	0,22	0,24	0,25	0,28
137	10	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25
	20	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26
	30	0,16	0,20	0,22	0,24	0,27
	40	0,19	0,23	0,25	0,25	0,29

Примечание. $\sigma_д$ — допускаемое напряжение; t — толщина пластины, см.

.3 для флоров, бимсов и шпангоутов при поперечной системе набора, кильсонов и карлингсов при продольной системе набора (рис. 3.3.2.1, *в*, *г*)

$$c_3 = 0,5na\left(1+\varphi_2\right), \qquad (3.3.2.3)$$

где n — число жестких и редуцируемых участков;

φ_2 — коэффициент, равный единице для растянутого присоединенного пояска и определяемый по графику на рис. 3.3.2.3 для сжатого присоединенного пояска обшивки.

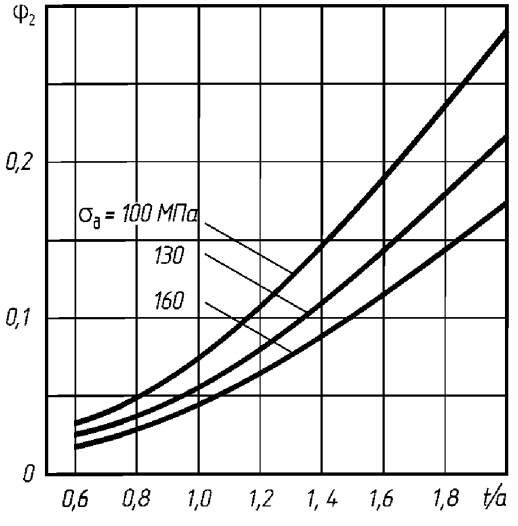


Рис. 3.3.2.3. Графики для определения коэффициента φ_2

Ширина присоединенного пояска во всех случаях не должна превышать $^1/_6$ длины расчетного пролета рассматриваемой балки.

3.3.3 Стенки профиля при отношении высоты к толщине более 60 должны быть подкреплены ребрами жесткости.

3.3.4 Отношение ширины свободного пояска $b_п$ к его толщине $t_п$ не должно превышать значения, определяемого по формуле:

$$b_п/t_п = 100\sqrt{2,65/R_{eH}}, \qquad (3.3.4)$$

где R_{eH} — предел текучести материала, МПа.

При этом отношение $b_п/t_п$ не должно превышать 14.

3.3.5 Для жестко заделанных пластин с распором максимальные напряжения σ в сечении на опорном контуре при действии поперечной нагрузки следует определять по графику рис. 3.3.5.

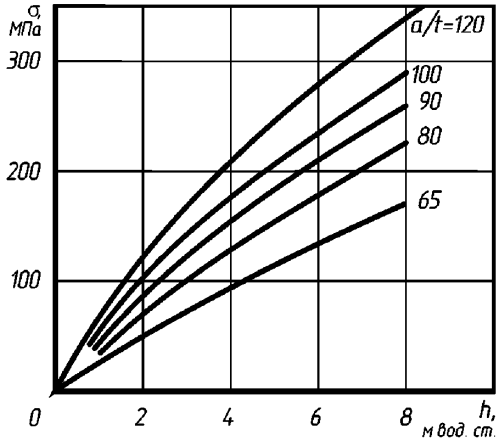


Рис. 3.3.5. Графики для определения максимальных напряжений σ в сечении на опорном контуре при действии поперечной нагрузки для жестко заделанных пластин с распором

3.3.6 Для пластин, у которых напряжения в опорных сечениях не нормируются, σ от действия поперечной нагрузки следует находить по графику рис. 3.3.6.

3.3.7 Эйлеровы напряжения пластин следует вычислять по формулам, МПа:

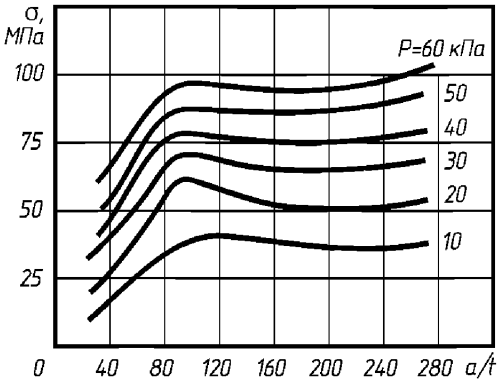


Рис. 3.3.6. Графики для определения максимальных напряжений σ для пластин, у которых напряжения в опорных сечениях не нормируются от действия поперечной нагрузки

при сжатии вдоль длинной стороны опорного контура

$$\sigma_э = 26\left(100t/a\right)^2; \qquad (3.3.7\text{-}1)$$

при сжатии вдоль короткой стороны опорного контура

$$\sigma_э = 6,37\left(100t/a\right)^2\left(1 + a^2/b^2\right)^2; \qquad (3.3.7\text{-}2)$$

при действии касательных усилий (пластины борта)

$$\tau_э = 6,37k\left(100t/a\right)^2, \qquad (3.3.7\text{-}3)$$

где t — толщина пластины, см;

a — длина короткой стороны, см;

b — длина длинной стороны, см;

k — коэффициент, определяемый по табл. 2.2.75.

3.3.8 Шпацию при поперечной системе набора следует принимать не более 500 мм.

При продольной системе набора днища и палуб шпация должна быть не более 600 мм.

В форпике шпация должна быть уменьшена до 400 мм.

3.3.9 Сплошные флоры следует устанавливать не реже чем через три шпации. Применение бракетных флоров запрещается.

3.3.10 Момент сопротивления поперечного сечения сплошных флоров должен быть не менее, см^3,

$$W = 62,5QB_ф/\sigma_д, \qquad (3.3.10)$$

где Q — полная нагрузка на флор, кН;

$B_ф$ — ширина трюма на уровне верхней кромки флора, м;

$\sigma_д$ — допускаемые напряжения, МПа.

3.3.11 Кильсоны следует устанавливать таким образом, чтобы расстояние между ними для судов всех классов было не более 2 м. Значение момента инерции поперечного сечения среднего кильсона не должно быть меньше 1,5 значения требуемого момента инерции поперечного сечения сплошного флора, а боковых кильсонов — 0,75.

3.3.12 Минимальная толщина наружной обшивки должна быть назначена по результатам расчета.

3.3.13 Момент инерции поперечного сечения бортовой ветви рамного шпангоута должен быть не менее, см^4,

$$I_1 = 2IH/B_ф, \qquad (3.3.13)$$

где I — момент инерции поперечного сечения флора, см^4;

H — высота бортовой ветви шпангоута, м;

$B_ф$ — ширина трюма на уровне верхней кромки флора, м.

3.3.14 При высоте борта от 2 до 3 м должен быть поставлен один бортовой стрингер, а при высоте борта более 3 м — два.

3.3.15 Толщину наружной обшивки борта следует принимать такой же, как и днища.

3.3.16 Критерием устойчивости балок перекрытий является отношение критического нормального напряжения к пределу текучести $\sigma_{кр}/R_{eH}$, определяемое по графику рис. 3.3.16, и значения которого должны быть не менее следующих:

для продольного рамного набора палубных и днищевых перекрытий (карлингсов, кильсонов) судов всех типов	0,95
для продольных балок палубных перекрытий	

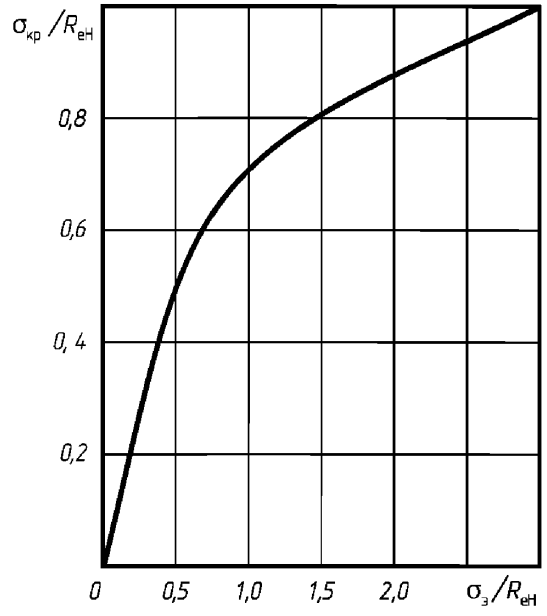


Рис. 3.3.16. График для определения критических нормальных напряжений

если кильсоны участвуют в общем изгибе перекрытий	0,9
если кильсоны не участвуют в общем изгибе при $l_п/B_п > 1,5$ ($l_п$ и $B_п$ — соответственно длина и ширина перекрытия)	0,7
для продольных балок палубных перекрытий	
открытых судов	0,9
закрытых судов	0,78
для продольных балок палубных и днищевых перекрытий судов-площадок	0,7

3.4 ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

3.4.1 Для напряжений от общего изгиба и от местной нагрузки и для суммарных напряжений за опасные нормальные напряжения σ_0, имеющие постоянный характер, следует принимать, МПа:

.1 при растяжении

$$\sigma_0 = kR_{p\,0,2}, \qquad (3.4.1.1)$$

где $R_{p0,2}$ — условный предел текучести материала, соответствующий остаточной деформации 0,2 %, МПа.

Значения k принимаются равными:

для клепаных конструкций	0,9
для сварных конструкций:	
при $3 \le t < 4$	0,7
при $t \ge 4$	0,8

Здесь t — толщина соединяемых элементов конструкций, мм.

.2 при сжатии

$$\sigma_0 = \sigma_{кр}. \qquad (3.4.1.2)$$

.3 за опасные касательные напряжения принимается величина равная

$$\tau_0 = 0,57\sigma_0. \qquad (3.4.1.3)$$

3.4.2 Нормируемые значения допускаемых нормальных и касательных напряжений установлены в табл. 3.4.2.

3.5 СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

3.5.1 Тавровые соединения с двусторонними швами следует применять при сварке:

.1 узлов соединения основных связей конструкций корпуса (флоров к кильсонам, шпангоутов к стрингерам, бимсов к карлингсам и комингсам и т. п.);

.2 непроницаемых переборок, флоров, кильсонов и т. п. к наружной обшивке и настилам;

.3 конструкций корпуса в районах машинного отделения, расположения движителей и местах действия местной вибрационной, переменной и ударной нагрузок;

.4 фундаментов под двигатели (главные и вспомогательные) и другие технические средства.

3.5.2 Применение прерывистых угловых швов в тавровых соединениях конструкций прочного корпуса не допускается.

3.5.3 При односторонней приварке должны быть обварены вокруг с переходом шва на другую сторону на длину не менее 30 мм свободные концы стенок балок, ребер, книц и поясков, а также участки стенок балок и переборок у вырезов.

Таблица 3.4.2

Нормируемые значения допускаемых напряжений для различных связей корпуса судна и характеристики расчетных напряжений

Наименование и характеристика связей корпуса	Характеристика расчетных напряжений от нагрузок	Нормируемые значения допускаемых напряжений в долях от опасных напряжений
1. Жесткие связи эквивалентного бруса, участвующие только в общем изгибе и не несущие местной нагрузки (продольные палубные связи)	Нормальные и касательные напряжения от общего изгиба	0,75
2. Жесткие связи эквивалентного бруса, участвующие в общем изгибе и несущие местную нагрузку	То же	0,60
	Суммарные нормальные и касательные напряжения от общего изгиба и изгиба перекрытия:	
	в пролете	0,75
	на опоре	0,90
3. Продольные балки, участвующие в общем изгибе и несущие местную нагрузку	Суммарные нормальные и касательные напряжения от общего и местного изгиба:	
	в пролете	0,80
	на опоре	0,90
4. Поперечный набор	Нормальные и касательные напряжения в рамных шпангоутах, бимсах и флорах, холостых шпангоутах и бимсах от местной нагрузки:	
	в пролете	0,80
	на опоре	0,90
5. Обшивка и настилы корпуса, листы переборок и цистерн	Нормальные напряжения от местной нагрузки:	
	в пролете	0,85
	на опоре	0,95
6. Продольные и поперечные переборки (в том числе стенки цистерн): рамные стойки и шельфы, холостые стойки	То же:	
	в пролете	0,80
	на опоре	0,90
7. Пиллерсы и раскосы, проверяемые на устойчивость	То же:	
	для изолированно работающих связей	0,50
	для пересекающихся раскосов	0,75 (но не более $0,5R_{p0,2}$)

4 КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА КАТАМАРАНОВ

4.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.1.1 Требования настоящей главы распространяются на следующие типы катамаранов классов «М», «О», «Р» и «Л»:

.1 самоходные однопалубные сухогрузные суда с кормовым расположением машинного отделения;

.2 пассажирские суда;

.3 буксиры и толкачи.

4.1.2 Основные размерения катамаранов:

L — длина по конструктивной ватерлинии, м;

B — ширина по конструктивной ватерлинии на мидель-шпангоуте, м;

$B_к$ — ширина одного корпуса по конструктивной ватерлинии на мидель-шпангоуте, м;

H — высота внешнего борта на мидель-шпангоуте, м;

$H_{нб}$ — высота надводного борта на мидель-шпангоуте, м;

c — горизонтальный клиренс (наименьшее расстояние между внутренними бортами корпусов по конструктивной ватерлинии), м;

$h_{вi}$ — вертикальный клиренс на i-м теоретическом шпангоуте (расстояние от расчетной ватерлинии до подшивки моста или нижней точки набора, измеренное в диаметральной плоскости судна), м.

4.1.3 Требования настоящей главы распространяются на суда, отношения главных размерений которых соответствуют следующим условиям:

$$L/H < 25; \qquad (4.1.3\text{-}1)$$

$$L/B = 4 \div 6; \qquad (4.1.3\text{-}2)$$

$$h_в/H_{нб} > 0,65, \qquad (4.1.3\text{-}3)$$

где $h_в$ — вертикальный клиренс на миделе для судна в полном грузу.

4.1.4 Для постройки корпусов катамаранов применяются сталь или алюминиевые сплавы, соответствующие требованиям ч. X Правил.

4.1.5 В настоящей главе предусматривается соединение корпусов катамарана между собой одним из следующих способов:

.1 прочной надстройкой или рубкой, длина которых не менее половины длины корпуса и у которых не менее чем три прочные поперечные переборки (в носовой, средней и кормовой частях надстройки или рубки);

.2 мостом, представляющим собой систему поперечных балок с односторонней или двусторонней зашивкой. Короткие надстройки в оконечностях с длиной не более $0,15L$ при расчете прочности следует рассматривать как часть моста.

4.1.6 В палубах корпусов катамарана, соединяемых с помощью моста, не допускаются вырезы шириной больше половины ширины одного корпуса и длиной больше половины длины трюма. Это требование не распространяется на вырезы, над которыми установлены надстройки или рубки с прочными стенками (переборками), если выполнены требования 4.4.3, а также 2.4.55 – 2.4.57.

4.1.7 Установленные настоящей главой требования по проверке прочности корпусов катамаранов применимы для судов с числом Фруда по длине, не превышающем 0,4.

4.1.8 В отношении вопросов, не регламентированных настоящим разделом, следует руководствоваться требованиями 2 для корпусов катамаранов из стали или 3 — для корпусов катамаранов из легких сплавов.

4.1.9 Прочностные показатели корпуса должны быть подтверждены испытаниями головного судна, проведенными по программе, согласованной Речным Регистром.

В программе испытаний должны быть предусмотрены инструментальные измерения как ветро-волновых условий, так и соответствующих им нагрузок и напряжений, а также возможность разделения последних на статические переменные и ударные составляющие.

Для оценки прочности элементов корпуса датчики следует устанавливать в сечениях, где по расчету ожидаются максимальные напряжения и деформации. Количество датчиков должно быть таким, чтобы получить эпюру распределения напряжений по сечению.

При испытаниях должно быть оценено напряженное состояние элементов соединительных конструкций, обеспечивающих поперечную прочность, в том числе поперечных переборок надстроек или рубок с прилегающими участками настилов. Датчики следует устанавливать около внутренних бортов и в диаметральной плоскости судна для оценки симметричных и несимметричных деформаций поперечных связей.

Должна быть обеспечена синхронная запись показаний датчиков.

4.1.10 Конструкция и размеры связей корпуса катамаранов должны соответствовать требованиям 4.4.

Размеры связей корпуса судов длиной более 50 м следует также проверить расчетом в соответствии с требованиями 4.2 и 4.3.

4.2 РАСЧЕТЫ ОБЩЕЙ ПРОДОЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ

4.2.1 Изгибающие моменты $M_{тв}$ и перерезывающие силы $N_{тв}$ на тихой воде следует вычислять путем интегрирования кривой нагрузки не менее чем по 21 равноотстоящей ординате.

4.2.2 Дополнительный волновой изгибающий момент в средней части судна, кН·м,

$$M_{дв} = \pm 2 \cdot 9{,}81 k_0 k_1 k_2 k_3 \delta B_к L^2 h, \quad (4.2.2\text{-}1)$$

где k_0 — коэффициент, который вычисляется по следующим формулам:

для судов классов «М» и «О»

$$k_0 = 1{,}24 - 1{,}7 B_0 / L; \quad (4.2.2\text{-}2)$$

для судов классов «Р» и «Л»

$$k_0 = 1{,}24 - 2 B_0 / L; \quad (4.2.2\text{-}3)$$

значения k_0 не должны быть больше единицы;

B_0 — расчетная ширина, которую принимают равной:

ширине одного корпуса $B_к$, если длина судна $L \le 30$ м для судов класса «М» и $L \le 20$ м для судов других классов;

ширине судна B, если длина судна $L \ge 60$ м для судов класса «М» и $L \ge 40$ м для судов других классов;

промежуточные значения B_0 между $B_к$ и B определяются с помощью линейной интерполяции;

k_1 — коэффициент, который определяется по табл. 4.2.2;

Таблица 4.2.2

Значения коэффициента k_1 в зависимости от зоны эксплуатации и длины судна

Разряд бассейна	Значение k_1 при длине судна L, м			
	20	60	100	140
«М»	0,0234	0,0172	0,0136	0,0116
«О»	0,0207	0,0134	0,0099	0,0077
«Р»	0,0168	0,0107	0,0078	0,0055
«Л»	0,0123	0,0085	0,0061	—

k_2 — коэффициент, который принимается равным наибольшему из трех значений:

$$k_2 = 1; \quad (4.2.2\text{-}4)$$

$$k_2 = 2 - 20 T_н / L; \quad (4.2.2\text{-}5)$$

$$k_2 = 1 + 4{,}5 k_4 \left(1 - k h_{в.ср} / h\right) \sqrt{c \left[1 - \left(k h_{в.ср} / h\right)^2\right] / B_к}, \quad (4.2.2\text{-}6)$$

$T_н$ — осадка носом при расчетной нагрузке судна, м;

c — горизонтальный клиренс на мидель-шпангоуте, м;

$h_{в.ср}$ — среднее значение вертикального клиренса на участке от носовой оконечности моста до пятого теоретического шпангоута, если мост доходит до плоскости нулевого теоретического шпангоута, м,

$$h_{в.ср} = 0,2\left[0,5\left(h_{в0} + h_{в5}\right) + h_{в1} + h_{в2} + h_{в3} + h_{в4}\right], \quad (4.2.2\text{-}7)$$

если же носовая оконечность моста лежит на расстоянии $x_м$, м, в корму от нулевого шпангоута,

$$h_{в.ср} = \left[0,5\left(h_{в0} + h_{в4}\right) + h_{в1} + h_{в2} + h_{в3} + 0,5\left(h_{в4} + h_{вн}\right)\left(1 - 2x_м/L\right)\right] \Big/ \left(5 - 20x_м/L\right), \quad (4.2.2\text{-}8)$$

$H_{вн}$ — вертикальный клиренс на носовой оконечности моста;

k — коэффициент:

$$k = 2\beta_c\beta_h \Big/ \left(1 + 3\psi_c\psi_h\right); \quad (4.2.2\text{-}9)$$

β_c, β_h — коэффициенты, учитывающие влияние горизонтального и вертикального клиренсов в носовой оконечности на стеснение потока между корпусами:

$$\beta_c = \left(0,15 + 3,5\,h/L\right)c_2 \Big/ B_к; \quad (4.2.2\text{-}10)$$

$$\left.\begin{aligned} \beta_h &= 1 && \text{при } h_{в2}/h \le 1,25 \\ \beta_h &= -0,56 + 1,25\,h_{в2}/h && \text{при } h_{в2}/h > 1,25 \end{aligned}\right\}; \quad (4.2.2\text{-}11)$$

c_2 — горизонтальный клиренс на втором теоретическом шпангоуте, м;

ψ_c, ψ_h — коэффициенты, учитывающие влияние клиренсов на мидель-шпангоуте на килевую качку катамаранов:

$$\psi_c = 0,43\,c/B_к; \quad (4.2.2\text{-}12)$$

$$\psi_h = 0,2 + 0,07\left(2h_{в10}/h\right); \quad (4.2.2\text{-}13)$$

k_3 — коэффициент, зависящий от числа Фруда по длине:

$$\left.\begin{aligned} k_3 &= 1 && \text{при } \mathrm{Fr} \le 0,2 \\ k_3 &= 0,6 + 2\mathrm{Fr} && \text{при } 0,2 < \mathrm{Fr} \le 0,4 \end{aligned}\right\}; \quad (4.2.2\text{-}14)$$

k_4 — коэффициент, учитывающий снижение ударного момента при уменьшении длины моста в носовой части оконечности; принимается равным единице, если мост доходит до нулевого теоретического шпангоута; если же носовая оконечность моста находится на расстоянии x_b в корму от нулевого шпангоута,

$$\left.\begin{aligned} k_4 &= 1 - 10\,x_м/L && \text{при } 0 \le x_м/L \le 0,05 \\ k_4 &= 0,5 && \text{при } x_м/L > 0,05 \end{aligned}\right\}; \quad (4.2.2\text{-}15)$$

δ — коэффициент общей полноты при расчетном случае нагрузки, для которого найдено $M_{тв}$;

h — расчетная высота волны, принимаемая по табл. 2.1.2, м.

4.2.3 Нормальные и касательные напряжения от общего продольного изгиба следует рассчитывать в соответствии с 2.2.40, при этом связи моста включаются в эквивалентный брус.

4.2.4 Напряжения в продольных связях от общего продольного изгиба и местного изгиба суммируются в соответствии с требованиями 2.2.61 – 2.2.66.

4.2.5 Максимальные нормальные и касательные напряжения от общего продольного изгиба и суммарные напряжения не должны превышать допускаемых напряжений, установленных:

.1 табл. 2.2.68 для стальных судов;

.2 табл. 3.4.2 для судов из легких сплавов.

4.2.6 Должна быть проверена общая прочность корпуса судна по предельным моментам в соответствии с требованиями 2.2.76 – 2.2.94.

4.3 РАСЧЕТЫ ПРОЧНОСТИ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

4.3.1 Должны быть проведены расчеты, подтверждающие достаточную прочность связей, соединяющих корпуса, при неблагоприятном сочетании нагрузок.

4.3.2 Расчеты прочности связей, соединяющих корпуса, следует выполнять в

соответствии с методикой расчета прочности соединительных конструкций корпусов катамаранов (приложение 1) или по иной методике, согласованной Речным Регистром.

4.4 КОНСТРУИРОВАНИЕ КОРПУСА СУДНА

4.4.1 Минимальные допустимые толщины листов связей корпуса должны соответствовать табл. 2.4.1-1. Для судов длиной менее 25 м минимальные толщины определяются в соответствии с 2.5.74 – 2.5.84, 2.5.101.

При наличии килеватости корпуса толщина килевого пояса должна быть не менее указанной в табл. 2.4.1-1 для скулового пояса. Для судов длиной менее 25 м толщина килевого пояса должна быть не менее установленной в 2.5.75 и 2.5.77.

Минимальную толщину прочной зашивки, обеспечивающей общую и местную прочность моста, следует принимать в соответствии со значениями толщин, установленными табл. 2.4.1-1 для наружной обшивки в средней части судна. Для судов длиной менее 25 м толщина прочной зашивки должна быть не менее установленной 2.5.75.

4.4.2 В случае применения для набора моста поперечной системы поперечный рамный и холостой набор моста должен размещаться в одной плоскости с соответствующим набором корпусов.

4.4.3 При вырезах в палубе корпуса, превышающих 0,7 его ширины, палуба моста в районе выреза и на расстоянии 0,5 ширины выреза в нос и корму от выреза должна быть подкреплена.

4.4.4 При криволинейных очертаниях поперечных сечений корпусов в районе цилиндрической вставки в случае применения поперечной системы набора борта и продольной системы набора днища холостые шпангоуты борта должны заканчиваться на боковых кильсонах или усиленных продольных балках.

4.4.5 Если поперечную прочность катамарана обеспечивают поперечные переборки надстройки или фермы, установленные над палубой, то в плоскости этих переборок и ферм в корпусах следует ставить поперечные переборки. Если по условиям планировки помещений это требование не выполнимо, вместо переборок допускаются усиленные рамные шпангоуты бортов с высотой стенки не менее 1,5 высоты флора. В узлах соединения усиленных рамных шпангоутов бортов с рамными бимсами следует ставить кницы.

4.4.6 Толщина и размеры связей переборок надстройки, обеспечивающих общую поперечную прочность катамарана, должны назначаться в соответствии с требованием 2.4.63 – 2.4.80. При этом на участке между диаметральными плоскостями корпусов следует устанавливать горизонтальные ребра, а в вертикальных плоскостях, проходящих через верхнюю кромку обшивки внутреннего борта корпусов, — рамные стойки (при отсутствии в этих плоскостях продольных переборок).

В переборках надстройки, обеспечивающих общую поперечную прочность, недопустимы вырезы, ширина которых превышает 0,5 высоты переборки, а имеющиеся вырезы следует подкреплять комингсами. Дверные вырезы должны отстоять от рамных стоек, расположенных в плоскостях внутренних бортов, и от концов переборки не менее чем на половину высоты выреза.

4.4.7 Конструкция моста должна быть доступной для осмотра и ремонта.

Высота закрытого (двойного) моста, ограниченного снизу непроницаемой прочной зашивкой, а сверху непроницаемой палубой, должна быть не менее 800 мм.

4.4.8 Минимальная толщина стенок рамных бимсов и карлингсов закрытого моста устанавливается в соответствии с пп. 5.1 – 5.3 табл. 2.4.1-1.

4.4.9 Высота рамного бимса корпуса у внутреннего борта должна быть равна высоте рамного бимса закрытого моста. Вы-

сота бимса должна уменьшаться плавно, как минимум на протяжении от внутреннего борта до ближайшего карлингса корпуса. Площадь полосы на этом участке должна быть увеличена в 1,5 раза. На уровне зашивки моста в корпусах следует устанавливать стрингеры в соответствии с рис. 4.4.9-1 или усиленные кницы в соответствии с рис. 4.4.9-2.

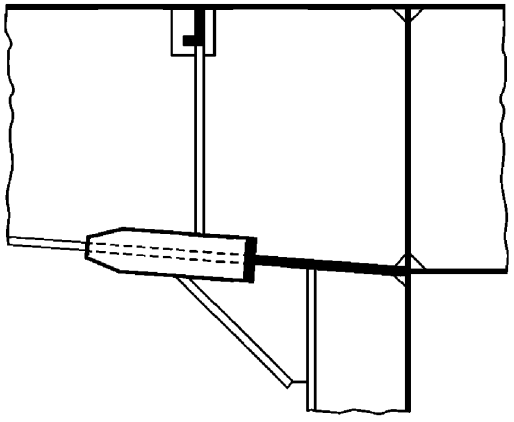


Рис. 4.4.9-1. Установка стрингера на уровне зашивки моста

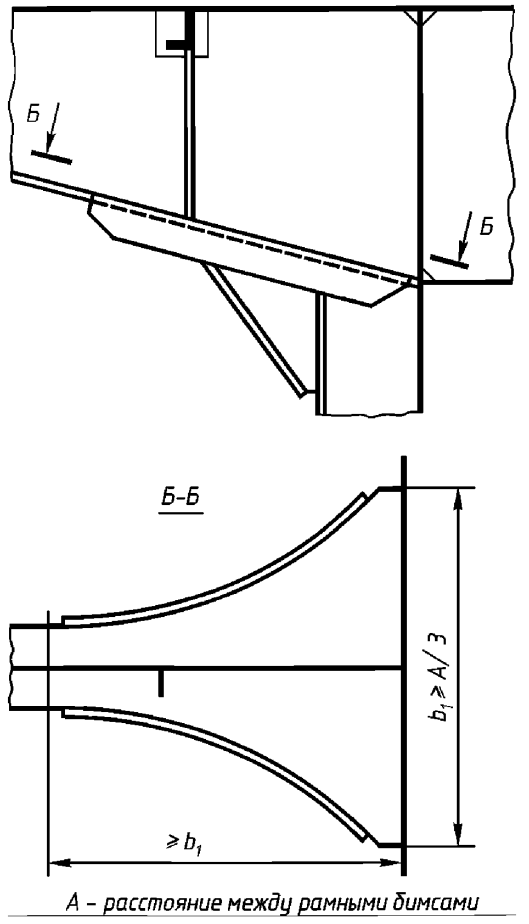


Рис. 4.4.9-2. Усиление конструкции на уровне зашивки моста

4.4.10 При назначении размеров рамных бимсов открытого сверху или снизу моста (в том числе моста с легкой нижней зашивкой, не участвующей в обеспечении прочности связей моста и общей прочности судна, и моста со съемной верхней палубой) следует выполнять требования 2.4.48.

Размеры рамных бимсов моста должны быть не меньше размеров рамных бимсов корпуса.

4.4.11 В месте примыкания рамного бимса открытого снизу моста к внутреннему борту должны ставиться вертикальные кницы, соответствующие требованиям 2.3.12 и 2.3.13, или горизонтальные кницы в соответствии с рис. 4.4.11.

4.4.12 Полка рамного бимса открытого сверху моста должна соединяться с палубой посредством горизонтальных книц в соответствии с рис. 4.4.12.

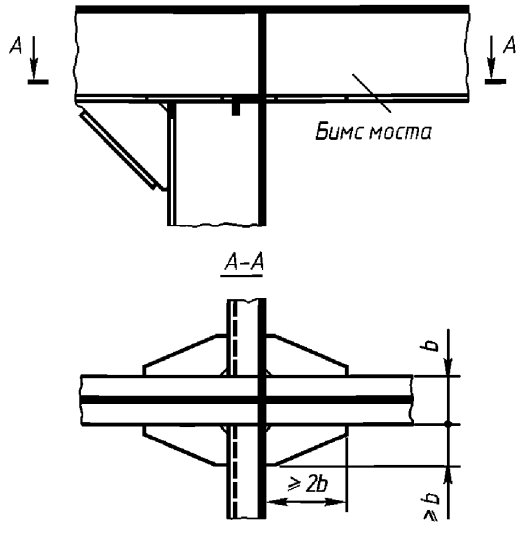


Рис. 4.4.11. Конструкция усиления места примыкания рамного бимса открытого снизу моста к внутреннему борту

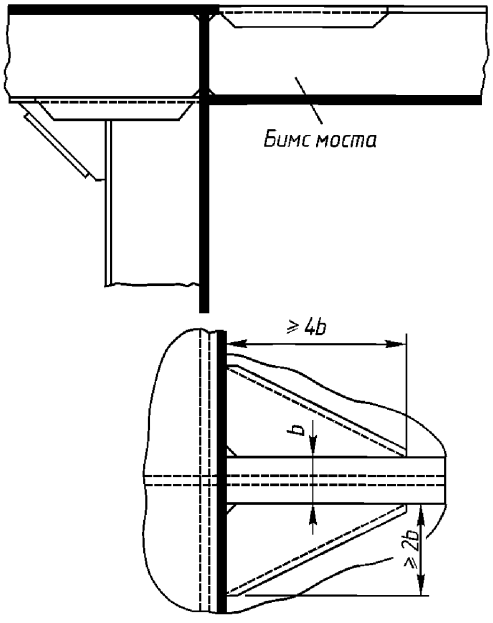


Рис. 4.4.12. Конструкция соединения полки рамного бимса открытого сверху моста с палубой

Такие же кницы следует ставить в узле соединения полосы рамного бимса корпуса с внутренним бортом на уровне зашивки моста. Вместо книц можно использовать скругленные бракеты (фестоны) соответствующих размеров.

4.4.13 При поперечной системе набора в закрытом мосте и в открытом сверху мосте со съемной палубой между рамными бимсами должны быть установлены бракетные бимсы, состоящие из верхних и нижних холостых балок, соединенных бракетами у карлингсов и внутренних бортов.

4.4.14 Ширина бракет должна быть не менее 0,3 высоты закрытого моста или расстояния от подшивки до съемной палубы, толщина — не менее толщины стенки рамного бимса; при отношении ширины бракеты к толщине, превышающем 35, свободные кромки бракет должны иметь пояски или фланцы.

4.4.15 В пролете между бракетами верхние и нижние балки можно соединять с помощью распорок. В открытом сверху мосте при расстоянии между карлингсами или карлингсом и внутренним бортом, превышающем 1,5 м, постановка распорок обязательна. Площадь поперечного сечения распорки должна быть не менее площади поперечного сечения меньшей из соединяемых балок.

4.4.16 Размеры холостых бимсов палубы моста и верхних балок бракетных бимсов следует назначать в соответствии с требованиями 2.4.48. При этом в случае съемной палубы момент сопротивления верхней балки берется без присоединенного пояска.

4.4.17 Размеры холостых балок подшивки моста должны быть не менее принятых для холостых шпангоутов или ребер жесткости внутреннего борта.

4.4.18 При постановке распорок значения моментов сопротивления поперечных сечений верхней и нижней балок бракетного бимса могут быть снижены на 40 %.

4.4.19 При продольной системе набора внутреннего борта и палубы корпуса между продольными ребром палубы и обшивкой борта в плоскости бракеты бракетного бимса моста должна ставиться кница, доходящая до верхнего ребра борта.

4.4.20 Холостой бимс палубы открытого снизу моста должен соединяться с внутренним бортом кницей.

4.4.21 В случае, если поперечная прочность катамарана обеспечивается отдельными усиленными балками (при неоднородной конструкции моста), эти балки должны совмещаться с поперечными переборками корпусов. При невозможности выполнить данное требование вместо переборок допускается устанавливать усиленные рамы.

Стенки усиленной балки должны стоять в одной плоскости с рамными шпангоутами корпусов.

