РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА

ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ МОРСКИХ СУДОВ

Том 4

Часть XVIII ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПО КОНСТРУКЦИИ И ПРОЧНОСТИ НАВАЛОЧНЫХ СУДОВ

НД No 2-020101-044 (Том 4)

Российский морской регистр судоходства
Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8

2006

gost.e-ecolog.ru

ЛИСТ УЧЕТА ЦИРКУЛЯРНЫХ ПИСЕМ, ИЗМЕНЯЮЩИХ / ДОПОЛНЯЮЩИХ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

Правила классификации и постройки морских судов , Том 4

НД 2-020101-044

Общие правила по конструкции и прочности навалочных судов (Часть XVIII)

(номер и название нормативного документа)

№ п/п	Номер циркулярного письма, дата утверждения	Перечень измененных и дополненных пунктов
1.	010-2.2-303ц от 15.02.08	Бюллетень 1: пп. 2.2.4, 2.2.5, 2.2.7, 2.2.8.
2.	010-2.2-319ц от 29.04.08	Бюллетень 2: Гл. 3, разд. 6: 9.5.2, 9.5.3, 9.6.3, рис. 25; Гл. 9, разд. 2: 5.1.3; разд. 4: 5.1.1, 5.3.1; Гл. 13, разд. 1: 1.2.2.
3.	010-2.2-365ц от 03.10.08	Бюллетень No.3: 2.3.1, 2.3.2.

Правила классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства утверждены в соответствии с действующим положением и вступают в силу с 1 октября 2007 г.

Настоящее одиннадцатое издание Правил составлено на основе десятого издания 2005 г. с учетом изменений и дополнений, включенных в Бюллетень изменений и дополнений 2006 г., а также подготовленных непосредственно к моменту переиздания.

В Правилах учтены унифицированные требования, интерпретации и рекомендации Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО) и соответствующие резолюции Международной морской организации (ИМО).

Правила изданы в четырех томах. В первом томе содержатся Общие положения о классификационной и иной деятельности и части: I «Классификация», II «Корпус», III «Устройства, оборудование и снабжение», IV «Остойчивость», V «Деление на отсеки», VI «Противопожарная защита».

Во втором томе содержатся части: VII «Механические установки», VIII «Системы и трубопроводы», IX «Механизмы», X «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением», XI «Электрическое оборудование», XII «Холодильные установки», XIII «Материалы», XIV «Сварка», XV «Автоматизация», XVI «Конструкция и прочность корпусов судов и шлюпок из стеклопластика».

В третьем томе содержится часть XVII «Общие правила по конструкции и прочности нефтеналивных судов с двойными бортами». Общие правила по конструкции и прочности нефтеналивных судов с двойными бортами Российского морского регистра судоходства утверждены в соответствии с действующим положением. Настоящие Правила вступили в силу с 1 апреля 2006 года. Правила содержат две части: одна часть дана для информации и не включает конкретных требований, а другая содержит конструктивные требования для нефтеналивных судов с двойными бортами длиной 150 м или более. Сведения для информации представлены в разделе 1 «Введение» и разделе 2 «Принципы построения Правил». Конкретные требования Правил представлены в разделах 3 – 12 и в приложениях. Изменения редакционного характера, вступившие в силу 1 апреля 2006 г., включены в электронную версию Правил как отдельные документы:

– "Corrigenda 1. Rule Editorials and Clarifications (April 2006)";

– "Corrigenda 2. Rule Editorials and Clarifications".

Они также размещены на внутреннем веб-сайте Регистра.

В случае расхождения в текстах основным следует считать английский текст.

В четвертом томе содержится часть XVIII «Общие правила по конструкции и прочности навалочных судов». Общие правила по конструкции и прочности навалочных судов Российского морского регистра судоходства утверждены в соответствии с действующим положением. Настоящие Правила вступили в силу с 1 апреля 2006 года. Правила содержат конструктивные требования к классификации навалочных судов длиной 90 м или более. Правила состоят из 13 глав. Изменения редакционного характера, вступившие в силу 1 апреля 2006 г., включены в электронную версию Правил как отдельный документ:

– "Bulk Carriers CRS Corrigenda 1 (May 2006)".

Они также размещены на внутреннем веб-сайте Регистра.

В случае расхождения в текстах основным следует считать английский текст.

ISBN 5-89331-097-7

© Российский морской регистр судоходства, 2006
(Авторское право на данные Правила принадлежит
также другим членам МАКО, 15 января 2006 г.)

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1. Общие принципы ... 5
Раздел 1. Область применения ... 6
Раздел 2. Проверка соответствия ... 10
Раздел 3. Функциональные требования ... 14
Раздел 4. Условные обозначения и определения ... 17

Глава 2. Общее расположение ... 27
Раздел 1. Деление на отсеки ... 28
Раздел 2. Расположение отсеков ... 33
Раздел 3. Устройства для доступа ... 38

Глава 3. Принципы конструктивного проектирования ... 47
Раздел 1. Материал ... 48
Раздел 2. Подход на основе размеров нетто связей ... 58
Раздел 3. Надбавки на коррозию ... 61
Раздел 4. Предельные состояния ... 63
Раздел 5. Защита от коррозии ... 66
Раздел 6. Система набора корпуса судна ... 69

Глава 4. Расчетные нагрузки ... 106
Раздел 1. Общие положения ... 107
Раздел 2. Качка судна и ускорения ... 108
Раздел 3. Нагрузки на эквивалентный брус ... 111
Раздел 4. Варианты нагрузки ... 117
Раздел 5. Внешние давления ... 121
Раздел 6. Внутренние давления и силы ... 131
Раздел 7. Случаи загрузки ... 141
Раздел 8. Инструкция по загрузке и прибор контроля загрузки ... 148
Приложение 1. Кривые массы груза в трюмах ... 153
Приложение 2. Стандартные случаи загрузки для анализа прямой прочности ... 158
Приложение 3. Стандартные случаи загрузки для оценки усталостной прочности ... 169

Глава 5. Прочность эквивалентного бруса ... 172
Раздел 1. Проверка прочности в упругом состоянии ... 173
Раздел 2. Проверка предельной прочности ... 184
Приложение 1. Предельная прочность эквивалентного бруса ... 186

Глава 6. Размеры поперечных сечений связей корпуса судна ... 194
Раздел 1. Листовые конструкции ... 195
Раздел 2. Обычные ребра жесткости ... 205
Раздел 3. Устойчивость и предельная прочность обычных ребер жесткости и подкрепленных панелей ... 222
Раздел 4. Главные несущие элементы ... 237
Приложение 1. Устойчивость и предельная прочность ... 250

Глава 7. Прямой анализ прочности ... 256
Раздел 1. Прямая оценка прочности главных несущих элементов ... 257
Раздел 2. Анализ общей прочности конструкции грузовых трюмов методом конечных элементов ... 260
Раздел 3. Подробная оценка напряжений ... 268
Раздел 4. Анализ напряжений в зоне концентрации напряжений для оценки усталостной прочности ... 273
Приложение 1. Протяженность моделей для расчета методом конечных элементов в продольном направлении ... 280

Приложение 2. Оценка устойчивости на основании смещения при анализе методом конечных элементов 282

Глава 8. Проверка деталей конструкции на усталостную прочность 287
Раздел 1. Общие положения 288
Раздел 2. Оценка усталостной прочности 291
Раздел 3. Оценка напряжений главных несущих элементов 295
Раздел 4. Оценка напряжений ребер жесткости 298
Раздел 5. Оценка напряжений углов люков 307
Приложение 1. Свойства поперечного сечения для кручения 310

Глава 9. Другие конструкции 318
Раздел 1. Носовая часть 319
Раздел 2. Кормовая часть 329
Раздел 3. Машинное помещение 337
Раздел 4. Надстройки и рубки 344
Раздел 5. Крышки люков 350
Раздел 6. Устройство отверстий в корпусе и надстройке 372

Глава 10. Снабжение корпуса 388
Раздел 1. Руль и устройства маневрирования 389
Раздел 2. Фальшборт и леерные ограждения 423
Раздел 3. Снабжение 426

Глава 11. Постройка и испытания 441
Раздел 1. Постройка 442
Раздел 2. Сварка 445
Раздел 3. Испытания отсеков 454

Глава 12. Дополнительный символ класса 459
Раздел 1. Дополнительный символ класса GRAB 460

Глава 13. Критерии замены судна в эксплуатации 461
Раздел 1. Поддержание класса 462
Раздел 2. Замеры толщин и критерии приемлемости 463

Глава 1

Общие принципы

Раздел 1. Область применения

Раздел 2. Проверка соответствия

Раздел 3. Функциональные требования

Раздел 4. Условные обозначения и определения

РАЗДЕЛ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1 Общие положения

1.1 Конструктивные требования

1.1.1 Настоящие Правила распространяются на суда, имеющие класс конкретного классификационного общества, контракт на постройку которых заключен 1 апреля 2006 г. или после этой даты.

Примечание: Дата заключения контракта на постройку означает дату, на которую был подписан контракт на постройку судна между судовладельцем и судостроителем. Для более подробной информации относительно даты заключения контракта на постройку – см. Процедурное требование МАКО № 29.

1.1.2 Настоящие Правила распространяются на корпусные конструкции навалочных судов неограниченного района плавания длиной 90 м или более с одинарными и двойными бортами.
Под навалочным судном понимаются морские самоходные суда, конструкция которых обычно предусматривает одну палубу, двойное дно, скуловые и подпалубные бортовые цистерны, одинарные или двойные борта по длине района грузовых танков, и которые предназначены преимущественно для перевозки сухих грузов навалом, исключая рудовозы и комбинированные суда.
Настоящие Правила применимы к т. н. гибридным навалочным судам, у которых, по крайней мере, один грузовой трюм имеет конструкцию со скуловыми и подпалубными бортовыми цистернами. Конструктивная прочность элементов в трюмах без скуловых и/или подпалубных цистерн должна соответствовать критериям прочности, установленным в Правилах.

1.1.3 Настоящие Правила содержат требования МАКО к размерам связей корпуса судна, размещению, сварке, конструктивным деталям, материалам и оборудованию, применимые ко всем типам навалочных судов, имеющих следующие характеристики:

$L < 350$ м;
$L/B > 5$;
$B/D < 2{,}5$;
$C_b \geq 0{,}6$.

1.1.4 Требования Правил применимы к сварным корпусным конструкциям, изготовленным из стали с характеристиками, соответствующими требованиям главы 3, раздел 1. Требования применяются также к стальным сварным судам, у которых части корпуса, такие как надстройки или небольшие люковые закрытия, изготовлены из материала иного, чем сталь, соответствующая требованиям главы 3, раздел 1.

1.1.5 Суда, у которых материалы корпуса отличаются от указанных в [1.1.4], и суда новых проектов или с необычной конструкцией корпуса должны рассматриваться классификационным обществом отдельно на основе принципов и критериев, принятых в настоящих Правилах.

1.1.6 Максимальная осадка по условиям прочности, учитываемая при применении настоящих Правил, должна быть не менее осадки, соответствующей назначенному надводному борту.

1.1.7 Если размеры элементов получаются методами прямых расчетов, отличными от указанных в главе 7, то классификационному обществу должна быть представлена соответствующая сопроводительная документация согласно разделу 2.

1.2 Область применения в части грузоподъемных устройств

1.2.1 Несъемные детали грузоподъемных устройств, рассматриваемые как неотъемлемая часть корпуса, являются конструкциями, неразъемно приваренными к корпусу судна, (например, основания кранов, грузовые колонны, фундамент шпора грузовой стрелы и т.д., исключая краны, грузовые стрелы, канаты, детали такелажа и, как правило, любые съемные детали) только для тех деталей, которые непосредственно взаимодействуют с корпусной конструкцией. Ванты мачт, заделанные в корпусную конструкцию, считаются несъемными деталями.

1.2.2 На несъемные детали грузоподъемных устройств и их соединения с конструкцией судна могут распространяться правила классификационного общества по грузоподъемным устройствам и/или они могут подлежать освидетельствованию (в частности, выпуск Регистровой книги грузоподъемных устройств).

1.2.3 Конструкция, подкрепляющая несъемные грузоподъемные устройства, и конструкция, которая может использоваться для подкрепления части, должны проектироваться с учетом дополнительных нагрузок, возникающих в процессе работы устройства согласно указаниям судостроителя или его субподрядчиков.

1.3 Область применения в части технологии сварки

1.3.1 Требования настоящих Правил применимы также к подготовке, выполнению и контролю сварных соединений в корпусных конструкциях.
Они также должны дополняться общими требованиями, относящимися к изготовлению с помощью сварки и к аттестации технологии сварки, если классификационное общество сочтет это необходимым.

2 Область применения Правил

2.1 Части судна

2.1.1 Общие положения
В целях применения настоящих Правил судно считается разделенным на следующие три части:

носовая часть;
средняя часть;
кормовая часть.

2.1.2 Носовая часть
Носовая часть включает конструкции, расположенные в нос от таранной переборки, т.е.:

конструкции форпика;
форштевень.

Дополнительно она включает:

подкрепления носовой части плоского днища;
подкрепления в районе развала носовых шпангоутов.

2.1.3 Средняя часть
Средняя часть включает конструкции, расположенные между таранной и ахтерпиковой переборками. Там, где носовая часть плоского днища или район развала носовых шпангоутов продолжены в корму от таранной переборки, они считаются принадлежащими к носовой части.

2.1.4 Кормовая часть
Кормовая часть включает конструкции, расположенные в корму от ахтерпиковой переборки.

2.2 Правила, применимые к различным частям судна

2.2.1 Различные главы и разделы Правил должны применяться к размерам элементов частей судна в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

Главы и разделы Правил, применимые к размерам элементов частей судна

<table>
<tr><th rowspan="2">Часть судна</th><th colspan="2">Применимые главы и разделы</th></tr>
<tr><th>Общие</th><th>Конкретные</th></tr>
<tr><td>Носовая</td><td rowspan="3">глава 1
глава 2
глава 3
глава 4
глава 5
глава 9[1], кроме:
глава 9, раздел 1
глава 9, раздел 2
глава 11</td><td>глава 9, раздел 1</td></tr>
<tr><td>Средняя</td><td>глава 6
глава 7
глава 8</td></tr>
<tr><td>Кормовая</td><td>глава 9, раздел 2</td></tr>
<tr><td colspan="3">[1] См. также [2.3].</td></tr>
</table>

2.3 Правила, применимые к другим объектам судна

2.3.1 Различные главы и разделы Правил должны применяться к размерам элементов других объектов судна в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Главы и разделы Правил, применимые к размерам элементов других объектов судна

Объект	Применимые главы и разделы
Машинные помещения	глава 9, раздел 3
Надстройки и рубки	глава 9, раздел 4
Люковые закрытия	глава 9, раздел 5
Отверстия в корпусе и надстройках	глава 9, раздел 6
Рули	глава 10, раздел 1
Фальшборт и леерное ограждение	глава 10, раздел 2
Оборудование	глава 10, раздел 3

3 Символы класса

3.1 Дополнительные знаки ВС-А, ВС-В и ВС-С

3.1.1 Приведенные требования применяются к судам длиной, L, 150 м или более согласно [1.1.2].

3.1.2 Навалочным судам должен присваиваться один из следующих дополнительных знаков:

а) **ВС-А**: навалочным судам, предназначенным для перевозки навалочных грузов плотностью 1,0 т/м^3 или более, при максимальной осадке которых определенные трюмы остаются пустыми, в дополнение к условиям **ВС-В**;

б) **ВС-В**: навалочным судам, предназначенным для перевозки навалочных грузов плотностью 1,0 т/м^3 или более, при загрузке всех трюмов в дополнение к условиям **ВС-С**;

в) **ВС-С**: навалочным судам, предназначенным для перевозки навалочных грузов плотностью менее 1,0 т/м^3.

3.1.3 Следующие дополнительные характеристики должны указываться при описании ограничений, которые необходимо соблюдать в процессе эксплуатации как следствие условий загрузки, примененных при проектировании, в следующих случаях:

{maximum cargo density (in t/m³)} – для дополнительных знаков **BC-A** и **BC-B** если максимальная плотность груза менее 3,0 т/м³ (см. также главу 4, раздел 7, [2.1]);
{no MP} – для всех дополнительных знаков, когда судно не рассчитано на погрузку и разгрузку в многочисленных портах в соответствии с условиями, приведенными в главе 4, раздел 7, [3.3];
{allowed combination of specified empty holds} – для дополнительного знака **BC-A** (см. также главу 4, раздел 7, [2.1]).

3.2 Дополнительный знак в символе класса GRAB [X]

3.2.1 Область применения

Дополнительный знак в символе класса **GRAB [X]** обязателен для судов, имеющих один из дополнительных знаков **BC-A** или **BC-B** согласно [3.1.2]. Для таких судов должно быть обеспечено соответствие требованиям к знаку **GRAB [X]**, приведенным в главе 12, раздел 1, применительно к весу пустого грейфера весом X равным 20 т или более. Для всех других судов дополнительный знак в символе класса **GRAB [X]** – по желанию.

3.3 Символ класса CSR

3.3.1 Область применения

Дополнительно к символам класса, присвоенным классификационным обществом, дополнительным характеристикам и дополнительным знакам в символе класса, указанным выше, судам, полностью соответствующим настоящим Правилам, будет присваиваться символ класса **CSR**.

РАЗДЕЛ 2. ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ

1 Общие положения

1.1 Суда новой постройки

1.1.1 Для судов новой постройки чертежи и документация, представляемые на одобрение согласно [2], должны соответствовать применимым требованиям в главах 1 – 12 настоящих Правил с учетом соответствующих критериев, таких как дополнительные характеристики и символ класса, присвоенные судну, или длина судна.

1.1.2 При освидетельствовании судна классификационным обществом в процессе постройки классификационное общество:

одобряет чертежи и документацию, представленные согласно Правилам;
продолжает одобрение материалов и оборудования, применяемых при постройке судна, и их контроль в цехах;
проводит освидетельствования или получает соответствующее доказательство, чтобы удостовериться, что размеры элементов и конструкция отвечают требованиям Правил в части одобренных чертежей;
присутствует при проверках и испытаниях, предусмотренных Правилами;
назначает основной символ класса.

1.1.3 Классификационное общество определяет в конкретных Правилах, какие проектные материалы и оборудование, используемые для постройки судов под его наблюдением, подлежат, как правило, одобрению в части проектирования и контроля в цехах и по каким показателям.