4.4.22 Перевязка усиленной балки с корпусом должна осуществляться или путем продления балки внутрь корпуса на

участке, не меньшем 0,25 ширины корпуса, или путем установки в корпусе на уровне нижнего пояска балки фестонов. В местах соединения пояска балки с внутренним бортом должны устанавливаться горизонтальные кницы.

5 КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

5.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

5.1.1 Требования настоящей главы распространяются на суда на подводных крыльях классов «О-ПР», «О», «Р» и «Л» с двумя малопогруженными крыльями и следующими характеристиками:

жесткости

$$I/\left(D'L^3\right) > 3\cdot 10^{-8}; \qquad (5.1.1\text{-}1)$$

скорости

$$v/\sqrt[6]{D'} < 18, \qquad (5.1.1\text{-}2)$$

где I — момент инерции наиболее ослабленного поперечного сечения эквивалентного бруса в средней части судна, м^4;

D' — водоизмещение судна в грузу, т;

L — наибольшая длина корпуса судна (рис. 5.1.1), м;

v — расчетная скорость судна на крыльях на тихой воде, м/с.

5.1.2 Требования настоящей главы ориентированы на продольную систему набора корпуса и надстройки.

Надстройкой в настоящем разделе считается часть судна выше нижней кромки оконных вырезов, а при отсутствии последних — часть судна выше верхней палубы.

5.1.3 Для изготовления конструкций корпуса и надстройки должны применяться алюминиевые сплавы, соответствующие требованиям 4 ч. X Правил.

5.1.4 Материалы, представляемые Речному Регистру, должны включать расчеты:

.1 общей прочности судна;

.2 местной прочности судна;

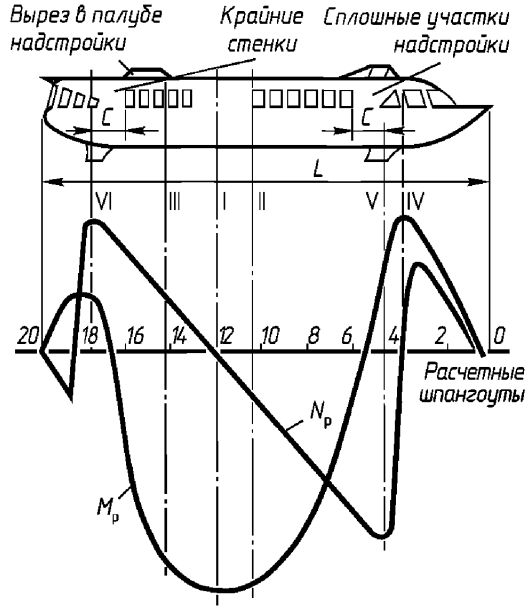


Рис. 5.1.1. Эпюры $N_с$ и $M_с$ у судна на подводных крыльях

.3 прочности крыльевых устройств;

.4 вибрации.

5.1.5 Головное судно каждого проекта должно быть испытано с целью проверки прочности и уровня вибрации по программе, согласованной Речным Регистром.

Результаты испытаний должны быть представлены Речному Регистру.

5.1.6 Суда, прочность которых соответствует требованиям 5.2, признаются годными к плаванию в водоизмещающем состоянии на волне следующей высоты, м, в бассейне разряда:

«О-ПР», «О»	2,0
«Р»	1,2
«Л»	0,6

5.2 РАСЧЕТЫ ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ

5.2.1 Общая прочность судна должна проверяться по нормальным и касательным напряжениям на действие расчетных изгибающих моментов и перерезывающих сил при ходе судна на крыльях в условиях расчетного волнения.

Должна быть проверена также устойчивость конструкций в целом и их отдельных элементов.

5.2.2 Значения расчетной высоты волны h при ходе судна на крыльях должны приниматься не менее следующих, м, для разряда бассейна:

«О-ПР», «О»	1,3
«Р»	0,8
«Л»	0,4

5.2.3 Расчетный изгибающий момент $M_р$, кН·м, и перерезывающая сила $N_р$, кН, должны вычисляться по формулам (см. рис. 5.1.1):

$$M_р = M_т\left(1 + k_м n\right), \qquad (5.2.3\text{-}1)$$

$$N_р = N_т\left(1 + k_N n\right), \qquad (5.2.3\text{-}2)$$

где $M_т$, $N_т$ — изгибающий момент, кН·м, и перерезывающая сила, кН, в рассматриваемом поперечном сечении при ходе судна на крыльях на тихой воде;

$k_м$, k_N — коэффициенты, зависящие от положения рассматриваемого поперечного сечения по длине судна и определяемые по формулам:

$$k_м = 1 - 0,040j; \qquad (5.2.3\text{-}3)$$

$$k_N = 0,7 - 0,015j, \qquad (5.2.3\text{-}4)$$

где j — номер расчетного шпангоута: для крайнего носового шпангоута $j = 0$, а для крайнего кормового $j = 20$;

n — расчетная дополнительная перегрузка (отношение дополнительного ускорения в сечении над носовым крыльевым устройством при ходе судна на крыльях в условиях расчетного волнения к ускорению свободного падения).

Значение n должно определяться по прототипу или по результатам модельных испытаний. В случае отсутствия таких данных допускается определять его по формуле

$$n = kmv_в^2\sqrt{h/D_{пр}}, \qquad (5.2.3\text{-}5)$$

где $D_{пр}$ — приведенное водоизмещение судна, т:

$$D_{пр} = D'\Big/\left[1 + 15\left(l_н/L\right)^2\right], \qquad (5.2.3\text{-}6)$$

$l_н$ — отстояние центра тяжести судна от точки приложения силы поддержания на носовом крыле (точка 0 на рис. 5.2.3-1);

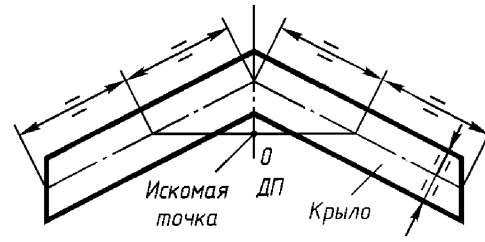


Рис. 5.2.3-1. Определение точки приложения силы поддержания на носовом крыле

k — коэффициент, равный при h, м:

	k
1,5	0,035
1,3	0,030
0,8	0,020
0,4	0,010

m — коэффициент, определяемый по графику рис. 5.2.3-2 в зависимости от расчетного угла килеватости днища β, град, в сечении $A - A$ (рис. 5.2.3-3);

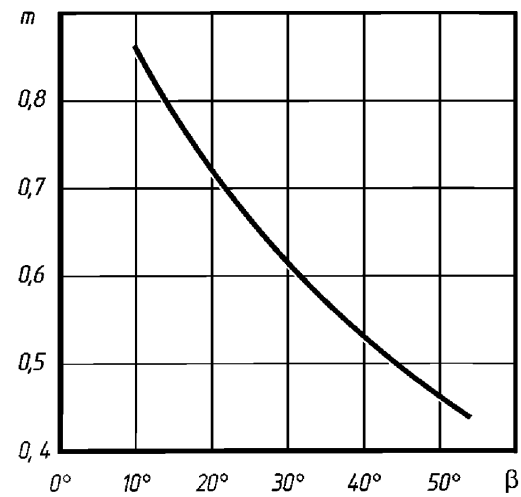


Рис. 5.2.3-2. График зависисмости коэффициента m от расчетного угла килеватости днища β

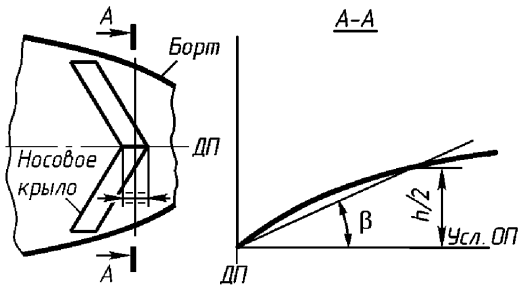


Рис. 5.2.3-3. Сечение для определения угла килеватости днища β

$v_в$ — скорость хода судна на крыльях в условиях расчетного волнения, определяемая по формуле, км/ч;

$$v_в = 0{,}85v, \qquad (5.2.3\text{-}7)$$

здесь v — скорость судна на крыльях на тихой воде, км/ч.

Для промежуточных значений высот волн коэффициент k определяется с помощью линейной интерполяции.

Значения $v_в$ и k должны уточняться по данным испытаний модели или судна-прототипа.

Значения n в формулах (5.2.3-1) и (5.2.3-2) должны приниматься, не менее, при h, м:

	n
1,5	1,0
1,3	0,9
0,8	0,6
0,4	0,3

Выбор расчетной высоты волны при ходе судна на крыльях (в диапазоне высот для соответствующей зоны эксплуатации) должен производиться на основании технического задания на проектирование. Эта высота волны является ограничительной для движения судна на крыльях и должна заноситься в инструкцию по эксплуатации.

5.2.4 При вычислении изгибающих моментов $M_т$ и перерезывающих сил $N_т$ должны выполняться следующие указания:

.1 кривую нагрузки следует строить одним из общепринятых способов не менее, чем по 21 равноотстоящей ординате;

.2 расчетные значения сил поддержания крыльев определяются по формулам, кН:

для носового крыла

$$F_{тн} = 9{,}81D' - F_{тк}, \qquad (5.2.4.2\text{-}1)$$

для кормового крыла

$$F_{тк} = 9{,}81D'l_н/l_0; \qquad (5.2.4.2\text{-}2)$$

где l_0 — расстояние между точками приложения сил поддержания на носовом и кормовом крыльях, м;

.3 точки приложения сил поддержания крыльев $F_{тн}$ и $F_{тк}$ определяются в соответствии с рис. 5.2.3-1;

.4 силы поддержания крыльев $F_{тн}$ и $F_{тк}$ распределяются по расчетным шпациям в зависимости от протяженности вдоль судна стоек носового (кормового) крыла.

5.2.5 Проверка общей прочности судна по нормальным напряжениям должна производиться в сечениях (см. рис. 5.1.1), в которых можно ожидать возникновения наибольших нормальных напряжений:

в сечении $I-I$, в котором действует наибольший изгибающий момент;

в ослабленных сечениях $II-II$ и $III-III$ средней части судна;

в сечении $IV-IV$, расположенном в районе носового крыльевого устройства, при отсутствии в нос от крыльевого устройства сплошного участка стенки надстройки.

Если расчетный изгибающий момент в сечении $I-I$ отличается от момента в сечении $II-II$ или $III-III$ менее чем на 10 %, расчет общей прочности в сечении $I-I$ можно не производить.

5.2.6 При определении моментов сопротивления эквивалентного бруса в сечениях $I-I$, $II-II$ и $III-III$ должны учитываться связи корпуса и надстройки, а в сечении $IV-IV$ — только связи корпуса.

Если надстройка клепаная, а корпус сварной, связи надстройки должны вводиться в эквивалентный брус с коэффициентом 0,9.

5.2.7 Если ширина оконных вырезов больше расстояния между ними, в надстройке должны быть предусмотрены два крайних сплошных участка стенок надстройки длиной c (см. рис. 5.1.1), превы-

шающей высоту окна не менее чем на 20 %, или выполнены конструктивные мероприятия, исключающие участие надстройки в общем изгибе судна.

5.2.8 Сжатые пластины вводятся в состав эквивалентного бруса с редукционным коэффициентом

$$\varphi = \sigma_{кр}/\sigma_{д} \le 1, \qquad (5.2.8\text{-}1)$$

где $\sigma_{кр}$ — критическое нормальное напряжение сжатой пластины, определяемое по графику рис. 3.3.16 в зависимости от отношения $\sigma_э/R_{eH}$;

$\sigma_э$ — эйлерово нормальное напряжение пластины, МПа, которое при продольной системе набора следует вычислять по формуле (3.3.7-1);

$\sigma_д$ — допускаемое нормальное напряжение при общем изгибе судна.

Редуцированию не подлежат части пластины, прилегающие к продольным балкам шириной (с каждой стороны балки), равной:

$$0,25a \quad \text{при } a/t \le 80, \qquad (5.2.8\text{-}2)$$

$$20t \quad \text{при } a/t > 80, \qquad (5.2.8\text{-}3)$$

где a — расстояние между продольными балками;

t — толщина пластины.

5.2.9 Расчетные нормальные напряжения в крайних связях эквивалентного бруса должны вычисляться по формулам:

$$\sigma_в = 10\alpha_в M_р/W_в; \qquad (5.2.9\text{-}1)$$

$$\sigma_н = 10\alpha_н M_р/W_н; \qquad (5.2.9\text{-}2)$$

где $\sigma_в$, $\sigma_н$ — расчетные напряжения в верхней и нижней связях эквивалентного бруса (надстройки), МПа;

$\alpha_в$, $\alpha_н$ — коэффициенты, равные:

для сечений, проходящих через сплошные участки стенок надстройки (вне оконных вырезов), а также для сечения $IV-IV$ (см. рис. 5.1.1)	1,0
для сечений в районе оконных вырезов	0,85 и 1,40

$M_р$ — расчетный изгибающий момент в рассматриваемом поперечном сечении (см. 5.2.3);

$W_в$, $W_н$ — моменты сопротивления для верхней и нижней связей эквивалентного бруса (см. 5.2.6);

При клепаной надстройке и сварном корпусе коэффициент $\alpha_в$ следует уменьшить на 10 %.

5.2.10 Проверка общей прочности судна по касательным напряжениям должна производиться в сечениях, в которых можно ожидать наибольших касательных напряжений:

в сечениях $V-V$ и $VI-VI$ (см. рис. 5.1.1), где действует наибольшая перерезывающая сила;

в ослабленных сечениях;

в сечениях по крайним сплошным участкам стенок надстроек.

5.2.11 Расчетные касательные напряжения, должны определяться по формуле, МПа:

$$\tau = N_р S/(I\sum t), \qquad (5.2.11)$$

где $N_р$ — расчетная перерезывающая сила в поперечном сечении, кН;

I — момент инерции сечения эквивалентного бруса, м^4;

S — статический момент относительно нейтральной оси части поперечного сечения эквивалентного бруса, лежащей по одну сторону горизонтального сечения, для которого определяются касательные напряжения, м^3;

$\sum t$ — суммарная толщина обшивки бортов, стенок продольного комингса и продольных переборок в горизонтальном сечении, в котором определяются касательные напряжения, мм.

5.2.12 В сечениях, ослабленных оконными или дверными вырезами, расчетные касательные напряжения τ должны определяться по формуле (5.2.11) без учета части надстройки выше выреза.

5.2.13 В сечениях по крайним сплошным участкам стенок надстройки расчетные касательные напряжения τ', МПа, принимаются равными большим из вычисленных в соответствии с указаниями 5.2.11 и по формуле

$$\tau' = \sigma_в f/(ktc), \qquad (5.2.13)$$

где $\sigma_в$ — расчетные напряжения в палубе надстройки в сечении $II-II$ (см. рис. 5.1.1), МПа;

f — площадь поперечного сечения продольных связей надстройки выше оконных вырезов в сечении $II-II$ с учетом редуцирования, см^2;

k — коэффициент, равный:

для крайнего сплошного участка стенок надстройки, расположенного в районе крыльевого устройства	3,0
для крайнего сплошного участка стенок надстройки, расположенного в средней части судна	1,5

t, c — соответственно толщина и длина рассматриваемого крайнего сплошного участка стенки надстройки, см.

5.2.14 Критические нормальные напряжения должны соответствовать условиям:

для продольных ребер палубы надстройки

$$\sigma_{кр}/\sigma \geq 1,5; \qquad (5.2.14\text{-}1)$$

для продольных ребер днища

$$\sigma_{кр}/R_{p0,2} \geq 0,7, \qquad (5.2.14\text{-}2)$$

где σ — расчетные напряжения в палубе надстройки, МПа;

$R_{p0,2}$ — условный предел текучести материала, МПа, соответствующий остаточной деформации 0,2 %.

Критические нормальные напряжения ребра $\sigma_{кр}$ определяются по графику рис. 3.3.16 в зависимости от отношения $\sigma_э/R_{p0,2}$, где $\sigma_э$ — эйлерово нормальное напряжение в материале ребра, при вычислении которого ребро считается свободно опертым по концам.

5.2.15 Эйлеровы касательные напряжения пластин обшивки борта корпуса и стенки надстройки должны соответствовать условию

$$\tau_э/\tau \geq 1,5, \qquad (5.2.15)$$

где τ — расчетные касательные напряжения пластин в сечении.

При определении $\tau_э$ пластины следует считать свободно опертыми по контуру.

5.3 РАСЧЕТЫ МЕСТНОЙ ПРОЧНОСТИ

5.3.1 Значения местных нагрузок, задаваемые расчетным напором p, кПа, по длине судна, для проверки прочности пластин днищевой обшивки и продольных ребер днища должны приниматься равными (рис. 5.3.1-1):

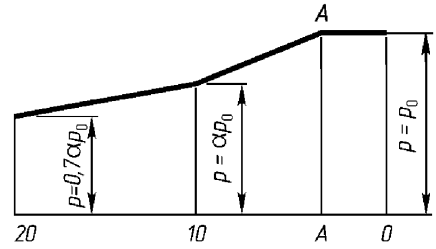


Рис. 5.3.1-1. Кривая изменения расчетного напора p по длине судна

p_0 — нагрузка на участке от нулевого расчетного шпангоута до сечения $A-A$ (см. рис. 5.3.1-1):

$$p_0 = kmv_в^2 \sqrt[4]{D_{пр}}; \qquad (5.3.1)$$

αp_0 — на 10-м расчетном шпангоуте;

$0,7\alpha p_0$ — на 20-м расчетном шпангоуте,

где α — коэффициент, определяемый по графику рис. 5.3.1-2 в зависимости от отношения β_{10}/β_A (здесь β_{10} и β_A — углы, измеряемые как показано на рис. 5.2.3-3, на 10-м расчетном шпангоуте и в сечении $A-A$).

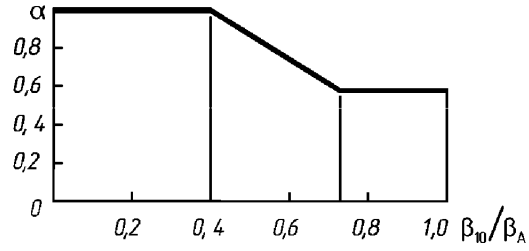


Рис. 5.3.1-2. График изменения коэффициента α

Для сечений, расположенных по длине судна между сечением A, 10, 20 шпангоутами (см. рис. 5.3.1-1) значения расчетных напоров p определяют линейной интерполяцией.

Расчетные нагрузки по ширине днища должны приниматься равномерно распределенными.

Для судов, спроектированных на расчетную высоту волны h, м, (при ходе судна на крыльях) значения коэффициента k равны:

	k
1,5	0,035
1,3	0,030
0,8	0,020
0,4	0,015

Для судов, спроектированных на промежуточные высоты волн, значения коэффициента k определяют линейной интерполяцией.

Значения $D_{пр}$, $v_в$ и m вычисляются в соответствии с указаниями 5.2.3.

5.3.2 Прочность флоров и днищевых перекрытий должна быть проверена на действие равномерно распределенной нагрузки, задаваемой напором, равным $0,5p$, где p — напор для рассматриваемого флора или для среднего по длине перекрытия флора (при расчете перекрытия) в соответствии с 5.3.1.

5.3.3 Расчетная нагрузка на обшивку и набор борта судна должна приниматься распределенной по высоте борта по трапеции и задаваться напором, равным от 3 кПа на уровне нижней кромки оконных вырезов до $0,5p$ на уровне скулы, где p — напор, определяемый в соответствии с 5.3.1 для обшивки и продольных ребер и в соответствии с 5.3.2 для шпангоутов и бортовых перекрытий.

5.3.4 Расчетная нагрузка должна задаваться напором, равным, кПа:

для палуб и платформ, предназначенных для перевозки пассажиров и команды, а также для участков палуб надстроек, на которых пассажиры могут находиться при посадке	5
для палуб в районе расположения кресел для пассажиров	3,5
для палуб надстроек	3

Эти нагрузки должны приниматься для участков палубы, ограниченных линией, для которой угол между касательной к обшивке и основной плоскостью составляет менее 30°.

5.3.5 Прочность бимсов и полубимсов палубы надстройки должна быть проверена на действие изгибающего момента, вычисленного по формуле, кН·м:

$$M_б = 9,81 \cdot 10^2 k_б d B^2, \qquad (5.3.5\text{-}1)$$

где $k_б$ — коэффициент, определяемый по графику рис. 5.3.5;

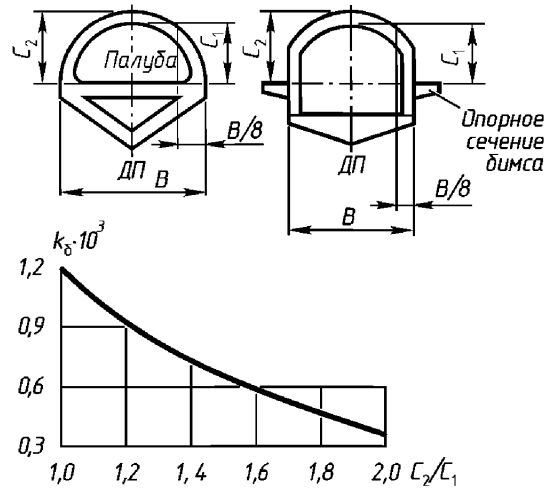


Рис. 5.3.5. График изменения коэффициента $k_б$

B — ширина судна по палубе, м.

При определении изгибающего момента для бимсов значение d следует принимать равным, м:

при установке только бимсов

$$d = 0,500\left(d_1 + d_2\right); \qquad (5.3.5\text{-}2)$$

при установке чередующихся бимсов и полубимсов

$$d = 0,375\left(d_1 + d_2\right), \qquad (5.3.5\text{-}3)$$

где d_1, d_2 — расстояния от рассматриваемого бимса до ближайших к нему бимсов или поперечных переборок, м.

При определении изгибающего момента для полубимсов значение d следует принимать равным

$$d = 0,500\left(d_1' + d_2'\right), \qquad (5.3.5\text{-}4)$$

где d_1', d_2' — расстояния от рассматриваемого полубимса до ближайших к нему бимсов или поперечных переборок, м.

Допускается определять размеры бимсов и полубимсов, принимая нагрузку

равномерно распределенной и равной $1{,}47d$, кН/м.

Момент инерции поперечного сечения бимсов и полубимсов с присоединенным пояском должен быть не менее, см^4,

$$I = 0{,}55dB^3. \qquad (5.3.5\text{-}5)$$

5.3.6 Расчетный напор на лобовые стенки и окна надстройки должен приниматься следующим, кПа, для бассейна разряда:

«О-ПР», «О»	20
«Р»	10
«Л»	5

Для бортовых стенок и окон надстройки расчетный напор должен приниматься равным 3 кПа.

5.3.7 Расчетная нагрузка на водонепроницаемые поперечные переборки должна приниматься распределенной по треугольнику и задаваемой максимальным напором на уровне днища судна, равным расстоянию от днища судна до палубы переборок, а при отсутствии палубы переборок — удвоенной средней осадке судна в водоизмещающем состоянии.

5.3.8 Расчетная нагрузка на конструкции, ограничивающие цистерны, принимается распределенной по высоте по трапеции и задаваемой максимальным напором на уровне днища цистерны, равным расстоянию от днища цистерны до верхнего конца воздушной трубки.

5.3.9 При расчетах прочности на принятые в настоящей главе нагрузки пластины следует считать абсолютно жесткими и жестко заделанными на недеформируемом опорном контуре.

Продольные балки при расчетах местной прочности следует считать жестко заделанными.

5.3.10 Определение элементов площади поперечного сечения балок набора должно производиться с учетом присоединенных поясков или настила.

.1 Для связей, непосредственно соединяющихся с обшивкой, ширина присоединенного пояска c должна приниматься равной:

$$c = 0{,}5a \quad \text{при } a/t \le 80; \qquad (5.3.10\text{-}1)$$

$$c = 40t \quad \text{при } a/t > 80, \qquad (5.3.10\text{-}2)$$

где a — среднее расстояние между одноименными связями;

t — толщина обшивки или настила.

Ширина присоединенного пояска во всех случаях не должна превышать 1/6 длины расчетного пролета балки.

.2 Для связей, идущих поверх продольных балок (навесная система набора), ширина присоединенного пояска должна приниматься равной нулю.

5.3.11 При расчете устойчивости балок набора для определения площади их сечения ширина присоединенных поясков должна приниматься равной среднему расстоянию между одноименными балками, а при определении моментов инерции поперечного сечения балок ширина присоединенного пояска назначается в соответствии с 5.3.10.

5.3.12 Расчет местной прочности судна при постановке в док и подъеме краном должен производиться для водоизмещения судна порожнем. При этом устойчивость конструкций должна быть обеспечена с коэффициентом запаса 1,5 по отношению к расчетным напряжениям.

5.3.13 Расчет местной прочности и устойчивости корпусных конструкций в местах крепления крыльевых устройств должен производиться для нагрузок, указанных в 5.4.1.

5.3.14 Размеры междуоконных перемычек должны соответствовать одному из следующих соотношений:

$$h_0/b_0 > 5; \qquad (5.3.14\text{-}1)$$

$$h_0/b_0 < 2{,}5, \qquad (5.3.14\text{-}2)$$

где h_0 — высота перемычки (окна), м;

b_0 — ширина перемычки (расстояние между окнами), м.

Радиус скругления углов оконных вырезов должен быть не менее, м,

$$r = 0{,}15h_0. \qquad (5.3.14\text{-}3)$$

5.4 РАСЧЕТЫ ПРОЧНОСТИ КРЫЛЬЕВЫХ УСТРОЙСТВ

5.4.1 Крыльевое устройство должно рассчитываться как рама с переменными по длине сечениями стержней и с жестким закреплением стоек на корпусе.

Прочность крыльевых устройств должна проверяться на действие нагрузок, задаваемых вертикальными силами, равными:

для носового крыла

$$P_н = kF_{тн}; \qquad (5.4.1\text{-}1)$$

для кормового крыла

$$P_к = 0,75kF_{тк}, \qquad (5.4.1\text{-}2)$$

где k — коэффициент, равный для судов, спроектированных на расчетную высоту волны h, м (при ходе судна на крыльях):

	k
1,5	2,2
1,3	2,0
0,8 и менее	1,8

$F_{тн}$, $F_{тк}$ — силы поддержания на носовом и кормовом крыльях, определяемые по формулам (5.2.4.2-1) и (5.2.4.2-2).

Для промежуточных высот волн значения k определяются линейной интерполяцией.

Прочность крыльевых устройств должна проверяться также на совместное действие сил $F_{тн}$ и $F_{тк}$ и горизонтальных нагрузок, задаваемых горизонтальными сосредоточенными силами, приложенными в местах соединения стоек с крылом, равнодействующая которых, кН,

$$P_с = 20,59 \cdot 10^{-3} D'v^2/l_0, \qquad (5.4.1\text{-}3)$$

где l_0 — расстояние между точками приложения сил поддержания на носовом и кормовом крыльях, м.

Равнодействующая $P_с$ должна быть распределена между стойками крыла пропорционально проекциям их погруженной площади на диаметральную плоскость.

Силы $F_{тн}$, $F_{тк}$, $P_н$ и $P_к$ должны приниматься равномерно распределенными по размаху крыльев и направленными по нормали к нижней плоскости их (рис. 5.4.1).

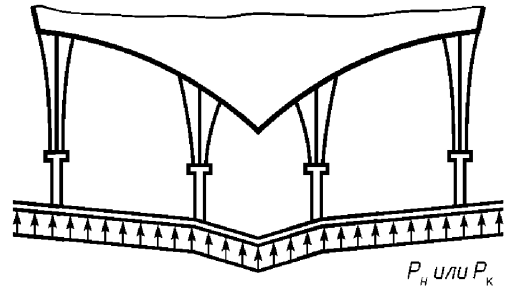


Рис. 5.4.1. Распределение сил на крыльях

5.4.2 Эйлеровы напряжения пластин обшивки пустотелых крыльев должны быть не меньше напряжений, полученных при расчете крыльевого устройства на нагрузки $P_н$ и $P_к$.

5.4.3 Прочность дополнительных носовых крыльев и закрылков должна проверяться на действие нагрузки, задаваемой вертикальной силой Q, кН,

$$Q = 0,49kc_y v_1^2 S_1, \qquad (5.4.3\text{-}1)$$

где v_1 — скорость выхода на дополнительное крыло на тихой воде, м/с;

c_y — коэффициент подъемной силы при угле атаки α_1, соответствующем выходу на дополнительное носовое крыло;

$$\alpha_1 = \alpha_{уст} + \psi - \alpha_0; \qquad (5.4.3\text{-}2)$$

здесь $\alpha_{уст}$ — установочный угол дополнительного крыла или закрылка;

ψ — угол дифферента при выходе на дополнительное носовое крыло на тихой воде;

α_0 — угол нулевой подъемной силы профиля дополнительного крыла или закрылка;

k — коэффициент, определяемый в соответствии с указаниями 5.4.1;

S_1 — площадь дополнительного носового крыла или закрылка, м^2.

В случае отсутствия экспериментальных данных допускается принимать:

$$kc_y = 1; \qquad (5.4.3\text{-}3)$$

и

$$v_1 = 0,7v. \qquad (5.4.3\text{-}4)$$

Таблица 5.5.1

Нормируемые значения допускаемых нормальных напряжений в зависимости от элемента конструкции и характеристики расчетных напряжений

Наименования конструкций	Характеристика расчетных напряжений от нагрузок	Нормируемые значения допускаемых нормальных напряжений
Связи корпуса и надстройки	Напряжения от общего изгиба	0,35 $R_{p0,2}$ или 0,25 R_m
	Напряжения от местных нагрузок и напряжения при доковании	
	в наборе	0,80 $R_{p0,2}$ или 0,55 R_m
	в обшивке	0,95 $R_{p0,2}$ или 0,70 R_m
Крылья и закрылки	Напряжения от расчетных нагрузок	0,95 $R_{p0,2}$ или 0,55 R_m
Стойки крыльевых устройств	То же	0,80 $R_{p0,2}$ или 0,45 R_m
Детали подъемного устройства и подкрепления под них	Местные напряжения при подъеме краном	0,20 R_m

5.5 НОРМЫ ДОПУСКАЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И МИНИМАЛЬНЫЕ ТОЛЩИНЫ

5.5.1 Допускаемые нормальные напряжения $\sigma_д$ при расчетах общей и местной прочности должны приниматься равными меньшим из значений, установленных табл. 5.5.1 (в долях условного предела текучести $R_{p0,2}$ или временного сопротивления материала R_m).

5.5.2 Допускаемые касательные напряжения $\tau_д$ должны приниматься равными 0,57 соответствующих допускаемых нормальных напряжений:

$$\tau_д = 0,57\sigma_д . \qquad (5.5.2)$$

5.5.3 Значение критического нормального напряжения элемента конструкции должно быть не менее значения удвоенного нормального напряжения от расчетных нагрузок.

5.5.4 Толщины листов наружной обшивки, настила палуб и обшивки переборок независимо от марки материала не должны быть не менее установленных табл. 5.5.4.

5.6 РАСЧЕТЫ И НОРМЫ ВИБРАЦИИ

5.6.1 Проверка местной вибрации обязательна для судовых конструкций корпуса в районе кормовой оконечности и машинного отделения, а также для кормового крыльевого устройства и кронштейнов гребных валов.

Таблица 5.5.4

Значения минимальных толщин листов связей корпуса

Наименование связи	Минимальная толщина листов связей корпуса, мм, для судна класса		
	«О-ПР», «О»	«Р»	«Л»
Обшивка днища	3,0	2,5	2,0
Обшивка борта	2,5	2,0	1,5
Настил палуб и платформ корпуса, листы переборок	2,0	2,0	1,5
Обшивка надстройки	1,5	1,0	0,8

5.6.2 Для предотвращения резонанса частоты свободных колебаний, вычисленные в соответствии с 2.6.9 – 2.6.23, отдельных конструкций должны превышать частоты возмущающих сил при основных эксплуатационных режимах (ход судна на крыльях и в водоизмещающем состоянии):

.1 для кормового крыльевого устройства и кронштейнов гребных валов — частоту вращения гребного винта не менее чем на 30 %;

.2 для пластин пустотелых крыльев — частоту вращения гребного винта и частоту вращения гребного винта, умноженную на число его лопастей, не менее чем на 50 %;

.3 для пластин и ребер жесткости днища корпуса в кормовой оконечности — частоту вращения гребного винта и частоту вращения гребного винта, умно-

женную на число его лопастей[1], не менее чем на 50 и 30 % соответственно;

.4 для пластин и для набора корпуса в районе машинного отделения — частоту вращения коленчатого вала и удвоенную частоту вращения коленчатого вала главных и вспомогательных двигателей, не менее чем на 50 и 30 % соответственно.

5.6.3 Уменьшение разности частот по сравнению с регламентируемой 5.6.2 может быть разрешено при условии представления обоснованных данных, показывающих, что амплитуды и напряжения при вибрации не будут превышать допускаемых (см. 5.6.4 и 5.6.5).

5.6.4 Допускаемые амплитуды вибрации в центре пластин корпуса и надстройки, не должны превышать значений, определяемых по формуле, мм:

$$A_д = k\,t\left(a/100t\right)^2, \qquad (5.6.4)$$

где k — коэффициент, равный:

для пластин, приваренных по контуру сплошным двусторонним швом или приклепанных к набору	2,90
для пластин, приваренных по контуру сплошным односторонним или прерывистым двусторонним швом	1,45

a — короткая сторона пластины, см;

t — толщина пластины, см.

5.6.5 Вибрация набора считается допустимой, если наибольшие напряжения, замеренные или вычисленные по замеренным амплитудам, не превосходят 20 МПа.

5.6.6 В местах установки фундаментов двигателей, креплений крыльевых устройств к корпусу и в районе действия пульсирующих давлений от винтов приварка пластин по опорному контуру должна выполняться сплошным двусторонним швом.

[1] Проверка производится только при числе лопастей гребного винта, меньшем пяти.

6 КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА СУДОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

6.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Область распространения

6.1.1 Требования настоящей главы распространяются на пассажирские, разъездные и грузовые суда на воздушной подушке (СВП) скегового и амфибийного типов классов «О-ПР», «О», «Р» и «Л», способные двигаться в режимах парения и плавания и соответствующих следующим условиям:

$$EI/\left(D_{\text{г}}'L\right) > 13\,; \qquad (6.1.1\text{-}1)$$

$$v/\sqrt{gL} < 2\,, \qquad (6.1.1\text{-}2)$$

где E — модуль нормальной упругости, кПа;

I — момент инерции поперечного сечения, вычисленный в предположении полного участия прочной надстройки в общем изгибе, м^4 (для СВП без прочной надстройки — момент инерции поперечного сечения корпуса);

g — ускорение свободного падения, м/с^2.

Остальные обозначения см. 6.1.10.

Для скеговых СВП требования настоящей главы распространяются на суда, отношения главных размерений которых соответствуют условиям:

$$L/H < 20\,; \qquad (6.1.1\text{-}3)$$

$$L/B = 3 \div 6\,; \qquad (6.1.1\text{-}4)$$

$$H/h_{\text{ск}} = 2 \div 3\,. \qquad (6.1.1\text{-}5)$$

6.1.2 Требования настоящей главы распространяется на СВП, выполненные из алюминиевых сплавов, соответствующих требованиям 4 ч. X Правил.

6.1.3 В настоящей главе рассматриваются возможные наиболее неблагоприятные случаи нагружения корпусов судов скегового и амфибийного типов. Конкретный объем расчетов для проектируемого судна (в частности, необходимость расчета общей поперечной прочности) определяется проектантом в зависимости от конструктивных особенностей судна.

В представляемых Речному Регистру материалах должны быть приведены обоснования достаточности принятого объема расчетов для оценки общей и местной прочности корпуса судна.

6.1.4 Расчетная высота волны для бассейнов разрядов «О-ПР», «О», «Р» и «Л» принимается в соответствии с табл. 2.1.2.

Расчетные скорости при движении СВП на волнении в режимах парения и плавания задаются техническим заданием на проектирование судна.

6.1.5 Головные суда должны быть испытаны в условиях, предусмотренных техническим заданием на проектирование, по программе, согласованной Речным Регистром.

Результаты испытаний должны быть представлены Речному Регистру.

6.1.6 Допускаемые по условиям прочности параметры волнения и соответствующие им скорости движения СВП в режимах парения и плавания уточняются на основании испытаний головного судна.

Обозначения и пояснения

6.1.7 Надстройкой в настоящей главе считается часть судна выше нижней кромки оконных вырезов, а при отсутствии последних — часть судна выше верхней палубы.

6.1.8 Под перегрузкой понимается отношение суммарного вертикального ускорения в рассматриваемой точке корпуса СВП к ускорению свободного падения.

6.1.9 В настоящем разделе приняты следующие обозначения:

L — длина судна по конструктивной ватерлинии в водоизмещающем положении, м;

B — ширина судна в сечении по мидель-шпангоуту по конструктивной ватерлинии, м;

H — высота борта в сечении по мидель-шпангоуту, измеренная от нижней кромки скегов (при отсутствии последних — от днища) до линии надстройки, определяемой в соответствии с 6.1.7, а для судна без надстройки — до верхней палубы, м;

T — осадка судна в водоизмещающем положении, измеренная от нижней кромки скегов (при отсутствии последних — от днища) до конструктивной ватерлинии, м;

$D'_г$ — водоизмещение судна в полном грузу, т;

$D'_{ск}$ — суммарное водоизмещение скегов, соответствующее расчетному водоизмещению судна D', т;

$b_{ск}$ — ширина скега на уровне днища при $D'_{ск} \le D'$, и на уровне конструктивной ватерлинии при $D'_{ск} > D'$, м;

$h_{ск}$ — высота скега, м;

l_0 — отстояние центра тяжести судна от кормового перпендикуляра, м;

v — расчетная скорость судна в режиме парения на тихой воде, м/с;

$L_{вп}$ — длина воздушной подушки, м;

$F_{вп}$ — площадь воздушной подушки, м^2;

$p_{вп}$ — давление в воздушной подушке при нормальных условиях эксплуатации СВП, МПа.

6.2 РАСЧЕТЫ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ

Расчетные нагрузки при общем изгибе и скручивании

6.2.1 Расчетные нагрузки, вызывающие общий изгиб и скручивание корпуса СВП, определяются для следующих условий:

.1 движение в режиме парения на расчетном волнении;

.2 движение в режиме плавания на расчетном волнении;

.3 выход на берег (постановка на опоры);

.4 подъем краном.

6.2.2 Для условий, указанных в 6.2.1, должны быть рассмотрены наиболее неблагоприятные возможные случаи нагрузки, зависящие от конструктивных и эксплуатационных особенностей СВП.

6.2.3 Расчетные нагрузки, вызывающие общий изгиб и скручивание корпуса СВП, определяются по наибольшим перегрузкам, измеренным в центре тяжести судна G (рис. 6.2.5). Значения перегрузок при движении СВП на волнении должны определяться по результатам модельных испытаний проектируемого судна или по прототипу (раздельно для каждого режима движения и каждого вида общей деформации корпуса).

Значения перегрузок в других точках определяются по формуле

$$n = \left\{1 + \mu_1\left[(x_1 - x_g)(x - x_g)\Big/\rho_1^2 + y_1 y\Big/\rho_2^2\right] + \mu_2\left[(x_2 - x_g)(x - x_g)\Big/\rho_1^2 + y_2 y\Big/\rho_2^2\right]\right\} n_g, \qquad (6.2.3\text{-}1)$$

где μ_1, μ_2 — коэффициенты, определяемые по табл. 6.2.5;

x_1, x_2, y_1, y_2 — координаты внешних сил в соответствии с рис. 6.2.5;

x_g — абсцисса центра тяжести судна;

x, y — координаты точки, в которой вычисляется перегрузка;

ρ_1 — радиус инерции массы судна относительно поперечной оси, проходящей через центр тяжести, м;

ρ_2 — радиус инерции массы судна относительно продольной оси, проходящей через центр тяжести, м;

n_g — перегрузка в центре тяжести судна.

При отсутствии данных необходимую для расчетов продольной прочности перегрузку в центре тяжести СВП при движении в режиме парения на начальных стадиях проектирования следует определять по формуле

$$n_g = 1 + \left(0,085\sqrt{h} + 0,04\right) v \Big/ \sqrt[3]{D'}. \quad (6.2.3\text{-}2)$$

6.2.4 Значения перегрузок уточняются при испытаниях головного судна в соответствии с 6.1.5 с последующей корректировкой расчетов прочности исходя из фактических величин перегрузок.

6.2.5 Схема приложения и расчетные соотношения внешних сил при движении СВП на волнении в режимах парения и плавания принимаются в соответствии с рис. 6.2.5 и табл. 6.2.5.

Значения внешних сил принимаются равными, кН:

$$P_1 = 9,81\mu_1 D' n_g; \quad (6.2.5\text{-}1)$$

$$P_2 = 9,81\mu_2 D' n_g. \quad (6.2.5\text{-}2)$$

6.2.6 Расчетные нагрузки при постановке СВП на опоры и подъеме краном определяются исходя из принятой схемы размещения опор и рымов. При этом должны учитываться возможность посадки судна на опоры с непогашенной вертикальной скоростью, а также динамичность приложения нагрузок при подъеме краном. Коэффициент перегрузки n_g принимается равным 1,25.

Схема размещения опор и рымов должна приниматься такой, чтобы изгибающие моменты в сечениях СВП не превосходили значений, соответствующих эксплуатационным случаям нагрузки.

6.2.7 Суммарные изгибающие моменты M и перерезывающие силы N при продольном изгибе СВП должны вычисляться интегрированием кривой расчетной нагрузки, представляющей собой разность сил веса $g(x)$, умноженных на коэффициент перегрузки n_g в центре рассматриваемой поперечной шпации, и сил поддержания, вычисленных в соответствии с 6.2.3 – 6.2.6.

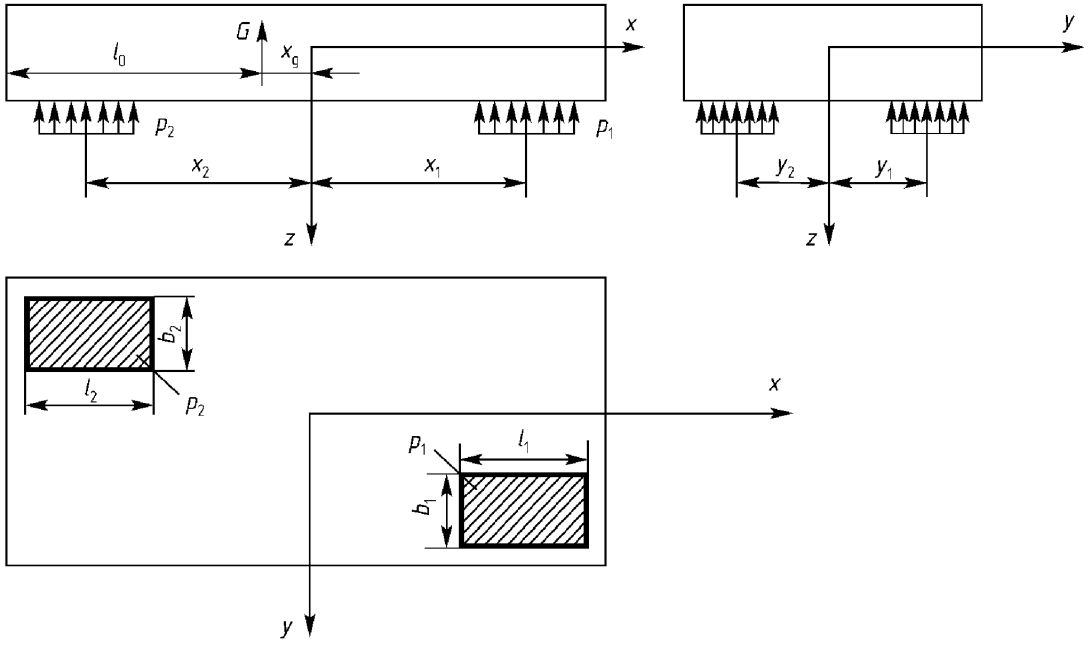


Рис. 6.2.5. Зоны приложения внешних сил

Таблица 6.2.5

Значения параметров зон приложения внешних сил при ходе на волнении в различных режимах

Характеристика	Параметры зон приложения внешних сил при ходе на волнении в режиме							
	парения				плавания			
	продольный изгиб		поперечный изгиб	скручивание	продольный изгиб		поперечный изгиб	скручивание
	прогиб	перегиб	прогиб		прогиб	перегиб	прогиб	
l_1	$0{,}2L$	$0{,}4L$	$2l_0$	$0{,}2L$	$0{,}2L$	$0{,}4L$	$2l_0$	$0{,}2L$
l_2	$2l_0$	$2l_0$	$2l_0$	$2l_0$	$0{,}2L$	0	$2l_0$	$0{,}2L$
b_1	B	B	ε_1	ε_1	B	B	ε_1	ε_1
b_2	B	B	B	B	B	0	ε_1	ε_1
x_1	$0{,}4L$	x_g	x_g	$0{,}4L$	$0{,}4L$	x_g	x_g	$0{,}4L$
x_2	x_g	x_g	x_g	x_g	$-0{,}4L$	0	x_g	$-0{,}4L$
y_1	0	0	ε_2	ε_2	0	0	ε_2	ε_2
y_2	0	0	0	0	0	0	$-\varepsilon_2$	ε_2
μ_1	$(n_g-1)/n_g$	$(n_g-1)/n_g$	$(n_g-1)/n_g$	$(n_g-1)/n_g$	2/3	1	1/2	2/3
μ_2	$1/n_g$	$1/n_g$	$1/n_g$	$1/n_g$	1/3	0	1/2	1/3

Примечание. Для СВП амфибийного типа $\varepsilon_1 = 0{,}2B$; $\varepsilon_2 = 0{,}4B$; для СВП скегового типа $\varepsilon_1 = b_{ск}$; $\varepsilon_2 = 0{,}5(B-b_{ск})$.

6.2.8 Суммарный изгибающий момент на миделе СВП при продольном изгибе на начальных стадиях проектирования следует определять по формулам, кН·м:

.1 при движении в режиме парения судов амфибийного и скегового типов

$$M_0 = 9{,}81\left[k_{тв} \pm 0{,}5(0{,}15 \pm k_{тв})(n_g - 1)\right] D'L; \quad (6.2.8.1)$$

.2 при движении в водоизмещающем режиме судов амфибийного типа

$$M_0 = \pm 4{,}9\left(0{,}15 \pm k_{тв}\right) DLn_g; \quad (6.2.8.2)$$

.3 при движении в водоизмещающем режиме судов скегового типа

$$M_0 = 9{,}81\left[k_{тв} \pm 0{,}5\left(0{,}15 \pm k_{тв}\right)\left(n_g + D'_{ск}/D'\right)\right] \times$$
$$\times D'L \pm 50 b_{ск}\left(0{,}1L\right)^2 h, \quad (6.2.8.3)$$

где $k_{тв} = M_{тв}/\left(9{,}81D'L\right)$ — коэффициент продольного изгибающего момента на тихой воде (с учетом знака);

$M_{тв}$ — продольный изгибающий момент на тихой воде, вычисленный с учетом предписания 2.2.1.

n_g — определяется по формуле (6.2.3-2).

Знак (+) в формулах (6.2.8.1), (6.2.8.2) и (6.2.8.3) соответствует перегибу.

Коэффициент n_g в формулах (6.2.8.2) и (6.2.8.3) определяется по прототипу или по результатам модельных испытаний.

Максимальная перерезывающая сила

$$N_0 = 4M_0/L \ . \quad (6.2.8.4)$$

Расчетные значения суммарных изгибающих моментов и перерезывающих сил в сечениях судна в этом случае принимаются по рис. 6.2.8.

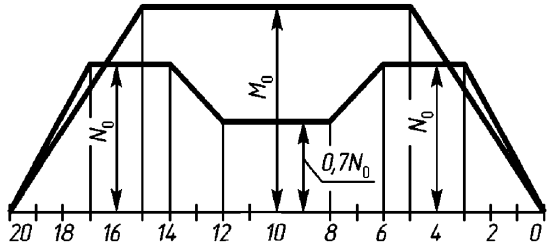


Рис. 6.2.8. Распределение изгибающих моментов и перерезывающих сил по длине судна

6.2.9 Изгибающие моменты M' и перерезывающие силы N' при поперечном изгибе вычисляются интегрированием кривой расчетной нагрузки, представляющей собой разность сил веса $g(y)$, умноженных на коэффициент перегрузки в центре рассматриваемой продольной шпации, и сил поддержания, вычисленных в соответствии с 6.2.3 – 6.2.6.

6.2.10 Суммарный изгибающий момент в диаметральной плоскости СВП при поперечном изгибе на начальных стадиях проектирования следует определять по формулам, кН·м:

.1 при движении в режиме парения судов амфибийного и скегового типов

$$M_0' = 9,81\left[k'_{\text{тв}} - 0,5\left(0,15 - k'_{\text{тв}}\right)\left(n'_{\text{g}} - 1\right)\right] D'B; \quad (6.2.10.1)$$

.2 при движении в водоизмещающем режиме СВП амфибийного типа

$$M_0' = -4,9\left(0,15 - k'_{\text{тв}}\right) D'Bn'_{\text{g}}; \quad (6.2.10.2)$$

.3 при движении в водоизмещающем режиме СВП скегового типа

$$M_0' = -4,9\left(0,25 - 0,5b_{\text{ск}}/B - k'_{\text{тв}}\right) D'Bn'_{\text{g}}, \quad (6.2.10.3)$$

где $k'_{\text{тв}} = M_{\text{тв}}/\left(9,81D'L\right)$ — коэффициент поперечного изгибающего момента на тихой воде (с учетом знака).

$M_{\text{тв}}$ — поперечный изгибающий момент, вычисленный с учетом предписания 2.2.1, в котором вместо слова «продольный» нужно читать «поперечный».

Коэффициент n_{g}' в формулах (6.2.10.1), (6.2.10.2) и (6.2.10.3) определяется по прототипу или по результатам модельных испытаний.

Максимальная перерезывающая сила вычисляется по формуле, кН,

$$N_0' = 4M_0'/B. \quad (6.2.10.4)$$

6.2.11 Внешние скручивающие моменты $M_{\text{скр}}$, кН·м, вычисляются интегрированием расчетной кривой интенсивности скручивающего момента. Последняя представляет собой алгебраическую сумму интенсивности момента m_1 от силы поддержания P_1, интенсивности момента m_2 от силы поддержания P_2 и погонного момента m_3 от сил инерции масс судна относительно продольной оси вращения. При этом:

$$m_1 = 9,81\mu_1 D'n_g y_1/l_1; \quad (6.2.11\text{-}1)$$

$$m_2 = 9,81\mu_2 D'n_g y_2/l_2; \quad (6.2.11\text{-}2)$$

$$m_3 = -g(x)\left(\mu_1 y_1 + \mu_2 y_2\right). \quad (6.2.11\text{-}3)$$

Значения интенсивности моментов m_1 и m_2 по длине судна принимаются в соответствии с рис. 6.2.5 и табл. 6.2.5. Значение интенсивности момента m_3 принимается по всей длине судна.

6.2.12 При прочностных натурных испытаниях на волне головного судна в соответствии с 6.1.6 следует уточнить суммарный изгибающий момент на мидель-шпангоуте СВП при продольном изгибе.

В том случае, если найденное значение больше вычисленного в соответствии с 6.2.8, расчеты прочности, конструкцию и размеры связей корпуса серийных судов следует откорректировать в соответствии с продольным изгибающим моментом СВП на мидель-шпангоуте, полученным при прочностных натурных испытаниях.

Расчетные местные нагрузки

6.2.13 Местная нагрузка на днище и скеги СВП определяется для следующих случаев:

.1 давление в воздушной подушке (при отсутствии контакта конструкции с водой);

.2 удар конструкций о воду;

.3 гидростатическое давление (при плавании судна в водоизмещающем положении);

.4 постановка на опоры.

6.2.14 Распределение давлений воздушной подушки на днище по длине СВП при отсутствии контакта с водой принимается в соответствии с рис. 6.2.14. Давление по ширине днища следует считать равномерно распределенным.

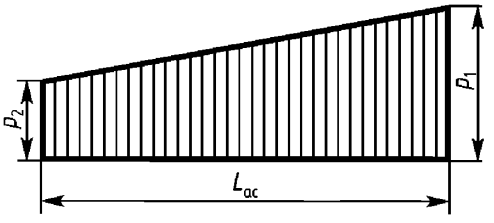


Рис. 6.2.14. Распределение давлений воздушной подушки на днище по длине СВП при отсутствии контакта с водой

Ординаты эпюры давлений равны:

$$p_1 = 9{,}81 \times 2D'n_g / F_{вп}; \qquad (6.2.14\text{-}1)$$

$$p_2 = 9{,}81\, D'n_g / F_{вп}. \qquad (6.2.14\text{-}2)$$

Значение расчетного давления должно быть не меньше увеличенного на 30 % давления, создаваемого вентиляторной установкой при нулевом расходе воздуха.

6.2.15 Распределение давлений по длине при плоском ударе днищем о волну принимается в соответствии с рис. 6.2.15. Давление по ширине судна следует считать равномерно распределенным.

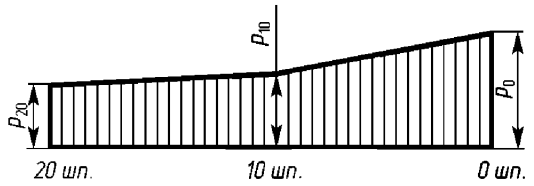


Рис. 6.2.15. Распределение давлений по длине при плоском ударе днищем о волну

Значения давлений, действующих на конструкции в процессе удара, принимаются равными, кПа:

$$p_0 = 9{,}81kD'n_g/(0{,}3LB); \qquad (6.2.15\text{-}1)$$

$$p_{10} = 9{,}81kD'n_g/(0{,}4LB); \qquad (6.2.15\text{-}2)$$

$$p_{20} = 9{,}81kD'n_g/(0{,}4LB) \qquad (6.2.15\text{-}3)$$

где k — коэффициент неравномерности, равный:

при расчете перекрытий	1
при расчете продольных балок и пластин в районе 0 – 10 шп.	3
при расчете продольных балок и пластин в районе 20 шп.	1,25

6.2.16 Гидростатическое давление принимается равным, кПа:

на днище

$$p = 9{,}81(T + 0{,}5h - h_{ск}); \qquad (6.2.16\text{-}1)$$

на скеги и борта

$$p = 9{,}81(T + 0{,}5h - z), \qquad (6.2.16\text{-}2)$$

где h — высота расчетной волны, м;

z — расстояние по высоте от основной плоскости до рассматриваемой точки поверхности скега или борта, м.

6.2.17 Местные нагрузки на днище и скеги при постановке на опоры определяются в соответствии с 6.2.6.

6.2.18 Давление воздушной подушки на внутренние поверхности скегов принимается равномерно распределенным по высоте. Давление воздушной подушки следует считать распределенным по длине СВП в соответствии с рис. 6.2.14.

6.2.19 Расчетная нагрузка для палуб принимается равной, кПа:

.1 для участков палуб, на которых возможно скопление пассажиров или команды, — 5,0;

.2 для палуб в районе расположения кресел для пассажиров — 3,5;

.3 для пластин и продольных балок палуб надстроек — 3,0;

.4 для бимсов палуб надстроек — 1,0.

6.2.20 Расчетная равномерно распределенная нагрузка на лобовые стенки и окна надстройки первого яруса принимается равной, кПа, для бассейна разряда:

«О-ПР», «О»	20
«Р»	10
«Л»	5

Для бортовых стенок и окон надстройки первого яруса расчетная равномерно распределенная нагрузка принимается равной 3,0 кПа.

6.2.21 Расчетные нагрузки на конструкции, ограничивающие цистерны и водонепроницаемые отсеки, принимаются в соответствии с требованиями 2.2.

6.2.22 Расчетная нагрузка на водонепроницаемые переборки принимается распределенной по высоте переборки по треугольнику с максимальным напором на уровне основной плоскости, равным расстоянию от основной плоскости судна до палубы переборок; при отсутствии палубы переборок — удвоенной осадке СВП в водоизмещающем положении.

6.2.23 В качестве расчетной нагрузки на грузовые палубы принимается давление груза (с учетом возможной неравномерности), умноженное на коэффициент пере-

грузки в рассматриваемой точке. При перевозке техники (колесной или гусеничной) нагрузки на палубу определяются исходя из распределения нагрузок по осям, количества и площади отпечатков колес, размеров опорной поверхности гусениц с учетом реального размещения техники в грузовом помещении и перегрузок судна при движении на волнении.

Расчеты общей прочности

6.2.24 Общая прочность корпуса судна должна проверяться по нормальным и касательным напряжениям. При продольном изгибе должна выполняться также проверка по суммарным напряжениям и по предельным изгибающим моментам.

6.2.25 Проверка общей продольной прочности должна выполняться для наиболее неблагоприятных случаев расчетной нагрузки, соответствующих максимальному прогибу и максимальному перегибу корпуса. При этом должны быть рассмотрены наиболее характерные в отношении прочности сечения корпуса: в районах действия максимальных изгибающих моментов и перерезывающих сил, а также скручивающих моментов, в местах вырезов. Число проверяемых сечений принимается в зависимости от конструктивных особенностей проектируемого судна и должно быть обосновано в представляемых Речному Регистру расчетах прочности.

6.2.26 Включение связей в эквивалентный брус при расчете продольной прочности должно производиться в соответствии с 2.2.33. Площадь сечения горизонтальных перекрытий надстройки при отношении длины надстройки к ширине перекрытия меньше пяти должна вводиться в эквивалентный брус с редукционным коэффициентом φ_r, учитывающим неравномерность распределения нормальных напряжений по ширине и определяемым по табл. 6.2.26, в которой:

B_1 — ширина перекрытия, м;

$l_н$ — расчетная длина (расстояние между концевыми переборками) надстройки, м.

Таблица 6.2.26

Значения редукционного коэффициента φ_r

$B_1/l_н$	φ_r	$B_1/l_н$	φ_r
0,2	1,00	0,5	0,66
0,3	0,83	0,6	0,58
0,4	0,74	0,7	0,52

6.2.27 Должна быть проверена устойчивость перекрытий в целом и отдельных их элементов (балок набора и пластин) в соответствии с 6.2.5. Жесткие части пластин, прилегающие к продольным балкам с каждой стороны, принимаются равными:

0,25 ширины при $b/t \le 80$

$20t$ при $b/t > 80$.

6.2.28 Напряжения в поперечных сечениях СВП с прочной надстройкой вычисляются с учетом участия надстройки в общем изгибе. Если надстройка клепаная, а корпус сварной, площадь сечения связей надстройки должна вводиться в эквивалентный брус с коэффициентом 0,9.

6.2.29 Нормальные напряжения в поперечных сечениях корпуса от стесненного скручивания не учитываются.

6.2.30 Расчетные суммарные значения нормальных и касательных напряжений в междуоконных перемычках прочной надстройки определяются по формулам:

$$\sigma_0 = \sigma_0^{скр} + \sigma_0^{изг}; \qquad (6.2.30\text{-}1)$$

$$\tau_0 = \tau_0^{скр} + \tau_0^{изг}, \qquad (6.2.30\text{-}2)$$

где $\sigma_0^{скр}$, $\tau_0^{скр}$ — нормальные и касательные напряжения в междуоконных перемычках, вызванные скручиванием судна, МПа;

$\sigma_0^{изг}$, $\tau_0^{изг}$ — нормальные и касательные напряжения в междуоконных перемычках, вызванные общим продольным изгибом судна, МПа.

6.2.31 Расчетные суммарные касательные напряжения в поперечных сечениях корпуса принимаются равными

$$\tau = \tau^{скр} + \tau^{изг}, \qquad (6.2.31)$$

где $\tau^{скр}$ — касательные напряжения в корпусе от скручивания, МПа;

$\tau^{изг}$ — касательные напряжения в корпусе от общего продольного изгиба, МПа.

6.2.32 Для обеспечения общей предельной прочности судна должно выполняться условие

$$M_{пр} \geq kM_{р}, \qquad (6.2.32)$$

где $M_{р}$ — изгибающий момент при продольном изгибе или перегибе, кН·м;

$M_{пр}$ — предельный изгибающий момент, кН·м;

k — коэффициент запаса прочности по предельному моменту, принимаемый равным 1,5.

6.2.33 При движении в режиме плавания должна быть проверена общая продольная прочность по суммарным напряжениям общего и местного изгиба в связях днища и скегов. Местная нагрузка при этом принимается с учетом указаний 6.2.16.

Для судов, перевозящих грузы, такая проверка должна быть выполнена и для грузовой палубы (платформы) при движении СВП как в режиме парения, так и в режиме плавания. Местная нагрузка в последнем случае определяется в соответствии с 6.2.23.

6.2.34 Объем и характер расчетов общей поперечной прочности определяются в зависимости от конструктивных особенностей проектируемого судна.

Расчеты местной прочности

6.2.35 При расчетах местной прочности погибь бимсов, составляющая не более 10 % ширины перекрытия, в расчете допускается не учитывать.

6.2.36 Для балок, непосредственно соединяющихся с обшивкой, ширина присоединенного пояска d принимается равной, см:

.1 при расчете холостого набора, а также рамных связей, расположенных перпендикулярно холостому набору,

$$d = 0,5b \text{ при } b/t \leq 80; \qquad (6.2.36.1\text{-}1)$$

$$d = 40t \text{ при } b/t > 80; \qquad (6.2.36.1\text{-}2)$$

.2 при расчете рамных связей одного направления с холостым набором

$$d = 0,5A \text{ при } b/t \leq 80; \qquad (6.2.36.2\text{-}1)$$

$$d = 40tA/b \text{ при } b/t > 80; \qquad (6.2.36.2\text{-}2)$$

где b — расстояние между холостыми одноименными балками, см;

A — расстояние между одноименными рамными связями, см.

В состав присоединенного пояска должны быть включены ребра жесткости одного направления с рамными связями, расположенные на ширине пояска.

Для рамных связей, идущих поверх холостых ребер жесткости (навесная конструкция набора), ширина присоединенного пояска принимается равной нулю.

Во всех случаях ширина присоединенного пояска не должна превышать 1/6 длины расчетного пролета балки.

Расчеты устойчивости

6.2.37 При расчете устойчивости балок набора для определения площади их сечения ширина присоединенных поясков принимается равной среднему расстоянию между одноименными балками, а при определении моментов инерции поперечного сечения балок ширина присоединенного пояска принимается в соответствии с 6.2.36.

6.2.38 Исправленные (критические) эйлеровы нормальные напряжения ребер жесткости должны соответствовать условию

$$\sigma_{кр} \geq 1,5\sigma. \qquad (6.2.38)$$

6.2.39 Эйлеровы касательные напряжения в пластине обшивки борта, стенок надстроек и переборок, участвующих в общем изгибе, должны соответствовать условию

$$\tau_{э} \geq 1,5\tau. \qquad (6.2.39)$$

6.2.40 Устойчивость рамных связей сжатых перекрытий определяется необходимой жесткостью поперечных рамных связей, при которой перекрытие выдерживает заданное сжимающее напряжение.

6.2.41 Устойчивость изолированно работающих связей (пиллерсов, раскосов и т. п.) должна быть обеспечена с коэффициентом запаса по отношению к расчетным напряжениям, равным двум.

Допускаемые напряжения

6.2.42 Допускаемые напряжения $\sigma_д$ и $\tau_д$ при расчетах общей и местной прочности корпуса СВП принимаются в соответствии с табл. 6.2.42 в долях от опасных напряжений.

6.2.43 Опасные нормальные напряжения принимаются равными:

при растяжении $\sigma_0 = kR_{p0,2}$;

при сжатии $\sigma_0 = \sigma_{кр}$,

где $R_{p0,2}$ — условный предел текучести материала, МПа, соответствующий остаточной деформации 0,2 %;

Таблица 6.2.42

Допускаемые напряжения для корпуса СВП

Наименование и характеристика связей корпуса	Характеристика расчетных напряжений от нагрузок	Допускаемые напряжения в долях от опасных
Связи корпуса и прочной надстройки, участвующие в общем продольном или общем поперечном изгибе (включая междуоконные перемычки прочной надстройки)	Нормальные и касательные напряжения от общего продольного или поперечного изгиба	0,50
	Нормальные и касательные суммарные напряжения от общего продольного изгиба и скручивания	0,70
Рамные связи корпуса, участвующие в общем продольном изгибе и несущие местную нагрузку (связи грузовой палубы и днища)	Суммарные нормальные и касательные напряжения от общего изгиба и изгиба перекрытий или отдельных рамных связей:	
	в пролете	0,75
	на опоре	0,90
Холостые связи корпуса, участвующие в общем продольном изгибе и несущие местную нагрузку (связи грузовой палубы, днища и скегов)	Суммарные нормальные и касательные напряжения от общего изгиба, местного изгиба перекрытия (если оно имеет место) и местного изгиба ребра:	
	в пролете	0,80
	на опоре	0,90
Обшивка корпуса и надстройки, листы переборок и цистерны	Нормальные напряжения от местной нагрузки:	
	в пролете	0,85
	на опоре	0,95
Рамный набор корпуса и надстройки, не участвующий в общем изгибе	Нормальные и касательные напряжения от местной нагрузки:	
	в пролете	0,75
	на опоре	0,90
Холостой набор корпуса и надстройки, не участвующий в общем изгибе	То же:	
	в пролете	0,80
	на опоре	0,90
Рамные связи переборок и цистерн	То же:	
	в пролете	0,80
	на опоре	0,95
Холостые связи переборок и цистерн	То же:	
	в пролете	0,85
	на опоре	0,95
Пиллерсы и раскосы, проверяемые на устойчивость	Нормальные напряжения от местной нагрузки:	
	для изолированно работающих связей	0,50
	для пересекающихся раскосов	0,75 (но не более $0,5R_{p0,2}$)

$\sigma_{кр}$ — критические напряжения ребра жесткости, вычисленные с учетом поправки на изменение модуля нормальной упругости, МПа;

k — коэффициент, принимаемый равным для конструкций:

	при толщине соединяемых элементов, t, мм	k
клепаных	любой	0,9
сварных	$2 \le t < 3$	0,6
	$3 \le t < 4$	0,7
	$t \ge 4$	0,8

Опасные касательные напряжения τ_0 принимаются равными 0,57 опасных нормальных напряжений σ_0, действующих в данном сечении.

6.3 КОНСТРУИРОВАНИЕ КОРПУСА

6.3.1 Толщины связей корпуса должны быть не менее установленных табл. 6.3.1.

6.3.2 Листы наружной обшивки в районе установки фундаментов под двигатели, в местах крепления кронштейнов гребных валов и водометов, а также листы, подвергающиеся усиленному механическому износу, утолщаются не менее чем на 40 %.

6.3.3 Расстояние между холостыми ребрами набора (шпация) не должно превышать 300 мм при толщине обшивки менее 3 мм и 400 мм в остальных случаях.

6.3.4 Расстояние между рамными шпангоутами не должно превышать 1200 мм при шпации до 300 мм и 1500 мм в остальных случаях.

6.3.5 Расстояние между кильсонами, а также между кильсоном и бортом или продольной переборкой не должно превышать 1500 мм на судах без двойного дна и 2000 мм на судах с двойным дном.

6.3.6 В районе нижней кромки скег должен усиливаться путем утолщения обшивки или постановки специального подкрепления. Толщина усиления должна быть не менее удвоенной толщины обшивки скега. На судах, предназначенных для эксплуатации только в пресной воде, допускается постановка стальных подкрепляющих накладок.

6.3.7 Следует принимать меры по увеличению жесткости палубы в районе возможного скопления пассажиров при посадке. Толщина палубы в этом районе должна быть не менее 3 мм.

6.3.8 При наличии часто расположенных оконных вырезов в надстройке в ее стенках должно быть предусмотрено два крайних сплошных участка (носовой и кормовой). Длина каждого из этих участков должна превышать высоту оконных вырезов не менее чем на 20 %.