1.1.4 Во время наблюдения при постройке судна инспектор должен:

проводить общий осмотр частей судна, на которые распространяются Правила;
проверять методы и технологии, если требуется Правилами;
проверять отдельные объекты, к которым применимы требования Правил;
присутствовать при проверках и испытаниях, если необходимо.

1.2 Суда в эксплуатации

1.2.1 Суда в эксплуатации должны соответствовать требованиям главы 13 настоящих Правил.

2 Представляемая документация

2.1 Суда, которые классификационное общество освидетельствует в процессе постройки

2.1.1 Чертежи и документация, представляемые на одобрение

Чертежи и документация, представляемые классификационному обществу на одобрение, перечислены в табл. 1. Кроме того, классификационное общество может запросить для одобрения или информации другие чертежи и документы, которые необходимы для рассмотрения проекта.
Конструктивные чертежи должны показывать детали соединений различных частей и указывать проектные материалы, включая, как правило, их процессы производства, технологию сварки и термообработки. См. также главу 11, раздел 2, [1.4].

2.1.2 Чертежи и документация, представляемые для информации

Дополнительно к указанному в [2.1.1], классификационному обществу для информации должны быть представлены следующие чертежи и документы:

чертеж общего расположения;
чертеж вместимости с указанием объема и положения центра

тяжести всех отсеков и цистерн;
теоретический чертеж судна;
гидростатические кривые;
распределение водоизмещения порожнем;
доковый чертеж.

Кроме того, если в соответствии с требованиями Правил проектантом выполняется анализ посредством прямых расчетов, то он должен быть представлен классификационному обществу (см. [3]).

2.2 Суда, с которыми классификационное общество работает по поручению соответствующей Администрации

2.2.1 Чертежи и документация, представляемые на одобрение

В дополнение к чертежам, указанным в [2.1], классификационному обществу должны быть представлены на одобрение чертежи, требуемые применимыми национальными правилами.

Таблица 1

Чертежи и документация, представляемые на одобрение

Чертеж или документ	Содержащий также следующую информацию
1	2
Мидель-шпангоут Поперечные сечения Растяжка наружной обшивки Палубы и продольный разрез Двойное дно Расположение пиллерсов Схема набора корпуса Переборки диптанков и балластных цистерн, отбойные переборки	Характеристики класса судна Главные размерения Минимальная осадка в балласте Шпация Контрактная эксплуатационная скорость Плотность грузов Расчетные нагрузки на палубы и двойное дно Категории стали Защита от коррозии Отверстия в палубах и наружной обшивке и соответствующие компенсации Границы плоских районов днища и бортов Детали конструктивных подкреплений и/или разрывы непрерывности Скуловой киль с деталями крепления к корпусным конструкциям
Водонепроницаемые переборки деления на отсеки Водонепроницаемые туннели	Отверстия и их устройства закрытия, если имеются
Конструкция носовой части	
Конструкция кормовой части	
Конструкции машинных помещений Фундаменты главных механизмов и котлов	Тип, мощность и число оборотов главных механизмов Масса и центр тяжести механизмов и котлов
Надстройки и рубки Шахта машинного помещения	Удлинение и механические характеристики использованного алюминиевого сплава (если применимо)
Люковые закрытия и комингсы люков	Расчетные нагрузки на люковые закрытия Уплотнение и устройства крепления, тип и расположение задраек Отстояние люковых закрытий от летней грузовой ватерлинии и от носовой оконечности
Подруливающее устройство, если имеется, общее расположение, конструкция туннеля, соединения устройства с туннелем и корпусными конструкциями	
Фальшборт и портики	Устройство и размеры фальшборта и портиков на палубе надводного борта и палубе надстройки

Продолжение табл. 1

1	2
Окна и бортовые иллюминаторы, расположение и детали	
Шпигаты и сточные отверстия	
Перо руля и кронштейн пера руля[1]	Максимальная эксплуатационная скорость переднего хода
Ахтерштевень или старнпост, дейдвудная труба Кронштейн гребного вала и кницы[1]	
Размещение водонепроницаемых дверей и схема соответствующих устройств управления	Устройства управления Электрические схемы управления мощностью и схемы указания положения дверей
Схема наружных дверей и люков	
Грузовые стрелы и грузоподъемное устройство Конструкции грузовых лифтов	Расчетные нагрузки (силы и моменты) Соединения с корпусными конструкциями
Кингстонные коробки, рецессы успокоителей качки и т.п.	
Клюзы	
Схема горловин	
Схема доступа и эвакуации из помещений	
Схема вентиляции	Использование помещений, размещение и высота вентиляционных отверстий в различных отсеках
Схема испытаний танков	Методы испытаний для различных отсеков Высота труб для испытаний
Инструкция по загрузке и приборы контроля загрузки	Случаи загрузки согласно главе 4, раздел 7 (см. также главу 4, раздел 8)
Расчет характеристики снабжения	Геометрические элементы для расчета Перечень оборудования Конструкция и разрывное усилие стальных канатов Материал, конструкция, разрывное усилие и соответствующее относительное удлинение синтетических тросов
[1] Если используются иные рулевое устройство или движительная система (например, поворотная направляющая насадка или поворотная винто-рулевая колонка), то должны быть представлены схемы, показывающие соответствующие расположение и размеры конструкций. Винто-рулевые колонки – см. главу 10, раздел 1, [11].	

3 Компьютерные программы

3.1 Общие положения

3.1.1 Для повышения оперативности при конструктивном проектировании допустимы прямые расчеты с помощью компьютерных программ (см. главу 7). Цель таких расчетов – оценить соответствие конструкции требованиям Правил.

3.2 Общие программы

3.2.1 Выбор компьютерных программ согласно существующей в настоящее время технологии свободный. Программы должны предусматривать работу с моделями и вариантами нагрузки, как требуется в главе 7 и/или главе 8. Программы могут проверяться классификационным обществом с помощью сравнительных вычислений, используя заранее подготовленные тестовые примеры. Однако одобрение компьютерной программы классификационное общество не предоставляет.

3.2.2 Прямые расчеты могут использоваться в следующих областях:

общая прочность;

продольная прочность;
балки и перекрытия;
местная прочность.

3.2.3 Для таких вычислений компьютерная модель, граничные условия и варианты нагрузки подлежат согласованию с классификационным обществом. Расчетные документы подлежат представлению, включая входные и выходные данные. В процессе рассмотрения может оказаться необходимым проведение независимых сравнительных вычислений классификационным обществом.

РАЗДЕЛ 3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Настоящий раздел определяет требования, относящиеся к функциям судовых конструкций, подлежащие выполнению при проектировании и постройке в целях выполнения следующих задач.

1.2 Срок службы

1.2.1 Судно должно оставаться безопасным и экологически чистым при надлежащей эксплуатации и техническом обслуживании в течение ожидаемого срока службы, который, если не указано иное, предполагается равным 25 годам. Фактический срок службы судна может быть длиннее или короче, чем расчетный срок, в зависимости от фактических условий и технического обслуживания судна, учитывая эффект старения, в частности, усталость, ухудшение состояния покрытий, коррозию и износ.

1.3 Внешние условия

1.3.1 Проект конструкции судна должен быть основан на допущении работы судна в условиях Северной Атлантики в течение всего срока службы. Поэтому соответствующие условия волнения, т.е. статистический спектр волнения, определяют основной принцип для обеспечения конструктивной прочности.

1.4 Конструктивная безопасность

1.4.1 Судно должно проектироваться, строиться и впоследствии эксплуатироваться и обслуживаться строителями и операторами с целью минимизации риска для человеческой жизни на море и загрязнения морской среды в результате гибели судна вследствие конструктивного разрушения и последующего затопления, потери водонепроницаемости.

1.5 Доступ к конструкциям

1.5.1 Судно должно проектироваться и строиться с целью обеспечения соответствующих средств доступа во все помещения и к внутренним конструкциям для проведения общих и детальных осмотров и замеров толщин.

1.6 Качество постройки

1.6.1 Задачей является постройка судов в соответствии с контролируемыми производственными стандартами качества, с использованием одобренных материалов в соответствии с установленными требованиями.

2 Определение эксплуатационных требований

1.2 Общие положения

2.1.1 Эксплуатационные требования, относящиеся к конструкции судна, представлены в [2.2] – [2.6].

2.2 Конструктивная прочность

2.2.1 Суда должны проектироваться таким образом, чтобы в неповрежденном состоянии противостоять внешним условиям в течение срока службы для соответствующих случаев загрузки. Конструктивная прочность должна определяться в отношении устойчивости и прочности. Расчет предельной прочности должен включать предельную прочность эквивалентного бруса и предельную прочность листов и ребер жесткости.

2.2.2 Суда должны проектироваться с достаточным запасом прочности, чтобы противостоять волновым и внутренним нагрузкам в предполагаемом аварийном состоянии, например, столкновение, посадка на мель или затопление. Расчет остаточной прочности должен включать запас предельной прочности эквивалентного бруса с учетом остаточной деформации и поведения после потери устойчивости.

2.2.3 Суда должны оцениваться согласно ожидаемой проектной усталостной долговечности для характерных конструктивных деталей.

2.3 Покрытие

2.3.1 Покрытие, если требуется, должно выбираться исходя из назначения судовых помещений, например, трюмы, цистерны, коффердамы и т.д., материалов и применения других систем защиты от коррозии, например, катодная защита или другие альтернативные средства. Системы защитных покрытий, применяемые и обслуживаемые в соответствии со спецификациями производителя, касающимися подготовки стали, выбора покрытия, нанесения и обслуживания, должны соответствовать требованиям Конвенции СОЛАС, Администрации флага и спецификациям судовладельца.

2.4 Надбавка на коррозию

2.4.1 Надбавка на коррозию, добавляемая к размерам нетто связей корпуса судна, требуемая расчетами конструктивной прочности, должна быть достаточной для эксплуатационного срока службы. Надбавка на коррозию должна назначаться в соответствии с использованием и подверженностью внутренних и наружных конструкций коррозионным средам, таким как вода, груз или агрессивная среда, дополнительно к системам защиты от коррозии, например, покрытие, катодная защита или другие альтернативные средства.

2.5 Средства доступа

2.5.1 Судовые конструкции, подлежащие общим и детальным осмотрам и замерам толщин, должны быть обеспечены средствами, допускающими безопасный доступ к конструкциям. Средства доступа должны быть описаны в Судовом руководстве по доступу к конструкциям. См. Конвенцию СОЛАС, Глава II-1, Правило 3-6.

2.6 Методика контроля качества постройки

2.6.1 Спецификации на производство материалов, сборку, монтаж и технологию сварки, подготовку поверхности стали и покрытие должны быть включены в методику контроля качества постройки судна.

3 Другие требования

3.1 Международные требования

3.1.1 Внимание проектантов, строителей и владельцев судов, к которым применимы настоящие Правила, обращается на следующее: суда проектируются, строятся и эксплуатируются в сложных нормативных рамках, установленных ИМО в международном масштабе и внедренных государствами флага или классификационными обществами по их поручению. Конвенционные требования устанавливают стандарты для конвенционных аспектов судов, таких как спасение человеческой жизни, деление на отсеки, остойчивость, противопожарная защита и т.д.

Эти требования влияют на эксплуатационные и грузовые характеристики судна и, следовательно, могут повлиять на его конструкцию.

Основные международные инструменты, обычно применимые в части прочности навалочных судов:

Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС);

Международная конвенция о грузовой марке.

3.2 Национальные требования

3.2.1 Обращается внимание на применимые национальные требования государства флага. Соответствие национальных администраций этим требованиям не является условием для назначения класса судну.

4 Качество работ

4.1 Требования, подлежащие выполнению изготовителем

4.1.1 Предприятие-изготовитель должно быть обеспечено соответствующим оборудованием и устройствами для надлежащего обращения с материалами, производственными процессами, конструктивными элементами и т.п.

Предприятие-изготовитель должно быть укомплектовано должным образом квалифицированным персоналом. Обществу должны быть представлены фамилии и сферы ответственности наблюдающего и контролирующего персонала, отвечающего за проект.

4.2 Контроль качества

4.2.1 Насколько необходимо и целесообразно, персонал предприятия-изготовителя должен проверять все конструктивные элементы как в процессе изготовления, так и по завершении работ для обеспечения их комплектности, правильности размеров, удовлетворительного качества работ и соответствия стандартам хорошей судостроительной практики.

После проверки и устранения недостатков предприятием-изготовителем конструктивные элементы должны быть представлены инспектору классификационного общества для осмотра в приемлемом объеме, как правило, до окраски и с обеспечением надлежащего доступа для осмотра.

Инспектор может забраковать конструктивный элемент, который не был надлежащим образом проверен предприятием-изготовителем, и может потребовать повторного представления после завершения проверок и устранения недостатков предприятием-изготовителем.

5 Элементы конструкции

5.1 Информация, содержащаяся в производственной документации

5.1.1 В производственную документацию (рабочие чертежи и т.п.) должны быть внесена существенная информация, касающаяся качества и эксплуатационных характеристик рассматриваемого элемента. К ней относятся не только размеры связей, но, где применимо, и такие аспекты, как состояние поверхности (например, обработка поверхности сварных швов после сварки и кромок после газовой резки) и специальные методы производства, требования к осмотру и приемке, а также, если применимо, принятые допуски. Если для этих целей используется стандарт (предприятия или национальный и т.п.), то он должен быть представлен классификационному обществу. Подробности по сварным соединениям – см. главу 11, раздел 2.

Если из-за отсутствия или недостаточности информации в производственной документации качество или эксплуатационные характеристики элемента вызывают подозрение, классификационное общество может потребовать соответствующих улучшений, которые должны быть представлены предприятием-изготовителем. Такая ситуация может потребовать вспомогательных или дополнительных деталей (например, подкреплений), даже если они не требовались на момент утверждения чертежей.

РАЗДЕЛ 4. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1 Основные условные обозначения и единицы измерения

1.1

1.1.1 Если не указано иное, общие условные обозначения и их единицы измерения, используемые в настоящих Правилах, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные условные обозначения

Условное обозначение	Значение	Единица измерения
1	2	3
A	Площадь	$м^2$
	Площадь поперечного сечения обычных ребер жесткости и главных несущих элементов	$см^2$
B	Теоретическая ширина судна (см. [2])	м
C	Коэффициент	–
D	Высота борта судна (см. [2])	м
E	Модуль Юнга	$Н/мм^2$
F	Сила и сосредоточенные нагрузки	кН
I	Момент инерции эквивалентного бруса	$м^4$
	Момент инерции обычных ребер жесткости и главных несущих элементов	$см^4$
L	Длина судна (см. [2])	м
M	Изгибающий момент	кНм
Q	Перерезывающая сила	кН
S	Шпация главных несущих элементов	
T	Осадка судна (см. [2])	м
V	Скорость судна	уз.
Z	Момент сопротивления сечения эквивалентного бруса	$м^3$
a	Ускорение	$м/с^2$
b	Ширина присоединенной обшивки	м
	Ширина свободного пояска обычных ребер жесткости и главных несущих элементов	мм
g	Ускорение силы тяжести	$м/с^2$
h	Высота	м
	Высота стенки обычных ребер жесткости и главных несущих элементов	мм
k	Коэффициент материала (см. [2])	–
l	Длина/пролет обычных ребер жесткости и главных несущих элементов	м
m	Масса	т
n	Количество объектов	–
p	Давление	$кН/м^2$
r	Радиус	мм
	Радиус кривизны обшивки или радиус закругления скулы	м

1	2	3
s	Расстояние между обычными ребрами жесткости	м
t	Толщина	мм
w	Момент сопротивления сечения обычных ребер жесткости и главных несущих элементов	$см^3$
x	Координата X вдоль продольной оси (см. [4])	м
y	КоординатаY вдоль поперечной оси (см. [4])	м
z	Координата Z вдоль вертикальной оси (см. [4])	м
γ	Коэффициент безопасности	–
δ	Отклонение/смещение	мм
θ	Угол	град
ξ	Параметр распределения Вейбулла	–
ρ	Плотность	$т/м^3$
σ	Изгибающее напряжение	$Н/мм^2$
τ	Касательное напряжение	$Н/мм^2$

2 Условные обозначения

2.1 Основные данные судна

2.1.1

L длина судна согласно правилам, м – см. [3.1];

L_{LL} длина надводного борта, м – см. [3.2];

L_{BP} длина судна между перпендикулярами, м – длина судна, измеренная между перпендикулярами, проведенными в крайних точках наивысшей грузовой марки деления на отсеки, т.е. ватерлинии, которая соответствует наибольшей осадке, допускаемой применимыми требованиями к делению на отсеки;

FP_{LL} носовой перпендикуляр высоты надводного борта – принимается на носовом конце длины L_{LL} и должен совпадать с носовой кромкой форштевня на ватерлинии, по которой измеряется длина L_{LL};

AP_{LL} кормовой перпендикуляр надводного борта – должен приниматься на кормовом конце длины L_{LL};

B теоретическая ширина судна, м – см. [3.4];

D высота борта судна, м – см. [3.5];

T теоретическая осадка судна, м – см. [3.6];

T_s максимальная осадка по условиям прочности, м – принимается равной наибольшей осадке (см. также главу 1, раздел 1, [1.1.6]);

T_B минимальная осадка в балласте на миделе, м – для нормального состояния в балласте согласно главе 4, раздел 7, [2.2.1];

T_{LC} осадка на миделе для рассматриваемого случая загрузки, м;

Δ теоретическое водоизмещение судна в морской воде (плотность ρ = 1,025 $т/м^3$) при осадке T, т;

C_b коэффициент общей полноты

$$C_b = \frac{\Delta}{1{,}025LBT};$$

V максимальная эксплуатационная скорость переднего хода судна, уз.;

x, y, z координаты X, Y и Z расчетной точки относительно системы координат, м.

2.2 Материалы

2.2.1

E модуль Юнга, Н/мм², принимается равным:
$E = 2{,}06 \cdot 10^5$ Н/мм² – для сталей в целом;
$E = 1{,}95 \cdot 10^5$ Н/мм² – для нержавеющих сталей;
$E = 7{,}0 \cdot 10^4$ Н/мм² – для алюминиевых сплавов;

R_{eH} минимальный предел текучести материала, Н/мм²;

k коэффициент материала согласно главе 3, раздел 1, [2.2];

v коэффициент Пуассона – принимается равным 0,3, если не указано иное;

R_m минимальный предел прочности материала при растяжении, Н/мм²;

R_Y номинальный предел текучести материала, Н/мм², принимается равным 235 Н/мм², если не указано иное.

2.3 Нагрузки

2.3.1

g ускорение силы тяжести – принимается равным 9,81 м/с²;

ρ плотность морской воды – принимается равной 1,025 т/м³;

ρ_L плотность перевозимой жидкости, т/м³;

ρ_C плотность перевозимого сухого навалочного груза, т/м³;

C параметр волны, принимаемый равным:

$$C = 10{,}75 - \left(\frac{300 - L}{100}\right)^{1{,}5} \text{ для } 90 \le L < 300 \text{ м};$$

$C = 10{,}75$ для $300 \le L < 350$ м;

h высота танка, м – принимается как вертикальное расстояние от дна до верха танка, исключая любые малые люки;

z_{TOP} вертикальное расстояние от наивысшей точки танка до основной линии, м. Для балластных трюмов – вертикальное расстояние от верха комингса люка до основной линии, м;

l_H длина отсека, м;

M_{SW} расчетный изгибающий момент на тихой воде в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, кНм:
$M_{SW} = M_{SW,H}$ при перегибе;
$M_{SW} = M_{SW,S}$ при прогибе;

M_{WV} волновой изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, кНм:
$M_{WV} = M_{WV,H}$ при перегибе;
$M_{WV} = M_{WV,S}$ при прогибе;

M_{WH} волновой изгибающий момент, действующий в горизонтальной плоскости, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, кНм;

Q_{SW} расчетная перерезывающая сила на тихой воде в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, кН;

Q_{WV} волновая перерезывающая сила, действующая в вертикальной плоскости, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, кН;

p_S давление воды при отсутствии волнения, кН/м²;

p_W давление волны или динамическое давление, кН/м²;

p_{SF}, p_{WF} давление воды при отсутствии волнения и давление волны при затоплении отсеков, кН/м²;

σ_X нормальное напряжение эквивалентного бруса, Н/мм²;

a_X, a_Y, a_Z ускорения в направлениях осей X, Y и Z соответственно, м/с²;

T_R период бортовой качки, с;

θ амплитуда бортовой качки, град.;

T_P период килевой качки, с;

Φ амплитуда килевой качки, град.;

k_r радиус инерции относительно продольной оси при бортовой качке, м;

GM метацентрическая высота, м;

λ высота волны, м.

2.4 Размеры связей корпуса судна

2.4.1 Размеры связей эквивалентного бруса

I_Y момент инерции поперечного сечения корпуса судна относительно его горизонтальной нейтральной оси, см^4;

I_Z момент инерции поперечного сечения корпуса судна относительно его вертикальной нейтральной оси, см^4;

Z_{AB}, Z_{AD} моменты сопротивления сечения на уровне днища и палубы соответственно, см^3;

N вертикальное расстояние от основной линии до горизонтальной нейтральной оси поперечного сечения корпуса судна, м.

2.4.2 Местные размеры связей

s расстояние между обычными ребрами жесткости, измеренное вдоль хорды посередине пролета, м;

S расстояние между главными несущими элементами, измеренное вдоль хорды посередине пролета, м;

l пролет обычного ребра жесткости или главного несущего элемента, измеренный вдоль хорды, м;

l_b длина книц, м;

t_C надбавка на коррозию, мм;

h_w высота стенки обычного ребра жесткости или главного несущего элемента, мм;

t_w толщина нетто стенки обычного ребра жесткости или главного несущего элемента, мм;

b_f ширина свободного пояска обычного ребра жесткости или главного несущего элемента, мм;

t_f толщина нетто свободного пояска обычного ребра жесткости или главного несущего элемента, мм;

t_p толщина нетто присоединенной обшивки обычного ребра жесткости или главного несущего элемента, мм;

b_p ширина присоединенной обшивки обычного ребра жесткости или главного несущего элемента для расчета прочности, м;

A_s площадь нетто поперечного сечения ребра жесткости или главного несущего элемента с присоединенной обшивкой шириной s, см^2;

A_{sh} площадь сдвига нетто поперечного сечения ребра жесткости или главного несущего элемента, см^2;

I момент инерции нетто обычного ребра жесткости или главного несущего элемента без присоединенной обшивки относительно их нейтральной оси, параллельной обшивке, см^4;

I_p полярный момент инерции нетто обычного ребра жесткости или главного несущего элемента относительно их соединения с обшивкой, см^4;

I_w момент инерции нетто поперечного сечения обычного ребра жесткости или главного несущего элемента относительно их соединения с обшивкой, см^4;

I_S момент инерции нетто обычного ребра жесткости или главного несущего элемента с присоединенной наружной обшивкой шириной s относительно их нейтральной оси, параллельной обшивке, см^4;

Z момент сопротивления сечения нетто обычного ребра жесткости или главного несущего элемента с присоединенной обшивкой шириной b_p, см^3.

3 Определения

3.1 Длина судна согласно правилам

3.1.1 Длина судна согласно правилам L – расстояние, измеренное на уровне летней грузовой ватерлинии от передней кромки форштевня до кормовой кромки рудерпоста или оси баллера руля при отсутствии рудерпоста, м. Длина L должна быть не менее 96 % и не должна превышать 97 % наибольшей длины судна по летней грузовой ватерлинии.

3.1.2 На судах, не имеющих баллера руля (например, суда, оборудованные поворотными винто-рулевыми колонками), длина судна согласно правилам L должна приниматься равной 97 % наибольшей длины судна по летней грузовой ватерлинии.

3.1.3 На судах с необычной формой форштевня или кормовой оконечности длина судна согласно правилам L подлежит специальному рассмотрению в каждом конкретном случае.

3.2 Длина надводного борта

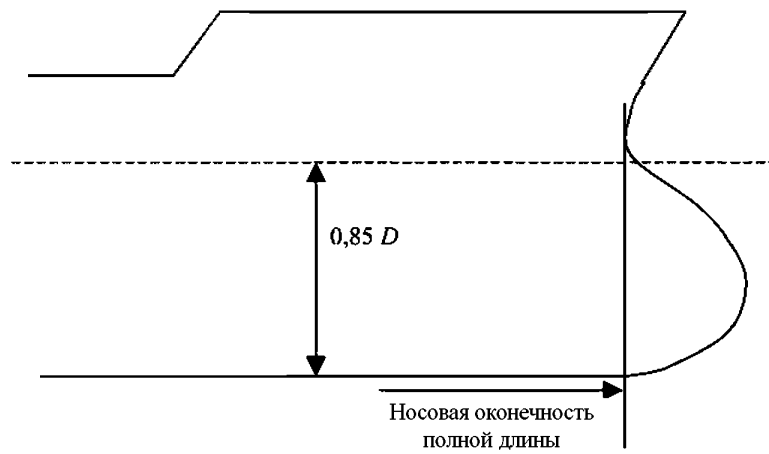
3.2.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 3(1,a)).*

Длина надводного борта L_{LL} – расстояние по ватерлинии на уровне осадки, равной 85 % наименьшей теоретической высоты борта от верха горизонтального киля, измеренное от носовой кромки форштевня до оси баллера руля, м. Длина L_{LL} должна быть не менее 96 % наибольшей длины судна по этой же ватерлинии.

3.2.2 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 3(1,c)).*

Если контур форштевня имеет вогнутую форму выше ватерлинии на уровне осадки, равной 85 % наименьшей теоретической высоты борта, то и носовая оконечность наибольшей длины судна, и носовая кромка форштевня принимаются на вертикальной проекции кормовой точки (выше этой ватерлинии) контура форштевня на указанную ватерлинию (см. рис. 1).

Рис. 1
Вогнутый контур форштевня



3.3 Оконечности длины судна согласно правилам *L* и мидель

3.3.1 Носовая оконечность

Носовая оконечность (НО) длины судна согласно правилам L (см. рис. 2) – перпендикуляр к летней грузовой ватерлинии, проведенный через носовую кромку форштевня.

Кормовая оконечность (КО) длины судна согласно правилам L (см. рис. 2) – перпендикуляр к ватерлинии на расстоянии L в корму от носовой оконечности.

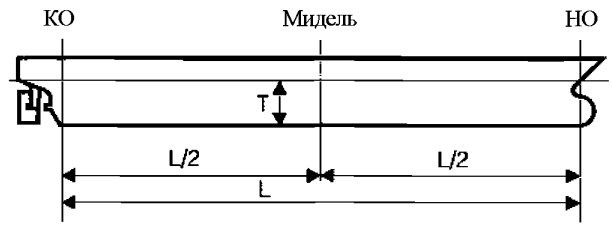
3.3.2 Мидель

Мидель – перпендикуляр к ватерлинии на расстоянии $0{,}5L$ в корму от носовой оконечности.

3.3.3 Средняя часть судна

Средняя часть судна – часть судна на длине $0{,}4L$ на миделе, если не указано иное.

Рис. 2
Оконечности и мидель



3.4 Теоретическая ширина судна

3.4.1 Теоретическая ширина судна *B* – наибольшая теоретическая ширина, измеренная на миделе ниже открытой палубы, м.

3.5 Высота борта

3.5.1 Высота борта *D* – расстояние по вертикали, м, измеренное в поперечном сечении судна на миделе от теоретической основной плоскости до верха палубного бимса у борта самой верхней непрерывной палубы.

3.6 Теоретическая осадка судна

3.6.1 Теоретическая осадка судна *T* – расстояние по вертикали, м, измеренное в поперечном сечении судна на миделе от теоретической основной плоскости до летней грузовой марки.

3.7 Водоизмещение судна порожнем

3.7.1 Водоизмещение судна порожнем – водоизмещение судна, т, без груза, топлива, смазочного масла, водяного балласта, пресной и питательной воды, запасов, пассажиров и экипажа с их багажом, но с жидкостями в трубопроводах.

3.8 Дедвейт

3.8.1 Дедвейт – разница, т, между водоизмещением судна при летней осадке в морской воде плотностью ρ = 1,025 т/м^3 и водоизмещением порожнем.

3.9 Палуба надводного борта

3.9.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 3(9)).*

Определение палубы надводного борта приведено в Правиле 3 Международной конвенции о грузовой марке с Поправками.

3.10 Палуба переборок

3.10.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Правило II-1/2.5.*

Палуба переборок – самая верхняя палуба, до которой доводятся поперечные водонепроницаемые переборки, исключая обе пиковые переборки, и считаются эффективными.

3.11 Прочная палуба

3.11.1 Прочная палуба на части длины судна – самая верхняя непрерывная палуба на той части, до которой доводятся листы наружной обшивки.

3.12 Надстройка

3.12.1 Общие положения

См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 3(10, a)).

Надстройка – конструкция с палубой на палубе надводного борта, простирающаяся от борта до борта судна или имеющая бортовую обшивку, отстоящую от наружной обшивки судна не более чем на 0,04B.

3.12.2 Закрытые и открытые надстройки

Надстройка может быть:

закрытой если:

1) она закрыта с носа, кормы и по бортам переборками в соответствии с требованиями главы 9, раздел 4;
2) все носовые, кормовые и бортовые отверстия снабжены эффективными средствами закрытия, непроницаемыми при воздействии моря;

открытой, если не является закрытой.

3.13 Бак

3.13.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 3(10, g)).*

Бак – надстройка, простирающаяся от носового перпендикуляра в корму до точки, располагающейся в нос от кормового перпендикуляра. Бак может начинаться от точки, расположенной в нос от носового перпендикуляра.

3.14 Возвышенный квартердек

3.14.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 3(10, i)).*

Возвышенный квартердек – надстройка, простирающаяся в нос от кормового перпендикуляра, обычно имеет высоту меньше чем у обычной надстройки, а также имеет глухую фронтальную переборку (бортовые иллюминаторы – глухие, оборудованные надежными штормовыми крышками и крышками горловин на болтах) (см. рис. 3). Если фронтальная переборка не является глухой из-за наличия дверей или отверстий для доступа, то надстройка в этом случае должна считаться ютом.

3.15 Рубка

3.15.1 Рубка – конструкция с палубой, не являющаяся надстройкой, расположенная на палубе надводного борта или выше.

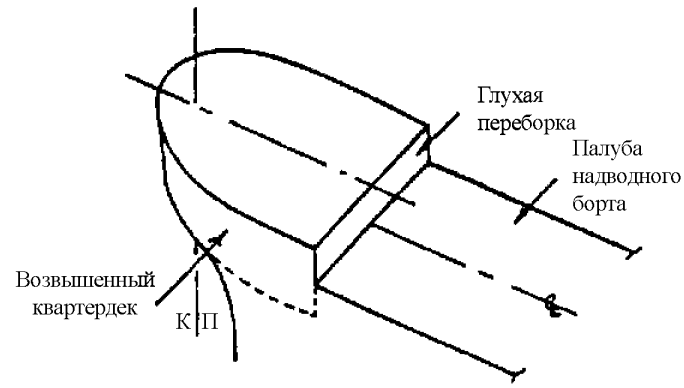
3.16 Шахта

3.16.1 Шахта – конструкция с палубой, аналогичная рубке, но не имеющая нижней палубы.

3.17 Отбойная переборка

3.17.1 Отбойная переборка – перфорированная переборка или полупереборка в танке.

Рис. 3
Возвышенный квартердек



3.18 Стандартная высота надстройки

3.18.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 33).*

Стандартная высота надстройки определена в табл. 2.

Таблица 2

Стандартная высота надстройки

Длина надводного борта L_{LL}, м	**Стандартная высота h_s, м**	
	Возвышенный квартердек	**Все другие надстройки**
$90 < L_{LL} < 125$	$0{,}3 + 0{,}012\, L_{LL}$	$1{,}05 + 0{,}01\, L_{LL}$
$L_{LL} \geq 125$	1,80	2,30

3.19 Суда типов A и B

3.19.1 Судно типа A

См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 27.1).

Судно типа A – судно, которое:

спроектировано для перевозки только жидких грузов наливом;

обладает высокой непрерывностью открытой палубы, которая имеет лишь небольшие отверстия для доступа в грузовые помещения, закрываемые водонепроницаемыми, снабженными прокладками крышками, изготовленными из стали или другого равноценного материала; и

имеет малый коэффициент проницаемости заполненных грузовых помещений.

Судну типа A должен назначаться надводный борт в соответствии с требованиями, представленными в Международной конвенции о грузовой марке 1966 года с Поправками.

3.19.2 Судно типа B

См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 27.5).

Все суда, которые не отвечают положениям, относящимся к судам типа A, указанным в [3.19.1], должны рассматриваться как суда типа B.

Судну типа B должен назначаться надводный борт в соответствии с требованиями, представленными в Международной конвенции о грузовой марке 1966 года с Поправками.

3.19.3 Судно типа B-60

См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 27.9).

Судно типа B-60 – любое судно типа B длиной свыше 100 м, которому, согласно применимым требованиям Международной конвенции о грузовой марке 1966 года с Поправками, назначена величина надводного борта, которая может быть уменьшена до 60 % разницы между значениями "B" и " A" для соответствующих длин судов.

3.19.4 Судно типа B-100

См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 27.10).

Судно типа B-100 – любое судно типа B длиной свыше 100 м, которому, согласно применимым требованиям Международной конвенции о грузовой марке 1966 года с Поправками, назначена величина надводного борта, которая может быть уменьшена до 100 % разницы между значениями "B" и "A" для соответствующих длин судов.

3.20 Район 1 и Район 2

3.20.1 Район 1

См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 13).

Район 1 включает:

открытые палубы надводного борта и возвышенных квартердеков;

открытые палубы надстроек, расположенные в пределах 0,25 L_{LL} от перпендикуляра, проведенного через носовую кромку форштевня к ватерлинии на высоте 85 % наименьшей теоретической высоты борта, измеренной от верха горизонтального киля.

3.20.2 Район 2

См. Международную конвенцию о грузовой марке сПоправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 13).

Район 2 включает:

открытые палубы надстроек, расположенные в корму от точки 0,25 L_{LL} от перпендикуляра, проведенного через носовую кромку форштевня к ватерлинии на высоте 85 % наименьшей теоретической высоты борта, измеренной от верха горизонтального киля, и расположенной выше палубы надводного борта, по крайней мере, на стандартную высоту надстройки;

открытые палубы надстроек, расположенные в нос от точки 0,25 L_{LL} от перпендикуляра, проведенного через носовую кромку форштевня к ватерлинии на высоте 85 % наименьшей теоретической высоты борта, измеренной от верха горизонтального киля, и расположенной выше палубы надводного борта, по крайней мере, на две стандартные высоты надстройки.

4 Система координат

4.1

4.1.1 Геометрические характеристики судна, его перемещения, ускорения и нагрузки определяются относительно правой системы координат (см. рис. 4):

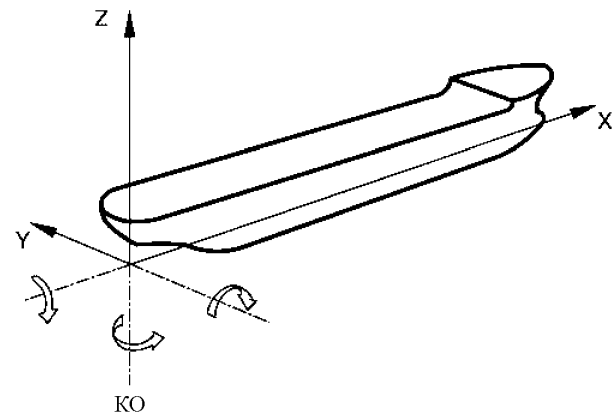
начало координат: на пересечении продольной плоскости симметрии, кормовой оконечности длины L и основной линии;

ось X: продольная ось, положительное направление – в нос;

ось Y: поперечная ось, положительное направление – к левому борту;

ось Z: вертикальная ось, положительное направление – вверх.

Рис. 4
Система координат



4.1.2 Положительные направления поворота относительно осей *X*, *Y* и *Z* – против часовой стрелки.