6.4 ВИБРАЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ И НОРМЫ ВИБРАЦИИ КОРПУСА

Общие требования

6.4.1 Расчет вибрации сводится к проверке отсутствия резонанса путем опреде-

Таблица 6.3.1

Минимальные толщины связей элементов корпуса СВП

Наименование связи	Минимальная толщина, мм, при длине L, м							
	$L \le 20$*			$20 < L \le 40$			$L > 40$	
	судна класса							
	«О-ПР», «О»	«Р»	«Л»	«О-ПР», «О»	«Р»	«Л»	«О-ПР», «О»	«Р»
Обшивка днища	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	3,5	3,0
Обшивка борта	2,5	2,0	1,5	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5
Настил палубы корпуса, обшивка переборок	2,0	1,5	1,5	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5
Обшивка скега	3,0	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0	5,0	4,5
Обшивка ресивера	1,5	1,0	1,0	2,0	1,5	1,5	3,0	2,5
Обшивка надстройки	1,0	0,8	0,8	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5

* СВП не относятся к маломерным судам

ления частот свободных колебаний и сравнивания их с частотами возмущающих сил, вызываемых работой судовых технических средств и движительного комплекса.

Проверке подлежат:

.1 общие вертикальные колебания корпуса для расчетных случаев нагрузки судна в полном грузу и порожнем;

.2 местные колебания набора, ребер жесткости и пластин наружной обшивки, палуб и переборок.

6.4.2 Проверка местных колебаний обязательна для следующих районов:

.1 днища в районе движительного комплекса;

.2 днища в районе установки двигателей и вентиляторов.

Расчеты общей и местной вибрации

6.4.3 В расчетах общей вибрации определяются частоты свободных колебаний корпуса первого, второго и высших тонов для судна в режиме плавания и в режиме парения на основании методик, разработанных в соответствии с требованиями Правил и согласованных Речным Регистром. Эти частоты должны отличаться от частот возмущающих сил при основных эксплуатационных режимах, численно равных:

.1 частоте вращения ротора движителя;

.2 частоте вращения ротора движителя, умноженной на число его лопаток;

.3 частоте вращения коленчатого вала двигателя;

.4 частоте вращения коленчатого вала двигателя, умноженной на число вспышек за один оборот коленчатого вала;

.5 частоте вращения вентилятора, умноженной на число его лопастей.

6.4.4 Принятое проектантом отличие частот должно быть обосновано расчетом, показывающим, что амплитуды общей вибрации не превышают допускаемые (см. 6.4.13).

6.4.5 Частота свободных колебаний корпуса первого, второго и высших тонов должна уточняться экспериментально на головном судне.

6.4.6 Для предотвращения резонанса частоты свободных колебаний первых тонов отдельных конструкций корпуса должны превышать частоты возмущающих сил на основных эксплуатационных режимах (при ходе судна в режиме парения и в режиме плавания):

.1 для пластин и ребер жесткости днища корпуса в кормовой оконечности — частоту вращения ротора движителя не менее чем на 50 и 30 % соответственно;

.2 для пластин и ребер жесткости в районе установки главных двигателей — частоту вращения коленчатого вала и удвоенную частоту вращения коленчатого вала главных двигателей не менее чем на 50 и 30 % соответственно.

6.4.7 Частоты свободных колебаний пластин и ребер жесткости должны отличаться от частот возмущающих сил, численно равных:

.1 в кормовой оконечности — произведению частоты вращения ротора движителя на число его лопаток;

.2 в районе установки главных двигателей — произведению частоты вращения коленчатого вала двигателя на число вспышек за один оборот коленчатого вала;

.3 в районе установки вентиляторов — произведению частоты вращения вентилятора на число его лопаток.

6.4.8 Принятое проектантом отличие частот свободных колебаний от частот возмущающих сил (см. 6.4.7) должно быть обосновано расчетом вынужденной вибрации, подтверждающим, что амплитуды при вибрации не будут превышать допускаемые значения (см. 6.4.14).

6.4.9 Частота свободных колебаний пластин, Гц, опертых на рамный набор и не подкрепленных промежуточным холостым набором или ребрами жесткости, может вычисляться по формулам (2.6.10), (2.6.11-1), (2.6.11-2).

6.4.10 Частота свободных колебаний пластин, Гц, опертых на рамный набор и подкрепленных промежуточным холостым набором или ребрами жесткости, определяется по формулам (2.6.12) – (2.6.13-2).

6.4.11 Частота свободных колебаний, Гц, промежуточного холостого набора или ребер жесткости, определяемая без взаимодействия их с пластиной, вычисляется по формуле (2.6.14).

6.4.12 При испытании головных судов в соответствии с 6.1.5 должно быть предусмотрено экспериментальное определение возмущающих периодических сил от движителей, двигателей, вентиляторов, сил динамического взаимодействия с волнами и т. п. и районов их распространения по методикам, разработанным в соответствии с требованиями Правил и согласованным Речным Регистром. Результаты испытаний должны быть представлены Речному Регистру.

Нормы вибрации

6.4.13 Допускаемые амплитуды вибрации кормовой оконечности не должны превышать значений, рассчитываемых по формуле (2.6.25.1).

6.4.14 Допускаемые амплитуды вибрации в центре пластин корпуса и надстройки не должны превышать значений, определяемых по формуле, мм,

$$A_д = k\left(a/100t\right)^2 t, \qquad (6.4.14)$$

где k — коэффициент, равный:

для пластин, приваренных по контуру сплошным двусторонним швом или приклепанных к набору	2,90
для пластин, приваренных по контуру сплошным односторонним или прерывистым двусторонним швом	1,45

a — короткая сторона пластины, см.

t — толщина пластины, см.

6.4.15 Вибрация набора считается допустимой, если наибольшие напряжения, замеренные или вычисленные по замеренным амплитудам, не превосходят 20 МПа.

6.5 ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ И НОРМЫ ПРОЧНОСТИ ГИБКИХ ОГРАЖДЕНИЙ ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКИ

6.5.1 Установленные в настоящей главе требования относятся к гибким ограждениям воздушной подушки (ГО) амфибийных и скеговых СВП внутреннего плавания, изготовленным из резинотканевых материалов, на которые имеются документы о соответствии Правилам, с применением клеепрошивных, болтовых и заклепочных соединений.

6.5.2 Выбор размеров, конструкции, типа соединений и узлов ГО должен производиться на начальных стадиях проектирования СВП в соответствии с техническим заданием, а также с учетом опыта проектирования и эксплуатации аналогичных судов и данных о физико-механических характеристиках материалов ГО, представленных изготовителем этих материалов и полученных на основании лабораторных исследований.

6.5.3 Для конструкций ГО, отличающихся принципиальной новизной технических решений, выбором материалов или предполагаемых условий эксплуатации, должны быть предусмотрены изготовление и испытания опытного комплекта ГО. Опытный комплект ГО должен пройти цикл испытаний на головном СВП в эксплуатационных условиях в пределах предусмотренного для ГО срока службы (ресурса) на основании методик, разработанных в соответствии с требованиями Правил, и согласованных Речным Регистром.

6.5.4 Конструкция ГО должна отвечать следующим требованиям:

.1 она должна обеспечивать устойчивую работу СВП в эксплуатационных условиях;

.2 металлические детали креплений ГО должны изготавливаться из антикоррозийных сплавов или иметь антикоррозийное покрытие;

.3 она должна быть доступной для обслуживания, монтажа, демонтажа и обеспечивать возможность замены или ремонта дефектных элементов и деталей вне заводских условий;

.4 форма и конструкция ГО в режиме парения над ровным экраном должны обеспечивать необходимую высоту воздушной подушки и заданные характеристики остойчивости СВП, а также не допускать непредусмотренных изгибных деформаций и утечек воздуха на стыках полотнищ и в узлах креплений монолита.

Расчеты и нормы прочности гибкого ограждения

Общие указания

6.5.5 Общая прочность основных элементов конструкции ГО должна быть проверена в соответствии с методами расчета натяжений в мягких оболочках, подверженных воздействию избыточного внутреннего давления. Методика расчета должна быть согласована Речным Регистром.

6.5.6 Условие прочности ГО определяется формулой:

$$T \le T_{\text{доп}} \ , \qquad (6.5.6)$$

где T — расчетное натяжение,

$T_{\text{доп}}$ — допускаемое натяжение в компонентах ГО.

6.5.7 Допускаемое натяжение в материале ГО на стадии проектирования СВП определяется по формуле:

$$T_{\text{доп}} = mR_{\text{eH}} \ , \qquad (6.5.7)$$

где R_{eH} — предел прочности материала ГО на разрыв, кН/см,

m — коэффициент уменьшения прочности материала вследствие технологических допусков при сборке ГО, износа и естественного старения материала в эксплуатации, который должен назначаться в соответствии с табл. 6.5.7.

6.5.8 На этапе проектирования ГО вводится коэффициент n увеличения динамических нагрузок относительно нагрузки в базовом расчетном случае, который должен назначаться в соответствии с табл. 6.5.7.

6.5.9 Основными расчетными случаями являются:

.1 парение СВП над горизонтальным экраном без хода и в отсутствии качки (базовый случай);

.2 взаимодействие с водной поверхностью при качке и режиме парения на ходу с размахом, равным высоте воздушной подушки:

$$2z = h_{\text{вп}} \ ;$$

.3 контакт с препятствиями, имеющими продольную и поперечную ориентацию относительно контура ГО в плане, в режиме парения.

6.5.10 Уточнение значений коэффициентов n и m производится с учетом результатов опытной эксплуатации ГО СВП.

Таблица 6.5.7

Значения коэффициентов n и m

Расчетный случай	Коэффициент	Значения коэффициентов для варианта ГО:			
		двухъярусный монолит	двухъярусный полумонолит	скеговый СВП	съемные элементы амфибийного СВП или надувные скеги
0. Парение СВП над горизонтальным экраном без хода и в отсутствии качки (базовый случай)	n	1	1	1	1
	m	0,2	0,2	0,2	0,09*
I. Взаимодействие с водной поверхностью при качке	n	2,4	2,4	3,5	2,4
	m	0,2	0,2	0,2	0,09*
II. Контакт с препятствием:					
поперечный	n	1,5	—	—	1,5
продольный	n	2,2	—	—	2,2
	m	0,2	0,2	—	0,09*

* Учтен дополнительный износ указанных компонентов ГО при контакте с грунтом.

Расчет прочности монолита (базовый случай)

6.5.11 Под монолитом понимается оболочка верхнего яруса двухъярусного ГО полного контура, замкнутая на корпус СВП посредством верхнего и нижнего креплений, а также надувной скег (баллон) в составе ГО соответствующих вариантов СВП.

6.5.12 Натяжения в наружной ветви оболочки монолита (на границе с окружающей атмосферой) $T_м$ в режиме парения без хода (базовый расчетный случай) определяются по формуле, кН/см:

$$T_м = 10^{-4} P_м r_н , \qquad (6.5.12)$$

где $P_м$ — давление в монолите (ресивере), кПа;

$r_н$ — радиус кривизны наружной ветви оболочки монолита, см.

Примечание. В соответствии с условиями равновесия оболочки монолита ГО, натяжения во внутренней ветви оболочки (на границе с полостью воздушной подушки) равны натяжениям в наружной ветви.

6.5.13 Максимальные натяжения в оболочке цилиндрических участков монолита $T_м^ц$ при движении СВП на волнении (расчетные случаи 1 и 2) определяются по формуле, кН/см:

$$T_м^ц = nP_м r_н \cdot 10^{-4} , \qquad (6.5.13)$$

где n — коэффициент увеличения давления, определяемый для каждого расчетного случая по результатам испытаний близкого прототипа, а при отсутствии прототипа определяемый в соответствии с табл. 6.5.7.

6.5.14 Максимальные натяжения в тороидальных участках оболочки монолита $T_м^{тор}$ (носовой секции и кормовых угловых секциях) определяются по формуле, кН/см:

$$T_м^{тор} = 1,5 \cdot 10^{-4} nP_м r_н . \qquad (6.5.14)$$

Расчет прочности полумонолита

6.5.15 Под полумонолитом понимается оболочка верхнего яруса двухъярусного ГО неполного контура, состыкованная с корпусом СВП посредством только верхнего крепления.

6.5.16 Натяжения в оболочке цилиндрических участков полумонолита $T_{пм}^ц$ определяются по формуле, кН/см:

$$T_{пм}^ц = nP_п r_н \cdot 10^{-4} , \qquad (6.5.16)$$

где $P_п$ — давление в полости воздушной подушки, кПа.

6.5.17 Максимальные напряжения в тороообразных участках оболочки монолита (носовой секции и кормовых угловых секциях) $T_{пм}^{тор}$ определяются по формуле, кН/см:

$$T_{пм}^{тор} = 1,5 \cdot 10^{-4} nP_п r_н . \qquad (6.5.17)$$

Расчет прочности съемного элемента

6.5.18 Натяжения в материале съемного элемента открытого типа $T_э$ определяются по формуле, кН/см:

$$T_э = nP_п r_э \cdot 10^{-4} , \qquad (6.5.18)$$

где $r_э$ — радиус кривизны наружной ветви горизонтального сечения элемента, см.

6.5.19 Натяжения в материале съемного элемента закрытого типа определяются по формулам для монолита.

7 КОНСТРУКЦИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КОРПУСА

7.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

7.1 Настоящий раздел устанавливает требования к материалам, конструкции, прочности и постройке железобетонных корпусов и надстроек.

7.2 Все материалы, применяемые для постройки судов, должны соответствовать требованиям ч. X Правил.

7.2 КОНСТРУИРОВАНИЕ КОРПУСА И НАДСТРОЙКИ

Общие требования

7.2.1 Корпуса железобетонных судов могут быть набраны по поперечной, продольной и смешанной системам набора.

Для плавучих объектов типа дебаркадеров и брандвахт длиной до 35 м допускается безнаборная (безребристая) конструкция корпуса с поперечными переборками, количество которых превосходит требуемое Правилами исходя из условий непотопляемости.

Допускается смешанная конструкция корпуса из ребристых и безребристых элементов. Последние следует применять для внутренних частей корпуса (например, переборок и платформ).

7.2.2 Корпуса железобетонных судов могут быть сборной, сборно-монолитной и монолитной конструкции.

7.2.3 Открытые участки палубы железобетонного судна должны иметь уклон, обеспечивающий сток воды за борт. Днище плавучих объектов длиной более 30 м в оконечностях следует поднимать выше грузовой ватерлинии.

7.2.4 Расположение непроницаемых переборок в корпусе судна должно обеспечивать его непотопляемость в соответствии с требованиями 4 ч. II Правил.

7.2.5 У плавучих объектов класса «Р» и «Л», переборки могут быть проницаемыми в месте соединения их с палубой, если для наиболее неблагоприятного случая затопления высота надводного борта составляет не менее 0,7 м. Указанное не распространяется на форпиковую и ахтерпиковую переборки, а также переборки машинного отделения, которые во всех случаях должны быть непроницаемо соединены с палубой.

7.2.6 Наружные части корпуса, подвергающиеся при эксплуатации ударам, должны быть защищены привальными брусьями, специальными отбойными устройствами или настилами.

Защитные конструкции корпуса должны передавать усилия от ударов на жесткие связи (переборки, балки набора или специальные местные подкрепления).

7.2.7 Поверхности, испытывающие интенсивное местное истирание (плиты наружной обшивки и палубы в районе якорных клюзов, комингсы грузовых люков должны быть облицованы металлом или другим защитным материалом.

7.2.8 Количество и расположение арматуры в элементах железобетонного корпуса следует назначать из условия обеспечения прочности и ограничения раскрытия трещин с соблюдением соответствующих конструктивных требований Правил.

7.2.9 Площадь поперечного сечения растянутой арматуры в процентах от площади геометрического сечения элемента должна составлять, %, не менее, для арматуры из стали класса:

A-I (A240)	0,5
A-II (A300)	0,4
A-III (A400)	0,3

7.2.10 Во всех элементах корпуса требуемую площадь поперечного сечения арматуры следует обеспечивать применением возможно большего числа стержней малого диаметра с соблюдением минимально допустимых расстояний между стержнями (см. 7.2.11). При этом диаметр стержней должен быть не менее 10 мм для продольной арматуры балок и 6 мм для сеток плит и хомутов и для арматуры, назначаемой из конструктивных соображений.

7.2.11 Расположение арматурных стержней в элементах корпуса должно соответствовать следующим требованиям:

.1 расстояние в свету между ближайшими параллельно расположенными стержнями должно быть не менее их наибольшего диаметра и не менее 20 мм;

.2 минимальное расстояние в свету между выступающими частями перепусков или накладок стыков и ближайшими параллельными стержнями арматуры должно составлять 10 мм и более;

.3 арматурные стержни не должны закрывать отверстия, через которые подается бетон в нижележащие части конструкции, более чем на 40 % их площади.

7.2.12 Арматура корпуса должна быть сварной и состоять из плоских сварных сеток или объемных сварных каркасов.

Вязаная арматура допускается при изготовлении монолитных частей корпуса, а также отдельных секций при условии, что их арматуру собирают на месте бетонирования и в собранном виде не транспортируют.

7.2.13 Стыковые соединения стержней следует выполнять контактной или дуговой сваркой (фланговыми швами или ванным способом в желобчатых накладках). Во всех случаях арматура в месте соединения должна быть равнопрочна соединяемым стержням, а при соединении стержней разных диаметров — стержню меньшего диаметра.

7.2.14 Соединения пересекающихся стержней необходимо выполнять контактной точечной электросваркой, полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа, ручной дуговой сваркой в труднодоступных местах.

7.2.15 Соединения стержней с металлическими конструкциями выполняют электродуговой сваркой (сплошной шовной, точечной в среде защитных газов или под слоем флюса).

7.2.16 Концы арматурных стержней должны быть закреплены, в связи с чем следует:

.1 все учитываемые в расчете прочности гладкие растянутые стержни арматуры диаметром 10 мм и более, а также все анкеры, подвергающиеся растяжению и имеющие длину менее 20 диаметров, заканчивать концевыми крюками;

.2 растянутые стержни закреплять в сжатой зоне;

.3 перепускать стержни на участках, где они требуются по расчету, на следующую длину:

растянутые стержни из арматурной стали (см. 2.10 ч. X Правил) классов A-I (A240) и A-II (A300) на 30 диаметров, класса A-III (A400) на 40 диаметров;

сжатые стержни из стали класса A-I (A240) без крюков на 30 диаметров; других классов на 10 диаметров меньше, чем растянутые;

.4 все нагруженные продольные стержни, обрывающиеся в местах пересечения или притыкания балок, приваривать к специальным анкерам и ближайшим пересекающим стержням.

7.2.17 Отгибы арматуры выполняют по дуге радиусом не менее 10 диаметров.

Концевые нормальные крюки арматуры должны иметь диаметр в свету не менее 2,5 диаметра стержня, прямые крюки —

длину отгибаемой части не менее 3 диаметров.

7.2.18 Перегиб растянутой арматуры при углах менее 165° не допускается. В этом случае арматура должна состоять из отдельных пересекающихся стержней, располагающихся вдоль граней сопрягаемых элементов.

При углах, превышающих 165°, перегиб растянутой арматуры допускается при условии установки в них хомутов.

7.2.19 Толщина защитного слоя бетона для всех наружных поверхностей корпуса и для внутренних поверхностей, подвергающихся смачиванию, должна быть не менее 10 мм, а для остальных поверхностей — не менее 5 мм.

Части корпуса, соприкасающиеся с морской водой, а также интенсивно истираемые участки палуб, не имеющие специальных покрытий, должны иметь толщину защитного слоя, увеличенную не менее чем на 5 мм по сравнению с толщиной, установленной настоящим пунктом.

Для арматуры диаметром более 10 мм толщина защитного слоя должна быть не менее диаметра стержня.

7.2.20 При конструировании корпуса судна не допускается образование очагов концентрации напряжения, для чего следует:

.1 обрывы стержней в основных связях корпуса рассредоточивать по длине и ширине элемента таким образом, чтобы в одном сечении площадь растянутой арматуры изменялась не более чем на 25 % для плит и 30 % для балок, а для сжатой арматуры — не более чем на 40 %;

.2 обрывающиеся связи закреплять на ближайших перекрестных связях или усиленных участках плит;

.3 изменять толщину плит и размеры балок постепенно, обеспечивая уклон не более 1:3;

.4 у прямых и острых углов деталей из бетона предусматривать фаски размером не менее 25 мм.

Плиты

7.2.21 Толщину плит корпуса следует назначать в зависимости от типа и размерений судна, его конструкции и условий обеспечения прочности. Во всех случаях толщина плит не должна быть менее установленной табл. 7.2.21.

Таблица 7.2.21

Значения толщин плит различных элементов корпуса

Элементы корпуса	Минимальная допустимая толщина плит, мм, для класса бетона	
	B30	B40 – B60
Переборки и крытые участки палуб	40	35–40
Днище и открытые участки палуб	40–50	40
Борта и транцы	50–60	50–60

Примечания. 1. Меньшие значения толщин относятся к судам длиной до 40 м.

2. У судов безнаборной конструкции толщина наружной обшивки должна быть не менее 60 мм.

7.2.22 Толщина плит в районе скулы, а также в местах расположения закладных деталей или в местах установки технических средств, устройств и оборудования должна быть увеличена не менее чем на 25 %.

7.2.23 Плиты корпуса следует армировать двумя одинарными сетками, расположенными на расстоянии, равном не менее толщины защитного слоя (см. 7.2.19).

7.2.24 При армировании тонких плит, не испытывающих ударных нагрузок (плиты переборок, выгородок и палуб, защищенных настилами), разрешается применять вместо двух одинарных сеток одну полуторную, состоящую из средних распределительных стержней, к которым с обеих сторон следует крепить перпендикулярно расположенные рабочие стержни.

Плиты наружной обшивки армировать полуторной сеткой запрещается.

7.2.25 Арматуру плит в районе скулы, палубного стрингера, а также в местах, подверженных значительным ударным или сосредоточенным нагрузкам, следует усиливать путем увеличения размеров или

установкой дополнительных стержней и местных сеток.

7.2.26 Площадь поперечного сечения распределительной арматуры, расположенной вдоль длинной кромки плиты, во всех случаях должна составлять не менее 20 % площади поперечного сечения рабочей арматуры, расположенной вдоль короткой кромки плиты, и не менее установленной 7.2.9.

7.2.27 Размеры арматурных стержней и их расположение должны соответствовать следующим требованиям:

.1 в одном ряду сетки по всей длине пролета плиты должны быть расположены не менее 5 и не более 25 стержней на 1 м длины;

.2 расстояние между рабочими стержнями не должно превышать 2,5 толщины плиты, а между распределительными — 4 толщины плиты;

.3 стержни основных сеток при толщине плиты до 80 мм должны быть расположены в шахматном порядке, а не один над другим;

.4 диаметр стержней должен быть не менее 6 мм и не более 0,25 толщины плиты;

.5 при армировании плит стержнями разных диаметров последние должны отличаться друг от друга не более чем на 2 мм.

7.2.28 В плитах днища, палубы и переборок разрешается до 40 % общего количества рабочей арматуры наружной сетки выполнять в виде отдельных стержней, расположенных в районе опоры плиты, при условии, что длина их будет не менее ширины опоры плюс 0,4 пролета плиты.

7.2.29 Опорные сечения плит следует усиливать путем устройства вутов.

Если вут учитывается при расчете прочности, то его следует армировать специальными стержнями или сетками с таким расчетом, чтобы перпендикулярно ребру было не менее пяти стержней на 1 м погонной длины вута.

При устройстве вута не допускается применение отдельных стержней, указанных в 7.2.28.

7.2.30 Арматуру плит, образующих угол, соединяют с помощью сварки или путем перепуска из одной плиты в другую не менее 60 % стержней каждой плиты на длину 15 диаметров стержней, но не менее 150 мм.

7.2.31 Арматуру плит, образующих тавр, соединяют с помощью сварки или путем отгиба всех стержней притыкаемой плиты между сетками другой плиты. Длина отгиба должна составлять не менее 10 диаметров стержня.

Балки

7.2.32 Высота ребра должна быть не более 10 толщин плиты, а ширина — менее 1,5 толщины плиты.

7.2.33 Рабочая арматура балок должна соответствовать следующим требованиям:

.1 диаметр рабочих стержней должен быть не менее 10 мм, а монтажных — не менее 6 мм;

.2 расчетная арматура должна быть расположена не более чем в три ряда по высоте и не менее чем в два ряда по ширине как в сжатой, так и в растянутой зонах;

.3 при высоте балки 500 мм и более вдоль ее боковых граней должна быть установлена дополнительная продольная арматура из стержней диаметром не менее 8 мм. Расстояние между стержнями по высоте балки должно быть не более 200 мм.

7.2.34 Наклонную арматуру балок следует выполнять путем отгиба продольной арматуры, перепускаемой из растянутой зоны в сжатую, или введения специальных отогнутых стержней, заканчивающихся прямыми участками и приваренных внахлестку к продольной арматуре. Отгибы арматуры должны составлять с осью балки угол не менее 30° и не более 60°.

Применение отдельных, не связанных с основной арматурой стержней не допускается.

7.2.35 Поперечная арматура балок, выполняемая в виде хомутов, должна соответствовать следующим требованиям:

.1 диаметр хомута должен составлять 0,25 диаметра продольной арматуры, но не менее 6 мм;

.2 расстояние между хомутами не должно превышать наименьшего из следующих значений: 0,75 высоты балки, 15 диаметров стержней сжатой арматуры и 250 мм.

В пиллерсах и балках, подвергающихся осевому сжатию, шаг хомутов, кроме того, не должен превышать 1,5 ширины ребра;

.3 если площадь поперечного сечения сжатой арматуры превышает 3 % площади поперечного сечения элемента, то расстояние между хомутами не должно превышать 10 диаметров стержней указанной арматуры;

.4 каждый хомут должен охватывать в ребре не более шести сжатых стержней. Если это условие не выполняется, то следует устанавливать дополнительные хомуты, скобы или стержни, скрепляющие продольную арматуру или противоположные ветви хомутов.

7.2.36 При армировании балок сварными каркасами последние должны иметь поперечные связи — стержни или планки.

Расстояние между поперечными связями в растянутой зоне ребра не должно превышать 20 диаметров стержней продольной арматуры, и должно быть не более 500 мм.

В сжатой зоне ребра расстояние между поперечными связями не должно превышать 15 диаметров продольной арматуры, но должно быть не более чем две ширины ребра. Если площадь поперечного сечения арматуры превышает 3 % поперечного сечения балки, то расстояние между поперечными связями не должно превышать 10 диаметров продольной арматуры.

7.2.37 Соединение балки с плитой выполняют:

.1 перепуском двух продольных стержней ребра между сетками плиты (при замкнутых хомутах);

.2 размещение между сетками плиты отогнутых концов хомутов (лапок) длиной не менее чем 10 диаметров (при открытых хомутах), при этом над отогнутыми концами хомутов располагают по одному стержню, идущему по всей длине балки.

7.2.38 В наборе топливных и балластных отсеков корпуса должны быть голубницы для стока воды и пропуска воздуха.

Голубницы не должны перерезать продольную арматуру балок. Расстояние от кромок голубниц до продольной арматуры должно быть не менее 10 мм.

7.2.39 В местах пересечения балок следует обеспечивать непрерывность их продольной арматуры путем размещения стержней по высоте ребер на разных уровнях.

Если высоты указанных балок отличаются более чем на 20 %, низкая балка должна быть усилена в месте соединения с высокой балкой армированным вутом.

Устройство вутов не обязательно для балок, размеры которых принимаются конструктивно.

Вырезы

7.2.40 Вырезы в плитах палубы, уменьшающие площадь сечения элемента, вводимого в эквивалентный брус, более чем на 15 %, следует подкреплять компенсирующей арматурой и железобетонными или металлическими комингсами.

7.2.41 Все перерезанные стержни должны быть надежно соединены с компенсирующей арматурой и с комингсом.

7.2.42 Углы прямоугольных вырезов следует закруглять или притуплять.

Около углов больших вырезов, в которых возможна опасная концентрация напряжений, следует устанавливать стержни перпендикулярно биссектрисе угла.

Межсекционные соединения

7.2.43 Секции корпуса следует стыковать друг с другом и с монолитно изготавливаемыми элементами на арматурных выпусках.

Для стыковки расположенных внутри корпуса элементов можно применять закладные детали.

Стыки секций должны быть расположены по возможности в менее напряженных местах. Отпускная прочность бетона секций должна быть не менее 70 % марочной (см. ГОСТ 26633).

7.2.44 При конструировании стыков следует соблюдать следующие условия:

.1 при стыковке на арматурных выпусках расстояние между кромками секций должно быть: для плит — не менее двух толщин плиты, а для балок — не менее удвоенной ширины или половины высоты ребра и во всех случаях не менее 100 мм;

.2 расстояние между параллельными стержнями арматуры стыков или расположенными в стыке соединительными деталями должно быть равно половине диаметра арматуры, но не менее 10 мм;

.3 в месте стыка не допускаются выступающие наружу корпуса утолщения плит.

7.2.45 В стыке на арматурных выпусках соединение стержней производят сваркой внахлестку или в стык с помощью накладок.

В угловых соединениях арматурные выпуски, не подвергающиеся растяжению, допускается обрывать в бетоне стыка с выполнением требований 7.2.16 относительно анкеровки концов арматурных стержней.

7.2.46 Стыки закладных деталей должны быть закреплены.

В непроницаемых стыках расстояние между закладными деталями не должно превышать 250 мм.

Конструкция закладных деталей и их анкеров должна позволять беспрепятственную укладку бетона при омоноличивании стыка.

7.2.47 Показатели прочности, непроницаемости и морозостойкости бетона стыков должны быть не ниже, чем у бетона основного корпуса.

7.2.48 Омоноличивать стыки следует обычным (ручным) или механизированным способом. Омоноличивание стыков внутренних элементов корпусов судов длиной до 35 м (стыков переборок и выгородок с днищем, палубой и бортами, стыков элементов надстроек с корпусом и друг с другом) допускается способом зачеканки.

7.2.49 Бетонирование стыков и монолитных элементов при отрицательных температурах допускается только при наличии технологии проведения работ, разработанной организацией-изготовителем и исключающей замораживание бетона. Указанная технология должна быть согласована Речным Регистром.

7.2.50 Распалубка стыков и монолитно изготовляемых элементов допускается после достижения бетоном прочности, % от марочной прочности, для элементов:

вертикальных	35
горизонтальных	50

7.2.51 Нагружать стыки и монолитные элементы (испытание на непроницаемость, передвижение судна на стапеле, спуск на воду) допускается после достижения бетоном прочности не менее 70 % от марочной прочности.

Крепление оборудования к корпусу

7.2.52 Корпус судна в районе расположения оборудования следует усиливать.

7.2.53 Оборудование следует крепить к корпусу с помощью закладных деталей, сквозных или анкерных болтов.

7.2.54 Крепление сквозными болтами допускается только к палубе и балкам набора, а также к выступающим частям корпуса.

7.2.55 Применение анкерных болтов диаметром 12 мм и более при условии

обеспечения надежной заделки допускается для крепления ко всем частям корпуса, кроме плит наружной обшивки и непроницаемых переборок.

7.2.56 Если закладные детали крепят с помощью сварки, то их толщина должна быть не менее 5 мм; для заделывания детали в бетон следует применять не менее двух анкеров диаметром не менее 8 мм.

Во избежание чрезмерного перегрева прилегающего бетона и значительных сварочных деформаций закладных деталей их следует сваривать точечными или прерывистыми швами с длиной провара не более 40 мм и катетом не более 5 мм.

7.2.57 Трубы, проходящие через непроницаемые переборки или наружную обшивку, следует крепить к плите с помощью специальных закладных деталей (стаканов с фланцами, коробок, закладных листов), снабженных анкерами или приваренных к арматуре плиты.

7.2.58 Крепление изоляции и внутренней отделки к корпусу допускается с помощью заделанных в бетон арматурных выпусков диаметром не менее 8 мм.

7.2.59 Крепление элементов, действующие напряжения в которых не превышают 20 % от допускаемых Правилами, можно выполнять с помощью винтов и гужонов, заделанных в балках набора или в плитах палубы толщиной не менее 60 мм.

7.2.60 Малоответственные и слабонагруженные детали допускается крепить к бетону с помощью специальных клеев.

Железобетонные надстройки

7.2.61 Конструкция надстройки из железобетона должна быть такой, чтобы надстройка не участвовала в общем изгибе корпуса судна.

7.2.62 При необходимости железобетонные надстройки могут быть прочными, то есть участвующими в общем изгибе корпуса судна. В этих случаях следует предусматривать надежную связь надстройки с корпусом, обеспечивающую их совместную работу.

Материал и конструкция прочной надстройки должны соответствовать требованиям настоящего раздела для основного корпуса.

7.3 РАСЧЕТЫ И НОРМЫ ПРОЧНОСТИ

Общие требования

7.3.1 Значения внешних нагрузок определяют в соответствии с требованиями 2.2.

7.3.2 Внешние нагрузки, действующие на корпус и его отдельные части, подразделяются на постоянные, случайные и аварийные.

Постоянная нагрузка — нагрузка, действующая все время или в течение значительного промежутка времени, в том числе: масса грузов; собственная масса конструкции; нагрузка на корпус при положении судна на тихой воде, при доковании расчетного судна (для плавучих доков).

Случайная нагрузка — нагрузка, действующая ограниченное число раз, в том числе: волновая нагрузка; нагрузка на корпус при постановке судна в док или на стапель; ледовая нагрузка; нагрузки при постройке и испытании, при доковании нерасчетного судна (для плавучих доков).

Аварийная нагрузка — разовая нагрузка, являющаяся следствием нарушения спецификационных условий эксплуатации, в том числе нагрузки, возникающие при затоплении отсека, при посадке на мель или навале на стенку.

7.3.3 Внешние нагрузки, действующие на корпус судна в аварийном состоянии, следует определять из условия затопления одного или двух отсеков (см. 4.2.3 и 4.2.4 ч. II Правил), наиболее неблагоприятного с точки зрения общей прочности судна.

7.3.4 В случае проверки прочности сборных элементов при их транспортировке и монтаже за расчетную нагрузку принимают собственный вес элемента, умноженный на коэффициент динамичности, равный 1,5.

7.3.5 При расчете прочности корпусных конструкций внутренние усилия от общих и местных нагрузок (нормальные и перерезывающие силы, изгибающие моменты), а также перемещения и углы поворота должны определяться с учетом неупругих деформаций бетона, трещинообразования и нелинейной зависимости между напряжениями и деформациями по методикам, разработанным в соответствии с требованиями Правил и согласованным Речным Регистром.