Глава 2

Общее расположение

Раздел 1. Деление на отсеки

Раздел 2. Расположение отсеков

Раздел 3. Устройства для доступа

РАЗДЕЛ 1. ДЕЛЕНИЕ НА ОТСЕКИ

1 Количество и расположение поперечных водонепроницаемых переборок

1.1 Количество водонепроницаемых переборок

1.1.1 Общие положения

В дополнение к соответствию требованиям [1.1.2] все суда должны иметь, по крайней мере, следующие поперечные водонепроницаемые переборки:
одну таранную переборку;
одну ахтерпиковую переборку;
две переборки, образующие границы машинного помещения на судах с машинным помещением в средней части судна, и одну переборку в нос от машинного помещения на судах с машинным помещением в кормовой части судна. На судах с электрической пропульсивной установкой как генераторная, так и машинное отделение должны быть ограничены водонепроницаемыми переборками.

1.1.2 Дополнительные переборки

На судах, где не требуется соответствие требованиям к делению на отсеки, должны быть установлены надлежащим образом расположенные поперечные переборки в количестве не менее указанного в табл. 1.

Таблица 1

Количество переборок

Длина, м	**Количество переборок для судов с машинным помещением в кормовой части судна[1]**	**Количество переборок для других судов**
$90 \le L < 105$	4	5
$105 \le L < 120$	5	6
$120 \le L < 145$	6	7
$145 \le L < 165$	7	8
$165 \le L < 190$	8	9
$L \ge 190$	Подлежит специальному рассмотрению	

[1] Ахтерпиковая переборка является переборкой машинного помещения в кормовой части судна.

2 Таранная переборка

2.1 Расположение таранной переборки

2.1.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 11.*

Должна быть установлена таранная переборка, которая должна быть водонепроницаемой до палубы надводного борта. Эта переборка должна находиться от носового перпендикуляра FP_{LL} на расстоянии не менее 5 % длины судна L_{LL} или 10 м, смотря по тому, что меньше, и не более чем 8 % длины L_{LL}.

2.1.2 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 11.*

Если какая-либо часть корпуса судна ниже ватерлинии выступает за носовой перпендикуляр, например, бульбообразный нос, расстояние, м, указанное в [2.1.1], должно измеряться от точки:
посередине длины такого выступа; или
на расстоянии равном 1,5 % длины судна L_{LL} в нос от носового перпендикуляра; или

на расстоянии 3 м в нос от носового перпендикуляра.

2.1.3 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 11.*
Переборка может иметь уступы или выступы при условии, что они находятся в пределах, установленных в [2.1.1] или [2.1.2]. Устройство дверей, горловин, вентиляционных каналов или любых других отверстий в этой переборке не допускается.

3 Ахтерпиковая переборка, переборки машинного помещения и дейдвудные трубы

3.1

3.1.1 Общие положения

См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 11.
Должны быть установлены водонепроницаемые до палубы надводного борта ахтерпиковая переборка и переборки, отделяющие машинное помещение от носовых и кормовых грузовых помещений. Однако ахтерпиковая переборка может иметь уступы ниже палубы переборок при условии, что степень безопасности судна при этом в части деления на отсеки не снижается.

3.1.2 Дейдвудные трубы

См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 11.
Дейдвудные трубы должны быть заключены в водонепроницаемое помещение (помещения) небольшого объема. По усмотрению классификационного общества могут быть приняты другие меры по минимизации опасности поступления воды внутрь судна при повреждении дейдвудных труб.

4 Количество и расположение переборок цистерн

4.1 Переборки в отсеках, предназначенных для перевозки жидких грузов

4.1.1 Количество и расположение поперечных и продольных водонепроницаемых переборок в отсеках, предназначенных для перевозки жидких грузов, должны отвечать требованиям к делению на отсеки, применимым к судну.

5 Расположение поперечных водонепроницаемых переборок

5.1 Общие положения

5.1.1 Если устройство водонепроницаемой переборки в одной плоскости невозможно, то допускается установка ступенчатой переборки. В этом случае, часть палубы, образующей уступ, должна быть водонепроницаемой и равноценной по прочности переборке.

6 Отверстия в водонепроницаемых переборках

6.1 Общие положения

6.1.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B-1, Правило 25-9 и Резолюцию ИМО A.684(17) – Часть B.*
Количество отверстий в водонепроницаемых переборках и палубах деления на отсеки должно быть сведено к минимуму, совместимому с конструкцией и нормальной эксплуатацией судна. Там, где необходимы проходы в водонепроницаемых переборках и внутренних палубах для доступа, прокладки трубопроводов, вентиляции, электрических кабелей и т.п., должны быть приняты меры для обеспечения водонепроницаемости. Классификационное общество может допустить послабление в отношении водонепроницаемости отверстий выше палубы надводного борта при условии доказательства того, что любое прогрессирующее затопление можно легко контролировать, и что безопасность судна не будет снижена.

6.1.2 Устройство дверей, горловин, вентиляционных каналов или любых других отверстий в таранной переборке ниже палубы деления на отсеки не допускается.

6.1.3 Свинец или другие чувствительные к теплу материалы не допускается использовать в системах, которые проходят через водонепроницаемые переборки деления на отсеки, если повреждения таких систем в случае пожара нарушат водонепроницаемость переборок.

6.1.4 Клапаны, не являющиеся частью системы трубопроводов, на главных водонепроницаемых переборках не допускаются.

6.1.5 Требования к степени непроницаемости, а также к приводным системам дверей или других средств закрытия, отвечающих положениям [6.2] и [6.3], приведены в табл. 2.

6.2 Отверстия в водонепроницаемых переборках ниже палубы надводного борта

6.2.1 Отверстия, используемые в море

См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B-1, Правило 25-9.

Двери, предусмотренные для обеспечения водонепроницаемости внутренних отверстий, которые используются в море, должны быть скользящими водонепроницаемыми и закрываться дистанционно с мостика, а также приводиться в действие с места с каждой стороны переборки. На посту управления должны быть предусмотрены индикаторы открытого и закрытого положения дверей, и должна быть предусмотрена звуковая аварийно-предупредительная сигнализация, показывающая закрытие двери. Источник электроэнергии, пост управления и индикаторы должны быть в рабочем состоянии в случае отказа главного источника электроэнергии. Особое внимание следует обратить на минимизацию влияния отказа системы управления. Каждая скользящая водонепроницаемая дверь с приводом от источника электроэнергии должна иметь индивидуальный ручной привод. Должна быть обеспечена возможность открывания и закрывания двери вручную с обеих сторон.

6.2.2 Отверстия, обычно закрытые в море

См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B-1, Правило 25-9.

Двери и люковые закрытия для прохода, обычно закрытые в море и предназначенные для обеспечения водонепроницаемости внутренних отверстий, должны иметь средства индикации, расположенные в непосредственной близости от них и на мостике, показывающие открытое или закрытое положение дверей или люковых закрытий. На каждой такой двери или люковом закрытии должна иметься надпись, указывающая, что они не должны оставаться открытыми. Использование таких дверей или люковых закрытий производится только с разрешения вахтенного офицера.

6.2.3 Двери или рампы в больших грузовых помещениях

См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B-1, Правило 25-9.

Водонепроницаемые двери или рампы надлежащей конструкции могут быть установлены для деления больших грузовых помещений, при условии, что классификационное общество убеждено в необходимости таких дверей или рамп. Такие двери или рампы могут быть навесными, на катках или скользящими, но не должны иметь дистанционного управления.

Такие двери или рампы должны закрываться до начала рейса и оставаться закрытыми в течение рейса. Если к каким-либо из этих дверей или рамп имеется доступ во время рейса, должно быть предусмотрено устройство, исключающее несанкционированное открытие.

Слово «надлежащей» означает, что требования к размерам связей и к уплотнению таких дверей или рамп должны быть достаточными для того, чтобы выдержать максимальный напор водяного столба при затоплении по ватерлинию.

Таблица 2

Двери

			Скользящие		Навесные				На катках (груз между палубными помещениями)
			Указатель дистанционного управления на мостике	Указатель положения на мостике	Только местное управление	Указатель дистанционного управления на мостике	Указатель положения на мостике	Только местное управление	
Водонепроницаемые	Ниже палубы надводного борта	Открыты в море	X						
		Обычно закрыты (2)		X			X (3)		
		Постоянно закрыты (2)			X (4) (5)			X (4) (5)	X (4) (5)
Непроницаемые при воздействии моря/водонепроницаемые (1)	Выше палубы надводного борта	Открыты в море	X						
		Обычно закрыты (2)		X			X		
		Постоянно закрыты (2)						X (4) (5)	

(1) Водонепроницаемые двери требуются, когда они расположены ниже ватерлинии в состоянии равновесия в конечной стадии затопления; в ином случае допустима дверь, непроницаемая при воздействии моря.
(2) С обеих сторон двери должно быть нанесена надпись: «Держать закрытой в море».
(3) Суда типа А длиной 150 м и выше и суда типа В с уменьшенным надводным бортом могут иметь навесную водонепроницаемую дверь между машинным и румпельным отделениями при условии, что комингс этой двери располагается выше летней грузовой ватерлинии.
(4) Дверь должна быть закрыта до начала рейса.
(5) Если дверь используется во время рейса, должно быть предусмотрено устройство, исключающее несанкционированное открытие.

6.2.4 Отверстия, постоянно закрытые в море

См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B-1, Правило 25-9.

Другие средства закрытия, которые постоянно закрыты в море для обеспечения водонепроницаемости внутренних отверстий, должны иметь надпись на каждом средстве закрытия о том, что оно должно быть закрытым. Нет необходимости маркировать таким образом горловины, закрывающиеся крышками с близко расположенными болтами.

6.3 Отверстия в переборках выше палубы надводного борта

6.3.1 Общие положения

Отверстия по границам затопления, расположенные ниже ватерлинии в состоянии равновесия в конечной стадии затопления, должны быть водонепроницаемыми. Отверстия, погруженные в пределах положительной части диаграммы статической остойчивости, должны быть только непроницаемыми при воздействии моря.

6.3.2 Двери, используемые в море

См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B-1, Правило 25-9×.

Двери, предусмотренные для обеспечения водонепроницаемости внутренних отверстий, которые используются в море, должны быть скользящими водонепроницаемыми и закрываться дистанционно с мостика, а также приводиться в действие с места с каждой стороны переборки. На посту управления должны быть предусмотрены индикаторы открытого и закрытого положения дверей, и должна быть предусмотрена звуковая аварийно-предупредительная сигнализация, показывающая закрытие двери. Источник электроэнергии, пост управления и индикаторы должны быть в рабочем состоянии в случае отказа главного источника электроэнергии. Особое внимание следует обратить на минимизацию влияния отказа системы управления. Каждая скользящая водонепроницаемая дверь с приводом от источника электроэнергии должна иметь индивидуальный ручной привод. Должна быть обеспечена возможность открывания и закрывания двери вручную с обеих сторон.

6.3.3 Двери, обычно закрытые в море

См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B-1, Правило 25-9.

Двери, обычно закрытые в море, должны иметь средства индикации, расположенные в непосредственной близости от них и на мостике, показывающие открытое или закрытое положение дверей. На каждой такой двери должна иметься надпись, указывающая, что дверь не должна оставаться открытой.

6.3.4 Отверстия, постоянно закрытые в море

См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B-1, Правило 25-9.

Двери, постоянно закрытые в море, должны быть навесного типа. Такие двери и другие средства закрытия, постоянно закрытые в море, должны иметь надпись на каждом средстве закрытия о том, что оно должно быть закрытым. Нет необходимости маркировать таким образом горловины, закрывающиеся крышками с близко расположенными болтами.

РАЗДЕЛ 2. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОТСЕКОВ

1 Определения

1.1 Коффердам

1.1.1 Коффердам означает пустое помещение, расположенное таким образом, что отсеки с каждой его стороны не имеют общей границы; коффердам может располагаться вертикально или горизонтально. Как правило, коффердам должен иметь надлежащую вентиляцию и достаточные размеры, допускающие его осмотр, техническое обслуживание и безопасную эвакуацию.

1.2 Машинные помещения категории «А»

1.2.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-2, Часть А, Правило 3.31.*
Машинные помещения категории «А» – помещения или ведущие в них шахты, в которых расположены:
двигатели внутреннего сгорания, используемые как главная двигательная установка; или
двигатели внутреннего сгорания, используемые не как главная двигательная установка, если их суммарная мощность составляет не менее 375 кВт; или
любой котел, работающий на жидком топливе, или установка жидкого топлива.

2 Коффердамы

2.1 Расположение коффердамов

2.1.1 Коффердамы должны быть предусмотрены между отсеками для жидких углеводородов (топливо, смазочное масло) и для пресной воды (питьевая вода, вода для гребных механизмов и котлов), а также цистернами для пенообразующей жидкости для систем пожаротушения.

2.1.2 Коффердамы, отделяющие топливные цистерны от цистерн смазочного масла, и последние – от цистерн, предназначенных для пенообразующей жидкости для систем пожаротушения или пресной воды, или питательной воды котлов могут не предусматриваться, если классификационное общество считает их нецелесообразными или необоснованными в отношении характеристик и размеров помещений, включающих такие цистерны при условии, что:
толщина листов общей границы смежных цистерн увеличена по сравнению с толщиной, полученной согласно главе 6, раздел 1, на 2 мм в случае цистерн для пресной воды или питательной воды котлов, или на 1 мм во всех других случаях;
сумма толщин угловых сварных швов по кромкам этих листов должна быть не менее толщины самих листов;
испытание конструкции проводится при напоре водяного столба, увеличенном на 1 м по сравнению с главой 11, раздел 3.

2.1.3 Помещения для перевозки легковоспламеняющихся жидкостей должны быть отделены коффердамом от жилых и служебных помещений.

2.1.4 Коффердамы требуются только между топливными цистернами двойного дна и цистернами, расположенными непосредственно над ними, если настил второго дна находится под давлением содержащегося здесь топлива, как в случае двойного дна с настилом, приподнятым по бортам.
Если цистерны соприкасаются только углами, то их не следует считать смежными.
Смежные цистерны, не разделенные коффердамами, должны иметь достаточные размеры, допускающие их удобный осмотр.

3 Двойное дно

3.1 Общие положения

3.1.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 12-1.*
Должно быть устроено двойное дно, простирающееся от таранной переборки до ахтерпиковой переборки, насколько это практически возможно и совместимо с конструкцией и нормальной эксплуатацией судна.

3.1.2 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 12-1.*
Если требуется устройство двойного дна, то его высота должна соответствовать положениям главы 3, раздел 6, [6], а второе дно должно простираться от борта до борта судна таким образом, чтобы днище судна было защищено до поворота скулы.

3.1.3 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 12-1.*
Небольшие колодцы, устроенные в двойном дне и предназначенные для осушения трюмов не должны иметь чрезмерную глубину. Колодец глубиной до наружной обшивки днища допускается только у кормового конца туннеля гребного вала судна. Классификационное общество может допустить другие колодцы, если убедится, что их устройство обеспечивает защиту, равноценную защите, обеспечиваемой двойным дном, устроенным в соответствии с [3.1].

3.1.4 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 12-1.*
Двойное дно не требуется в районе водонепроницаемых отсеков, используемых исключительно для перевозки жидкостей при условии, что это, по мнению классификационного общества, не снижает безопасность судна в случае повреждения днища.

4 Отсек в нос от таранной переборки

4.1 Общие положения

4.1.1 Форпик и другие отсеки, расположенные в нос от таранной переборки, не могут предназначаться для перевозки топлива или других легковоспламеняющихся продуктов.

5 Минимальная высота в носу судна

5.1 Общие положения

5.1.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 39(1)).*
Высота в носу судна F_b, определенная как вертикальное расстояние на носовом перпендикуляре между ватерлинией, соответствующей назначенному летнему надводному борту и расчетному дифференту, и верхом открытой палубы у борта должна быть не менее чем:

$$F_b = (6075(L_{LL}/100) - 1875(L_{LL}/100)^2 + 200(L_{LL}/100)^3)(2{,}08 + 0{,}609C_b - 1{,}603C_{wf} - 0{,}0129(L/T_1)),$$

где F_b *рассчитанная минимальная высота в носу судна, мм;*
T_1 *осадка, равная 85 % расчетной высоты борта* D_1, *м;*
D_1 *высота надводного борта – теоретическая высота борта на миделе плюс толщина палубы надводного борта у борта. Высотой надводного борта у судна, имеющего скругленное соединение палубы с бортом радиусом свыше 4 % ширины судна (B) или надстройку необычной формы, является высота надводного борта судна, имеющего миделевое сечение с вертикальными надстройками, с такой же погибью бимса и площадью сечения надстройки равной аналогичной площади фактического миделевого сечения;*
C_{wf} *коэффициент полноты в нос от* $L_{LL}/2$:

$$C_{wf} = \frac{A_{wf}}{\frac{L_{LL}}{2}B}$$

A_{wf} *коэффициент полноты в нос от* $L_{LL}/2$ *при осадке* T_1, $м^2$.
Для судов, которым назначен лесной надводный борт, при использовании вышеуказанной формулы принимается летний надводный борт (а не лесной летний надводный борт).

5.1.2 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 39(2)).*
Если высота в носу согласно [5.1.1] получается с помощью седловатости, то последняя должна простираться, по крайней мере, на 15 % длины судна, измеренной от носового перпендикуляра. Если высота в носу получается за счет надстройки, то такая надстройка должна простираться от форштевня до точки на расстоянии, по крайней мере, 0,07L в корму от носового перпендикуляра и должна быть закрытой согласно главе 9, раздел 4.

5.1.3 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 39(3)).*
Суда, которые не могут отвечать требованиям [5.1.1] и [5.1.2] из-за необходимости выполнения исключительных эксплуатационных требований, подлежат специальному рассмотрению классификационным обществом в каждом конкретном случае.

5.1.4 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 39(4,а)).*
Может быть учтена седловатость палубы бака, даже если длина бака меньше 0,15L, но больше 0,07L при условии, что высота бака составляет не менее половины стандартной высоты надстройки между точкой 0,07L и носовым перпендикуляром.

5.1.5 *См. Международную конвенцию о грузовой марке с Поправками (Резолюция MSC.143(77), Правило 39(4,б)).*
Если высота бака менее половины стандартной высоты надстройки, то необходимая высота в носу может быть определена следующим образом:
а) если палуба надводного борта имеет седловатость, простирающуюся от точки 0,15L: параболой, берущей начало в точке 0,15L в корму от носового перпендикуляра на высоте равной высоте борта судна на миделе, продолженной через точку пересечения переборки бака с палубой и вверх до точки на носовом перпендикуляре не выше уровня палубы бака (см. рис. 1). Однако, если высота h_t *(см. рис. 1) меньше высоты* h_b, *то* h_t *может быть заменена на* h_b *в имеющейся высоте в носу, где:*

$$h_t = Z_b\left(\frac{0{,}15L}{x_b}\right)^2 - Z_t$$

где Z_b *см. рис. 1;*
Z_t *см. рис. 1;*
h_f *половина стандартной высоты надстройки;*

б) если палуба надводного борта имеет седловатость, простирающуюся менее чем на 0,15L или не имеет седловатости, линией, начинающейся от палубы бака у борта в точке 0,07L, продолженной параллельно основной линии до носового перпендикуляра (см. рис. 2).

6 Туннели гребного вала

6.1 Общие положения

6.1.1 Туннели гребного вала должны быть водонепроницаемыми.

Рис. 1
Необходимая высота в носу судна, если палуба надводного борта имеет седловатость, простирающуюся от точки, расположенной на расстоянии 0,15*L* в корму от носового перпендикуляра

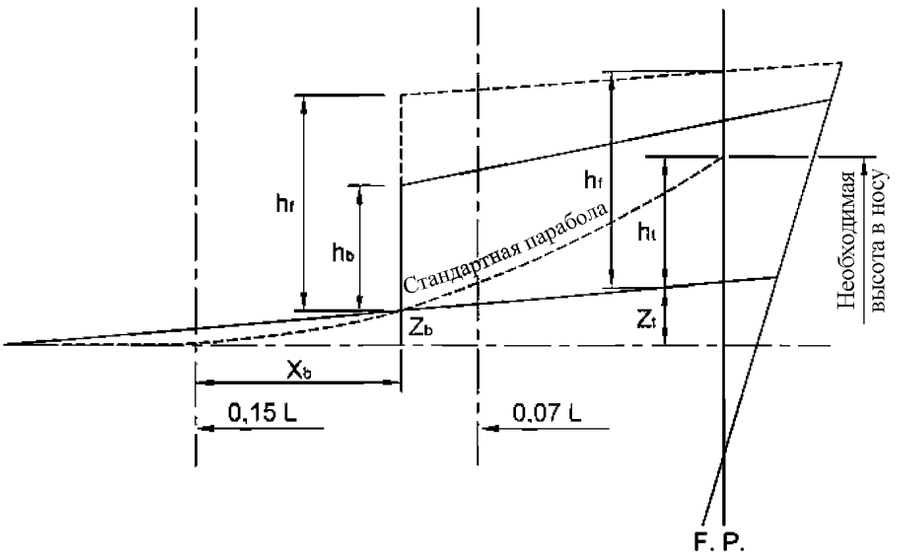
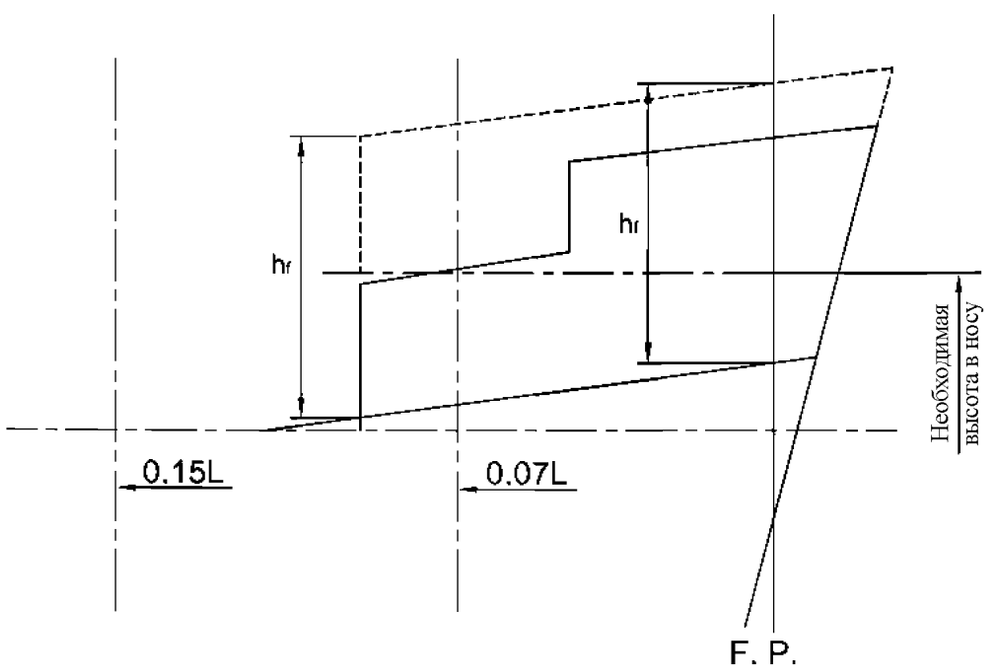


Рис. 2
Необходимая высота в носу судна, если палуба надводного борта имеет седловатость, простирающуюся менее чем на 0,15*L*



7 Водонепроницаемые вентиляционные каналы и шахты

7.1 Общие положения

7.1.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 19.1.*
Водонепроницаемые вентиляционные каналы и шахты должны быть доведены, по крайней мере, до палубы надводного борта.

8 Топливные цистерны

8.1 Общие положения

8.1.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-2, Часть B, Правило 4.2.*
Меры и устройства для хранения, распределения и использования жидкого топлива должны обеспечивать безопасность судна и находящихся на борту лиц.

8.1.2 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-2, Часть B, Правило 4.2.*
Насколько возможно, топливные цистерны должны быть частью конструкции судна и располагаться вне машинных помещений категории «A».
Если топливные цистерны, иные чем цистерны двойного дна, необходимо разместить рядом с машинным помещением категории «A» или в его пределах, то, по крайней мере, одна из их вертикальных стенок должна примыкать к переборке машинного помещения. Предпочтительно, чтобы эти цистерны имели общую границу с цистернами двойного дна, а площадь стенки цистерны, общая с машинными помещениями, должна быть минимальной.
Если такие цистерны располагаются в пределах машинных помещений категории «A», то в них не должно содержаться топливо с температурой вспышки менее 60 °C.

8.1.3 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-2, Часть B, Правило 4.2.*
Топливные цистерны не должны располагаться там, где разлив или утечка из них могут создать опасность взрыва в результате попадания топлива на нагретые поверхности.
Должны быть приняты меры предосторожности против попадания на нагретые поверхности любых нефтепродуктов, выброшенных под давлением из любого насоса, фильтра или подогревателя.
Топливные цистерны в котельных помещениях не могут располагаться непосредственно над котлами или в районах, подверженных воздействию высокой температуры, если не предусмотрены специальные меры, согласованные с классификационным обществом.

8.1.4 Если помещение, предназначенное для товаров или угля, располагается вблизи емкости с нагретой жидкостью, должна быть предусмотрена соответствующая теплоизоляция.

РАЗДЕЛ 3. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДОСТУПА

1 Общие положения

1.1 Средства доступа в грузовые и другие помещения

1.1.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Правило II-1/3-6.2.1 (Резолюция MSC.151(78)).*
В каждом помещении должны быть предусмотрены средства доступа, обеспечивающие на протяжении срока службы судна общие и детальные осмотры и замеры толщин судовых конструкций. Такие средства доступа должны отвечать требованиям [1.3] и [2].

1.1.2 *См. Конвенцию СОЛАС, Правило II-1/3-6.2.2 (Резолюция MSC.151(78)).*
Если постоянные средства доступа могут повреждаться при обычных погрузочно-разгрузочных операциях, или невозможно обеспечить постоянные средства доступа, то Администрация может допустить использование вместо них передвижных или переносных средств доступа согласно [2] при условии, что средства крепления, установки, подвешивания или опоры переносных средств доступа образуют часть корпусной конструкции. Все переносное оборудование должно быть приспособлено к быстрому монтажу или развертыванию экипажем судна.

1.1.3 *См. Конвенцию СОЛАС, Правило II-1/3-6.2.3 (Резолюция MSC.151(78)).*
Конструкция и материалы всех средств доступа и устройства их крепления к конструкции корпуса должны соответствовать требованиям классификационного общества.

1.2 Безопасный доступ в грузовые трюмы, балластные цистерны и другие помещения

1.2.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Правило II-1/3-6.3.1 (Резолюция MSC.151(78)) и IACS UI SC191.*
Безопасный доступ в грузовые трюмы, коффердамы, балластные цистерны и другие помещения в районе грузовых танков должен быть непосредственно с открытой палубы и таким, чтобы обеспечить их полный осмотр. Безопасный доступ в пространства двойного дна или носовые балластные цистерны может быть из насосного отделения, глубокого коффердама, туннеля для трубопровода, грузового трюма, пространства двойного борта или аналогичного помещения, не предназначенного для перевозки нефти или опасных грузов.
Доступ в пространство двойного борта может быть предусмотрен из подпалубной цистерны или цистерны двойного дна, или из обеих.

1.2.2 *См. Конвенцию СОЛАС, Правило II-1/3-6.3.2 (Резолюция MSC.151(78)).*
Цистерны или отсеки цистерн длиной 35 м и более должны иметь не менее двух люков и трапов для доступа, расположенных как можно дальше друг от друга.
Цистерны длиной менее 35 м должны иметь не менее одного люка и трапа для доступа.
Если цистерна разделяется одной или более отбойными переборками или подобными конструкциями, которые не позволяют установить удобные средства доступа к другим частям цистерны, то должны быть установлены не менее двух люков и трапов.

1.2.3 *См. Конвенцию СОЛАС, Правило II-1/3-6.3.3 (Резолюция MSC.151(78)).*
Каждый грузовой трюм должен иметь не менее двух средств доступа, расположенных как можно дальше друг от друга. Как правило, эти средства доступа должны быть расположены по диагонали, например, один – вблизи носовой переборки по левому борту, другой – вблизи кормовой переборки по правому борту.

1.3 Общие технические требования

1.3.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Правило II-1/3-6.5.1 (Резолюция MSC.151(78)) и IACS UI SC191.*

Для доступа через горизонтальные отверстия, люки или горловины их размеры должны быть достаточными, чтобы человек с автономным дыхательным аппаратом и в защитной одежде мог беспрепятственно подниматься или спускаться по любому трапу, а также должен обеспечиваться размер в свету достаточный для подъема пострадавшего из нижней части помещения. Минимальный размер в свету должен быть не менее 600×600 мм с наибольшим радиусом закругления по углам до 100 мм.

В случае, когда в результате конструктивного анализа необходимо снизить напряжения вокруг отверстия, целесообразно принять меры к увеличению размера в свету, например, 600×800 с радиусом закругления 300 мм, которому будет соответствовать размер в свету 600×600 мм с наибольшим радиусом закругления по углам до 100 мм.

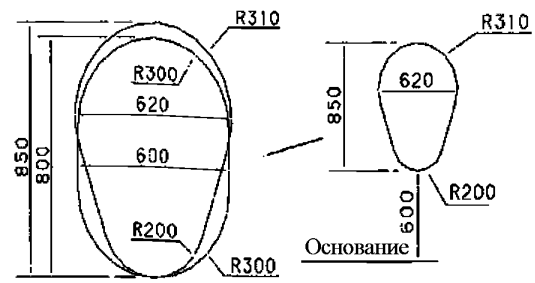
Если доступ в грузовой трюм предусмотрен через грузовой люк, верх трапа должен быть расположен как можно ближе к комингсу люка. Комингсы люков для доступа высотой свыше 900 мм должны также иметь ступени с наружной стороны в сочетании с трапом.

1.3.2 *См. Конвенцию СОЛАС, Правило II-1/3-6.5.2 (Резолюция MSC.151(78)) и IACS UI SC191.*

Для доступа через вертикальные отверстия или горловины в отбойных переборках, флорах, днищевых стрингерах и рамных шпангоутах, обеспечивающих проход по длине и ширине пространства, минимальное отверстие должно быть не менее 600×800 мм с радиусом закругления по углам 300 мм, *расположенное на высоте не более 600 мм от наружной обшивки днища, если не предусмотрены решетки или другие опоры для ног.*

При условии проверки удобной эвакуации раненого на носилках, вертикальное отверстие размерами 850×620 мм с шириной верхней части более 600 мм и нижней части менее 600 мм, общей высотой не менее 850 мм считается приемлемой альтернативой отверстию размерами 600×800 мм с радиусом закругления по углам 300 мм (см. рис. 1).

Рис. 1
Альтернативное вертикальное отверстие



2 Технические требования к средствам доступа

2.1 Определения

См. Технические положения ИМО, 2 (Резолюция MSC.158(78)).

2.1.1 Перекладина

Перекладина означает ступеньку вертикального трапа или ступеньку на вертикальной поверхности.

2.1.2 Ступень

Ступень означает ступень наклонного трапа или ступень у вертикального отверстия для доступа.

2.1.3 Пролет наклонного трапа

Пролет наклонного трапа означает фактическую длину стрингера наклонного трапа. Для вертикальных трапов – расстояние между площадками.

2.1.4 Стрингер

Стрингер означает:

1) каркас трапа; или

2) подкрепленную горизонтальную листовую конструкцию, установленную на бортовой обшивке, поперечных переборках и/или продольных переборках помещения. В отношении балластных цистерн шириной менее 5 м, образующих пространства двойного борта, горизонтальная листовая конструкция рассматривается как стрингер и как продольное постоянное средство доступа, если обеспечивается непрерывный проход шириной 600 мм и более через шпангоуты и ребра жесткости на бортовой обшивке или продольной переборке. Отверстия в обшивке стрингера, используемые как постоянные средства доступа, должны быть снабжены поручнями или решетками для безопасного прохода по стрингеру или безопасного доступа к каждой поперечной стенке.

2.1.5 Вертикальный трап

Вертикальный трап – трап, имеющий угол наклона от 70° до 90°. Перекос вертикального трапа не должен превышать 2°.

2.1.6 Подпалубный набор

Подпалубный набор – палубные конструкции или стрингеры, включая ребра жесткости, над средствами доступа.

2.1.7 Расстояние ниже подволока

Расстояние ниже подволока – расстояние ниже настила.

2.1.8 Межлюковые перемычки

Межлюковая перемычка – поперечный участок главной палубы, расположенный от борта внутрь судна и между комингсами люков.

2.2 Постоянные средства доступа

2.2.1 *См. Технические положения ИМО, 3.1 и 3.2 (Резолюция MSC.158(78)).*

Конструктивные элементы, кроме элементов в пространствах двойного дна, должны быть обеспечены постоянными средствами доступа в объеме согласно [2.7] - [2.13].

Постоянные средства доступа должны, насколько возможно, быть встроенными в конструкции судна, обеспечивая, таким образом, их надежность и одновременно повышая общую прочность конструкции и судна.

2.2.2 *См. Технические положения ИМО, 3.3 (Резолюция MSC.158(78)) и IACS UI SC19.*

Подвесные проходы, являющиеся частью постоянных средств доступа, должны иметь минимальную ширину прохода 600 мм, исключая участки вокруг вертикальных стенок, где эта величина может быть снижена до 450 мм, и леерное ограждение с открытой стороны на протяжении всей длины. У отдельно расположенных проходов леерное ограждение должно быть предусмотрено по обеим сторонам конструкции.

Наклонные конструкции, являющиеся частью средства доступа, имеющие наклон 5° и более от горизонтальной плоскости при прямом положении судна на ровный киль, *должны быть нескользящими.*

Леерное ограждение должно иметь высоту 1000 мм, состоять из леера и стоек высотой 500 мм и быть прочной конструкции. Стойки должны быть на расстоянии не более 3 м друг от друга.

2.2.3 *См. Технические положения ИМО, 3.4 (Резолюция MSC.158(78)).*

Доступ к постоянным средствам доступа и вертикальным отверстиям из днищевой части судна должен обеспечиваться посредством легко доступных проходов, трапов и ступеней. Ступени должны иметь боковую опору для ног. Если перекладины трапов установлены на вертикальной поверхности, то расстояние от центра перекладины до этой поверхности должно быть не менее 150 мм. Если вертикальные горловины расположены выше 600 мм над уровнем прохода, то для облегчения доступа должны быть предусмотрены ступени и поручни с площадками с обеих сторон.

2.3 Конструкция трапов

2.3.1 Общие положения

См. Технические положения ИМО, 3.5 (Резолюция MSC.158(78)).

Постоянные наклонные трапы должны иметь угол наклона менее 70°. В пределах 750 мм от лицевой стороны трапа не должно быть никаких препятствий, кроме района выреза, где этот просвет может быть уменьшен до 600 мм. Как правило, должны быть предусмотрены площадки достаточных размеров на высоте не более 6 м. Трапы и поручни должны быть стальными или из равноценного материала достаточной прочности и жесткости и должны быть надежно закреплены на конструкциях цистерны с помощью подпорок. Способ закрепления и длина подпорок должны быть такими, чтобы вибрация была минимальной. В грузовых трюмах конструкция трапов и их расположение должны быть такими, чтобы не мешать грузовым операциям и снизить до минимума риск их повреждения грузоподъемными устройствами.

2.3.2 Наклонные трапы

См. Технические положения ИМО, 3.6 (Резолюция MSC.158(78)).

Ширина наклонных трапов между стрингерами должна быть не менее 400 мм. Ступени должны располагаться на равных расстояниях в пределах 200 – 300 мм по вертикали. При использовании стали ступени должны образовываться двумя прутками квадратного сечения не менее 22×22 мм, поставленными на ребро. Ступени должны проходить через боковые стрингеры и привариваться к ним двухсторонним непрерывным сварным швом. Все наклонные трапы должны иметь с обеих сторон поручни прочной конструкции, установленные на удобном расстоянии от ступеней.

2.3.3 Вертикальные или винтовые трапы

См. Технические положения ИМО, 3.7 (Резолюция MSC.158(78)).

Ширина и конструкция вертикальных или винтовых трапов должны соответствовать международным или национальным стандартам.

2.4 Доступ через отверстия

2.4.1 Доступ через горизонтальные отверстия, люки или горловины

См. Технические положения ИМО, 3.10 (Резолюция MSC.158(78)).

Для доступа через горизонтальные отверстия, люки или горловины минимальные размеры отверстия должны быть 600×600 мм. Если доступ в грузовой трюм устроен через грузовой люк, верх трапа должен располагаться как можно ближе к комингсу люка.