Расчетные силы, моменты и напряжения от общего изгиба

7.3.6 Основные обозначения:

M — изгибающий момент, кН·м;

N — продольные усилия, кН;

Q — перерезывающая сила, кН;

τ — касательные напряжения, МПа;

I — момент инерции приведенной площади всего поперечного сечения эквивалентного бруса, см^4;

S — статический момент приведенной площади части поперечного сечения эквивалентного бруса, расположенной по одну сторону от нейтральной оси, взятый относительно нейтральной оси эквивалентного бруса, см^3;

$S_э$ — статический момент приведенной площади поперечного сечения рассматриваемого элемента относительно нейтральной оси эквивалентного бруса, см^3;

$F_э$ — приведенная площадь поперечного сечения рассматриваемого элемента, см^2;

$F_п$ — приведенная площадь поперечного сечения днищевого или палубного пояса эквивалентного бруса, см^2;

H — высота борта судна, измеряемая между наружными поверхностями плит днища и палубы, м;

$\sum t$ — сумма толщин бортов и продольных переборок на уровне нейтральной оси эквивалентного бруса, см;

$E_б$ — начальный модуль упругости бетона, МПа;

$E_а$ — модуль упругости арматуры, МПа.

7.3.7 Для определения расчетных сил, моментов и напряжений от общего изгиба корпус судна следует рассматривать как эквивалентный брус.

7.3.8 Расчетные силы, моменты и напряжения следует находить для двух возможных положений судна: прогиба — при сжатой палубе и перегиба — при сжатом днище.

7.3.9 Расчетные силы, моменты и напряжения следует вычислять для сечений, в которых элементы корпуса наиболее напряжены (сечения в средней части судна, в районе вырезов, в местах изменения системы набора, обрыва продольных связей).

7.3.10 Продольные связи корпуса и железобетонной надстройки следует включать в состав эквивалентного бруса при условиях, установленных в 2.2 для аналогичных связей стальных судов.

Ослабление от единичных вырезов, наибольший размер которых не превышает пяти толщин плиты и которые не уменьшают площадь сечения пояска эквивалентного бруса более чем на 3 %, можно не учитывать.

7.3.11 Продольные силы от изгибающего момента в элементах эквивалентного бруса следует определять без учета работы бетона в растянутой зоне по формуле, кН:

$$N = 100MS_э/I \ . \qquad (7.3.11\text{-}1)$$

Для однопалубных судов с плоским одинарным днищем продольные силы от изгибающего момента допускается вычислять по формуле, кН:

$$N = MF_э/(HF_п) \ . \qquad (7.3.11\text{-}2)$$

7.3.12 В приведенную площадь поперечного сечения следует включать всю площадь поперечного сечения арматуры и площадь поперечного сечения сжатой зоны бетона, умноженную на отношение $E_б/E_а$.

7.3.13 Наибольшие касательные напряжения в вертикальных элементах эквива-

лентного бруса (бортах и продольных переборках), МПа:

$$\tau = 10QS/(I\sum t) \ . \qquad (7.3.13\text{-}1)$$

Для однопалубных судов с плоским одинарным днищем наибольшие касательные напряжения можно определять по следующей приближенной формуле, МПа:

$$\tau = 0,1Q/(H\sum t). \qquad (7.3.13\text{-}2)$$

Расчетные силы, моменты и напряжения от местной нагрузки

7.3.14 Основные обозначения:

Q — интенсивность расчетной нагрузки, кН/м;

p — расчётное давление на балку-полоску, кПа;

$h_{вс}$ — высота столба воды, создающего гидростатическую нагрузку на борт или переборки, м;

$M_{оп}$ — изгибающий момент в опорном сечении балки-полоски, кН·м;

$M_{пр}$ — изгибающий момент в середине пролета балки-полоски, кН·м;

l — пролет балки-полоски между осями опор, м;

l_1 — пролет балки-полоски в свету, м;

$l_в$ — длина вута, м;

h — толщина плиты, см;

$h_р$ — расчетная толщина плиты в районе вута, см;

$h_в$ — полная высота вута, см;

$h_{вр}$ — расчетная высота вута, см.

7.3.15 Расчетные усилия в связях корпуса от местного изгиба определяются в соответствии с требованиями 7.3.5.

7.3.16 Если расчетные усилия в связях корпуса от местного изгиба определяются с помощью не предусмотренных Правилами методов проектирования упругих систем, для определения соотношения их жесткостей в приведенную площадь поперечного сечения связей при подсчете моментов инерции включается весь бетон и площадь сечения арматуры, умноженная на отношение модулей упругости арматуры и бетона $E_а/E_б$.

7.3.17 Прямоугольные плиты, опертые по трем или четырем кромкам, рассчитываются как балки с пролетом, равным меньшей стороне плиты, если соотношение сторон больше чем 2:1.

Расчет прямоугольной плиты при соотношении ее сторон, равном или меньшем 2:1, допускается проводить по формулам для тонкой изотропной плиты.

Плиты, опертые по двум кромкам, рассчитываются как балки с пролетом, равным расстоянию между опертыми кромками.

7.3.18 За расчетный пролет балок и плит принимается расстояние между осями опор.

Геометрические размеры шпангоутных рам принимаются по внутренней поверхности обшивки.

7.3.19 В балках и плитах, имеющих вуты с отношением $h_в/l_в \le 1/3$, вуты учитываются в соответствующих сечениях полностью.

Вуты с отношением $h_в/l_в > 1/3$ условно считаются имеющими отношение $h_в/l_в = 1/3$ (рис. 7.3.19).

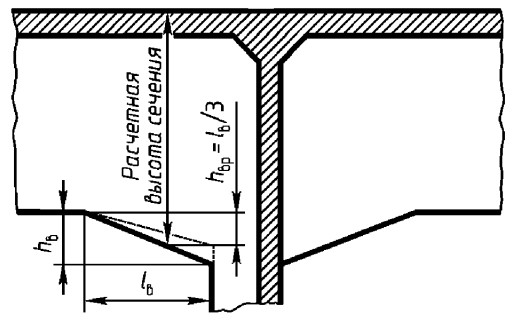


Рис. 7.3.19. Вуты

7.3.20 При определении элементов сечения балок набора должны засчитываться присоединенные пояски плит.

Расчетную ширину присоединенного пояска следует принимать равной полусумме прилегающих к ребру пролетов плиты, но не более 20 толщин (или 25 толщин плиты при ее сопряжении с ребром посредством армированного вута).

При этом ширина присоединенного пояска не должна превышать $^1/_3$ размера расчетного пролета балки.

7.3.21 Для неразрезных балок и балочных плит за расчетный опорный момент принимается момент в сечении по грани ребра, являющегося опорой. При этом для защемленной на опорах балки-полоски, имеющей армированные вуты и загруженной равномерно распределенной нагрузкой, изгибающие моменты допускается рассчитывать, как для непризматической балки, кН·м:

на опоре

$$M_{оп} = -ql_1^2\xi/12 \ ; \qquad (7.3.21\text{-}1)$$

в пролете

$$M_{пр} = ql^2\left(3 - 2\xi\right)/24 , \qquad (7.3.21\text{-}2)$$

где ξ — коэффициент, определяемый по табл. 7.3.21.

Таблица 7.3.21

Значения коэффициента ξ

$h/h_р$	Значения ξ при $l_в/l$					
	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
0,5	1,11	1,13	1,15	1,16	1,18	1,19
0,6	1,09	1,11	1,12	1,14	1,15	1,16
0,7	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12
0,8	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08

7.3.22 При проверке прочности плит бортов с поперечной системой набора и переборок с вертикальными ребрами за расчетное давление на балку-полоску принимается наибольшее из значений, вычисленных по формулам, кПа:

$$p = 9{,}81\left(h_{вс} - 0{,}5l\right); \qquad (7.3.22\text{-}1)$$

$$p = 9{,}81 \cdot 2h_{вс}/3 . \qquad (7.3.22\text{-}2)$$

Расчетная проверка прочности элементов корпуса судна из обычного железобетона

7.3.23 Основные обозначения:

$R_{пр}$ — предел прочности бетона на осевое сжатие, МПа;

$R_р$ — предел прочности бетона при осевом растяжении, МПа;

R_{eH} — предел текучести арматуры, МПа;

M — изгибающий момент от расчетной нагрузки в нормальном сечении элемента, кН·м;

$M_р$ — расчетный разрушающий момент в нормальном сечении элемента, кН·м;

N — продольная сила от расчетной нагрузки, кН;

$N_р$ — расчетная разрушающая продольная сила, кН;

Q — перерезывающая сила от расчетной нагрузки, кН;

$Q_р$ — расчетная разрушающая перерезывающая сила, кН;

$Q_б$ — проекция предельной силы в бетоне наклонного сечения элемента на нормаль к оси элемента, кН;

$\sigma_{гл.р}$ — главные растягивающие напряжения, МПа;

τ — наибольшие касательные напряжения в бортах и продольных переборках от общего изгиба, МПа;

$F_а$ — площадь поперечного сечения растянутой или наиболее растянутой арматуры, см^2;

$F'_а$ — площадь поперечного сечения сжатой или наименее растянутой арматуры, см^2;

$F_{аб}$ — площадь поперечного сечения вертикальной или горизонтальной арматуры, приходящаяся на 1 м длины сечения борта или продольной переборки, см^2/м;

a — расстояние от центра тяжести площади поперечного сечения арматуры $F_а$ до ближайшей кромки сечения, см;

h — полная высота прямоугольного или таврового сечения; толщина плит бортов и продольных переборок, см;

b — ширина прямоугольного поперечного сечения; ширина ребра таврового сечения, см;

h_0 — рабочая высота сечения, равная $h - a$, см;

e_0 — эксцентриситет продольной силы, равный $10^2 M/N$, см;

k, k_1 — коэффициенты запаса прочности, принимаемые по табл. 7.3.23.

7.3.24 Проверку прочности элементов следует выполнять:

.1 по нормальным сечениям на действие изгибающих моментов, продольных сил, а также на совместное действие изгибающих моментов и продольных сил;

.2 по наклонным сечениям на действие перерезывающих сил.

Борта и продольные переборки, кроме того, должны быть проверены на действие перерезывающей силы от общего изгиба.

7.3.25 Проверку прочности по нормальным сечениям следует выполнять в местах действия наибольшего изгибающего момента, резкого изменения сечения элемента и обрыва арматуры.

При этом должны быть соблюдены следующие условия:

при действии изгибающих моментов

$$M_{\text{р}}/M \geq k; \qquad (7.3.25\text{-}1)$$

при действии продольных сил, а также при совместном действии изгибающих моментов и продольных сил

$$N_{\text{р}}/N \geq k. \qquad (7.3.25\text{-}2)$$

7.3.26 Проверка прочности по наклонным сечениям на действие перерезывающей силы должна быть выполнена (рис. 7.3.26) применительно к:

местам действия наибольшей перерезывающей силы;

местам резкого изменения поперечного сечения элемента;

сечениям, проходящим через грань опоры (сечение *I – I*);

сечениям, проходящим через расположенные в растянутой зоне начала отгибов (сечения *II – II*, *III – III*, *IV – IV*);

Таблица 7.3.23

Значения коэффициентов запаса прочности

Причины разрушения	Коэффициент запаса прочности	Значения коэффициентов запаса прочности элементов, участвующих					
		в обеспечении общей прочности, а также общей и местной прочности совместно			в обеспечении только местной прочности		
		Постоянные нагрузки	Постоянные и случайные, а также одни случайные нагрузки	Аварийные нагрузки	Постоянные нагрузки	Постоянные и случайные, а также одни случайные нагрузки	Аварийные нагрузки
Достижение предела прочности бетона при сжатии или достижение предела текучести арматуры	k	1,8	1,6	1,4	1,6	1,5	1,3
Достижение предельного значения главных растягивающих напряжений в бетоне	k_1	2,5	2,5	2,0	2,2	2,0	1,8

Примечание. При проверке прочности сборных элементов на восприятие усилий, возникающих при их транспортировке и монтаже, коэффициенты запаса прочности должны быть не менее $k = 1{,}5$ и $k_1 = 2{,}0$.

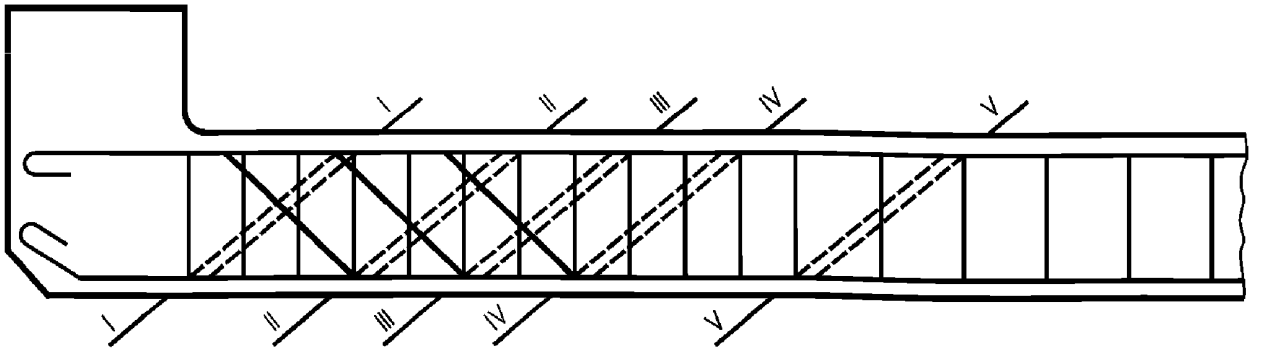


Рис. 7.3.26. Наклонные сечения, в которых выполняется проверка прочности

сечениям, проходящим через расположенные в растянутой зоне точки изменения интенсивности поперечного армирования (сечение $V-V$).

При этом должны выполняться следующие условия:

$$Q_p/Q \ge k_1, \qquad (7.3.26\text{-}1)$$

где k_1 — коэффициент запаса прочности, принимаемый по табл. 7.3.23;

$$Q \le 0,1bh_0R_{пр}/7. \qquad (7.3.26\text{-}2)$$

При наличии отогнутых стержней значение расчетной перерезывающей силы принимается:

для отгибов первой плоскости — равным значению перерезывающей силы у грани опоры;

для отгибов каждой из последующих плоскостей — равным значению перерезывающей силы у нижней точки, предыдущей по отношению к опоре плоскости отгибов

7.3.27 Проверку прочности по наклонным сечениям на действие перерезывающих сил не производят, если выполняется условие

$$0,1bh_0R_р/Q \ge k_1. \qquad (7.3.27)$$

7.3.28 Проверку прочности внецентренно сжатых элементов по наклонным сечениям на действие перерезывающих сил следует производить как для изгибаемых элементов (без учета осевого сжатия).

7.3.29 Проверка прочности внецентренно растянутых элементов на действие перерезывающих сил должна быть выполнена с учетом следующих указаний:

.1 при малых эксцентриситетах (растягивающая сила приложена между центрами тяжести площади поперечного сечения арматуры F_a и F'_a) вся перерезывающая сила в сечениях, составляющих с продольной осью элемента угол 60° и менее, должна восприниматься поперечной арматурой. Проверку прочности элементов в сечениях, составляющих с продольной осью угол более 60°, можно не производить;

.2 при больших эксцентриситетах (растягивающая сила приложена за пределами центров тяжести площадей поперечных сечений арматуры F_a и F'_a) проверка прочности должна производиться как для изгибаемых элементов.

Если $e_0 \le 1,5h_0$, значение $Q_б$, вычисленное по формуле (7.3.49-2), должно быть умножено на коэффициент $k_в$, равный

$$k_в = e_0/h_0 - 0,5. \qquad (7.3.29)$$

7.3.30 При большом эксцентриситете проверку прочности внецентренно растянутых элементов на действие перерезывающих сил не выполняют, если соблюдаются условия (7.3.30-1) и (7.3.30-2) или соблюдается одно из этих условий:

$$\sigma_{гл.р} \le R_р/k_1; \qquad (7.3.30\text{-}1)$$

$$Q \le 0,1k_вR_рbh_0/k_1, \qquad (7.3.30\text{-}2)$$

где $k_в$ — коэффициент, рассчитанный по формуле (7.3.29).

При малых эксцентриситетах проверку прочности не выполняют, если соблюдается условие (7.3.30-1).

7.3.31 При проверке прочности бортов и продольных переборок на действие перерезывающей силы от общего изгиба должны выполняться следующие условия:

$$\tau \le R_{пр}/7; \qquad (7.3.31\text{-}1)$$

для вертикальной арматуры

$$F_{аб}R_{eH}/(100\tau h) \ge k; \qquad (7.3.31\text{-}2)$$

для горизонтальной арматуры

$$F_{аб}R_{eH}/(50\tau h) \ge k. \qquad (7.3.31\text{-}3)$$

В площадь поперечного сечения вертикальной или горизонтальной арматуры $F_{аб}$ допускается включать площадь поперечного сечения арматуры соответственно вертикальных или горизонтальных ребер, условно разнесенную равномерно по сечению.

7.3.32 Проверку прочности бортов и продольных переборок на действие перерезывающей силы не производят, если выполняется следующее условие:

$$\tau \le R_р/k_1. \qquad (7.3.32)$$

Расчетные характеристики материалов и формулы для определения разрушающих сил и моментов

7.3.33 Основные обозначения:

$R_{пр}$ — предел прочности бетона при осевом сжатии (призменная прочность), МПа;

$R_р$ — предел прочности бетона при осевом растяжении, МПа;

$E_б$ — начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении, МПа;

R'_{eH} — предел текучести сжатой или наименее растянутой арматуры, МПа;

$R^{от}_{eH}$ — предел текучести материала отогнутых стержней, расположенных в одной плоскости, пересекающей рассматриваемое наклонное сечение, МПа;

$R^{п}_{eH}$ — предел текучести материала поперечных стержней, расположенных в одной нормальной к оси элемента плоскости, пересекающей рассматриваемое наклонное сечение;

$E_а$ — модуль упругости арматуры, МПа;

M — изгибающий момент от расчетной нагрузки в нормальном сечении элемента, кН·м;

$M_р$ — расчетный разрушающий момент в нормальном сечении элемента, кН·м;

N — продольная сила от расчетной нагрузки, кН;

$N_р$ — расчетная разрушающая продольная сила, кН;

Q — перерезывающая сила от расчетной нагрузки, кН;

$Q_р$ — расчетная разрушающая перерезывающая сила, кН;

$Q_б$ — проекция предельного усилия в бетоне наклонного сечения элемента на нормаль к оси элемента, кН;

$q_х$ — предельная сила в поперечных стержнях (хомутах) на единицу длины элемента, кН/м;

l_0 — расчетная длина элемента, см;

r — наименьший радиус инерции площади поперечного сечения элемента, см;

F — приведенная к бетону площадь поперечного сечения всего элемента, см^2;

$F_б$ — площадь поперечного сечения бетона, см^2;

F_0 — площадь поперечного сечения всей продольной арматуры, см^2;

$F_а$ — площадь поперечного сечения продольной арматуры, см^2:

для изгибаемых элементов — находящейся в растянутой зоне,

для внецентренно сжатых элементов — расположенной у кромки сечения, наиболее удаленной от точки приложения продольного усилия N,

для внецентренно растянутых элементов — расположенной у кромки сечения, наименее удаленной от точки приложения продольного усилия N;

$F'_а$ — площадь поперечного сечения продольной арматуры, см^2:

для изгибаемых элементов — расположенной в сжатой зоне,

для внецентренно сжатых элементов — расположенной у кромки сечения, наименее удаленной от точки приложения продольной силы N,

для внецентренно растянутых элементов — расположенной у кромки сечения, наиболее удаленной от точки приложения продольной силы N;

$F_{от}$ — площадь поперечного сечения отогнутых стержней, расположенных в одной плоскости, пересекающей рассматриваемое наклонное сечение, см^2;

$F_п$ — площадь поперечного сечения поперечных стержней, расположенных в одной нормальной к оси элемента плоскости, пересекающей рассматриваемое наклонное сечение, см^2;

$f_х$ — площадь поперечного сечения одной ветви хомута, см^2;

n — число ветвей хомутов в одном сечении элемента;

t — расстояние между поперечными стержнями (хомутами) по длине элемента, см;

α — угол наклона отогнутых стержней к оси элемента, град;

a — расстояние от центра тяжести площади поперечного сечения арматуры F до ближайшей кромки сечения, см;

a' — расстояние от центра тяжести площади F_a' поперечного сечения арматуры, до ближайшей кромки сечения, см;

b — ширина прямоугольного сечения; ширина ребра таврового сечения, см;

$b_п$ — ширина присоединенного пояска, см;

h — полная высота прямоугольного или таврового сечения, см;

h_0 — рабочая высота сечения, равная $h - a$, см;

h_0' — рабочая высота сечения, равная $h - a'$, см;

$h_п$ — толщина присоединенного пояска, см;

z — высота сжатой зоны бетона, вычисляемая с учетом работы сжатой арматуры, см;

z_0 — высота сжатой зоны бетона, вычисляемая без учета работы сжатой арматуры, см;

S_0 — статический момент площади всего рабочего поперечного сечения бетона относительно оси, проходящей через центр тяжести площади F_a поперечного сечения арматуры, см^3;

$S_б$ — статический момент площади сжатой зоны бетона относительно оси, проходящей через центр тяжести площади F_a поперечного сечения арматуры, см^3;

e_0 — эксцентриситет продольной силы, равный $10^2M/N$, см;

e — расстояние от линии действия усилия N до центра тяжести площади F_a поперечного сечения арматуры, см;

e' — расстояние от линии действия силы N до центра тяжести площади F_a' поперечного сечения арматуры, см;

c — расстояние от центра тяжести площади поперечного сечения до растянутой или наименее сжатой кромки, см;

c' — расстояние от центра тяжести площади поперечного сечения до сжатой или наименее растянутой кромки, см.

7.3.34 Нормируемые прочностные характеристики судостроительного бетона в зависимости от класса бетона установлены в табл. 7.3.34-1, а механические свойства арматуры — в табл. 7.3.34-2.

Прочностные характеристики бетона на осевое растяжение в случаях, когда прочность бетона на растяжение не контролируется на производстве, принимаются по 2-й строке табл. 7.3.34-1 в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие.

7.3.35 Плотность бетона должна определяться опытным путем в соответствии с техническими условиями на изготовление.

При отсутствии опытных данных на стадии проектирования допускается принимать плотность тяжелого бетона 2,40–2,45 т/м^3, а легкого бетона — по табл. 7.3.35.

Плотность железобетона следует определять, как сумму масс бетона и арматуры, отнесенную к единице объема конструкции.

Таблица 7.3.34-2

Механические свойства арматурной стали

Механические свойства	Класс арматурной стали		
	A-I (A240)	A-II (A300)	A-III (A400)
Предел текучести R_{eH}, МПа	235	295	390
Модуль упругости E_a, 10^5МПа	2,1	2,1	2,0

Таблица 7.3.34-1

Нормируемые прочностные характеристики бетона в зависимости от класса

Прочностная характеристика	Значения нормируемых прочностных характеристик в зависимости от класса бетона по прочности								
	тяжелого						легкого		
	B22,5	B25	B30	B35	B40	B45	B22,5	B25	B30
Прочность бетона на осевое сжатие (призменная прочность) $R_{пр}$, МПа	23,5	26,1	31,4	36,6	41,9	47,1	22,1	24,5	29,4
Прочность бетона на осевое растяжение $R_п$, МПа	2,45	2,61	2,94	3,20	3,40	3,53	2,65	2,84	3,04
Начальный модуль упругости $E_б$, 10^{-3}МПа	30,9	32,0	34,3	35,3	37,9	39,2	19,1	20,6	22,1

Таблица 7.3.35

Значения плотности легкого бетона в зависимости от его класса

Класс бетона	Плотность, т/м^3
B22,5	1,8
B25	1,9
B30	2,0

7.3.36 Расчетные разрушающие усилия в центрально-сжатых элементах, кН,

$$N_{\text{р}} = 0{,}1\varphi\left(R_{\text{пр}}F_{\text{б}} + R_{\text{eH}}F_{\text{a}} + R'_{\text{eH}}F'_{\text{a}}\right), \quad (7.3.36)$$

где R_{eH}, R'_{eH} — пределы текучести арматуры различных классов;

F_{a}, F_{a} — площади поперечного сечения арматуры различных классов;

φ — коэффициент продольного изгиба, определяемый по табл. 7.3.36.

Таблица 7.3.36

Значения коэффициента продольного изгиба

l_0/b	l_0/r	Коэффициент продольного изгиба φ для нагрузки	
		случайной	постоянной
10	35	1,0	1,0
12	42	0,96	0,96
14	48	0,92	0,92
16	55	0,88	0,87
18	62	0,84	0,79
20	69	0,79	0,71
22	76	0,75	0,64
24	83	0,70	0,58
26	90	0,65	0,51
28	97	0,61	0,45
30	104	0,56	0,39
32	111	0,51	0,34
34	118	0,47	0,29
36	125	0,42	0,25
38	132	0,38	0,21
40	139	0,34	0,17

В случае применения арматуры одного класса третье слагаемое выражения в круглых скобках правой части формулы (7.3.36) исключается.

Расчетная длина l_0 элемента определяется умножением его геометрической длины на коэффициент, зависящий от степени защемления и подвижности концов элемента и принимаемый равным:

при полном защемлении обоих концов	0,5
при полном защемлении одного конца и шарнирно-неподвижном закреплении другого	0,7
при шарнирно-неподвижном закреплении обоих концов	1
при одном полностью защемленном и одном свободном конце	2
при частичном защемлении концов и в рамках с несмещающимися узлами	0,7

7.3.37 Расчетные разрушающие силы в центрально растянутых элементах, кН,

$$N_{\text{р}} = 0{,}1\left(R_{\text{eH}}F_{\text{a}} + R'_{\text{eH}}F'_{\text{a}}\right). \quad (7.3.37)$$

В случае применения арматуры одного класса второе слагаемое выражения в круглых скобках исключается.

7.3.38 Расчетные разрушающие моменты в изгибаемых элементах прямоугольного сечения (рис. 7.3.38), кН·м,

$$M_{\text{р}} = \left[R_{\text{пр}}bz\left(h_0 - z/2\right) + R'_{\text{eH}}F'_{\text{a}}\left(h_0 - a'\right)\right]\cdot 10^{-3}, \quad (7.3.38\text{-}1)$$

где

$$z = \left(R_{\text{eH}}F_{\text{a}} - R'_{\text{eH}}F'_{\text{a}}\right)/\left(R_{\text{пр}}b\right). \quad (7.3.38\text{-}2)$$

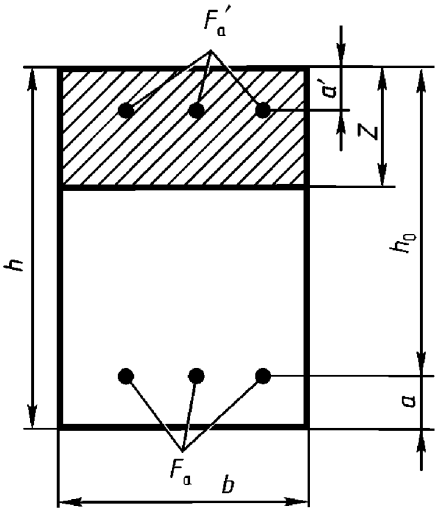


Рис. 7.3.38. Поперечное сечение прямоугольного железобетонного элемента

При этом предполагается, что значение z, вычисленное по формуле (7.3.38-2), соответствует условию

$$2a' \le z \le 0{,}55h_0. \quad (7.3.38\text{-}3)$$

Если

$$z < 2a' \le z_0, \quad (7.3.38\text{-}4)$$

где

$$z_0 = R_{\text{eH}}F_{\text{a}}/\left(R_{\text{пр}}b\right), \quad (7.3.38\text{-}5)$$

то расчетный разрушающий момент вычисляют по формуле (7.3.38-1), принимая

$$z = 2a' \qquad (7.3.38\text{-}6)$$

и

$$F'_a = \left(R_{eH}F_a - R_{пр}b2a'\right)\Big/R'_{eH}\,. \qquad (7.3.38\text{-}7)$$

Если $z_0 < 2a'$, расчетный разрушающий момент вычисляют по формуле (7.3.38-1), принимая $F'_a = 0$.

7.3.39 Расчетные разрушающие моменты в изгибаемых элементах таврового сечения с присоединенным пояском в растянутой зоне определяют как для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с шириной, равной ширине ребра.

7.3.40 Расчетные разрушающие моменты в изгибаемых элементах таврового сечения с присоединенным пояском в сжатой зоне вычисляют, кН·м:

при $R_{eH}F_a \le \left(R_{пр}b_п h_п + R'_{eH}F'_a\right)$ (7.3.40-1)

по формуле (7.3.38-1) как для изгибаемых элементов прямоугольного сечения размерами $b_п \times h$ (рис. 7.3.40-1);

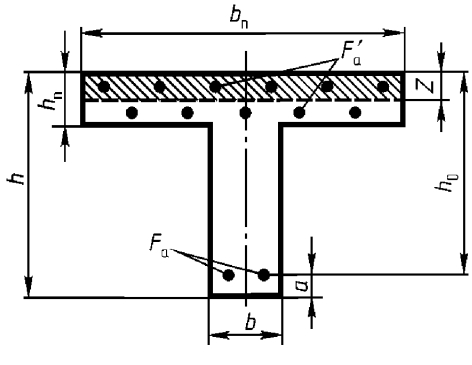


Рис. 7.3.40-1. Поперечное сечение таврового железобетонного элемента

при $R_{eH}F_a > \left(R_{пр}b_п h_п + R'_{eH}F'_a\right)$ (7.3.40-2)

по формуле

$$M_р = \Big[R_{пр}bz\left(h_0 - z/2\right) + 0{,}8R_{пр}h_п\left(b_п - b\right)\times \times\left(h_0 - h_п/2\right) + F'_aR'_{eH}\left(h_0 - a'\right)\Big]\cdot 10^{-3}, \qquad (7.3.40\text{-}3)$$

где

$$z = \Big[\left(R_{eH}F_a - R'_{eH}F'_a\right) - 0{,}8R_{пр}\left(b_п - b\right)h_п\Big]\Big/ \Big/\left(R_{пр}b\right). \qquad (7.3.40\text{-}4)$$

При этом должно соблюдаться условие (рис. 7.3.40-2)

$$S_б \le 0{,}8S_0\,. \qquad (7.3.40\text{-}5)$$

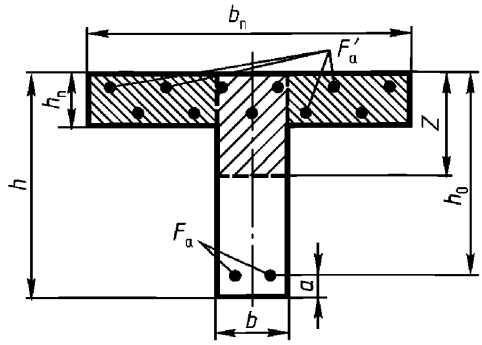


Рис. 7.3.40-2. К расчету статических моментов $S_б$ и S_0

7.3.41 Расчетные разрушающие силы $N_р$ во внецентренно сжатых элементах прямоугольного сечения (рис. 7.3.41-1), соответствующих условию

$$2a' \le z \le 0{,}55h_0\,, \qquad (7.3.41\text{-}1)$$

определяются по формуле, кН:

$$N_р = 0{,}1R_{пр}bz - \left(R_{eH}F_a - R'_{eH}F'_a\right), \qquad (7.3.41\text{-}2)$$

где

$$z = h_0 - e + \sqrt{\left(h_0 - e\right)^2 + 2\left(R_{eH}F_a e \pm R'_{eH}F'_a e'\right)\Big/\left(R_{пр}b\right)}, \qquad (7.3.41\text{-}3)$$

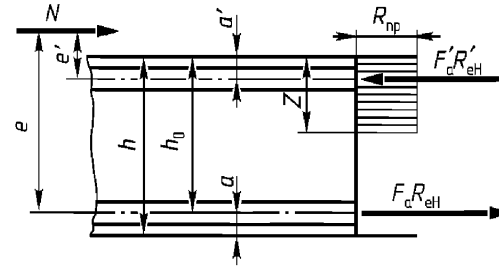


Рис. 7.3.41-1. Внецентренно сжатый элемент прямоугольного сечения

Значения e и e' вычисляются по формулам

$$e = 100M/N + c - a\,; \qquad (7.3.41\text{-}4)$$

$$e' = 100M/N - c + a' \qquad (7.3.41\text{-}5)$$

при $100M/N > c' - a'$ (7.3.41-6)

и $$e' = c' - 100M/N - a' \qquad (7.3.41\text{-}7)$$

при $100M/N \le c' - a'$. (7.3.41-8)

В формуле (7.3.41-3) знак минус во втором члене подкоренного выражения принимается в том случае, когда сила N приложена за пределами центра тяжести арматуры F_a и F'_a.

В элементах прямоугольного сечения, соответствующих условию

$$z < 2a' \le z_0 , \qquad (7.3.41\text{-}9)$$

где

$$z_0 = h_0 - e + \sqrt{(h_0 - e)^2 + 2R_{eH}F_a e/(R_{пр}b)}, \qquad (7.3.41\text{-}10)$$

расчетные разрушающие силы определяются по формуле (7.3.41-2), принимая

$$z = 2a' \qquad (7.3.41\text{-}11)$$

и $$F'_a = \left(R_{eH}F_a e - 2R_{пр}ba'e'\right)/\left(e'R'_{eH}\right). \qquad (7.3.41\text{-}12)$$

При $z_0 < 2a'$ расчетные разрушающие силы определяют по формуле (7.3.41-2) без учета сжатой арматуры, принимая $F'_a = 0$.

В элементах прямоугольного сечения (рис. 7.3.41-2), удовлетворяющих условию

$$z > 0,55h_0 , \qquad (7.3.41\text{-}13)$$

расчетные разрушающие силы определяются по формуле, кН:

$$N_p = 0,1\left[R'_{eH}F'_a\left(h_0 - a'\right) + 0,5R_{пр}bh'^2_0\right]/e . \qquad (7.3.41\text{-}14)$$

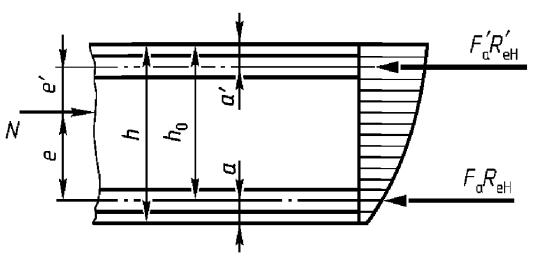


Рис. 7.3.41-2. Внецентренно сжатый элемент прямоугольного сечения

При этом, если сила N приложена между центрами тяжести площади поперечного сечения арматуры F_a и F'_a, должно быть соблюдено условие

$$N_p e' \le 0,1\left[R_{eH}F_a\left(h_0 - a'\right) + 0,5R_{пр}bh'^2_0\right]. \qquad (7.3.41\text{-}15)$$

7.3.42 Расчетные разрушающие силы во внецентренно сжатых элементах таврового сечения с присоединенным пояском, расположенным в растянутой или наименее сжатой зоне, определяются, как для внецентренно сжатых элементов прямоугольного сечения с шириной, равной ширине ребра.