Комингсы люков для доступа высотой свыше 900 мм должны также иметь ступени с наружной стороны в том же месте, где находится трап.

2.4.2 Доступ через вертикальные отверстия или горловины

См. Технические положения ИМО, 3.11 (Резолюция MSC.158(78)).

Для доступа через вертикальные отверстия или горловины в отбойных переборках, флорах, днищевых стрингерах и рамных шпангоутах, обеспечивающие проход по длине и ширине пространства, минимальное отверстие должно быть не менее 600×800 мм на высоте не более 600 мм от прохода, если не предусмотрены решетки или другие опоры для ног.

2.5 Трапы для доступа в грузовые трюмы и другие помещения

2.5.1 Общие положения

См. Технические положения ИМО, 3.13.1 и 3.13.2 (Резолюция MSC.158(78)).

Трапы для доступа в грузовые трюмы и другие помещения:

а) если расстояние по вертикали между настилами смежных палуб или между палубой и дном грузового помещения не превышает 6 м – должен быть вертикальный или наклонный трап;

б) если расстояние по вертикали между настилами смежных палуб или между палубой и дном грузового помещения превышает 6 м – должен быть наклонный трап или несколько наклонных трапов в одном конце грузового трюма, исключая верхние 2,5 м грузового помещения, измеренные от подпалубного набора, и нижние 6 м, где могут быть установлены вертикальные трапы при условии, что вертикальный участок наклонного трапа или трапов, соединяющих вертикальные трапы, составляет не менее 2,5 м.

2.5.2 *См. Технические положения ИМО, 3.13.2 (Резолюция MSC.158(78)).*

Вторым средством доступа в другом конце трюма могут быть несколько вертикальных трапов, смещенных относительно друг друга в шахматном порядке, которые включают одну или более площадок, разнесенных не более чем на 6 м по вертикали и смещенных к одной из сторон трапа. Смежные участки трапа должны быть смещены относительно друг друга по горизонтали, по крайней мере, на ширину трапа. Самый верхний входной участок трапа, непосредственно выходящий в трюм, должен быть вертикальным в пределах 2,5 м от подпалубного набора и должен быть соединен с площадкой, соединяющей трапы.

2.5.3 *См. Технические положения ИМО, 3.13.3 (Резолюция MSC.158(78)).*

Вертикальный трап может использоваться как средство доступа в подпалубные цистерны, если вертикальное расстояние между палубой и продольным средством доступа в цистерне или стрингером, или дном помещения непосредственно под входом составляет 6 м или менее. Самый верхний входной (с палубы) участок вертикального трапа цистерны должен иметь высоту 2,5 м, измеренную от подпалубного набора, и должен включать площадку, если не предусмотрен переход на продольное средство доступа, стрингер или дно; площадка должна быть смещена к одной из сторон вертикального трапа.

2.5.4 *См. Технические положения ИМО, 3.13.4 (Резолюция MSC.158(78)).*

Если не разрешено в [2.5.3], то для доступа в цистерну или помещение, где расстояние по вертикали между палубой и стрингером непосредственно под входом, между стрингерами или между палубой, или стрингером и дном помещения непосредственно под входом составляет более 6 м, должны использоваться наклонный трап или комбинация трапов.

2.5.5 *См. Технические положения ИМО, 3.13.5 (Резолюция MSC.158(78)).*

Для случая [2.5.4] верхний входной участок (с палубы) трапа должен быть вертикальным на расстоянии 2,5 м от подпалубного набора, соединяться с площадкой и продолжаться наклонным трапом. Фактическая длина пролета наклонных трапов не должна превышать 9 м, а высота по вертикали обычно составлять не более 6 м. Самый нижний участок трапа может быть вертикальным на высоту не более 2,5 м.

2.5.6 *См. Технические положения ИМО, 3.13.6 (Резолюция MSC.158(78)).*

В пространствах двойного борта шириной менее 2,5 м доступ может быть обеспечен посредством вертикальных трапов, которые включают одну или несколько площадок, разнесенных по вертикали не более чем на 6 м и смещенных к одной из сторон трапа.

Смежные участки трапа должны быть смещены в поперечном направлении относительно друг друга, по крайней мере, на ширину трапа.

2.5.7 *См. Технические положения ИМО, 3.13.7 (Резолюция MSC.158(78)).*

Винтовой трап считается приемлемым как альтернатива наклонного трапа. В этом случае верхние 2,5 м трапа могут быть винтовым трапом, и их не требуется заменять вертикальным трапом.

2.6 Трапы для доступа в цистерны

2.6.1 *См. Технические положения ИМО, 3.14 (Резолюция MSC.158(78)).*
Самый верхний входной участок (с палубы) вертикального трапа, обеспечивающего доступ в цистерну, должен быть вертикальным на расстоянии 2,5 м от подпалубного набора и включать площадку. Она должна быть смещена к одной из сторон вертикального трапа. Вертикальный трап может находиться между 1,6 м и 3,0 м ниже палубных конструкций, если он предусматривает переход на продольное или поперечное постоянное средство доступа, установленное в указанном диапазоне высот.

2.7 Доступ к подпалубным конструкциям грузовых трюмов

2.7.1 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.1 (Резолюция MSC.158(78)).*
Должны быть предусмотрены постоянные средства доступа к подпалубному набору с обеих сторон межлюковой перемычки вблизи диаметральной плоскости.
Каждое такое средство доступа должно иметь доступ из грузового трюма или непосредственно с главной палубы и устанавливаться в диапазоне высот от 1,6 м до 3,0 м ниже палубы.

2.7.2 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.2 (Резолюция MSC.158(78)).*
В качестве равноценной замены [2.7.1] допускается установка поперечного постоянного средства доступа на поперечной переборке в диапазоне высот от 1,6 м до 3,0 м ниже подволока межлюковой перемычки.

2.7.3 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.3 (Резолюция MSC.158(78)).*
Доступ к постоянным средствам доступа к подпалубному набору межлюковой перемычки может быть предусмотрен также через верхнюю опору.

2.7.4 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.4 (Резолюция MSC.158(78)) и МАКО UI SC191.*
Суда, имеющие поперечные переборки с полными верхними опорами, т.е. опорами протяженностью от бортовых подпалубных цистерн до концевых люковых бимсов, *с доступом с главной палубы, который позволяет проверять состояние всего набора и обшивки изнутри, не нуждаются в постоянных средствах доступа к межлюковой перемычке.*

2.7.5 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.5 (Резолюция MSC.158(78)).*
В качестве альтернативы для доступа к подпалубному набору межлюковой перемычки могут использоваться передвижные средства доступа, если высота над вторым дном не превышает 17 м.

2.8 Доступ к цистернам двойного борта на навалочных судах с двойными бортами

2.8.1 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.8 и Табл. 1, 2.1 (Резолюция MSC.158(78)).*
Для пространств двойного борта выше верхней точки изгиба скулы должны быть предусмотрены постоянные средства доступа в соответствии со следующими требованиями:
а) если вертикальное расстояние между верхним горизонтальным стрингером и подволоком 6 м или более, то на всю длину цистерны должно быть предусмотрено одно непрерывное продольное постоянное средство доступа со средством, позволяющим проходить через поперечные стенки, установленное на высоте 1,6 м – 3,0 м ниже подволока с вертикальным трапом для доступа в каждом конце цистерны;
б) непрерывные продольные постоянные средства доступа, интегрированные в конструкцию судна, должны находиться на расстоянии не более 6 м друг от друга по вертикали; и
в) усиленные стрингеры должны, по возможности, находиться в одной плоскости с горизонтальными рамами поперечных переборок.

2.9 Доступ к вертикальным конструкциям грузовых трюмов навалочных судов с одинарными бортами

2.9.1 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.6 (Резолюция MSC.158(78)).*

Постоянные средства вертикального доступа должны быть предусмотрены во всех грузовых трюмах и встроены в конструкцию для обеспечения осмотра как минимум 25 % общего числа трюмных шпангоутов левого и правого бортов, равномерно распределены по трюму, в том числе в каждом конце в районе поперечных переборок. Однако количество постоянных средств вертикального доступа должно быть не менее трех с каждого борта (в носовом и кормовом концах трюма и посередине).

Постоянные средства вертикального доступа, установленные между двумя смежными трюмными шпангоутов, считаются средствами доступа для осмотра обоих трюмных шпангоутов. Переносные средства доступа могут использоваться для доступа на наклонную обшивку нижних скуловых балластных цистерн.

2.9.2 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.7 (Резолюция MSC.158(78)).*

Кроме того, переносные или передвижные средства доступа должны использоваться для доступа к остальным трюмным шпангоутам вплоть до их верхних книц и к поперечным переборкам.

2.9.3 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.8 (Резолюция MSC.158(78)).*

Переносные или передвижные средства доступа могут использоваться для доступа к трюмным шпангоутам вплоть до их верхних книц вместо постоянных средств, требуемых [2.9.1]. Такие средства доступа должны находиться на борту судна и быть готовыми к использованию.

2.9.4 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.9 (Резолюция MSC.158(78)).*

Ширина вертикальных трапов, измеренная между стрингерами, для доступа к трюмным шпангоутам должна быть не менее 300 мм.

2.9.5 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.10 (Резолюция MSC.158(78)).*

Один вертикальный трап длиной свыше 6,0 м достаточен для осмотра трюмных бортовых шпангоутов для конструкции с одинарными бортами.

2.10 Доступ к вертикальным конструкциям грузовых трюмов навалочных судов с двойными бортами

2.10.1 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 1.11 (Резолюция MSC.158(78)).*

Для конструкции с двойными бортами вертикальные трапы для осмотра поверхностей грузовых трюмов не требуются. Осмотр такой конструкции должен производиться изнутри пространства двойного корпуса.

2.11 Доступ к подпалубным балластным цистернам на навалочных судах с одинарными бортами

2.11.1 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.1 (Резолюция MSC.158(78)).*

Для каждой бортовой подпалубной цистерны высотой 6 м и более вдоль стенок бортовой обшивки должно быть предусмотрено одно продольное непрерывное постоянное средство доступа, установленное на высоте 1,6 м – 3,0 м ниже палубы с вертикальным трапом для доступа вблизи каждого входа в эту цистерну.

2.11.2 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.2 (Резолюция MSC.158(78)).*

Если в поперечных стенках в пределах 600 мм от дна цистерны не предусмотрены отверстия для доступа, и поперечные рамные шпангоуты имеют высоту стенки в районе бортовой и наклонной обшивки свыше 1 м, то должны быть предусмотрены ступеньки/поручни для безопасного перехода через каждый поперечный рамный шпангоут.

2.11.3 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.3 (Резолюция MSC.158(78)).*

Три постоянных средства доступа по высоте от дна цистерны до пересечения наклонного листа с продольной балкой люка должны быть установлены по концевым шпациям и в средней шпации каждой цистерны. Как часть такого средства доступа может быть использована существующая продольная конструкция, если таковая имеется на наклонном листе в помещении.

2.11.4 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.4 (Резолюция MSC.158(78)).*
Для бортовых подпалубных цистерн высотой менее 6 м вместо постоянных средств доступа может использоваться альтернативное или переносное средство.

2.12 Доступ к бортовым скуловым балластным цистернам

2.12.1 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.5 (Резолюция MSC.158(78)) и МАКО UI SC191.*
Для каждой бортовой скуловой цистерны высотой 6 м и более вдоль стенок бортовой обшивки должно быть предусмотрено одно продольное непрерывное постоянное средство доступа, установленное на высоте как минимум 1,2 м ниже верха отверстия в свету рамного шпангоута с вертикальным трапом для доступа вблизи каждого входа в цистерну.
В каждом конце цистерны должен быть предусмотрен трап для доступа между продольным непрерывным постоянным средством доступа и дном помещения.
Как альтернатива, продольное непрерывное постоянное средство доступа может быть проложено через верх обшивки стенки над отверстием рамного шпангоута на высоте как минимум 1,6 м ниже подволока, если такая конструкция обеспечивает более удобный осмотр выявленных критических участков конструкции. В качестве прохода может использоваться продольный шпангоут большего размера с шириной прохода не менее 600 мм.
На навалочных судах с двойными бортами продольное непрерывное постоянное средство доступа может быть установлено в пределах 6 м от точки сгиба скулы, если оно используется в сочетании с альтернативными методами обеспечения доступа к точке изгиба.

2.12.2 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.6 (Резолюция MSC.158(78)).*
Если в поперечных рамных шпангоутах в пределах 600 мм от дна цистерны не предусмотрены отверстия для доступа, и рамные шпангоуты имеют высоту стенки в районе бортовой и наклонной обшивки свыше 1 м, то должны быть предусмотрены ступеньки/поручни для безопасного перехода через каждый поперечный рамный шпангоут.

2.12.3 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.7 (Резолюция MSC.158(78)).*
Для бортовых скуловых цистерн высотой менее 6 м вместо постоянных средств доступа могут использоваться альтернативные или переносные средства. Следует показать, что такие средства доступа могут быть развернуты и готовы к использованию в районах, где они необходимы.

2.13 Доступ в форпиковые цистерны

2.13.1 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.9 (Резолюция MSC.158(78)).*
В форпиковых цистернах высотой посередине таранной переборки 6 м и более должно быть предусмотрено надлежащее средство доступа к критическим районам, таким как подпалубная конструкция, стрингеры, таранная переборка и конструкции бортовой обшивки.

2.13.2 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.9.1 (Резолюция MSC.158(78)).*
Стрингеры на высоте менее 6 м от подволока или вышележащий стрингер в сочетании с переносным средством доступа должны обеспечивать надлежащий доступ.

2.13.3 *См. Технические положения ИМО, Табл. 2, 2.9.2 (Резолюция MSC.158(78)).*
Если вертикальное расстояние между подволоком и стрингерами, стрингерами или нижним стрингером и дном цистерны составляет 6 м или более, то должны быть предусмотрены альтернативные средства доступа.

3 Туннели гребного вала

3.1 Общие положения

3.1.1 Туннели гребного вала должны быть достаточно большими для удобного доступа к валопроводу.

3.1.2 Доступ в туннель должен быть предусмотрен через водонепроницаемую дверь, установленную в кормовой переборке машинного отделения в соответствии с главой 2, раздел 1, [6], а для коридоров длиной более 7 м должна быть предусмотрена шахта аварийного выхода, доведенная до палубы деления на отсеки, которая может также служить в качестве водонепроницаемого вентиляционного канала.

4 Доступ в румпельное отделение

4.1 Общие положения

4.1.1 Румпельное отделение должно быть легко доступным и, насколько возможно, отделено от машинных помещений.

4.1.2 Для обеспечения доступа в румпельное отделение и к органам управления в процессе эксплуатации должны быть предусмотрены соответствующие устройства. Такие устройства должны включать поручни и решетки или другие нескользящие поверхности для создания удобных рабочих условий в случае протечки жидкости гидравлической системы.

Глава 3

Принципы конструктивного проектирования

Раздел 1. Материал

Раздел 2. Подход на основе размеров нетто связей

Раздел 3. Надбавки на коррозию

Раздел 4. Предельные состояния

Раздел 5. Защита от коррозии

Раздел 6. Система набора корпуса судна

РАЗДЕЛ 1. МАТЕРИАЛ

1 Общие положения

1.1 Требования к материалам

1.1.1 Требования настоящего раздела распространяются на суда сварной конструкции из стали с характеристиками, соответствующими правилам по материалам классификационного общества.

1.1.2 Могут использоваться материалы с различными характеристиками при условии, что спецификация на них (изготовление, химический состав, механические свойства, сварка и т.п.) представляются классификационному обществу на одобрение.

1.2 Испытание материалов

1.2.1 Материалы подлежат испытаниям в соответствии с применимыми требованиями правил классификационного общества.

1.3 Процессы производства

1.3.1 Требования настоящего раздела предполагают, что сварка и другие производственные процессы холодной или горячей обработки осуществляются в соответствии с существующей практикой, установленной в *IACS UR W*, и применимыми требованиями правил классификационного общества. В частности:
основной металл и сварочные процессы должны находиться в пределах, установленных для конкретного типа материала, для которого они предназначены;
перед сваркой может потребоваться специальный предварительный подогрев;
сварка или другие производственные процессы холодной или горячей обработки могут потребовать последующей соответствующей термообработки.

2 Судостроительная сталь

2.1 Общие положения

2.1.1 В табл. 1 представлены механические свойства сталей, применяемых в настоящее время при постройке судов.

Таблица 1

Механические свойства судостроительных сталей

Категории стали для листов толщиной $t \leq 100$ мм	**Минимальный предел текучести R_{eH}, Н/мм²**	**Предельное временное сопротивление R_m, Н/мм²**
A – B – D – E	235	400 – 520
AH32 – DH32 – EH32 – FH32	315	440 – 570
AH36 – DH36 – EH36 – FH36	355	490 – 630
AH40 – DH40 – EH40 – FH40	390	510 – 660

2.1.2 Если для постройки корпуса судна должны использоваться стали повышенной прочности, то классификационному обществу должны быть представлены для одобрения чертежи, показывающие объем и места использования таких сталей с указанием типа и размеров связей.

2.1.3 Стали повышенной прочности, иные чем указаны в табл. 1, подлежат специальному рассмотрению классификационным обществом в каждом конкретном случае.

2.1.4 Если при постройке судна используются стали с минимальным гарантированным пределом текучести R_{eH}, отличным от 235 Н/мм², то размеры связей корпуса должны определяться с учетом коэффициента материала k, определенного в [2.2].

2.1.5 На борту судна необходимо иметь чертеж, показывающий типы и категории сталей, использованных в корпусных конструкциях. Если используются стали, отличные от указанных в табл. 1, то дополнительно к указанному чертежу на борту судна должны быть в наличии данные по их механическим и химическим свойствам, а также требования или рекомендации по качеству работ.

2.2 Коэффициент материала *k*

2.2.1 Если не указано иное, то коэффициент материала k стали нормальной и повышенной прочности в отношении размеров связей должен приниматься по табл. 2 в зависимости от минимального предела текучести R_{eH}.

Для промежуточных значений R_{eH} коэффициент материала k может определяться линейной интерполяцией.

Стали с пределом текучести свыше 390 Н/мм² подлежат специальному рассмотрению классификационным обществом в каждом конкретном случае.

Таблица 2

Коэффициент материала *k*

Минимальный предел текучести R_{eH}, Н/мм²	*k*
235	1,0
315	0,78
355	0,72
390	0,68

2.3 Категории стали

2.3.1 Стальные материалы в различных несущих элементах не должны иметь категорию ниже той, которая соответствует классам I, II и III согласно табл. 3 для классов материала, указанных в табл. 4.

Для несущих элементов, не указанных в табл. 3, может использоваться категория *A/AH*.

2.3.2 Листовые материалы для ахтерштевня, пера руля, кронштейна пера руля и кронштейнов гребного вала, как правило, не должны иметь категорию ниже соответствующей классу II. Перо руля и обшивка пера руля, подверженные концентрации напряжений (например, в районе нижней опоры полуподвесного руля или у верхней части подвесного руля), должны относится к классу III.

2.3.3 Опорные плиты фундаментов под главные и вспомогательные двигатели, встроенные во второе дно, должны быть класса I. В остальных случаях сталь должна быть, по крайней мере, категории *A*.

2.3.4 Обшивка в углах больших вырезов люков на палубах, расположенных ниже расчетной палубы (для случая люков трюмов для рефрижераторных грузов), и вварные листы по углам больших вырезов в бортовой обшивке должны, как правило, быть класса III.

2.3.5 Категория стали должна соответствовать полной построечной толщине, когда она больше полной толщины, определенной по толщине нетто согласно Правилам.

Таблица 3

Требования к категории материала для классов I, II и III

Класс	**I**		**II**		**III**	
Толщина (мм)	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS
$t \leq 15$	*A*	*AH*	*A*	*AH*	*A*	*AH*
$15 < t \leq 20$	*A*	*AH*	*A*	*AH*	*B*	*AH*
$20 < t \leq 25$	*A*	*AH*	*B*	*AH*	*D*	*DH*
$25 < t \leq 30$	*A*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*
$30 < t \leq 35$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$35 < t \leq 40$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$40 < t \leq 50$	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*
Примечание: NSS – сталь нормальной прочности; HSS – сталь повышенной прочности.						

Таблица 4

Применение классов и категорий материала

Категория конструктивного элемента	Класс материала	
	В пределах 0,4*L* на миделе	Вне пределов 0,4*L* на миделе
ВТОРОСТЕПЕННАЯ		
Пояса продольной переборки, отличные от принадлежащих к основной категории	I	*A/AH*
Открытый палубный настил, отличный от принадлежащего к основной или специальной категории		
Бортовая обшивка[7]		
ОСНОВНАЯ		
Днищевая обшивка, включая горизонтальный киль	II	*A/AH*
Настил расчетной палубы, исключая принадлежащий к специальной категории		
Непрерывные элементы продольного набора выше расчетной палубы, исключая комингсы люка		
Верхний пояс продольной переборки		
Вертикальный пояс (продольная балка люка) и верхний наклонный пояс в бортовой подпалубной цистерне		
СПЕЦИАЛЬНАЯ		
Ширстрек у расчетной палубы[1], [6]	III	II (I за пределами 0,6*L* на миделе)
Палубный стрингер расчетной палубы[1], [6]		
Пояс настила палубы у продольной переборки[6]		
Настил расчетной палубы в углах вырезов грузовых люков на навалочных судах, рудовозах, комбинированных судах и других судах с аналогичной конфигурацией вырезов люков[2]		
Скуловой пояс[3], [4], [6]		
Продольные комингсы люка длиной свыше $0{,}15L$[5]		
Нижняя кница бортового шпангоута навалочных судов с одинарными бортами, имеющих дополнительные знаки **BC-A** или **BC-B**[5]		
Концевые кницы и переходный участок продольных комингсов грузового люка к рубке[5]		

Примечания:
(1) Не ниже категории *E/EH* в пределах 0,4*L* на миделе для судов диной свыше 250 м.
(2) Не ниже класса III в пределах 0,6*L* на миделе и класса II в остальной части длины района грузовых танков.
(3) Может быть класса II на судах с двойным дном на всю ширину судна и длиной менее 150 м.
(4) Не ниже категории *D/DH* в пределах 0,4*L* на миделе для судов диной свыше 250 м.
(5) Не ниже категории *D/DH*.
(6) Отдельные пояса должны быть класса III или категории *E/EH* и в пределах 0,4*L* на миделе должны иметь ширину, м, не менее 0,8 + 0,05*L* , но не более 1,8 м, если не ограничены геометрическими характеристиками судна.
(7) Для знаков **BC-A** или **BC-B** судов с одинарными бортами пояса бортовой наружной обшивки, заключенные полностью или частично между двумя точками, расположенными в пределах 0,125*l* выше и ниже пересечения бортовой обшивки с наклонным листом бортовой скуловой цистерны должны иметь категорию не ниже *D/DH*; *l* – пролет шпангоута.

2.3.6 Категории стали для листов и профилей полной толщиной свыше лимитирующих толщин в табл. 3 подлежат специальному рассмотрению классификационным обществом в каждом конкретном случае.

2.3.7 В конкретных случаях, таких как [2.3.6], в отношении распределения напряжений в эквивалентном брусе, классы, требуемые в пределах 0,4*L* на миделе, могут применяться вне пределов этой зоны после специального рассмотрения в каждом конкретном случае.

2.3.8 Классы материала, требуемые для настила расчетной палубы, ширстрека и верхнего пояса продольных переборок в пределах 0,4*L* на миделе, должны применяться на достаточной длине за фронтальной переборкой юта и по концам мостика, если имеется.

2.3.9 Прокатные изделия, привариваемые к обшивке корпуса, такие как участки ватервейса, должны иметь ту же категорию, что и обшивка в данном районе.

2.3.10 В случае сварных соединений с полным проваром, расположенных в местах возможных высоких местных напряжений в направлении перпендикулярном непрерывной обшивке, классификационное общество может в каждом конкретном случае потребовать использования проката, имеющего соответствующую пластичность в направлении толщины материала с целью предотвращения расслаивания (Зет-сталь).

2.3.11 В районах высоких напряжений классификационное общество может потребовать, чтобы листы полной толщиной свыше 20 мм были категории *D/DH* или *E/EH*.

2.4 Конструкции, подверженные низким температурам

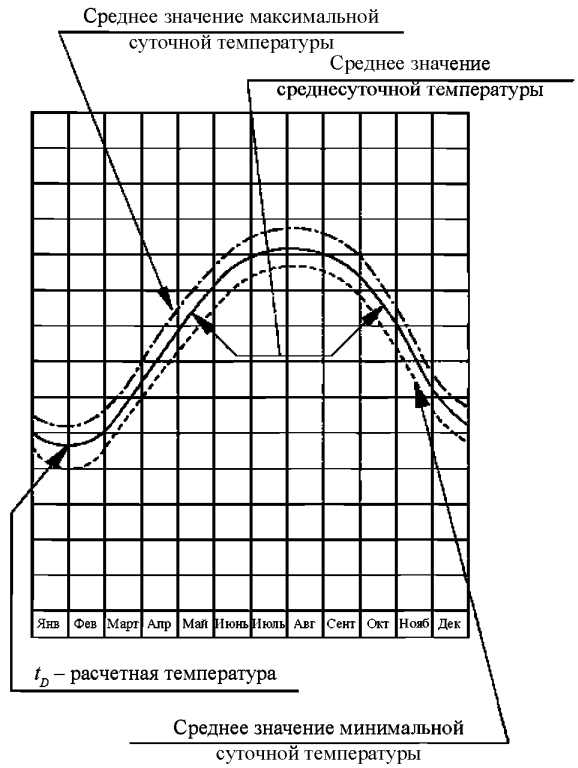
2.4.1 Применение сталей для судов, предназначенных для работы в районах с низкой температурой воздуха, должно соответствовать требованиям [2.4.2] – [2.4.6].

2.4.2 Для судов, предназначенных для работы в районах с низкой температурой воздуха (– 20 °С и ниже), например, регулярные рейсы зимой в арктические и антарктические воды, материалы в открытых конструкциях, должны выбираться на основе расчетной температуры t_D, принимаемой согласно [2.4.3].

2.4.3 Расчетная температура t_D должна приниматься как наименьшая средняя среднесуточная температура воздуха в районе эксплуатации, где:
средняя: статистическое среднее значение за период наблюдений (не менее 20 лет);
среднесуточная: значение в течение одного дня и ночи;
наименьшая: наименьшее значение за год.

На рис. 1 показано определение температуры для арктического бассейна.
При наличии сезонных ограничений района плавания принимается наименьшее значение температуры за период эксплуатации.

Рис. 1
Применяемые определения температур



2.4.4 Материалы различных открытых несущих элементов выше самой нижней балластной ватерлинии не должны иметь категории ниже соответствующих классам I, II и III, согласно табл. 5, в зависимости от категорий конструктивных элементов (ВТОРОСТЕПЕННАЯ, ОСНОВНАЯ и СПЕЦИАЛЬНАЯ).

Относительно закрытых конструкций и конструкций ниже самой нижней балластной ватерлинии – см. [2.3].

2.4.5 Требования к категории материала для элементов корпуса каждого класса в зависимости от толщины и расчетной температуры приведены в табл. 6 – 8. Для расчетных температур $t_D < -55$ °C материалы подлежат специальному рассмотрению классификационным обществом.

2.4.6 Отдельные пояса, для которых требуется класс III или категория *E/EH* и *FH* должны иметь ширину не менее величины, м, полученной по следующей формуле, но не более 1,8 м:

$$b = 0{,}05L + 0{,}8.$$

Таблица 5

Применение классов и категорий материала – Конструкции, подверженные воздействию низкой температуры

Категория конструктивного элемента	**Класс материала**	
	В пределах 0,4*L* на миделе	**Вне пределов 0,4*L* на миделе**
ВТОРОСТЕПЕННАЯ		
Открытый палубный настил в целом	I	I
Бортовая обшивка выше балластной ватерлинии		
Поперечные переборки выше балластной ватерлинии		
ОСНОВНАЯ		
Настил расчетной палубы(1)	II	I
Непрерывные элементы продольного набора выше расчетной палубы, исключая продольные комингсы люка		
Продольная переборка выше балластной ватерлинии		
Переборка бортовой подпалубной цистерны выше балластной ватерлинии		
СПЕЦИАЛЬНАЯ		
Ширстрек у расчетной палубы(2)	III	II
Палубный стрингер расчетной палубы(2)		
Пояс настила палубы у продольной переборки(3)		
Непрерывные продольные комингсы люков(4)		

Примечания:
(1) Обшивка в углах вырезов больших люков подлежит специальному рассмотрению. В местах возможных высоких местных напряжений должен применяться класс III или категория *E/EH*.
(2) Не ниже категории *E/EH* в пределах 0,4*L* в средней части судна для судов диной свыше 250 м.
(3) На судах шириной свыше 70 м не менее трех поясов палубы должны иметь класс III.
(4) Не ниже категории *D/DH*.

Таблица 6

Требования к категории материала для класса II при низкой температуре

Толщина, мм	**– 20/– 25 °C**		**– 26/– 35 °C**		**– 36/– 45 °C**		**– 46/– 55 °C**	
	NSS	**HSS**	**NSS**	**HSS**	**NSS**	**HSS**	**NSS**	**HSS**
$t \leq 10$	*A*	*AH*	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*
$10 < t \leq 15$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*
$15 < t \leq 20$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$20 < t \leq 25$	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$25 < t \leq 30$	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*
$30 < t \leq 35$	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*
$35 < t \leq 45$	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*	–	*FH*
$45 < t \leq 50$	*E*	*EH*	*E*	*EH*	–	*FH*	–	*FH*

Примечание: «NSS» и «HSS» означают «Сталь нормальной прочности» и «Сталь повышенной прочности» соответственно.

Таблица 7

Требования к категории материала для класса I при низкой температуре

Толщина, мм	– 20/– 25 °C		– 26/– 35 °C		– 36/– 45 °C		– 46/– 55 °C	
	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS
$t \leq 10$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$10 < t \leq 20$	D	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*
$20 < t \leq 30$	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*	–	*FH*
$30 < t \leq 40$	*E*	*EH*	*E*	*EH*	–	*FH*	–	*FH*
$40 < t \leq 45$	*E*	*EH*	–	*FH*	–	*FH*	–	–
$45 < t \leq 50$	*E*	*EH*	–	*FH*	–	*FH*	–	–
Примечание: «NSS» и «HSS» означают «Сталь нормальной прочности» и «Сталь повышенной прочности» соответственно.								

Таблица 8

Требования к категории материала для класса II при низкой температуре

Толщина, мм	– 20/– 25 °C		– 26/– 35 °C		– 36/– 45 °C		– 46/– 55 °C	
	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS
$t \leq 10$	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*
$10 < t \leq 20$	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*	–	*FH*
$20 < t \leq 25$	*E*	*EH*	*E*	*EH*	–	*FH*	–	*FH*
$25 < t \leq 30$	*E*	*EH*	*E*	*EH*	–	*FH*	–	*FH*
$30< t \leq 40$	*E*	*EH*	–	*FH*	–	*FH*	–	–
$40 < t \leq 45$	*E*	*EH*	–	*FH*	–	*FH*	–	–
$45 < t \leq 50$	–	*FH*	–	*FH*	–	–	–	–
Примечание: «NSS» и «HSS» означают «Сталь нормальной прочности» и «Сталь повышенной прочности» соответственно.								

3 Стали для поковок и отливок

3.1 Общие положения

3.1.1 Механические и химические свойства сталей для поковок и отливок, используемых для конструктивных элементов, должны соответствовать применимым требованиям правил классификационного общества.

3.1.2 Стали для конструктивных элементов, подлежащих сварке, должны иметь механические и химические свойства, допускаемые классификационным обществом в каждом конкретном случае.

3.1.3 Применяемые стали должны испытываться в соответствии с применимыми требованиями правил классификационного общества.

3.2 Стали для поковок

3.2.1 После рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае, прокатные детали могут быть одобрены вместо кованых.

В таком случае может потребоваться соответствие применимым требованиям правил классификационного общества, в части качества и испытаний прокатных деталей, одобренных вместо кованых.

3.3 Стали для отливок

3.3.1 Литые детали, предназначенные для форштевня, ахтерштевня, пера руля, рулевого устройства и палубных механизмов, как правило, могут быть изготовлены из углеродистой и углеродисто-марганцевой свариваемой стали, имеющей заданное минимальное временное сопротивление R_m = = 400 Н/мм² или 440 Н/мм², в соответствии с применимыми требованиями правил классификационного общества.

3.3.2 Сварка литых деталей с обшивкой прочного корпуса, участвующей в обеспечении общей прочности, подлежит рассмотрению классификационным обществом в каждом конкретном случае.

Классификационное общество может потребовать дополнительных свойств и испытаний для таких отливок, в частности, ударных свойств, которые соответствуют стальной обшивке, к которой должны привариваться литые детали, а также проведения неразрушающего контроля.

3.3.3 Высоконапряженные литые детали рулевого устройства, особенно те, которые предназначены для формирования сварных конструкций, а также румпелей или роторов с бесшпоночным соединением, должны подвергаться поверхностному и объемному неразрушающему контролю для проверки их внутренней структуры.

4 Конструкции из алюминиевых сплавов

4.1 Общие положения

4.1.1 Характеристики алюминиевых сплавов должны соответствовать требованиям правил по материалам классификационного общества. Должны использоваться алюминиево-магниевые сплавы серии 5000 или алюминиево-магниево-кремниевые сплавы серии 6000.

4.1.2 В случаях конструкций, подверженных низким эксплуатационным температурам или предназначенных для других специфических целей, применяемые сплавы должны быть одобрены классификационным обществом.

4.1.3 Если не согласовано иное, то модуль Юнга для алюминиевых сплавов равен 70000 Н/мм², а коэффициент Пуассона – 0,33.

4.2 Штампованные панели

4.2.1 Также могут использоваться штамповки, включающие пластины и ребра жесткости.

4.2.2 Как правило, применение ограничивается палубами, переборками, надстройками и рубками. Другие случаи применения могут допускаться классификационным обществом после специального рассмотрения в каждом конкретном случае.

4.2.3 Штампованные панели должны быть ориентированы таким образом, чтобы ребра жесткости были параллельны направлению главных напряжений.

4.2.4 Особое внимание следует уделять соединениям штампованные панелей с главными несущими элементами.

4.3 Механические свойства сварных соединений

4.3.1 Приток тепла при сварке снижает местную механическую прочность алюминиевых сплавов, упрочненных наклепом (серии 5000 отличных от состояний О или Н111) или термообработкой (серия 6000).

4.3.2 Свойства алюминиевых сплавов серии 5000 после сварки, как правило, соответствуют состоянию О или Н111. Могут учитываться более высокие механические свойства при условии, что они надлежащим образом обоснованы.

4.3.3 Свойства алюминиевых сплавов серии 6000 после сварки должны быть одобрены классификационным обществом.

4.4 Коэффициент материала *k*

4.4.1 Коэффициент материала k для алюминиевых сплавов должен определяться по следующей формуле:

$$k = \frac{235}{R'_{lim}},$$

где R'_{lim} минимальный гарантированный предел текучести основного металла в условиях сварки $R'_{p0,2}$, в Н/мм², но его не следует принимать свыше 70 % минимального гарантированного временного сопротивления основного металла в условиях сварки R'_m, в Н/мм²;

$R'_{p0,2} = \eta_1 R_{p0,2}$;

$R'_m = \eta_2 R_m$;

$R_{p0,2}$ минимальный гарантированный предел текучести основного металла в условиях поставки, Н/мм²;

R_m минимальное гарантированное временное сопротивление основного металла в условиях поставки, Н/мм²;

η_1 и η_2 см. табл. 9.

Таблица 9

Алюминиевые сплавы для сварной конструкции

Алюминиевый сплав	η_1	η_2
Сплавы, не упрочненные наклепом (серия 5000 в отожженном состоянии О или в отожженном состоянии после правки Н111)	1	1
Сплавы, упрочненные наклепом (серия 5000 в состоянии отличном от О или Н111)	$R'_{p0,2}/R_{p0,2}$	R'_m/R_m
Сплавы, упрочненные термообработкой (серия 6000)(1)	$R'_{p0,2}/R_{p0,2}$	0,6

Примечания:

(1) При отсутствии информации коэффициент η_1 должен приниматься равным металлургическому коэффициенту β в табл. 10.

$R'_{p0,2}$ минимальный гарантированный предел текучести материала после сварки, Н/мм².