7.3.43 Расчетные разрушающие силы во внецентренно сжатых элементах таврового сечения с присоединенным пояском, расположенным в сжатой зоне, которые соответствуют условию

$$z \le h_п , \qquad (7.3.43\text{-}1)$$

определяются, как для внецентренно сжатых элементов прямоугольного сечения с шириной, равной ширине присоединенного пояска, то есть по формуле (7.3.41-2), принимая $b = b_п$. Если принять $b = b_п$ при

$$z > h_п , \qquad (7.3.43\text{-}2)$$

то расчетные разрушающие силы определяются в следующем порядке:

.1 рассчитывается высота сжатой зоны, см,

$$z = h_0 - e + \left\{\left(h_0 - e\right)^2 + 2\left[R_{eH}F_a e \pm R'_{eH}F'_a e' + R_{пр}h_п\left(b_п - b\right)\left(h_0 - e - 0,5h_п\right)\right]/\left(R_{пр}b\right)\right\}^{0,5}. \qquad (7.3.43.1)$$

Знак минус во втором слагаемом выражения в квадратных скобках принимается в том случае, когда точка приложения силы N находится вне участка сечения, ограниченного центрами тяжести площадей F_a и F'_a поперечного сечения арматуры;

.2 рассматривается случай внецентренного сжатия по следующим условиям:

при больших эксцентриситетах

$$S_б \le 0,8S_0 ; \qquad (7.3.43.2\text{-}1)$$

при малых эксцентриситетах

$$S_б > 0,8S_0 ; \qquad (7.3.43.2\text{-}2)$$

.3 при большом эксцентриситете расчетные разрушающие силы, кН,

$$N_{\text{р}} = 0,1\left[R_{\text{пр}}bz - \left(R_{\text{eH}}F_{\text{a}} - R'_{\text{eH}}F'_{\text{a}}\right) + \right.$$
$$\left. + R_{\text{пр}}\left(b_{\text{п}} - b\right)h_{\text{п}}\right]; \qquad (7.3.43.3)$$

.4 при малом эксцентриситете расчетные разрушающие силы, кН,

$$N_{\text{р}} = 0,1\left[R'_{\text{eH}}F'_{\text{a}}(h_0 - a') + 0,5R_{\text{пр}}bh_0^2 + \right.$$
$$\left. + R_{\text{пр}}\left(b_{\text{пр}} - b\right)h_{\text{п}}\left(h_0 - 0,5h_{\text{п}}\right)\right]/e. \qquad (7.3.43.4\text{-}1)$$

Если все сечение сжато, расчетная разрушающая сила, определенная по формуле (7.3.43.4-1), сравнивается с силой N_{c}, вычисленной по формуле, кН,

$$N_{\text{р}} = 0,1\left[R_{\text{eH}}F_{\text{a}}(h_0 - a') + 0,5R_{\text{пр}}bh_0'^2 + \right.$$
$$\left. + R_{\text{пр}}(b_{\text{п}} - b)h_{\text{п}}(0,5h_{\text{п}} - a')\right]/e'. \qquad (7.3.43.4\text{-}2)$$

Для проверки прочности принимается меньшее из значений разрушающей силы, рассчитанных по формулам (7.3.43.4-1) и (7.3.43.4-2).

7.3.44 Влияние гибкости при расчете внецентренно сжатых элементов должно учитываться:

для прямоугольных сечений при

$$l_0/b > 10; \qquad (7.3.44\text{-}1)$$

для сечений любой формы при

$$l_0/r > 35. \qquad (7.3.44\text{-}2)$$

Это влияние учитывают путем умножения значения l_0 на коэффициент η, определяемый по формулам:

для прямоугольных сечений

$$\eta = \left[1 - kN\left(l_0/h\right)^2/\left(40R_{\text{пр}}F\right)\right]^{-1}; \qquad (7.3.44\text{-}3)$$

для сечений любой формы

$$\eta = \left[1 - kN\left(l_0/r\right)^2/\left(480R_{\text{пр}}F\right)\right]^{-1}, \qquad (7.3.44\text{-}4)$$

где k — коэффициент запаса прочности, принимаемый по табл. 7.3.23.

7.3.45 Расчетные разрушающие силы во внецентренно растянутых элементах, если растягивающая сила приложена между центрами тяжести площадей F_{a} и F'_{a} поперечного сечения арматуры (рис. 7.3.45), определяются по формулам, кН:

$$N_{\text{р}} = 0,1F_{\text{a}}\left(h_0 - a'\right)R_{\text{eH}}/e' \qquad (7.3.45\text{-}1)$$

и $$N_{\text{р}} = 0,1F'_{\text{a}}\left(h_0 - a'\right)R'_{\text{eH}}/e\ , \qquad (7.3.45\text{-}2)$$

где e, e' — параметры, значения которых следует определять по формулам

$$e = c + 100M/N - a; \qquad (7.3.45\text{-}3)$$

$$e' = c' + 100M/N - a'. \qquad (7.3.45\text{-}4)$$

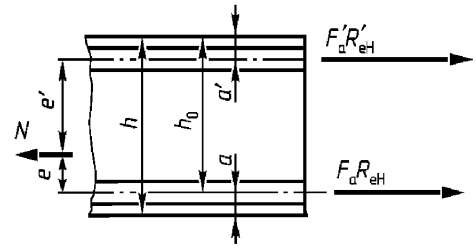


Рис. 7.3.45. Внецентренно растянутый элемент (растягивающая сила приложена между центрами тяжести площадей F_{a} и F'_{a} поперечного сечения арматуры)

Здесь c — расстояние от центра тяжести площади поперечного сечения всей арматуры до наиболее растянутой кромки;

c' — расстояние от центра тяжести площади поперечного сечения всей арматуры до наименее растянутой кромки.

Для проверки прочности принимается меньшее из полученных значений разрушающей силы.

7.3.46 Расчетные разрушающие силы во внецентренно растянутых элементах прямоугольного сечения, когда растягивающие усилия приложены вне центров тяжести площадей F_{a} и F_{a} поперечных сечений арматуры (рис. 7.3.46), определяются по формуле, кН,

$$N_{\text{р}} = 0,1\left[\left(R_{\text{eH}}F_{\text{a}} - R'_{\text{eH}}F'_{\text{a}} - R_{\text{пр}}bz\right)\right], \qquad (7.3.46\text{-}1)$$

где

$$z = h_0 + e - \sqrt{\left(h_0 + e\right)^2 - 2\left(R'_{\text{eH}}F'_{\text{a}}e' - R_{\text{eH}}F_{\text{a}}e\right)/\left(R_{\text{пр}}b\right)}, \qquad (7.3.46\text{-}2)$$

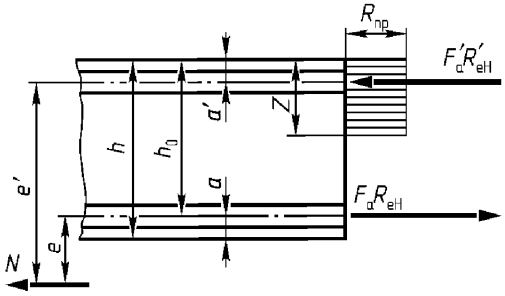


Рис. 7.3.46. Внецентренно растянутый элемент прямоугольного сечения (растягивающие усилия приложены вне центров тяжести площадей F_a и F_a поперечных сечений армауры)

где e, e' — параметры, значения которых следует вычислять по формулам:

$$e = 100M/N - c + a; \qquad (7.3.46\text{-}3)$$

$$e' = 100M/N + c' - a', \qquad (7.3.46\text{-}4)$$

где c — расстояние от центра тяжести площади поперечного сечения элемента до растянутой кромки;

c' — расстояние от центра тяжести площади поперечного сечения элемента до сжатой кромки.

При этом предполагается, что высота сжатой зоны бетона соответствует условию

$$2a' \le z \le 0,55h_0. \qquad (7.3.46\text{-}5)$$

Если

$$z < 2a' < z_0, \qquad (7.3.46\text{-}6)$$

где

$$z_0 = h_0 + e - \sqrt{(h_0 + e)^2 - 2eF_a R_{eH} / (R_{пр} b)}, \qquad (7.3.46\text{-}7)$$

разрушающее усилие определяют по (7.3.46-1), принимая

$$z = 2a' \qquad (7.3.46\text{-}8)$$

и $$F'_a = (eF_a R_{eH} - 2e' R_п b a') / (e' R'_{eH}). \qquad (7.3.46\text{-}9)$$

При $z < 2a'$ расчетную разрушающую силу определяют по формуле (7.3.46-1) без учета сжатой арматуры, принимая $F'_a = 0$.

7.3.47 Расчетные разрушающие силы во внецентренно растянутых элементах таврового сечения с присоединенным поясом в растянутой зоне, когда растягивающая сила приложена вне центров тяжести площадей F_a и F'_a поперечных сечений арматуры рассчитываются, как для внецентренно растянутых элементов прямоугольного сечения шириной, равной ширине ребра.

7.3.48 Расчетные разрушающие силы во внецентренно растянутых элементах таврового сечения с присоединенным поясом в сжатой зоне, когда растягивающее усилие приложено вне центров тяжести площадей F_a и F_a поперечных сечений арматуры, определяются следующим образом:

при $z < h_п$, где z вычисляют по формуле (7.3.46-2), принимая $b = b_п$, расчетные разрушающие усилия определяются, как для элементов прямоугольного сечения с шириной, равной ширине присоединенного пояска;

при $z > h_{ar}$, расчетные разрушающие силы N_c рассчитывают по формуле, кН:

$$N_р = 0,1\left[\left(R_{eH}F_a - R'_{eH}F'_a\right) - R_{пр}bz - R_{пр}\left(b_п - b\right)h_п\right], \qquad (7.3.48\text{-}1)$$

где

$$z = h_0 + e - \left\{\left(h_0 + e\right)^2 + 2\left[R'_{eH}F'_a e' - R_{eH}F_a e + R_{пр}\left(b_п - b\right)h_п\left(h_0 + e - 0,5h_п\right)\right] / \left(R_{пр}b\right)\right\}^{0,5}. \qquad (7.3.48\text{-}2)$$

7.3.49 Расчетная разрушающая перерезывающая сила в наклонном сечении элемента, кН,

$$N_р = 0,1\left(R^{от}_{eH}\sin a \cdot \sum F_{от} + R^{п}_{eH}\sum F_п + Q_б\right), \qquad (7.3.49\text{-}1)$$

где $$Q_б = 0,015R_{пр}bh_0^2/c_0, \qquad (7.3.49\text{-}2)$$

c_0 — расчетная длина проекции наиболее неблагоприятного наклонного сечения на ось элемента, длину которого получают путем увеличения числа шагов хомутов до значения целой части параметра c_0, равного

$$c_0 = \sqrt{0,015R_{пр}bh_0^2/q_x}, \qquad (7.3.49\text{-}3)$$

где $$q_x = 0,1R_{eH}f_x n/t. \qquad (7.3.49\text{-}4)$$

При отсутствии отогнутых стержней расчетная разрушающая перерезывающая сила, кН,

$$Q_{\text{р}} = \sqrt{0,06R_{\text{пр}}bh_0^2q_x} - q_x t\,. \qquad (7.3.49\text{-}5)$$

7.3.50 Расчетную разрушающую поперечную силу в элементах, воспринимающих равномерно распределенную нагрузку от давления воды, определяют в соответствии с 7.3.49. При этом вместо величины q_x в расчетные формулы (7.3.49-3) – (7.3.49-5) следует подставлять

$$q'_x = q_x + q\,, \qquad (7.3.50)$$

где q — расчетная нагрузка от действия воды на единицу длины элемента, кН/см.

Проверка элементов корпуса судна на раскрытие трещин

7.3.51 Основные обозначения:

$E_{\text{а}}$ — модуль упругости арматуры, МПа;

M — изгибающий момент, кН·см;

N — продольная сила, кН;

$\sigma_{\text{ао}}$ — напряжение в арматуре при действии продольной растягивающей силы, МПа;

$\sigma_{\text{аи}}$ — напряжение в арматуре при действии изгибающего момента, МПа;

$\sigma_{\text{н}}$ — начальное растягивающее напряжение в арматуре, обусловленное набуханием бетона, МПа;

a — расстояние от центра тяжести площади поперечного сечения наиболее растянутой арматуры F_a до ближайшей кромки сечения, см;

d — диаметр стержней наиболее растянутой арматуры, мм;

$a_{\text{т}}$ — расчетная ширина раскрытия трещин, мм;

$l_{\text{т}}$ — расстояние между трещинами, см;

F_0 — площадь поперечного сечения всей продольной арматуры в рассматриваемом сечении элемента, см^2;

$F_{\text{а}}$ — площадь поперечного сечения растянутой арматуры в рассматриваемом сечении элемента, см^2;

b — ширина прямоугольного сечения; ширина ребра таврового сечения, см;

$b_{\text{п}}$ — ширина присоединенного пояска, см;

h — полная высота прямоугольного или таврового сечения, см;

h_0 — рабочая высота сечения, равная $h - a$, см;

t — расстояние между стержнями (шаг) поперечной арматуры, см.

7.3.52 Все изгибаемые, центрально и внецентренно растянутые, а также внецентренно сжатые элементы корпуса, прочность которых подтверждена расчетом, следует проверять на раскрытие трещин при действии постоянных или совместно приложенных постоянных и случайных расчетных нагрузок.

7.3.53 Допускаемую ширину раскрытия трещин для различных железобетонных элементов корпуса и случаев загружения следует принимать по табл. 7.3.53.

Таблица 7.3.53

Значения допускаемой ширины раскрытия трещин для различных конструктивных элементов корпуса

Конструктивные элементы корпуса	Допускаемая ширина раскрытия трещин, мм, для		
	изгибаемых, внецентренно сжатых, а также внецентренно растянутых элементов, имеющих в сечении сжатую зону со стороны		центрально внецентренно растянутых элементов, не имеющих в сечении сжатой зоны
	смачиваемой поверхности	несмачиваемой поверхности	
Плиты обшивки днища, траншей и борта в подводной части	0,10	0,15	0,08
Бортовые плиты обшивки в надводной части. Плиты палубы на открытых участках. Плиты и балки набора в балластных отсеках	0,08	0,15	0,07
Плиты палубы на закрытых участках. Плиты переборок и балки набора в сухих отсеках	—	—	0,15

7.3.54 Расчетная ширина раскрытия трещин, нормальных к оси железобетонных элементов, мм,

$$a_т = \left(\varphi_0\sigma_{ao} + \varphi_и\sigma_{аи} - \sigma_н\right)l_т / E_а , \quad (7.3.54)$$

где φ_0, $\varphi_и$ — коэффициенты, принимаемые по табл. 7.3.54.

Таблица 7.3.54

Значения коэффициентов осевого растяжения φ_0 и изгиба $\varphi_и$

Характер нагрузки	φ_0	$\varphi_и$
Случайная	0,65	0,8
Постоянная	0,80	1,0
Многократно повторяющаяся, вибрационная	0,95	1,2

Для конструкций, находящихся в воде, $\sigma_н = 20$ МПа; для конструкций, подверженных длительному высыханию, $\sigma_н = 0$.

Для внецентренно сжатых элементов действие нормальных сжимающих сил в расчете не учитывается, для них принимается $\sigma_{ao} = 0$.

7.3.55 Напряжения в арматуре, используемые при расчете ширины раскрытия трещин, определяются по формулам:

.1 от действия продольной растягивающей силы, МПа,

$$\sigma_{ao} = 10N/F_0 ; \quad (7.3.55.1)$$

.2 от действия изгибающего момента, МПа,

$$\sigma_{аи} = 1000\Theta M/\left(F_a h_0 \eta\right), \quad (7.3.55.2)$$

где Θ — коэффициент, принимаемый равным 1,0 для всех случаев, кроме опорных сечений плит, для которых $\Theta = 0,8$;

η — коэффициент, принимаемый равным 0,85 для плит и тавровых балок с пояском в растянутой зоне и 0,90 для тавровых балок с пояском в сжатой зоне.

7.3.56 Расстояние между трещинами для изгибаемых, центрально или внецентренно растянутых и внецентренно сжатых элементов, мм,

$$l_т = 20\delta\rho\left(3,5 - 100\mu\right)\sqrt[3]{d} , \quad (7.3.56\text{-}1)$$

где δ — коэффициент, принимаемый для центрально растянутых или внецентренно растянутых с малым эксцентриситетом элементов равным 1,2, в остальных случаях $\delta = 1$;

ρ — коэффициент, принимаемый равным 1,0 для стержней периодического профиля и 1,3 для гладких стержней;

μ — коэффициент армирования сечения, определяемый по нижеприведенным формулам, но принимаемый не более 0,02;

для плит

$$\mu = F_а/\left(bh_0\right); \quad (7.3.56\text{-}2)$$

для балок с пояском в сжатой зоне

$$\mu = F_а/\left(b_п h_0\right); \quad (7.3.56\text{-}3)$$

для балок с пояском в растянутой зоне

$$\mu = F_а/\left[b_р h_р + b_п\left(h_0 - h_р\right)\right], \quad (7.3.56\text{-}4)$$

где $b_р$ — ширина ребра балки, см;

$b_п$ — ширина присоединенного пояска, см;

$h_р$ — высота ребра, см.

Примечания. 1. Для балок с пояском в растянутой зоне в $F_а$ следует включать арматуру ребра и плиты, располагающихся в пределах ширины присоединенного пояска.

2. При различных диаметрах растянутой арматуры в расчет вводится условное значение диаметра d_y, определяемое по формуле, мм,

$$d_y = \left(n_1 d_1 + n_2 d_2 + \ \ldots\ + n_i d_i\right)/\left(n_1 + n_2 + \ \ldots\ + n_i\right),$$

где n_i — количество стержней диаметра d_i, мм, входящих в растянутую арматуру;

3. В плитах, имеющих в растянутой зоне поперечную арматуру диаметром $d_1 > 0,07h_п$, где $h_п$ — толщина плиты, уложенную с шагом t и расположенную параллельно трещинам, расстояние между трещинами принимается равным t при условии, что $0,7l_т \le t \le 1,3l_т$.

Расчет и конструирование закладных деталей

7.3.57 Основные обозначения:

M — изгибающий момент, определяемый относительно оси, расположенной в плоскости наружной грани пластины закладной детали и проходящей через центр тяжести всех анкеров, кН·м;

N — нормальная сила, действующая на закладную деталь, кН;

Q — сдвигающая сила, действующая на закладную деталь, кН;

$F_{ан}$ — суммарная площадь поперечного сечения анкеров наиболее напряженного ряда, см^2;

$N_{ан}$ — наибольшее растягивающее усилие в одном ряду анкеров, кН;

$Q_{ан}$ — сдвигающее усилие, приходящееся на один ряд анкеров, кН;

$R_{eH}^{ан}$ — предел текучести арматуры анкеров, МПа;

$N'_{ан}$ — наибольшее сжимающее усилие в одном ряду анкеров, кН;

z — расстояние между крайними рядами анкеров, см;

$f_{ан}$ — площадь анкерного стержня наиболее напряженного ряда, см^2;

l — длина анкеров закладной детали, мм;

d — диаметр анкеров закладной детали, мм;

s — толщина пластины закладной детали, мм;

$R_{eH}^{пл}$ — предел текучести пластины закладной детали, МПа.

7.3.58 Определение площади поперечного сечения анкеров, приваренных в тавр к плоским элементам стальных закладных деталей при действии изгибающих моментов, нормальных и сдвигающих сил, должно производиться по рис. 7.3.58 и формуле

$$F_{ан} \ge 13\sqrt{N_{ан}^2 + \left[Q_{ан}/(\lambda\delta)\right]^2}\Big/R_{eH}^{ан}, \qquad (7.3.58\text{-}1)$$

где $N_{ан} = 100\,M/z + N/n_{ан}$; (7.3.58-2)

$$Q_{ан} = \left(Q - 0{,}3N'_{ан}\right)/n_{ан}; \qquad (7.3.58\text{-}3)$$

$$N'_{ан} = 100\,M/z - N/n_{ан}; \qquad (7.3.58\text{-}4)$$

$n_{ан}$ — число рядов анкеров вдоль направления сдвигающей силы. Если не обеспечивается равномерная передача сдвигающей силы Q на все ряды анкеров, то при определении сдвигающего усилия $Q_{ан}$ учитывается не более четырех рядов;

λ — параметр:

$$\lambda = 6\cdot\sqrt[3]{R_{пр}}\Big/\left[\left(1 + 0{,}15f_{ан}\right)\sqrt{R_{eH}}\right] \le 0{,}7; \qquad (7.3.58\text{-}5)$$

δ — коэффициент:

$$\delta = 1/\sqrt{1+\omega} \ge 0{,}15, \qquad (7.3.58\text{-}6)$$

ω — коэффициент прижатия:

$\omega = 0{,}3N_{ан}/Q_{ан}$ при $N'_{ан} > 0$ (имеется прижатие); (7.3.58-7)

$\omega = 0{,}6N/Q$ при $N'_{ан} \le 0$ (нет прижатия). (7.3.58-8)

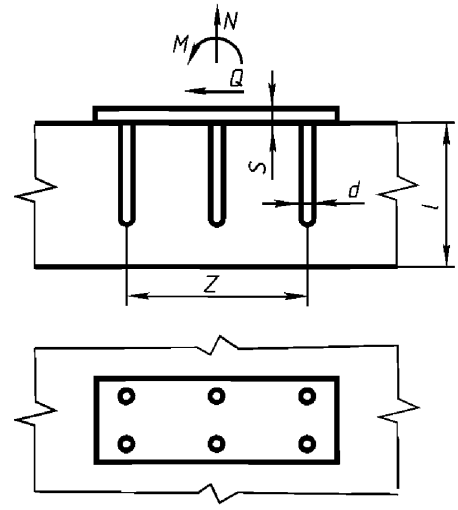


Рис. 7.3.58. К определению площади поперечного сечения анкеров

Если в анкерах отсутствуют растягивающие усилия, коэффициент δ принимается равным единице.

Площадь сечения анкеров остальных рядов должна приниматься равной суммарной площади сечения анкеров наиболее напряженного ряда.

Сила N считается положительной, если она направлена от закладной детали.

В случае, когда вычисленные по формулам (7.3.58-2) и (7.3.58-3) усилия $N_{ан}$ и $Q_{ан}$ имеют отрицательные значения, в формуле (7.3.58-1) они принимаются равными нулю, а если вычисленное по формуле (7.3.58-4) усилие $N'_{ан}$ имеет отрицательное значение, в формулу (7.3.58-3) вместо $N'_{ан}$ подставляется величина N.

При расположении закладной детали на верхней (при бетонировании) поверхности изделия параметр λ уменьшается на 20 %, а значение $N'_{ан}$ принимается равным нулю.

7.3.59 Определение площади поперечного сечения анкеров, приваренных к пластине внахлестку, при действии сдвигающей силы должно производиться по рис. 7.3.59 и формуле

$$F_{ан} \geq 12Q/R_{eH}^{ан} . \qquad (7.3.59)$$

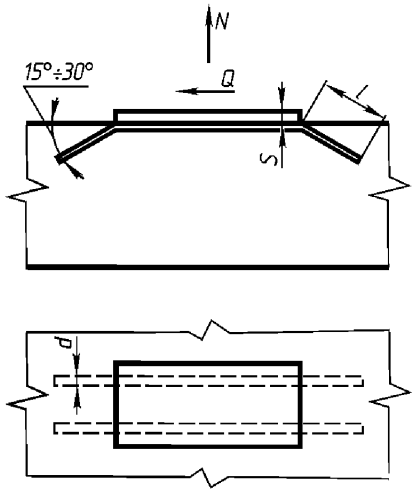


Рис. 7.3.59. К определению площади поперечного сечения анкеров, приваренных к пластине внахлестку, при действии сдвигающей сил

Сопротивление анкеров, приваренных внахлестку, действию сдвигающей силы учитывается при $Q > N$, где N — растягивающая сила, и угле отгиба анкеров от 15 до 30°. При этом должны устанавливаться анкера, приваренные в тавр с размерами, рассчитываемыми по формуле (7.3.58-1) при $\delta = 1{,}0$ и $Q_{ан}$, равном 0,1 от сдвигающего усилия, определенного по формуле (7.3.58-3).

7.3.60 Длина анкеров должна быть не менее 15 их диаметров.

При невозможности выполнения этого требования длину анкеров допускается уменьшить до трех диаметров при условии приварки перпендикулярно к концам анкеров любого из следующих элементов:

квадратных пластинок толщиной не менее 5 мм со стороной квадрата не менее 4 диаметров анкера или 30 мм, в зависимости от того, что больше (рис. 7.3.60, *а*);

круглых шайб толщиной не менее 5 мм и диаметром не менее трех диаметров анкера или 30 мм, в зависимости от того, что больше (рис. 7.3.60, *б*);

двух поперечных стержней того же диаметра, что и анкер, имеющих длину, равную пяти диаметрам стержня при $d \geq 12$ мм, или одного такого же стержня при $d < 12$ мм (рис. 7.3.60, *в*).

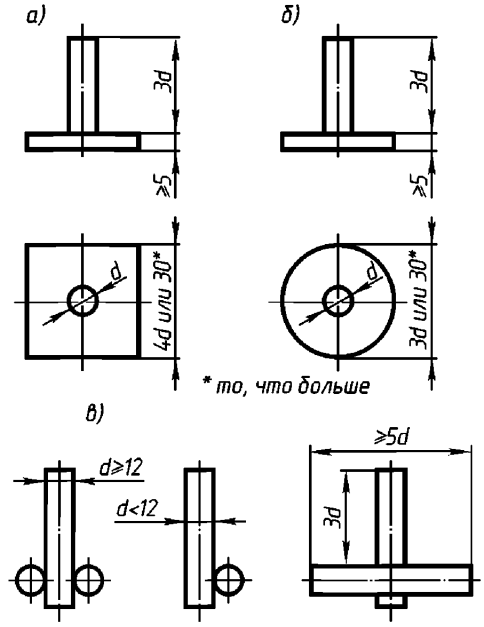


Рис. 7.3.60. Элементы, привариваемые перпендикулярно к концам анкеров

7.3.61 Толщина пластин закладных деталей, устанавливаемых в плоскости изделия, должна соответствовать следующему условию:

$$s = 0{,}5dR_{eH}^{ан}/R_{eH}^{пл} \geq 5 . \qquad (7.3.61)$$

7.4 КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОРПУСА ИЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Общие требования

7.4.1 Предварительно напряженный железобетон можно применять для изготовления элементов корпуса судна и надстройки.

7.4.2 При использовании предварительно напряженного железобетона должны применять сборный или сборно-монолитный методы постройки.

Межсекционные соединения следует выполнять обжатыми.

Допускается устройство напряженных стыков, выполненных с соответствующим усилием.

Конструирование связей

7.4.3 Общее обжатие корпуса следует осуществлять путем предварительного напряжения специальных арматурных стержней или пучков, размещаемых в продольных балках или усиленных элементах корпуса (палубном стрингере, скуле, участках продольных переборок, примыкающих к днищу и палубе). Местное обжатие корпуса следует выполнять путем предварительного напряжения арматуры плит и балок набора.

7.4.4 Предварительное напряжение арматуры должно осуществляться путем натяжения ее на упоры или на затвердевший бетон.

Допускается термический способ натяжения арматуры секций при условии, что максимальная температура нагрева не превысит 350 °С для стержневой арматуры и 300 °С для проволочной.

7.4.5 Арматура, подвергаемая предварительному напряжению, должна быть закреплена в бетоне с помощью специальных анкеров или иным способом. При размещении такой арматуры в каналах последние следует заполнить цементным раствором.

7.4.6 Концы предварительно напряженных элементов на участках, длина которых равна двум длинам анкерных приспособлений, а при отсутствии анкеров на длине 10 диаметров стержней, но не менее 200 мм, усиливают сварными сетками или замкнутыми хомутами. При этом диаметр стержней сеток и хомутов должен быть не менее 6 мм.

7.4.7 Толщина защитного слоя арматуры, подвергаемой предварительному напряжению, должна быть равна диаметру стержня, но не менее 10 мм.

При размещении такой арматуры в каналах или пазах толщина защитного слоя должна быть соответственно равна диаметру канала или половине ширины паза, но не менее 20 мм.

Толщина защитного слоя арматуры, не подвергаемой предварительному напряжению, должна назначаться в соответствии с требованиями 7.2.19.

Расчеты прочности

7.4.8 Основные обозначения:

$R_{пр}$ — предел прочности бетона при осевом сжатии (призменная прочность), МПа;

$R_р$ — предел прочности бетона при осевом растяжении, МПа;

N — продольная растягивающая сила от расчетной нагрузки, Н;

N_0 — продольная растягивающая сила, погашающая напряжение в бетоне, вызванное его обжатием, Н;

M — изгибающий момент, Н·см;

σ_{ao} — расчетное напряжение в арматуре при действии продольной растягивающей силы, МПа;

σ_{au} — расчетное напряжение в арматуре при действии изгибающего момента, МПа;

F_0 — площадь поперечного сечения всей продольной арматуры, см^2;

F_a — площадь поперечного сечения растянутой арматуры в рассматриваемом сечении элемента, см^2;

h — полная высота прямоугольного или таврового сечения, см;

h_0 — рабочая высота сечения, равная $h - a$, см;

e_x — расстояние от центра тяжести площади F_a поперечного сечения арматуры до линии действия силы N_0, см;

η, Θ — коэффициенты, определяемые по указаниям 7.3.55.

7.4.9 Элементы корпуса, выполненные из предварительно напряженного железобетона, следует проверять на: трещиностойкость; прочность сжатой зоны бетона; прочность под действием разрушающих сил в соответствии с требованиями Пра-

вил. Элементы комбинированных конструкций (состоящих из предварительно напряженного и обычного железобетона), а также предварительно напряженные элементы, армированные горячекатаными стержнями и не соприкасающиеся с водой, можно проверять лишь на прочность под действием разрушающих сил и на трещиностойкость.

7.4.10 Расчет предварительно напряженных конструкций выполняется на воздействие: расчетных нагрузок в сочетании с предварительным обжатием бетона; предварительного обжатия бетона в стадии изготовления конструкции; сил, возникающих при транспортировке и монтаже сборных элементов в сочетании с предварительным обжатием бетона.

7.4.11 Значения сил, моментов и напряжений, возникающих в предварительно напряженных конструкциях от действия расчетных нагрузок, следует определять как для упругих систем по методикам, согласованным Речным Регистром.

7.4.12 Коэффициенты запаса при расчете на трещиностойкость и на прочность по разрушающим усилиям должны быть не менее установленных табл. 7.4.12.

7.4.13 Напряжения в сжатой зоне бетона от совместного действия предварительного обжатия и расчетной нагрузки не должны превышать $0,6R_{пр}$ в элементах корпуса, испытывающих сжатие или изгиб со сжатием, и $0,7R_{пр}$ в элементах, испытывающих изгиб.

7.4.14 Предварительно напряженные элементы должны проверяться на восприятие главных растягивающих напряжений, а элементы с толщиной стенки, равной или меньшей $h/15$ — также на восприятие главных сжимающих напряжений.

Таблица 7.4.12

Коэффициенты запаса при расчете на трещиностойкость и на прочность

Расчетные нагрузки	Коэффициенты запаса элементов, прочность которых проверяется в расчетах			
	общей или общей и местной прочности одновременно		только местной прочности	
	на трещинообразование	на прочность	на трещинообразование	на прочность
Постоянные	1,35	2,1	1,25	1,9
Постоянные и случайные, а также одни случайные	1,20	1,9	1,10	1,7
Аварийные	Не нормируются	1,6	Не нормируются	1,5

При этом значение главных растягивающих напряжений не должно превышать $0,8R_{р}$, а главных сжимающих напряжений — $0,5R_{пр}$.

7.4.15 Проверку трещиностойкости предварительно напряженных конструкций, прочность которых допускается контролировать по разрушающим усилиям, следует выполнять в соответствии с указаниями 7.3.51 – 7.3.56. При этом напряжения в арматуре следует определяются по формулам, МПа:

от действия осевой растягивающей силы

$$\sigma_{ао} = 0,01\left(N - N_0\right)/F_0 ; \qquad (7.4.15\text{-}1)$$

от действия изгибающего момента

$$\sigma_{аи} = 0,01\left[\Theta M + N_0\left(e_x - h_0\eta\right)\right]/\left(F_a h_0\eta\right). \qquad (7.4.15\text{-}2)$$

7.4.16 Наряду с проверкой прочности самой конструкции проверяют прочность бетона под анкерами. Значения местных напряжений сжатия бетона под анкерами не должны превышать $0,7R_{пр}$.

8 КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

8.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

8.1.1 Требования настоящей главы распространяются на суда всех классов с корпусами из стеклопластика.

8.2 КОНСТРУИРОВАНИЕ СВЯЗЕЙ

8.2.1 При постройке корпусов судов допускаются монолитный и секционный способы.

При секционном способе постройки судов стыки должны быть разнесены на расстояние не менее длины накладки.

8.2.2 Для контроля качества стеклопластика при изготовлении обшивки и основных несущих балок набора судов длиной более 15 м следует оставлять у полотнищ припуск, а у одной из балок секции увеличивать длину.

Свойства материала других деталей могут определяться на образцах готовой партии.

Для судов длиной до 15 м и корпусов судов, строящихся монолитным способом одновременно с корпусом головного судна при тех же условиях, необходимо формовать контрольные панели, толщина и структура которых должны в точности соответствовать толщине и структуре стеклопластика корпуса.

8.2.3 Заклепки, болты и винты, применяемые для соединений конструкций из стеклопластика, должны быть установлены перпендикулярно слоям стеклопластика.

Места соединения допускается предварительно армировать металлическими пластинами.

8.2.4 Соединение элементов конструкций из пластмасс горячего отверждения между собой и с другими материалами (стеклопластиками, металлами) может выполняться на соединительных накладках или угольниках с помощью клея, заклепок, винтов или болтов.

8.2.5 При изготовлении многослойных конструкций (обшивка, набор) с применением пенопластов, сотопластов, дерева следует обеспечивать плотное заполнение внутренних полостей и приклейку заполнителей к наружным слоям по всей поверхности.

8.2.6 Для судов длиной свыше 15 м следует применять продольную систему набора днища и палуб, а для бортов — поперечную. Допускаются иные системы набора, обеспечивающие установленные в 8.3 требования к прочности корпуса.

8.2.7 В форпиках должна быть поперечная система набора.

8.2.8 Для корпусов судов длиной свыше 15 м классов «Р» и «Л» и судов длиной до 15 м всех классов, а также для надстроек, рубок, легких переборок и выгородок всех судов допускается применение безнаборной или наборной трехслойной обшивки.

8.2.9 При продольной системе набора расстояние между продольными балками набора следует принимать не более 250 мм.

8.2.10 Балки набора, участвующие в общем изгибе, должны быть непрерывными по всей длине корпуса, без разрезов на поперечном наборе и переборках.

8.2.11 При поперечной системе набора шпацию следует принимать равной 500 мм для судов всех классов. При этом следует создавать замкнутые контуры набора.

8.2.12 Расстояние между кильсонами следует принимать, м, для бассейна разряда:

«М-СП», «М-ПР», «М»	1,00
«О-ПР», «О»	1,25
«Р»	1,5

8.2.13 Соединение набора с обшивкой (рис. 8.2.13) должно выполняться посредством двусторонних симметричных соединительных угольников из того же материала, что и соединяемые элементы. Размеры угольников назначаются в зависимости от размеров набора и должны быть обоснованы. Во всех случаях ширина полки угольников должна быть не менее 30 мм, а толщина t — не менее половины толщины стенки балки.

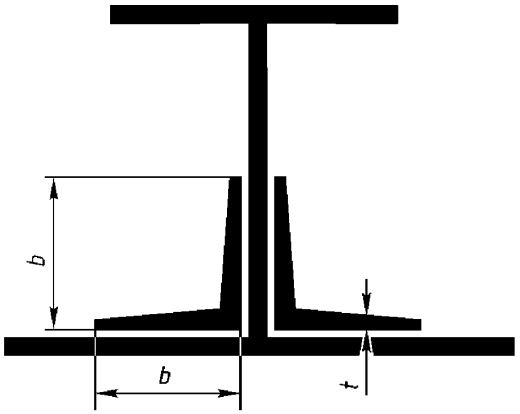


Рис. 8.2.13. Соединение набора с обшивкой

8.2.14 Соединение элементов набора должно осуществляться с помощью двусторонних симметричных соединительных накладок; стыковые зазоры не должны превышать 2 мм. Накладки должны быть выполнены из стеклопластика той же структуры, что и сама стенка балки. Размеры накладок определяются размерами набора и должны быть обоснованы. Длина накладок $l_н$ должна быть не менее полуторной высоты профиля, толщина $\delta_н$ — не менее половины толщины t стенки балки (рис. 8.2.14). Все зазоры должны быть заполнены стекловолокном, пропитанным смолой.

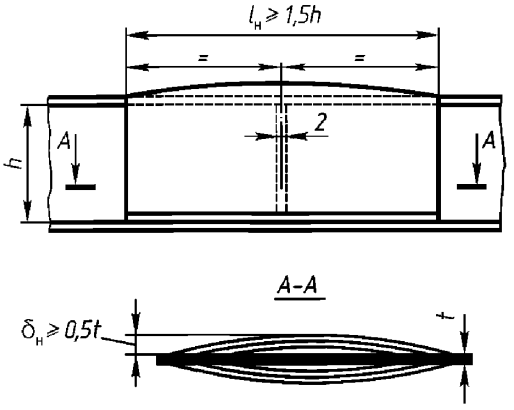


Рис. 8.2.14. Соединение элементов набора

8.2.15 Для судов длиной до 10 м обшивка днища, бортов и настил палубы могут изготавливаться из матов, напыленного волокна или их композиции. Для судов длиной свыше 10 м следует применять стеклоткани или ровницы с различными схемами армирования.

8.2.16 Если соединение наружной обшивки с палубой выполняется с помощью двусторонних соединительных угольников, их размеры должны быть определены по меньшей толщине соединяемых листов. Основа в слоях угольников должна быть направлена вдоль судна.

При соединении палубы с бортом посредством болтов отстояние последних от края листа должно быть не менее 3,5 диаметра болта.

8.2.17 Соединение листов наружной обшивки, настилов палубы или переборок между собой должно осуществляться с помощью двусторонних симметричных накладок. Длина накладок должна быть не менее 200 мм, толщина — не менее 0,5 толщины соединяемых листов. Стыки должны быть разнесены по длине судна и должны по возможности располагаться в малонапряженных сечениях корпуса. Основу в слоях накладок следует располагать поперек стыка.

8.2.18 Толщины наружной обшивки и настила палубы определяются расчетом из условий общей и местной прочности; зна-

чения их не должны быть менее указанных в табл. 8.2.18.

Таблица 8.2.18

Минимальные толщины наружной обшивки и настила палубы

Тип стеклонаполнителя	Конструкция палубы	Минимальные толщины наружной обшивки / настила палубы, мм, при длине судна, м	
		< 15	≥15
Стеклоткань	Однослойная	3 / 3	4 / 4
	Трехслойная	2 / 2	2 / 2
Стекломат (рубленое волокно)	Однослойная	4 / 3	5 / 4
	Трехслойная	2 / 2	3 / 3
Стеклорогожка (жгутовая ткань)	Однослойная	3 / 3	4 / 4
	Трехслойная	2 / 2	3 / 2

8.2.19 В районе концов прочных надстроек судов длиной свыше 15 м следует предусматривать усиление наружной обшивки и настила палубы.

8.2.20 Для переборок судов длиной до 15 м, а также легких переборок и выгородок судов длиной свыше 15 м допускается применять безнаборные конструкции с коробчатыми или волнистыми гофрами.

Для изготовления легких переборок и выгородок могут быть использованы готовые трехслойные панели с наружными слоями из пластмасс горячего отверждения.

8.2.21 Соединение переборок из стеклопластика с корпусом должно осуществляться с помощью двусторонних соединительных угольников из стеклопластика. При этом ширина полок угольников для непроницаемых переборок должна быть не менее 60 мм.

Соединение панелей между собой и со смежными конструкциями должно осуществляться посредством металлических, пластмассовых или стеклопластиковых угольников и раскладок с применением винтов и клея.

8.2.22 Размеры и выбор материалов элементов переборок должны быть обоснованы. При этом толщина листов обшивки непроницаемых переборок должна быть не менее, мм, при длине судна, м:

	толщина
≤15	2
>15	3

8.2.23 При выборе системы набора и назначении размеров связей прочных надстроек судов длиной свыше 15 м следует руководствоваться требованиями к основному корпусу. Легкие надстройки и рубки судов длиной свыше 15 м и надстройки судов длиной до 15 м могут быть трехслойной конструкции, а также с набором в виде гофр.

Толщины стенок и палуб легких надстроек и рубок не должны быть менее указанных в табл. 8.2.23.

Таблица 8.2.23

Минимальные толщины стенок и палуб легких надстроек и рубок

Тип стеклонаполнителя	Минимальная толщина стенок и палуб легких надстроек и рубок, мм, при конструкции обшивки	
	однослойной	трехслойной
Стеклоткань	2,0	1,5
Стекломат (рубленое волокно)	3,0	1,5
Стеклорогожка (жгутовая стеклоткань)	2,5	1,5

8.2.24 Соединение стенок надстроек с корпусом из стеклопластика должно осуществляться с помощью двусторонних соединительных угольников из стеклопластика. При этом ширина полок угольников для прочных надстроек должна быть не менее 90 мм, для легких надстроек и рубок — 60 мм.

8.2.25 Соединение стенок надстроек из стеклопластика или пластмасс с палубами из других материалов может осуществляться с помощью болтов, заклепок, клея и комбинаций из клея и заклепок (болтов). При этом крепление должно производиться на металлических комингсах.

8.2.26 Следует предусмотреть конструктивные меры по снижению концентрации напряжений у концов прочных надстроек, идущих от борта до борта.

8.2.27 В основных связях корпусов судов должны быть подкреплены все вырезы

с размерами более 20 толщин, за исключением вырезов в связях, в которых действующие напряжения не превосходят 0,3 допускаемых.

Все прямоугольные вырезы должны иметь скругленные углы радиусом не менее 0,2 ширины выреза.

8.2.28 Подкрепление вырезов следует осуществлять увеличением толщины листов или установкой накладок по периметру выреза. Толщина накладки (или увеличенная толщина листов) для малых вырезов (шириной, равной или меньшей 50 толщин) может быть принята равной толщине листа; при больших (шириной более 50 толщин) вырезах она определяется расчетом.

8.2.29 Прочность и жесткость фундаментов и подкреплений под двигатели, устройства, а также прочность креплений двигателей и устройств к фундаментам должны обеспечивать нормальную эксплуатацию двигателей и устройств во время плавания судов.

8.3 РАСЧЕТЫ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ

8.3.1 За опасные нормальные σ_0 и касательные τ_0 напряжения принимаются, МПа:

$$\sigma_0 = kR_m; \qquad (8.3.1\text{-}1)$$

$$\tau_0 = k\tau_в, \qquad (8.3.1\text{-}2)$$

где k — коэффициент снижения прочности свойств материала;

R_m — временное сопротивление материала при соответствующем виде деформации (по лабораторным испытаниям сухих образцов), МПа;

$\tau_в$ — временное сопротивление материала на скалывание или сдвиг по рассматриваемому направлению (по лабораторным испытаниям сухих образцов), МПа.

Коэффициенты снижения прочностных свойств материала должны учитывать:

.1 отличие физико-механических свойств материала, полученного в заводских условиях, от физико-механических свойств лабораторных образцов;

.2 изменение свойств материала в результате увлажнения;

.3 изменение свойств материала с течением времени без приложения нагрузки;

.4 изменение свойств материала при нагреве.

Для конструкций, не подверженных воздействию постоянных нагрузок, для стеклопластиков со стеклонаполнителями, обработанными гидрофобно-адгезионными составами, или для подобных им материалов, коэффициент k допускается принимать равным 0,5. Для пластмасс горячего отверждения $k = 0{,}8$.

8.3.2 Для конструкций, подверженных длительному воздействию постоянных нагрузок, при вычислении опасных напряжений коэффициент снижения прочностных свойств k должен быть уменьшен и может быть принят равным 0,2.

8.3.3 Для нормальных и касательных напряжений, которые могут привести к потере устойчивости конструкции, за опасные должны приниматься эйлеровы нормальные $\sigma_э$ и касательные $\tau_э$ напряжения, вычисленные с учетом анизотропии для обшивки и сдвига для набора.

При вычислении эйлеровых напряжений расчетные модули должны определяться по выражениям:

модули нормальной упругости

$$E_р = nE; \qquad (8.3.3\text{-}1)$$

где n — коэффициент снижения модулей упругости материала;

E — модуль нормальной упругости материала (по лабораторным испытаниям сухих образцов);

модули сдвига

$$G_р = nG, \qquad (8.3.3\text{-}2)$$

где G — модуль сдвига (по лабораторным испытаниям сухих образцов).

Для стеклопластиков со стеклонаполнителями, обработанными гидрофобно-адгезионными составами (или подобных

им материалов), коэффициент n может быть принят равным:

для настилов открытых палуб	0,50
для настилов закрытых палуб, платформ и обшивки переборок	0,75
для обшивки днища и бортов	0,60
для набора палуб, платформ, переборок	0,75
для набора днища и бортов	0,65

Для пластмасс горячего отверждения коэффициент n принимается равным 0,80.

8.3.4 Значения опасных напряжений σ_0' в районе стыковых соединений с двумя накладками для стеклопластиков должны определяться по выражению

$$\sigma_0' = pR_т, \qquad (8.3.4)$$

где $p = k$ — при деформации изгиба и сжатия (k — см. указания 8.3.1 и 8.3.2) и $p = 0,8$ — при деформации растяжения.

Значения $R_т$ для стеклопластиков на основе стеклоткани при деформациях изгиба (при двух накладках) и сжатия принимаются равными значениям временного сопротивления материала при этих же видах деформации, а при деформациях растяжения они должны быть не менее R_m, назначаемых по графику рис. 8.3.4, соответственно для различных толщин t соединяемых листов и длин l накладок.

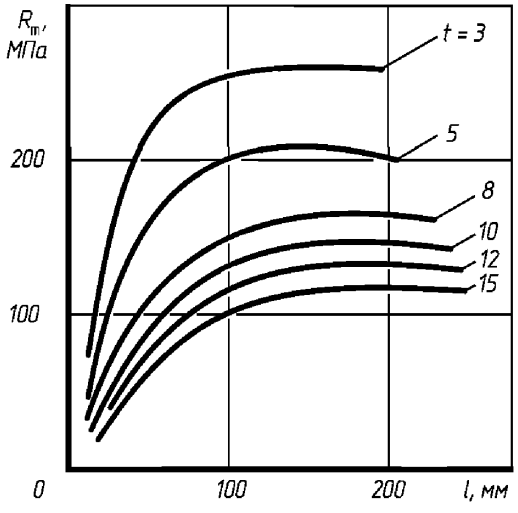


Рис. 8.3.4. Значения R_m в зависимости от толщины соединяемых листов и длины накладок

8.3.5 Допускаемые напряжения назначаются в долях от опасных.

При расчетах общей прочности допускаемые нормальные напряжения принимаются равными $0,60\sigma_0$, касательные — $0,60\tau_0$, где σ_0 и τ_0 — см. 8.3.1.

При расчетах местной прочности допускаемые нормальные напряжения принимаются равными $0,75\sigma_0$, касательные — $0,75\tau_0$.

8.3.6 Эйлеровы нормальные напряжения σ_E жестких связей корпусов судов всех классов, вычисленные в соответствии с требованиями 8.3.3, должны соответствовать условию:

$$\sigma_э/\sigma_0 \geq 0,95, \qquad (8.3.6)$$

где σ_0 — см. 8.3.1.

Для судов длиной свыше 15 м эйлеровы напряжения перекрытий должны определяться с учетом сдвига и анизотропии.

Для судов длиной до 15 м сдвиг и анизотропию допускается не учитывать.

8.3.7 Эйлеровы нормальные напряжения $\sigma_э$ листов обшивки должны соответствовать условию:

$$\sigma_э/\sigma \geq 1,5, \qquad (8.3.7)$$

где σ — расчетные нормальные напряжения от общего изгиба или суммарные.

8.3.8 Кроме проверки прочности по напряжениям, следует производить проверку отдельных связей и корпуса в целом по величине деформации, причем наряду с прогибом от изгиба для судов длиной свыше 15 м и отдельных связей должен учитываться прогиб от сдвига.

Допускаемые стрелки прогибов не должны превышать, мм:

.1 от общего изгиба корпуса — $L/400$;

.2 от местных нагрузок для основных связей корпуса:

для балок набора — $l/100$;

для пластин обшивки — $l/50$.

Здесь L и l — длина (пролет) соответственно корпуса и отдельных связей, мм.

Примечание. При контрольных измерениях стрелок прогиба следует выдерживать конструкции под нагрузкой не менее 0,5 ч.

8.3.9 Для клеевых угловых соединений из стеклопластика — набора с обшивкой, борта с палубой и прочной надстройки с корпусом, выполненных в соответствии с указаниями настоящей главы, касательные напряжения в месте соединения не должны превышать 6,86 МПа.

При действии отрывающих нагрузок значение напряжений, МПа, при отрыве не должно превосходить для толщин:

≥6 мм	5,88
3 мм	2,94

Для промежуточных значений толщин от 6 до 3 мм значение опасных нормальных напряжений определяют линейной интерполяцией.

За расчетную принимается суммарная толщина соединительных угольников.

8.3.10 Определение расчетных изгибающих моментов и перерезывающих сил при общем изгибе и нагрузок при расчете местной прочности должно проводиться в соответствии с требованиями Правил, установленными для стальных судов.

При этом для судов длиной более 15 м должно учитываться влияние прогиба судна на значения изгибающих моментов.

Прогиб корпуса необходимо определять как от изгиба, так и от сдвига с учетом указаний 8.3.3.

8.3.11 Расчет элементов эквивалентного бруса производится для расчетных случаев состояния нагрузки и поперечных сечений корпуса, предусмотренных в 2.2.

8.3.12 При расчете элементов эквивалентного бруса связи корпуса должны вводиться в расчет с коэффициентами, учитывающими:

изменение свойств материала (см. 8.3.1 и 8.3.3);

различие модулей упругости связей, а также анизотропию стеклопластиков.

8.3.13 Гибкие связи включаются в эквивалентный брус с редукционными коэффициентами. Редуцированию во всех приближениях при расчете эквивалентного бруса не подлежат части пластин, прилегающие к жесткому контуру шириной, равной 1/6 короткой стороны опорного контура.

8.3.14 Редукционные коэффициенты гибких связей корпуса (пластин) должны определяться по методике, приведенной в 2.2.38 и 2.2.39.

Эйлеровы нормальные напряжения $\sigma_э$ для пластин из анизотропных стеклопластиков должны определяться с учетом анизотропии упругих свойств материала, для пластин из стекломата — с учетом изотропии материалов. При этом следует учитывать требования 8.3.3.

8.3.15 Устойчивость балок судов длиной свыше 15 м и перекрытий всех судов должна проверяться с учетом сдвига.

8.3.16 Ширина присоединенного пояска обшивки на основе ткани или рогожки при параллельной структуре армирования должна быть принята равной меньшему из значений расстояния между балками набора или 1/10 длины пролета балки. Ширина присоединенного пояска обшивки на основе мата или из стеклопластика, полученного методом напыления, должна быть принята равной меньшему из значений — расстоянию между балками набора или 1/6 длины пролета балки.

При этом должно учитываться возможное различие модулей упругости обшивки и набора.

8.3.17 При расчете местной прочности балок из стеклопластика должны применяться те же расчетные схемы, что и для расчета балок из изотропных материалов с учетом 8.3.16. Величины элементов сечения должны назначаться с учетом указаний 8.3.16; при этом площадь стенки балки должна приниматься без учета соединительных угольников.

8.3.18 Балки должны быть проверены на обеспечение устойчивости плоской формы изгиба.

8.3.19 Расчет устойчивости балок должен проводиться с учетом требований 8.3.15 и 8.3.16.

8.3.20 Расчет пластин из анизотропных стеклопластиков при изгибе должен производиться с учетом анизотропии.

8.3.21 Расчет трехслойных пластин с легким заполнителем типа пенопласта должен проводиться с учетом влияния деформаций сдвига заполнителя на работу внешних слоев.

8.3.22 При расчете прочности соединений набора с обшивкой и других подобных соединений статический момент и момент инерции должны вычисляться с учетом площади соединительных угольников, а толщина стенки приниматься равной удвоенной толщине полки угольника.

9 ОБОРУДОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ

9.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

9.1.1 Требования настоящего раздела относятся к расположению и оборудованию жилых и служебных помещений для экипажа и пассажиров, рулевой рубки, сухогрузных трюмов, к проходам, дверям, трапам и спасательным лазам-иллюминаторам.

9.1.2 Требования к расположению и оборудованию машинных помещений установлены в 1.8 – 1.10 ч. IV Правил.

9.2 ПРОХОДЫ, ДВЕРИ, ТРАПЫ

9.2.1 Ширина проходов должна быть не менее:

.1 в магистральных коридорах общих помещений для пассажиров, в коридорах жилых и общественных помещений, а также палубных проходов пассажирских судов, ведущих к местам посадки в спасательные шлюпки и плоты — 0,8 м;

.2 на палубах между фальшбортом и рубкой для судов мощностью менее 590 кВт, или длиной менее 25 м, или грузоподъемностью менее 300 т — 0,6 м, а для судов с большими значениями мощности, длины или грузоподъемности — 0,7 м;

.3 в коридорах помещений экипажа — 0,7 м;

.4 в коридорах помещений судов длиной менее 25 м — 0,6 м;

.5 в коридорах помещений судов с динамическим принципом поддержания длиной менее 25 м — 0,5 м;

.6 на палубах в местах установки кнехтов, стензельных стоек, сходных люков — 0,5 м.

9.2.2 Двери надстроек и рубок, ведущие на открытую палубу, должны открываться наружу.

Двери общественных помещений (салонов, кают-компаний) должны открываться наружу или в обе стороны. Двери кают должны открываться внутрь помещения, и в нижней части их должны быть выбивные филенки размерами 0,4×0,5 м. На дверях пассажирских кают с внутренней стороны этих филенок должны быть надписи: «Аварийный выход — выбить в аварийном случае».

При наличии в каютах спасательных лазов-иллюминаторов или открывающихся окон с размерами в свету не менее 400 мм устройство выбивных филенок не требуется.

9.2.3 Помещения для пассажиров, расположенные в надстройках второго и третьего ярусов, должны быть оборудованы не менее чем двумя трапами, размещенными в противоположных концах надстроек.

9.2.4 В трюмных помещениях для пассажиров с числом пассажиров менее 20 может быть установлено по одному трапу из каждого помещения.

9.2.5 При числе пассажиров в трюмном помещении 20 и более должно быть два трапа, расположенных в противоположных концах помещения, причем один из них должен по возможности выходить на открытую палубу вне палубных надстроек.

9.2.6 При числе пассажиров в трюмном помещении от 20 до 50 включительно запасной трап разрешается заменять вертикальным скоб-трапом.

9.2.7 Кроме указанных в 9.2.4 – 9.2.6 выходов из трюмных помещений, в каждом помещении должны быть устроены спасательные иллюминаторы, по одному с каждого борта, соответствующие требованиям 9.3.

9.2.8 Трюмные жилые помещения для экипажа на 20 чел. и более должны быть обеспечены не менее чем двумя трапами, расположенными в противоположных концах помещения и ведущими на главную палубу; один из трапов (запасной) должен быть выведен на открытую палубу вне палубных надстроек или в изолированную защитную стальную выгородку в надстройке, обеспечивающую при пожаре безопасный выход на открытую часть главной палубы или бортового обноса. Запасной трап разрешается заменять вертикальным скоб-трапом.

9.2.9 При размещении в трюмном помещении от 10 до 20 чел. экипажа и при наличии выхода на открытую палубу дополнительный трап можно не устанавливать, если со стороны, противоположной главному выходу, предусмотрены спасательные иллюминаторы — по одному с каждого борта.

9.2.10 При размещении в трюмном помещении до 10 чел. экипажа и при наличии выхода непосредственно на главную палубу дополнительный трап или спасательные иллюминаторы допускается не предусматривать.

9.2.11 Расположение наклонных трапов должно обеспечивать свободный доступ к ним. Перед входом на наклонный трап и при сходе с него, а также в местах, где следующий трап является продолжением предыдущего должны быть предусмотрены свободные площадки длиной не менеее 0,8 м — для наружных наклонных трапов и 0,6 м — для внутренних и вертикальных трапов и шириной не менее ширины трапа. На площадках не должно быть поперечных комингсов или буртиков. Угол наклона трапов к горизонтальной плоскости не должен превышать 50° — для жилых и служебных помещений и 55° — на палубах и в машинных помещениях. Для доступа к оборудованию в отделениях и отсеках судна допускается установка трапов с углом наклона 60°, а в отсеках с периодическим обслуживанием оборудования, где применение наклонных трапов затруднительно, допускается установка вертикальных трапов.

9.2.12 Промежуточные площадки, указанные в 9.2.11, должны устанавливаться, если длина трапа превышает, мм, для трапа:

наклонного	4000
вертикального	9000

9.2.13 Ширина трапов при числе пассажиров 50 и менее в данном помещении должна быть не менее 0,8 м. На каждые 10 пассажиров сверх 50 ширина трапов должна быть увеличена на 5 см. Ширина трапов в помещениях для экипажа должна быть не менее 0,8 м, а на судах длиной до 25 м — не менее 0,65 м.

На судах длиной до 25 м допускается уменьшение ширины трапов до 0,5 м, если требование настоящего пункта технически невыполнимо.

9.2.14 Трапы, имеющие более трех ступенек, должны быть оборудованы поручнями или леером.

9.2.15 Каждый пассажирский салон судов на подводных крыльях и воздушной подушке, рассчитанный на 20 чел. и более, должен быть оборудован не менее чем двумя выходами, расположенными в противоположных концах салона. Один из выходов может быть аварийным.

9.3 ИЛЛЮМИНАТОРЫ

9.3.1 Устройство и расположение бортовых иллюминаторов должны соответствовать требованиям 5.6.24 – 5.6.27 ч. II Правил.

В помещениях, предназначенных для перевозки грузов, устройство иллюминаторов не допускается.

9.3.2 В трюмных помещениях для пассажиров и экипажа, а также в машинном

отделении должны быть установлены спасательные иллюминаторы размером в свету 400 мм.

Примечание. Спасательные иллюминаторы следует предусматривать только на судах, высота надводного борта которых позволяет свободно их разместить.

9.3.3 В трюмных помещениях для пассажиров и экипажа спасательные иллюминаторы должны быть расположены в общих каютах или в коридорах по одному с каждого борта.

9.3.4 В машинных помещениях спасательные иллюминаторы должны быть расположены по одному с каждого борта. Если в переборке, разделяющей машинное и котельное помещения, имеется дверь, в каждом помещении должно быть установлено не менее чем по одному иллюминатору, которые должны быть расположены в противоположных концах помещения.

9.3.5 При наличии в трюмном помещении для пассажиров или команды, а также в машинном помещении запасного выхода, ведущего непосредственно на открытую главную палубу, спасательные иллюминаторы допускается не устанавливать

9.3.6 Нижняя кромка спасательных иллюминаторов должна быть расположена не ниже нижней кромки обычных иллюминаторов, установленных в бортах судна.

9.3.7 Проход к спасательным иллюминаторам должен быть свободным. Для облегчения доступа к лазам по борту должны быть поставлены скобы.

9.3.8 Рамки спасательных иллюминаторов должны быть окрашены в красный цвет и иметь соответствующие надписи. Указатели местонахождения спасательных иллюминаторов должны быть размещены на видных местах.

9.3.9 На судах классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О» и «Р» спасательные иллюминаторы, расположенные в помещениях для пассажиров ниже палубы надводного борта, должны быть оборудованы автоматической сигнализацией, выведенной в рулевую рубку таких судов, которая предупреждает, что указанные иллюминаторы открыты.

9.4 РУЛЕВАЯ РУБКА

9.4.1 Рулевая рубка должна быть устроена и оборудована таким образом, чтобы судоводитель мог непрерывно и без излишних движений выполнять свои функции.

9.4.2 С рулевого поста должен обеспечиваться беспрепятственный обзор во всех направлениях.

Зона отсутствия видимости для судоводителя перед судном для всех эксплуатационных случаев загрузки без учета оптических средств, позволяющих уменьшить зону отсутствия видимости, должна быть равна удвоенной длине судна (состава), но не более 250 м.

Поле зрения с обычного рабочего места судоводителя должно представлять собой сектор в направлении горизонта, определяемый углом не менее 240°. Из этого угла не менее 140° должно приходиться на половину круга перед судном.

9.4.3 В направлении обычной оси зрения судоводителя (по диаметральной плоскости) не должно находиться никаких надстроек. Мачты, стойки и другие конструкции не должны занимать более 1,0° поля зрения с обычного рабочего места судоводителя.

9.4.4 Если в направлении кормы судна не обеспечивается беспрепятственный обзор, то для улучшения обзора допускается установка зеркал, видеоустановок и других вспомогательных оптических средств.

9.4.5 Должен быть обеспечен беспрепятственный обзор из окон рулевой рубки в любое время суток при помощи осветительных средств (прожекторов).

9.4.6 Степень прозрачности стекол, используемых в рулевых рубках, должна составлять не менее 75 %.

9.4.7 Требования к средствам управления и элементам систем автоматизации, размещенным в рулевой рубке, установлены в 11.12 ч. IV Правил и 12 ч. V Правил.

9.5 ЖИЛЫЕ И СЛУЖЕБНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

9.5.1 При расчете пассажировместимости судов в площадь для размещения пассажиров не разрешается засчитывать:

.1 форпик, палубу над форпиком и ахтерпик;

.2 кают-компании, курительные и другие салоны, рестораны, столовые и подобные им помещения;

.3 палубу в районе проходов для посадки и высадки пассажиров, проходов к спасательным шлюпкам и трапам, а также палубу, на которую вход пассажирам запрещен;

.4 палубу на расстоянии 1 м от судовых устройств (рулевого, шлюпочного, грузоподъемного, швартовного, буксирного, сцепного, якорного);

.5 люки грузовые, машинные, жилых и служебных помещений.

На судах внутреннего плавания, на которых экипаж находится только во время работы, а проживает на берегу, помещения, перечисленные в подпункте 2 настоящего пункта, необходимо засчитывать в площадь для размещения пассажиров при расчете пассажировместимости.

9.5.2 Судовые помещения, расположенные на обносах, должны отстоять от края обносов на расстоянии не менее 300 мм. Установка коек вдоль бортовых переборок надстроек и рубок, расположенных на обносах, запрещается.

9.5.3 Расположение жилых помещений, а также камбузов, столовых, используемых как помещения для отдыха, над цистернами с жидким топливом или рядом с ними допускается при условии устройства горизонтального коффердама высотой не менее 600 мм или вертикального коффердама шириной в одну шпацию.

Коффердамы должны быть оборудованы вентиляцией, не зависящей от вентиляции жилых помещений.

В палубах или переборках в районе этих помещений не должно быть вырезов для устройства горловин или других отверстий.

9.5.4 Для размещения экипажа не разрешается использовать помещения:

.1 форпика и ахтерпика;

.2 имеющие не выгороженный шахтой грузовой люк;

.3 машинные и котельные;

.4 общественные и хозяйственные, служебные и санитарно-гигиенические;

.5 имеющие непосредственный выход через двери или лазы в помещения, где установлены двигатели, котлы, насосы, или в помещения для хранения нефтепродуктов, угля, а также малярную и фонарную.

9.5.5 На судах классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О» предметы оборудования (шкафы, столы, диваны, пианино, стулья) должны быть закреплены.

9.5.6 Над аварийными выходами судовых помещений должны быть установлены светящиеся табло «Аварийный выход».

9.6 ЗРИТЕЛЬНЫЕ ЗАЛЫ И ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ

9.6.1 В зрительных залах и помещениях, оборудованных для мультимедийных презентаций, демонстрации видеофильмов и т. п. на пассажирских судах, брандвахтах, плавучих выставках должны быть выходы непосредственно на открытую палубу из расчета одного на 50 зрителей, но не менее двух выходов, расположенных с противоположных сторон. Каждый выход должен иметь дверь, открывающуюся наружу, причем минимальная ширина двери и прохода должна быть не менее 1,1 м.

Над каждым выходом со стороны зрительного зала должны быть установлены светящиеся табло «Выход» или «Аварийный выход».

Мебель в зрительных залах должна быть выполнена из материалов с медленным распространением пламени (см. 1.2.1.16 ч. III Правил) и закреплена.

Использование в зрительных залах ковров и ковровых дорожек не допускается.

9.6.2 На несамоходных нефтеналивных судах демонстрация кинофильмов на горючей пленке не допускается.

9.7 ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРОЧНЫХ РАБОТ И ХРАНЕНИЯ БАЛЛОНОВ

9.7.1 Места и помещения для хранения кислородных и ацетиленовых баллонов должны соответствовать требованиям 2.5.7 – 2.5.11 ч. III Правил, а помещения для производства электросварочных работ на судах – 2.5.12 ч. III Правил.

9.8 ПОМЕЩЕНИЯ КАМБУЗОВ

9.8.1 Помещения камбузов должны соответствовать требованиям 4.1.1 и 4.1.2 ч. III Правил.

9.8.2 Переборки и палубы камбузов должны быть выполнены из стали или другого равноценного материала.

Конструкции из горючих материалов возле камбузных плит должны удовлетворять требованиям 2.3.3 ч. III Правил.

9.9 САУНЫ

9.9.1 На судах, оборудованных саунами должны выполняться следующие требования:

.1 подволок, стены и пол должны быть обшиты деревом лиственных пород;

.2 ручки дверей сауны должны быть выполены из низкотеплопроводного материала или покрыты им;

.3 дверь сауны должна открываться наружу толчком, не допускается наличие на двери запорных устройств;

.4 отстояние нижней кромки двери в сауну от настила пола сауны должно быть не менее 0,05 м;

.5 металлические крепления досок зашивки сауны, ограждений, решеток должны быть утоплены;

.6 все штатное оборудование сауны (лежаки, полки, шайки, черпаки) должны быть изготовлены из дерева или малотеплопроводных материалов и не иметь открытых теплоизолированных частей;

.7 с целью контроля температуры в помещении сауны должен быть установлен нертутный термометр;

.8 светильники, термометры и другие устройства, устанавливаемые в сауне, должны иметь ограждения, исключающие возможность их механического повреждения, и предотвращать получение ожогов от случайного прикосновения к ним;

.9 электрокамин должен быть заземлен и оборудован ограждением высотой не менее 1,2 м. Элементы ограждения должны быть изготовлены из нетеплопроводного материала, расстояние между элементами ограждения не должны превышать 0,38 м;

.10 щит управления электрокамином и включение освещения сауны должны быть расположены вне помещения сауны. Должно быть предусмотрено автоматическое отключение электрокамина сауны при достижении в ней предельно установленной температуры;

.11 осветительная арматура должна быть влагонепроницаемая, а стекло — жаропрочным;

.12 нагревательные элементы электрокамина сверху должны быть полностью закрыты камнями.

Кроме того, сауны должны соответствовать требованиям 2.5.13 ч. III Правил.

10 ОГРАЖДЕНИЯ, ПОРУЧНИ, ПЕРЕХОДНЫЕ МОСТИКИ, СХОДНЫЕ ТРАПЫ

10.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

10.1.1 По периметру открытых палуб, мостиков и надстроек, а также вокруг открытых площадок и рабочих мест, расположенных на высоте более 0,5 м должны предусматриваться фальшборт или леерные ограждения. Отверстия и проемы в палубах, бортах, переборках, фальшборте должны предусматривать ограждающие устройства, исключающие возможность падения или травмирования людей в процессе эксплуатации судна.

10.1.2 Стационарные ограждения (комингсы, фальшборт, перила, леерное ограждение) с учетом типа, назначения судна и условий его эксплуатации должны минимизировать риск падения человека за борт, в шахту машинного помещения, в проем или отверстие в палубе, с башни плавучего дока, с крыльев мостика, с площадки для обслуживания технических средств, с других рабочих мест.

Для защиты пассажиров и экипажа от опасности падения за борт на судах предусматриваются помимо стационарных ограждений поручни, переходные мостики, сходные трапы.

Сходные люки, другие проемы и отверстия в палубах, переборках, бортах, должны иметь подвижное или съемное ограждение.

10.1.3 Ограждения должны выдерживать нагрузки, возникающие при их эксплуатации. Устройства для соединения и крепления ограждений должны быть изготовлены таким образом, чтобы они не ослаблялись от вибрации. Для предупреждения потери крепежных деталей (болтов, гаек, штырей) должны быть приняты конструктивные меры.

10.1.4 Высота фальшборта или леерного ограждения по периметру палуб и мостиков, а также вокруг открытых площадок, расположенных на высоте более 0,5 м над палубой, должна быть не менее 1100 мм, внутри помещений и отсеков судна высота ограждений должна быть не менее 1000 мм. На верхних тентах леерное ограждение допускается не устанавливать.

У судов длиной менее 20 м может быть допущена меньшая высота фальшборта или леерного ограждения (но не менее 900 мм), если Речному Регистру будут представлены соответствующие обоснования обеспечения достаточной защиты экипажа и пассажиров.

10.1.5 Фальшборт или леерное ограждение должны быть установлены на всех открытых палубах корпуса, надстроек и рубок. На самоходных судах длиной до 10 м допускается установка поручня по периметру надстройки или рубки.

10.1.6 На пассажирских судах всех классов ограждение палуб, на которые имеют доступ пассажиры, должно быть выполнено в виде глухого фальшборта или леерного ограждения с защитными сетками.

10.1.7 В районах установки кнехтов и киповых планок леерное ограждение или фальшборт не должны иметь частей, требующих изменения их положения при работе со швартовами.

10.1.8 В местах подачи сходен должны предусматриваться дверцы или съемные, телескопические, откидные и тому подобные виды ограждений.

10.1.9 Съемные ограждения должны иметь специальные карабины, конструкция которых обеспечивает быстроту установки и легкость снятия ограждений и исключает самопроизвольное расцепление под действием веса падающего на ограждения человека.

10.1.10 Палубы паромов и других судов, предназначенные для перевозки колесной техники, должны быть ограждены колесоотбойниками высотой не менее 0,45 м.

10.2 ФАЛЬШБОРТ

10.2.1 На каждом непрерывном участке фальшборта должны быть предусмотрены вырезы для стока воды общей площадью не менее 10 % площади непрерывной части фальшборта.

10.2.2 Вырезы в фальшборте для выходов должны иметь двустворчатые дверцы, открывающиеся внутрь, или съемное ограждение.

10.2.3 По верху фальшборта должен быть предусмотрен планширь.

10.3 ЛЕЕРНОЕ ОГРАЖДЕНИЕ

10.3.1 Расстояние между леерными стойками не должно превышать три шпации.

10.3.2 Леерное ограждение высотой 1100 мм должно быть четырехрядным, высотой 1000 мм — трехрядным. Нижний леер должен быть установлен не выше 230 мм от палубы. Расстояние между другими леерами не должно превышать 380 мм. Леерное ограждение палуб, на которые имеют доступ пассажиры, должно иметь защитные сетки. Сторона ячейки сетки должна быть не более 100 мм.

10.3.3 Должно быть установлено леерное ограждение: на несамоходных судах всех классов — в районе надстройки и рубки, а на судах, эксплуатируемых без экипажа, — в районе бака и юта.

На несамоходных судах классов «О», «Р» и «Л», в том числе и на эксплуатируемых без команд, леерное ограждение в районе грузового трюма и грузового бункера допускается заменять шкафутным брусом и поручнем по комингсу грузового люка или стенке грузового бункера.

На баржах-площадках, не имеющих грузового бункера в районе грузовой площадки, устанавливается шкафутный брус.

На баржах-площадках, разгружающихся по методу кренования или опрокидывания, леерное ограждение можно не устанавливать, если предусмотрен сквозной проход под палубой.

10.3.4 Верхняя кромка шкафутного бруса должна возвышаться над палубой судна не менее чем на 100 мм. Шкафутный брус не должен препятствовать стоку воды с палубы.

10.3.5 В местах, где фальшборт и леерное ограждение прерываются (район палубных механизмов, пролеты для трапов и т. п.), должны быть предусмотрены съемные цепные леера.

10.3.6 Зазоры (разрывы) между леерными ограждениями, а также между ограждениями и другими конструкциями судна не должны превышать 150 мм.

10.3.7 Конструкция съемных жестких или гибких леерных ограждений должна обеспечивать их быстросъемность. В случае применения гибких леерных огражде-

ний (цепных, тросовых) должна обеспечиваться возможность подтягивания лееров.

10.3.8 В местах прохода людей допускается применять только цепные ограждения. Длина такого ограждения (расстояние между стойками) не должна превышать одного метра. Максимальное провисание цепного леера не должно превышать 40 мм.

10.4 ПОРУЧНИ, ПЕРЕХОДНЫЕ МОСТИКИ, СХОДНЫЕ ТРАПЫ

10.4.1 Трапы должны иметь ограждения и поручни высотой не менее требуемой Правилами для леерного ограждения.

10.4.2 При наличии прохода по обносу на наружных стенках надстроек должны быть установлены поручни.

10.4.3 На нефтеналивных судах классов «М-СП», «М-ПР», «О-ПР», «М», «О» между раздельно расположенными жилыми и служебными помещениями, а также с целью обеспечения членам экипажа безопасного доступа на носовую часть судна в любых условиях эксплуатации должны быть предусмотрены приподнятые над палубой переходные мостики. Переходные мостики должны:

.1 быть шириной не менее 1 м и расположены вблизи от диаметральной плоскости;

.2 быть оборудованы ограждающими леерами высотой не менее 1,1 м на стойках с интервалами не более чем три шпации;

.3 иметь боковые входы с палубы с интервалами не более чем 40 м.

Если протяженность открытой палубы превышает 70 м, по всей длине мостика должны быть предусмотрены укрытия удобной конструкции с интервалами не более чем 45 м.

Каждое такое укрытие должно вмещать, по меньшей мере, одного человека и защищать его от воздействия непогоды.

10.4.4 Толкачи и толкаемые суда должны иметь сходни и трапы, обеспечивающие безопасный переход команды с одного судна на другое.

10.5 МЕСТА ДЛЯ ПАССАЖИРОВ НА СКОРОСТНЫХ СУДАХ

10.5.1 Скоростные суда должны быть оборудованы сиденьями для пассажиров в количестве, соответствующем пассажировместимости судна.

10.5.2 Места для сидения пассажиров должны быть закреплены. Прочность крепления мест для сидения должна отвечать требованиям Приложения 10 «Критерии испытания и оценки кресел для пассажиров и экипажа» Международного кодекса безопасности высокоскоростных судов.

10.5.3 Конструкция мест для сидения и их крепления должны быть такими, чтобы свести к минимуму опасность получения повреждений сидящих на них пассажиров и не затруднять выход из них пассажиров в случае необходимости.

Конструкция мест для сидения должна обеспечивать размещение индивидуальных спасательных средств, если не предусмотрены иные решения по их размещению.

10.5.4 Места для сидения должны быть установлены так, чтобы не мешать свободному проходу и не затруднять доступ к аварийному оборудованию, спасательным средствам и путям эвакуации.

10.5.5 Места для сидения пассажиров должны быть оснащены ремнями безопасности одобренной Речным Регистром конструкции.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(обязательное)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСОВ КАТАМАРАНОВ

1 В расчетах прочности соединительного моста должны быть рассмотрены три его основные деформации: поперечный изгиб, поперечное скручивание и антисимметричная деформация, вызванная вертикальным изгибом корпусов в противоположных направлениях.

Следует проверить прочность связей моста при трех положениях судна относительно волны:

.1 лагом на волне (курсовой угол $\varphi = 90°$), когда поперечный изгибающий момент максимален; момент следует вычислять по формулам (П1.6-2) и (П1.7-1), а внутренние усилия и напряжения — в соответствии с требованиями 16 настоящего приложения;

.2 при косом курсе к волне, при котором одновременно с поперечным изгибом наблюдается поперечное скручивание. Для нахождения максимальных суммарных напряжений в связях моста следует произвести расчеты при нескольких значениях угла φ, близких к значению угла φ_1 определяемому по формуле (П1.8-10). Внешние усилия определять в соответствии с требованиями 8, а внутренние усилия — с требованиями 17 и 19 настоящего приложения;

.3 при косом курсе к волне, при котором корпуса изгибаются в противоположных направлениях. Для нахождения максимальных суммарных напряжений от деформации, вызываемой изгибом корпусов на волне и от поперечного изгиба на тихой воде, следует выполнить расчеты при нескольких значениях угла φ, близких к значению угла φ_2 определяемому по формуле (П1.9-7). Нагрузки следует определять в соответствии с требованиями 9, а внутренние усилия — с требованиями 21 настоящего приложения.

2 Если соединение корпусов осуществлено с помощью прочной надстройки или рубки, то достаточно проверить прочность соединительной конструкции при поперечном изгибе в соответствии с требованиями 10 настоящего приложения.

3 Расчетным случаем при проверке прочности соединительной конструкции является состояние в полном грузу, а также аварийное состояние в соответствии с 2.2.7. Для грузовых судов следует учитывать максимальную неравномерность распределения грузов по ширине, допускаемую Инструкцией по погрузке и выгрузке.

4 Поперечные изгибающие моменты на тихой воде следует вычислять так же, как и продольные моменты: интегрированием нагрузки не менее чем по 21 ординате. Следует вычислить два расчетных значения поперечного изгибающего момента на тихой воде, получая их непосредственным суммированием моментов от сил веса и сил поддержания:

M_1 — в сечении плоскости, проходящей через внутренний борт на мидель-шпангоуте параллельно диаметральной плоскости;

M_2 — в сечении по диаметральной плоскости.

Если обводы подводной части корпусов симметричны относительно диаметральной плоскости корпусов, а весовая нагрузка симметрична относительно диаметральной плоскости всего судна, то моменты M_1 и M_2 можно вычислять по формулам, кН·м,

$$M_1 = -0,5P_м B_к - P_к y_к ; \qquad (П1.4\text{-}1)$$

$$M_2 = -P_м \left[0,5\left(B_к + c\right) - y_м\right] - P_к y_к , \qquad (П1.4\text{-}2)$$

где $P_м$ — вес половины моста с грузом и нагрузкой по другим статьям (между секущей плоскостью, проходящей параллельно диаметральной плоскости через внутренний борт на мидель-шпангоуте, и диаметральной плоскости всего судна), кН;

$P_к$ — вес одного корпуса и прилегающей к нему в оконечностях части моста вместе с грузом, оборудованием, системами и нагрузками по другим статьям до сечения, проходящего параллельно диаметральной плоскости через внутренний борт на мидель-шпангоуте, кН;

$y_к$ — отстояние центра тяжести веса $P_к$ от диаметральной плоскости корпуса, это отстояние положительно, когда центр тяжести ближе к внутреннему борту, м;

$y_м$ — отстояние центра тяжести веса $P_м$ от диаметральной плоскости всего судна, м.

5 Дополнительные усилия, действующие на соединительную конструкцию на волнении, могут быть вычислены по приведенным ниже формулам. Входящую в эти формулы длину расчетной волны λ принимать равной: для судов классов «М-СП», «М-ПР» и «М» — 40 м, для судов классов «О-ПР» и «О» — 20 м, для судов класса«Р» — 12 м, для судов класса «Л» — 6 м.

6 При выполнении неравенства

$$2\left(c + B_к\right) \le \lambda \qquad (П1.6\text{-}1)$$

максимальный дополнительный поперечный изгибающий момент, возникающий в положении судна лагом к волне, можно вычислять по формуле, кН·м:

$$M_3' = \pm 30,8hLB_к \left[T\left(H_1 - T/2\right)m_6 - B_к^2 m_1/12\right]/\lambda, \qquad (П1.6\text{-}2)$$

где T — осадка на мидель-шпангоуте, м;

H_1 — отстояние нейтральной оси поперечной связи моста на мидель-шпангоуте от основной плоскости (при соединении корпусов с помощью прочной надстройки или рубки — отстояние нейтральной оси эквивалентного бруса надстройки или рубки от основной плоскости), м;

m_1, m_6 — коэффициенты, определяемые по табл. П1.6 в зависимости от коэффициента полноты действующей ватерлинии одного корпуса α_1 и величины b_0, равной

$$b_0 = 0,5B_к/\left(B_к + c\right). \qquad (П1.6\text{-}3)$$

Таблица П1.6

Значения коэффициентов m_1, m_6

α_1	Коэффициент m_1 при b_0, равном			Коэффициент m_6 при b_0, равном		
	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50
0,5	0,307	0,293	0,252	0,500	0,469	0,385
0,6	0,384	0,366	0,315	0,600	0,561	0,457
0,7	0,512	0,485	0,413	0,700	0,649	0,511
0,8	0,673	0,636	0,532	0,800	0,732	0,553
0,9	0,833	0,784	0,651	0,900	0,816	0,595
1,0	1,000	0,940	0,774	1,000	0,900	0,637

Одновременно с моментом M_3' на соединительную конструкцию действует растягивающая (положительная) или сжимающая (отрицательная) сила, кН,

$$T_{с.к}' = \mp 30,8hLB_к Tm_6/\lambda . \qquad (П1.6\text{-}4)$$

В формулах (П1.6-2) и (П1.6-4) берутся либо верхние, либо нижние знаки. Положительный поперечный изгибающий момент вызывает растяжение верхних волокон соединительной конструкции.

7 При невыполнении неравенства (П1.6-1) максимальный поперечный изгибающий момент, возникающий в положении судна лагом к волне, кН·м,

$$M_3'' = \pm 30,8hLB_к \sin\left[\pi\left(B_к + c\right)/\lambda\right] \times \times \left[T\left(H_1 - 0,5T\right)m_6 - B_к^2 m_1/12\right]/\lambda, \qquad (П1.7\text{-}1)$$

где m_1, m_6 следует находить по табл. П1.6 в зависимости от коэффициента полноты

действующей ватерлинии одного корпуса α_1 и значения b_0, которое следует принять равным

$$b_0 = B_к/\lambda . \qquad (П1.7\text{-}2)$$

Сжимающая или растягивающая соединительную конструкцию сила, кН,

$$T''_{с.к} = \pm 30,8hLB_к Tm_6 \sin\left[\pi\left(B_к + c\right)/\lambda\right]/\lambda . \qquad (П1.7\text{-}3)$$

8 В положении, при котором диаметральная плоскость судна составляет угол φ с направлением распространения волн, на соединительную конструкцию действуют:

дополнительный поперечный изгибающий момент, кН·м,

$$M_4 = \pm 30,8hLB_к \sin\upsilon \sin\varphi \times \times\left[T\left(H_1 - 0,5T\right)m'_4 - B_к^2 m'_2/12\right]/\lambda , \qquad (П1.8\text{-}1)$$

скручивающий момент, кН·м,

$$M_5 = \pm 1,23hB_к L^2 m'_3 \sin\upsilon , \qquad (П1.8\text{-}2)$$

вызывающий поворот одного корпуса относительно другого вокруг поперечной оси, и сжимающая или растягивающая сила, кН,

$$T'''_{с.к} = \pm\left(30,8hLB_к Tm'_4 \sin\upsilon \sin\varphi\right)/\lambda . \qquad (П1.8\text{-}3)$$

Здесь:

$$\upsilon = \pi(B_к + c)(\sin\varphi)/\lambda ; \qquad (П1.8\text{-}4)$$

$$b_0 = B_к(\sin\varphi)/\lambda ; \qquad (П1.8\text{-}5)$$

$$m'_2 = \left[1 - \left(0,57 + 0,33\alpha_1\right)b_0^2\right]m_2 ; \qquad (П1.8\text{-}6)$$

$$m'_3 = \left[1 - 1,4\left(\alpha_1 b_0\right)^2\right]m_3 ; \qquad (П1.8\text{-}7)$$

$$m'_4 = m_4 - \left(1,5 - 0,1\alpha_1^2\right)b_0^2 m_2 . \qquad (П1.8\text{-}8)$$

Коэффициент m_2 следует находить по табл. П1.8-1, коэффициент m_3 — по табл. П1.8-2, коэффициент m_4 — по табл. П1.8-3 в зависимости от коэффициента полноты действующей ватерлинии одного корпуса α_1 и числа

$$l_0 = L(\cos\varphi)/\lambda . \qquad (П1.8\text{-}9)$$

Момент M_5 достигает максимального значения при угле близком к

Таблица П1.8-1

Значения коэффициента m_2

l_0	Коэффициент m_2 при α_1, равном					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0,307	0,384	0,512	0,673	0,833	1,000
0,1	0,306	0,383	0,509	0,668	0,823	0,984
0,2	0,304	0,378	0,500	0,651	0,794	0,935
0,3	0,299	0,370	0,485	0,625	0,748	0,853
0,4	0,293	0,359	0,465	0,589	0,686	0,757
0,5	0,286	0,345	0,440	0,544	0,611	0,637
0,6	0,277	0,329	0,411	0,493	0,526	0,505
0,7	0,267	0,311	0,379	0,437	0,434	0,368
0,8	0,255	0,291	0,344	0,377	0,340	0,234
0,9	0,243	0,270	0,307	0,315	0,246	0,109
1,0	0,230	0,248	0,270	0,253	0,156	0,000
1,1	0,216	0,225	0,232	0,193	0,074	–0,089
1,2	0,202	0,203	0,196	0,135	0,002	–0,156
1,3	0,188	0,180	0,161	0,088	–0,059	–0,198
1,4	0,173	0,159	0,128	0,036	–0,106	–0,216
1,5	0,159	0,139	0,098	–0,005	–0,140	–0,212

Таблица П1.8-2

Значения коэффициента m_3

l_0	Коэффициент m_3 при α_1, равном					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,042	0,067	0,089	0,116	0,154	0,207
0,2	0,082	0,131	0,176	0,227	0,300	0,403
0,3	0,120	0,189	0,254	0,328	0,432	0,574
0,4	0,154	0,241	0,323	0,414	0,542	0,713
0,5	0,183	0,283	0,377	0,483	0,627	0,811
0,6	0,207	0,315	0,417	0,531	0,682	0,863
0,7	0,225	0,336	0,440	0,557	0,705	0,869
0,8	0,236	0,344	0,447	0,561	0,697	0,830
0,9	0,241	0,342	0,438	0,544	0,660	0,750
1,0	0,240	0,328	0,414	0,507	0,596	0,637
1,1	0,233	0,306	0,378	0,454	0,511	0,499
1,2	0,221	0,276	0,331	0,388	0,410	0,347
1,3	0,205	0,239	0,277	0,313	0,300	0,191
1,4	0,185	0,200	0,219	0,234	0,187	0,042
1,5	0,163	0,158	0,160	0,154	0,077	–0,090

$$\varphi_1 = \arccos\left(0,75\lambda/L\right) \qquad (П1.8\text{-}10)$$

9 Вертикальные силы, действующие на каждый из корпусов в положении, при котором диаметральная плоскость судна составляет с направлением распространения волн угол φ, принимают распределенными по длине корпуса по закону, кН/м,

$$q = \pm 9,81B_к h\left[b_1 \cos\left(\pi x/L\right) + b_2 \cos\left(3\pi x/L\right)\right] \qquad (П1.9\text{-}1)$$

при начале координат, находящемся на мидель-шпангоуте, и оси x, направленной

Таблица П1.8-3

Значения коэффициента m_4

l_0	Коэффициент m_4 при α_1, равном					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
0,1	0,497	0,595	0,693	0,790	0,887	0,983
0,2	0,487	0,579	0,672	0,764	0,851	0,935
0,3	0,471	0,554	0,638	0,720	0,794	0,858
0,4	0,449	0,520	0,593	0,661	0,717	0,757
0,5	0,423	0,479	0,538	0,591	0,625	0,637
0,6	0,392	0,432	0,475	0,511	0,522	0,505
0,7	0,358	0,380	0,407	0,425	0,412	0,368
0,8	0,322	0,327	0,337	0,337	0,302	0,234
0,9	0,284	0,273	0,268	0,250	0,195	0,109
1,0	0,246	0,220	0,201	0,167	0,096	–0,000
1,1	0,209	0,170	0,138	0,091	0,008	–0,089
1,2	0,173	0,124	0,082	0,025	–0,064	–0,156
1,3	0,140	0,084	0,034	–0,030	–0,120	–0,198
1,4	0,109	0,049	–0,002	–0,073	–0,158	–0,216
1,5	0,082	0,021	–0,034	–0,140	–0,179	–0,212

в нос. Если на один корпус нагрузка берется со знаком плюс, то на другой — со знаком минус.

Коэффициенты b_1 и b_2

$$b_1 = 1,85\left[\left(1,212 - i_2/\alpha_1\right)p - 4m\sin\upsilon\right]; \quad \text{(П1.9-2)}$$

$$b_2 = 5,55\left[\left(0,363 - i_2/\alpha_1\right)p - 4m\sin\upsilon\right], \quad \text{(П1.9-3)}$$

где

$$p = \left(i_1 m_4' \sin\upsilon - \alpha_1 m_2' \upsilon\cos\upsilon\right) \Big/ \left\{6\left[1 + c/\left(2B_к\right)\right]^2 \alpha_1 + 2i_1\right\}; \quad \text{(П1.9-4)}$$

$$m = -m_5' \sin\upsilon/8 + i_2\, p/\left(4\alpha_1\right), \quad \text{(П1.9-5)}$$

где

$$m_5' = m_5\left\{1 - \left[1,45 - 2,4\alpha_1\left(1 - \alpha_1\right)\right]b_0^2\right\}. \quad \text{(П1.9-6)}$$

Значения υ следует определять по формуле (П1.8-4), b_0 — по формуле (П1.8-5), коэффициенты m_2' и m_4' — по формулам (П1.8-6) и (П1.8-8), коэффициенты i_1 и i_2 — по табл. П1.9-1 в зависимости от коэффициента полноты действующей ватерлинии одного корпуса α_1, коэффициент m_5 — по табл. П1.9-2 в зависимости от коэффициента полноты действующей ватерлинии одного корпуса α_1 и величины l_0, вычисляемой по формуле (П1.8-9).

Таблица П1.9-1

Значения коэффициентов i_1 и i_2

α_1	i_1	i_2	α_1	i_1	i_2
0,5	0,307	0,150	0,8	0,673	0,330
0,6	0,384	0,210	0,9	0,822	0,407
0,7	0,512	0,267	1,0	1,000	0,500

Таблица П1.9-2

Значения коэффициента m_5

l_0	Коэффициент m_5 при α_1, равном					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,0008	0,0013	0,0018	0,0020	0,0025	0,0041
0,2	0,0031	0,0052	0,0069	0,0083	0,0108	0,0160
0,3	0,0068	0,0115	0,0151	0,0184	0,0240	0,0349
0,4	0,0117	0,0197	0,0258	0,0316	0,0413	0,0592
0,5	0,0176	0,0295	0,0385	0,0471	0,0615	0,0870
0,6	0,0243	0,0403	0,0524	0,0641	0,0832	0,1161
0,7	0,0314	0,0514	0,0667	0,0813	0,1050	0,1443
0,8	0,0386	0,0624	0,0805	0,0978	0,1254	0,1694
0,9	0,0456	0,0726	0,0931	0,1126	0,1432	0,1893
1,0	0,0520	0,0814	0,1037	0,1247	0,1571	0,2026
1,1	0,0578	0,0884	0,1117	0,1336	0,1662	0,2080
1,2	0,0624	0,0934	0,1167	0,1386	0,1698	0,2052
1,3	0,0660	0,0960	0,1186	0,1395	0,1678	0,1942
1,4	0,0682	0,0951	0,1171	0,1362	0,1601	0,1757
1,5	0,0691	0,0940	0,1125	0,1290	0,1473	0,1511

Максимальные нагрузки действуют при угле φ, близком к углу

$$\varphi_2 = \arccos\left(\lambda/L\right). \quad \text{(П1.9-7)}$$

10 Если корпуса соединены с помощью прочной надстройки или рубки (см. 4.1.5.1), то должна быть проверена прочность соединительной конструкции при поперечном изгибе. Расчет ведется так же, как расчет на продольный изгиб. Должны быть найдены напряжения в двух продольных сечениях:

в сечении плоскостью, проходящей через внутренний борт на мидель-шпангоуте параллельно диаметральной плоскости, в которой действует момент $M_1 + M_3$;

в сечении до диаметральной плоскости судна, в котором действует момент $M_2 + M_3$. В эквивалентный брус включать: обшивку прочных поперечных переборок, соединяющих корпуса; расположенные на переборках горизонтальные связи; присоединенные пояски палубы и крышки надстройки вместе с находящимися в пределах пояска поперечными связями. Пере-

борка считается прочной, если ее конструкция соответствует требованиям 4.4.5 и 4.4.6. Ширину присоединенного пояска следует назначать в соответствии с требованиями 11 настоящего приложения для случая симметричной нагрузки.

Знак момента M_3 следует выбирать так, чтобы он совпадал со знаком поперечного изгибающего момента на тихой воде.

Напряжения от поперечного изгиба алгебраически суммировать с напряжениями от сжатия или растяжения силой T_{cc}, МПа,

$$\sigma_p = T_{с.к} \cdot 10^{-3} / F_{с.к}, \qquad (П1.10)$$

где $F_{с.к}$ — суммарная площадь (с учетом редуцирования) связей эквивалентного бруса соединительной конструкции, м^2. Суммарные напряжения не должны быть больше допускаемых напряжений при общем продольном изгибе.

11 Относительную ширину пояска палубы или крыши надстройки в долях от длины переборки, присоединяемого к стенке прочной переборки надстройки или рубки, следует определять по табл. П1.11 для случая симметричной нагрузки, если рассматривается поперечный изгиб, и для случая антисимметричной нагрузки, если расчет ведется на поперечное скручивание или на деформацию, вызываемую вертикальным изгибом корпусов в противоположных направлениях.

Таблица П1.11

Относительная ширина пояска палубы или крыши надстройки

$a/l_п$	Относительная ширина пояска палубы или крыши надстройки		
	при симметричной нагрузке в сечении по		при антисимметричной нагрузке в сечении по внутреннему борту
	внутреннему борту	диаметральной плоскости судна	
0	0,10	0,32	0,08
0,1	0,15	0,32	0,12
0,2	0,24	0,32	0,16
0,3	0,28	0,32	0,16
0,4	0,32	0,32	0,12
0,5	0,28	0,28	0,08

В табл. П1.11 обозначено:

a — отстояние конца переборки от внутреннего борта (длина части переборки в пределах одного корпуса), м;

$l_п$ — длина поперечной переборки надстройки, равная длине ее стенки, м.

Ширина присоединенного пояска не должна быть больше расстояния до соседней прочной поперечной переборки. Для торцевых переборок надстройки ширину присоединенного пояска принимать вдвое меньшей, если поясок расположен только по одну сторону от переборки.

12 Если корпуса соединяются мостом, то при определении напряжений в связях соединительной конструкции следует рассматривать катамаран как статически неопределимую систему, состоящую из двух продольных балок (корпусов), соединенных между собой поперечными балками и пластинами (настилом и обшивкой моста).

Корпуса испытывают деформацию изгиба в вертикальной и горизонтальной плоскостях и деформацию скручивания; поперечные балки моста — деформацию изгиба (для коротких балок с длиной меньше 10 высот следует учесть деформацию сдвига); пластины находятся в плоском напряженном состоянии.

При выполнении требований, изложенных в 4.1.6, разрешается заключение о прочности моста делать на основании упрощенного расчета (см. ниже), в котором не учитываются деформация скручивания корпусов и связь продольных деформаций корпусов, осуществляемая через настил и обшивку моста.

13 Для каждой поперечной связи моста вычислять жесткость при повороте, равную действующему в ней изгибающему моменту M_i'', кН·м, при симметричном повороте корпусов на единичный угол. Если i-я балка расположена в плоскости переборки или полупереборки корпуса, то

$$M_i'' = 2EI_i / l_i, \qquad (П1.13)$$

где I_i, l_i — момент инерции поперечного сечения и длина i-й балки моста соответственно.

Для других балок момент M_i'' находить по расчету рам без нагрузки с заданным смещением узлов (с заданными углами поворота прямых, соединяющих концы стержней).

14 Должны быть найдены усилия в связях моста, создаваемые местной нагрузкой.

Рассчитывается стержневая система, состоящая из рамных связей моста и корпуса, в предположении, что корпуса являются неподвижными (не поворачивающимися относительно один другого). Поперечные балки моста, находящиеся в плоскости поперечных переборок или полупереборок корпуса, считать жестко заделанными на концах; остальные балки рассматривать как часть рамы с неподвижными узлами, образованной шпангоутными рамами корпусов и поперечной балкой моста. Расчет ведется на действие местных нагрузок, приложенных при рассматриваемом состоянии нагрузки судна к поперечным связям моста и корпусов. В результате расчета вычислять для каждой i-й балки моста изгибающие моменты M_i', действующие в плоскости, проходящей через внутренний борт на мидель-шпангоуте параллельно диаметральной плоскости.

При определении напряжений от местного изгиба i-я поперечная связь моста рассматривается как свободно опертая балка, несущая местную нагрузку, к концам которой приложены два равных противоположно направленных момента, кН·м:

$$M_{i1} = M_i' - M_i'' \sum M_i' / \sum M_i'' . \qquad (П1.14)$$

Величины $\sum M_i'$ и $\sum M_i''$ определяются суммированием по всем поперечным балкам.

15 Моменты, приложенные к концам i-й поперечной связи, при общем поперечном изгибе на тихой воде, кН·м:

$$M_{i2} = M_i'' M_1 / \sum M_i'' . \qquad (П1.15)$$

16 Дополнительные моменты от волнения, приложенные к концам поперечных связей моста в положении судна лагом к волне, кН·м:

$$M_{i3} = M_i'' M_3 / \sum M_i'' , \qquad (П1.16\text{-}1)$$

где M_3 — следует определять по формуле (П1.6-2) либо по формуле (П1.7-1).

Сила $T_{с.к}$, определяемая по формуле (П1.6-4) либо (П1.7-3), создает растягивающие или сжимающие напряжения, МПа,

$$\sigma_р = T_{с.к} \cdot 10^{-3} / \sum F_i , \qquad (П1.16\text{-}2)$$

где F_i — площадь поперечного сечения i-й поперечной связи, м^2.

17 Дополнительный поперечный изгибающий момент M_4, вычисляемый по формуле (П1.8-1) при ходе косым курсом к волне, создает на концах i-й поперечной связи моста моменты, кН·м:

$$M_{i4} = M_i'' M_4 / \sum M_i'' , \qquad (П1.17)$$

а сила $T_{с.к}$, вычисляемая по формуле (П1.8-3), — напряжение $\sigma_р$, которое необходимо определять по формуле (П1.16-2).

18 Для каждой поперечной связи моста следует вычислять ее жесткость при линейном вертикальном смещении — действующую в ней срезывающую силу при перемещении одного корпуса на единицу вверх, а другого — на единицу вниз, численно равную реакции R_{i1} (рис. П1.18). Если i-я связь находится в плоскости полупереборки корпуса, то

$$R_{i1} = 24EI_i / \left(l_i^3 + 31{,}2 I_i l_i / f_i \right) , \qquad (П1.18)$$

где f_i — площадь стенки i-й связи.

Для других балок жесткость следует находить при расчете рамы с заданным смещением узлов (см. рис. П1.18).

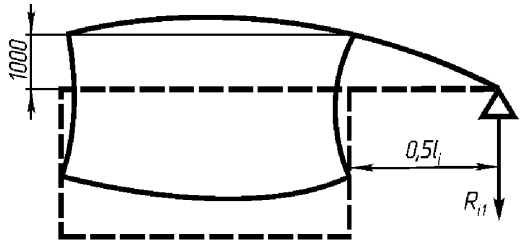


Рис. П1.18. Рама с заданным смещением узлов

19 При расчете моста на поперечное скручивание моментом M_5 жесткость корпусов при изгибе и скручивании принимать бесконечно большой.

Срезывающая сила, действующая в поперечной связи, установленной на расстоянии x_i от мидель-шпангоута (ось x направлена в нос), кН,

$$N_{i5} = \left(c_1 + c_2 x_i / L\right) R_{i1} \qquad \text{(П1.19-1)}$$

и изгибающие моменты на концах, кН·м,

$$M_{i5} = \pm 0,5 l \left(c_1 + c_2 x_i / L\right) R_{i1}, \qquad \text{(П1.19-2)}$$

где c_1, c_2 — следует определять решением системы уравнений:

$$\left.\begin{aligned} c_1 \sum R_{i1} + c_2 \sum \left(R_{i1} x_i / L\right) &= 0 \\ c_1 \sum \left(R_{i1} x_i / L\right) + c_2 \sum \left[R_{i1} \left(x_i / L\right)^2\right] &= M_5 / L \end{aligned}\right\}. \qquad \text{(П1.19-3)}$$

20 При определении напряжений в поперечных связях моста, вызываемых изгибом корпусов в противоположных направлениях, допускается считать, что корпуса связаны только поперечными балками, создающими для корпусов упругое основание. Влияние на эту деформацию настила и обшивки моста учитывать введением в сечение одного корпуса продольных связей моста, расположенных по одну сторону от диаметральной плоскости судна. Действующие на корпуса нагрузки определять по формуле (П1.9-1), а усилия в связях моста — в соответствии с требованиями 21 настоящего приложения; угол φ подбирать так, чтобы напряжения были максимальными.

21 При изгибе корпусов в противоположных направлениях в i-й поперечной связи моста срезывающую силу следует определять по формуле, кН,

$$N_{i6} = R_{i1} \left(a_0 f_{0i} + a_1 f_{1i} + a_2 f_{2i} + a_3 f_{3i} + a_4 f_{4i}\right) h B_к L \qquad \text{(П1.21-1)}$$

— — — —