R'_m минимальное гарантированное временное сопротивление материала после сварки, Н/мм².

4.4.2 В случае сварки двух различных алюминиевых сплавов принимается наибольший коэффициент материала k алюминиевых сплавов соединения, учитываемый при определении размеров связей.

Таблица 10

Алюминиевые сплавы – Металлургический коэффициент β

Алюминиевый сплав	Состояние поставки	Полная толщина, мм	β
6005 А (открытый профиль)	Т5 или Т6	$t \le 6$	0,45
		$t > 6$	0,40
6005 А (полый профиль)	Т5 или Т6	Любая	0,50
6061 (профили)	Т6	Любая	0,53
6082 (профили)	Т6	Любая	0,45

5 Другие материалы и изделия

5.1 Общие положения

5.1.1 Другие материалы и изделия, такие как чугунные отливки, если допустимы, изделия из меди и медных сплавов, заклепки, якоря, якорные цепи, грузовые краны, мачты, грузовые колонны, грузовые стрелы, комплектующие и стальные канаты должны соответствовать применимым требованиям правил классификационного общества.

5.1.2 Применение пластмасс или других специальных материалов, не рассматриваемых в настоящих Правилах, подлежит рассмотрению классификационным обществом в каждом конкретном случае. В таких случаях требования к приемлемости рассматриваемых материалов подлежат согласованию с классификационным обществом.

5.1.3 Материалы, применяемые в процессах сварки, должны соответствовать применимым требованиям правил классификационного общества.

5.2 Детали из чугунных отливок

5.2.1 Как правило, применение деталей, изготовленных из серого чугуна, ковкого чугуна или чугуна с шаровидным графитом, имеющих комбинированную ферритно/перлитовую структуру, допускается только для изготовления слабо напряженных элементов неответственного назначения.

5.2.2 Детали из чугуна обычного качества не могут применяться для окон или бортовых иллюминаторов. Применение деталей из высококачественного чугуна подходящего типа подлежит рассмотрению классификационным обществом в каждом конкретном случае.

РАЗДЕЛ 2. ПОДХОД НА ОСНОВЕ РАЗМЕРОВ НЕТТО СВЯЗЕЙ

Условные обозначения

$t_{as\text{-}built}$ *Построечная толщина*: фактическая толщина, мм, обеспеченная на стадии постройки нового судна, включая $t_{voluntary_addition}$, если имеется.

t_C *Толщина надбавки на коррозию*, мм: см. главу 3, раздел 3.

$t_{gross_offered}$ *Заданная полная толщина*: фактическая полная толщина, мм, обеспеченная на стадии постройки нового судна, исключая $t_{voluntary_addition}$ – дополнительный запас судовладельца на коррозионный износ, если имеется.

$t_{gross_required}$ *Требуемая полная толщина*: полная толщина, мм, полученная добавлением t_C к требуемой толщине нетто.

$t_{net_offered}$ *Заданная толщина нетто*: толщина нетто, мм, полученная вычитанием t_C из заданной полной толщины.

$t_{net_required}$ *Требуемая толщина нетто*: толщина нетто, мм, согласно Правилам, которая отвечает всем требованиям к конструктивной прочности, округленная до ближайших 0,5 мм.

$t_{voluntary_addition}$ *Добровольная надбавка к толщине*: толщина, мм, добровольно добавленная помимо t_C как дополнительный запас судовладельца на коррозионный износ.

1 Общие принципы

1.1

1.1.1 Подход на основе размеров нетто связей должен четко определить «размер нетто связи», который должен поддерживаться, начиная со стадии постройки и на протяжении всего расчетного срока службы судна, чтобы отвечать требованиям к конструктивной прочности. Такой подход четко разделяет толщину нетто и толщину с надбавкой на коррозию, которая вероятна в период эксплуатации судна.

2 Критерии применения

2.1 Общие положения

2.1.1 Размеры связей, полученные с использованием критериев, приведенных в настоящих Правилах, являются размерами нетто связей согласно [3.1] – [3.3], т.е. размерами связей, которые обеспечивают прочностные характеристики, необходимые для противостояния нагрузкам, исключая любые надбавки на коррозию и добровольно добавленные толщины такие, как дополнительный запас судовладельца, если применимо. Исключениями являются следующие заданные полные размеры связей, т.е. они уже включают надбавки на коррозию, но без добровольных надбавок таких, как дополнительный запас судовладельца:
размеры связей надстроек и рубок согласно главе 9, раздел 4;
размеры связей конструкции пера руля согласно главе 10, раздел 1;
размеры связей массивных деталей, изготовленных из стальных поковок, стальных отливок.

2.1.2 Требуемыми прочностными характеристиками являются:
толщина – для обшивки, включая обшивку, которая образует главные несущие элементы;
момент сопротивления сечения, площадь сдвига, моменты инерции и местная
толщина – для обычных ребер жесткости, а возможно и для главных несущих элементов;
момент сопротивления сечения, моменты инерции и статический момент сечения
эквивалентного бруса.

2.1.3 Судно должно быть построено, по крайней мере, с полными размерами связей, полученными с добавлением к размерам нетто связей надбавок на коррозию согласно главе 3, раздел 3. Добровольные надбавки к толщине добавляются сверх этого.

3 Подход на основе размеров нетто связей

3.1 Определение размеров нетто связей

3.1.1 Требуемая толщина

Требуемая полная толщина $t_{gross_required}$ не меньше полной толщины, которая получается добавлением надбавки на коррозию t_C (см. главу 3, раздел 3) к требуемой толщине нетто:

$$t_{gross_required} = t_{net_required} + t_C$$

3.1.2 Заданная толщина

Заданная полная толщина $t_{gross_offered}$ – полная толщина, обеспеченная на стадии постройки нового судна, которая получается вычитанием добровольной надбавки к толщине из построечной толщины:

$$t_{gross_offered} = t_{as\text{-}built} - t_{voluntary_addition}$$

3.1.3 Толщина нетто листа

Заданная толщина нетто $t_{net_offered}$ получается вычитанием t_C из заданной полной толщины:

$$t_{net_offered} = t_{gross_offered} - t_C = t_{as\text{-}built} - t_{voluntary_addition} - t_C$$

3.1.4 Момент сопротивления поперечного сечения нетто ребра жесткости

Размер нетто связи поперечного сечения должен определяться вычитанием t_C из заданной полной толщины элементов, составляющих сечение ребра жесткости.

Для полособульбовых профилей может рассматриваться равноценный угловой профиль согласно главе 3, раздел 6.

Прочностные характеристики нетто должны рассчитываться для поперечного сечения нетто.

При оценке прочностных характеристик нетто ребер жесткости, отражающих напряжения в эквивалентном брусе и напряжения вследствие местного изгиба местной конструкции, подобной конструкции двойного дна, момент сопротивления поперечного сечения эквивалентного бруса или жесткость конструкции получаются вычитанием $0{,}5t_C$ из заданной полной толщины рассматриваемых элементов.

3.2 Рассматриваемый размер нетто

3.2.1 Расчет прочности эквивалентного бруса

Толщина нетто конструктивных элементов, учитываемая при расчете прочности эквивалентного бруса согласно главе 5, раздел 1, должна определяться вычитанием $0{,}5t_C$ из заданной полной толщины.

3.2.2 Общее напряжение, т. е. напряжение вследствие изгибающего момента и перерезывающей силы эквивалентного бруса

Толщина нетто конструктивных элементов, учитываемая при расчете напряжений вследствие изгибающего момента и перерезывающей силы эквивалентного бруса согласно главе 5, раздел 1, должна определяться вычитанием $0{,}5t_C$ из заданной полной толщины.

3.2.3 Расчет устойчивости эквивалентного бруса

Толщина нетто конструктивных элементов, учитываемая при расчете устойчивости согласно главе 6, раздел 3, должна определяться вычитанием $0{,}5t_C$ из заданной полной толщины.

3.2.4 Расчет предельной прочности эквивалентного бруса

Толщина нетто конструктивных элементов, учитываемая при расчете предельной прочности согласно главе 5, раздел 2, должна определяться вычитанием $0{,}5t_C$ из заданной полной толщины.

3.2.5 Прямой анализ прочности

Толщина нетто обшивки, образующей главные несущие элементы, для расчета напряжений согласно главе 7, должна определяться вычитанием $0{,}5t_C$ из заданной полной толщины.

Толщина нетто элементов обшивки, учитываемая при расчете устойчивости согласно главе 6, раздел 3, с использованием напряжений, полученных в результате прямого анализа прочности, должна определяться вычитанием $0{,}5t_C$ из заданной полной толщины.

3.2.6 Расчет усталости

Толщина нетто конструктивных элементов, подлежащих расчету усталости согласно главе 8, должна определяться вычитанием $0{,}5t_C$ из заданной полной толщины.

3.3 Информация по конструктивным чертежам

3.3.1 Конструктивные чертежи должны указывать по каждому конструктивному элементу полный размер связи и толщину при обновлении корпуса согласно главе 13, раздел 2.

Если добровольная надбавка к толщине включена в построечную толщину, то это должно быть четко указано и показано на чертеже.

РАЗДЕЛ 3. НАДБАВКИ НА КОРРОЗИЮ

Условные обозначения

t_C полная надбавка на коррозию, мм, согласно [1.2].

t_{C1}, t_{C2} надбавка на коррозию, мм, с одной стороны рассматриваемого конструктивного элемента согласно табл. 1.

$t_{reserve}$ запас толщины, мм, согласно главе 13, раздел 2, принимаемый равным:

$t_{reserve}$ = 0,5.

1 Надбавки на коррозию

1.1 Общие положения

1.1.1 Величины надбавок на коррозию, приведенные в настоящем разделе, должны применяться в отношении соответствующих защитных покрытий, требуемых разделом 5.

Особое внимание следует уделять надбавкам на коррозию для материалов отличных от углеродистой стали.

1.2 Определение надбавок на коррозию

1.2.1 Надбавки на коррозию для стали

Надбавка на коррозию для каждой из сторон конструктивного элемента t_{C1} или t_{C2} приведена в табл. 1.

Полная надбавка на коррозию t_C, мм, для обеих сторон конструктивного элемента получается по следующей формуле:

$$t_C = Roundup_{0,5}(t_{C1} + t_{C2}) + t_{reserve}.$$

Для внутреннего элемента в пределах рассматриваемого отсека полная надбавка на коррозию t_C получается по следующей формуле:

$$t_C = Roundup_{0,5}(2t_{C1}) + t_{reserve},$$

где t_{C1} величина, приведенная в табл. 1 для одной стороны, обращенной в сторону отсека.

Если к конструктивному элементу применима более чем одна величина надбавки на коррозию (например, лист в трюме для навалочного груза, простирающийся выше нижней зоны), то должны применяться критерии размеров связей с учетом величины надбавки на коррозию, применимой к данному элементу, соответствующей наиболее жестким условиям.

Кроме того, полная надбавка на коррозию t_C не должна приниматься менее 2 мм, исключая стенку и свободный поясок обычных ребер жесткости.

1.2.2 Надбавки на коррозию для алюминиевых сплавов

Для конструктивных элементов, изготовленных из алюминиевых сплавов, надбавка на коррозию t_C принимается равной нулю.

Таблица 1

Надбавка на коррозию с одной стороны конструктивных элементов

Тип отсека	**Конструктивный элемент**		**Надбавка на коррозию t_{C1} или t_{C2}, мм**	
			Суда длиной $L \geq 150$ м со знаками ВС-А или ВС-В	**Прочие**
Цистерна водяного балласта[2]	Свободный поясок главных несущих элементов	В пределах 3 м ниже верха цистерны[3]	2,0	
		В остальных местах	1,5	
	Другие элементы	В пределах 3 м ниже верха цистерны[3]	1,7	
		В остальных местах	1,2	
Трюм для навалочного груза[1]	Поперечная переборка	Верхняя часть[4]	2,4	1,0
		Наклонный и верхний листы нижней опоры	5,2	2,6
		Другие части	3,0	1,5
	Другие элементы	Верхняя часть[4]	1,8	1,0
		Стенки и фланцы верхних концевых книц шпангоутов навалочных судов с одинарными бортами		
		Стенки и фланцы нижних книц шпангоутов навалочных судов с одинарными бортами	2,2	1,2
		Другие части	2,0	1,2
	Наклонная обшивка бортовой скуловой цистерны, настил второго дна	Непрерывная внутренняя деревянная обшивка	2,0	1,2
		Непрерывная внутренняя деревянная обшивка отсутствует	3,7	2,4
Открытый	Горизонтальный элемент и открытая палуба[5]		1,7	
	Негоризонтальный элемент		1,0	
Подверженный воздействию морской воды[7]			1,0	
Топливные цистерны и цистерны смазочного масла[8]			0,7	
Цистерны пресной воды			0,7	
Пустые пространства[6]	Пространства, обычно не имеющие доступа, например, доступ только через вырезы для горловин на болтах, туннели для трубопроводов и т.п.		0,7	
Сухие отсеки	Внутреннее пространство рубок, машинных помещений, кладовых, насосных отделений, румпельного отделения и т.п.		0,5	
Другие отсеки кроме перечисленных выше			0,5	

Примечания:

(1) Трюм для навалочного груза включает трюмы, предназначенные для перевозки навалочных грузов, в которые можно принимать водяной балласт.

(2) Надбавка на коррозию обшивки, расположенной между водяным балластом и подогреваемыми топливными цистернами, должна быть увеличена на 0,7 мм.

(3) Не применимо к конструктивным элементам второго дна и расположенным ниже второго дна.

(4) Верхняя часть грузовых трюмов соответствует району между наклонным листом подпалубной бортовой цистерны и внутренним корпусом или бортовой обшивкой. Если такой наклонный лист отсутствует, то верхняя часть соответствует верхней трети высоты грузового трюма.

(5) Горизонтальный элемент означает элемент, наклоненный к горизонту под углом до 20°.

(6) Надбавка на коррозию для наружной обшивки в районе туннеля для трубопроводов должна рассматриваться как для цистерны водяного балласта.

(7) Наружная бортовая обшивка между нормальной осадкой в балласте и максимальной осадкой по условиям прочности должна быть увеличена на 0,5 мм.

РАЗДЕЛ 4. ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ

1 Общие положения

1.1 Общий принцип

1.1.1 Оценки конструктивной прочности в табл. 1 включены в требования настоящих Правил.

Таблица 1

Оценка конструктивной прочности

		Расчет прочности	Расчет устойчивости	Расчет предельной прочности	Расчет усталости
Местные конструкции	Обычные ребра жесткости	✓	✓	✓(1)	✓(2)
	Обшивка, подверженная боковому давлению	✓	✓	✓(3)	–
Главные несущие элементы		✓	✓	✓	✓(2)
Эквивалентный брус		✓	✓(4)	✓	–

Примечания: ✓ означает проведение оценки конструктивной прочности.
(1) Расчет предельной прочности ребер жесткости включен в расчет устойчивости.
(2) Расчет усталости ребер жесткости и главных несущих элементов является расчетом усталости соединительных деталей этих элементов.
(3) Расчет предельной прочности обшивки включен в формулу расчета прочности обшивки.
(4) Расчет устойчивости ребер жесткости и обшивки, участвующих в обеспечении прочности эквивалентного бруса, проводится по напряжениям, вызываемым изгибающим моментом и перерезывающими силами эквивалентного бруса.

1.1.2 Конструктивная прочность корпусных конструкций в затопленном состоянии подлежит оценке.

1.2 Предельные состояния

1.2.1 Предельное состояние по годности к эксплуатации

Предельное состояние по годности к эксплуатации, которое касается нормального использования, включает:

местное повреждение, которое может сократить срок службы конструкции или повлиять на эффективность или внешний вид конструктивных элементов;

недопустимые деформации, которые влияют на эффективное использование и внешний вид конструктивных элементов или работу оборудования.

1.2.2 Предельное состояние по прочности

Предельное состояние по прочности, которое соответствует максимальной несущей способности или, в некоторых случаях, наибольшей допустимой остаточной деформации или деформации, включает:

достижение максимальной несущей способности секций, элементов или соединений по разрушениям или чрезмерным деформациям;

неустойчивость всей конструкции или ее части.

1.2.3 Предельное состояние по усталости

Предельное состояние по усталости взаимосвязано с возможностью отказа вследствие циклических нагрузок.

1.2.4 Аварийное предельное состояние

Аварийное предельное состояние рассматривает затопление одного любого грузового трюма без прогрессирующего затопления других отсеков и включает:

наибольшую несущую способность эквивалентного бруса;

наибольшую несущую способность конструкции двойного дна;

наибольшую несущую способность конструкции переборки.

При оценке предельной прочности всей подкрепленной панели рассматривается аварийный единичный отказ одного конструктивного элемента одного любого грузового трюма.

2 Критерии прочности

2.1 Предельные состояния по годности к эксплуатации

2.1.1 Эквивалентный брус

При расчете прочности эквивалентного бруса напряжение соответствует нагрузке на уровне вероятности 10^{-8}.

2.1.2 Листовые конструкции

При расчете прочности и устойчивости листов, образующих главный несущий элемент, напряжение соответствует нагрузке на уровне вероятности 10^{-8}.

2.1.3 Обычное ребро жесткости

При расчете прочности обычного ребра жесткости напряжение соответствует нагрузке на уровне вероятности 10^{-8}.

2.2 Предельные состояния по прочности

2.2.1 Эквивалентный брус

Предельная прочность эквивалентного бруса должна выдерживать максимальный вертикальный продольный изгибающий момент, полученный умножением коэффициента надежности на вертикальный продольный изгибающий момент на уровне вероятности 10^{-8}.

2.2.2 Листовые конструкции

Предельная прочность листов между обычными ребрами жесткости и главными несущими элементами должна выдерживать нагрузку на уровне вероятности 10^{-8}.

2.2.3 Обычное ребро жесткости

Предельная прочность обычного ребра жесткости должна выдерживать нагрузку на уровне вероятности 10^{-8}.

2.3 Предельное состояние по усталости

2.3.1 Конструктивные детали

Усталостная долговечность типовых конструктивных деталей, таких как соединения обычных ребер жесткости и главных несущих элементов, определяется исходя из эталонных давлений на уровне вероятности 10^{-4}.

2.4 Аварийное предельное состояние

2.4.1 Эквивалентный брус

Продольная прочность эквивалентного бруса в грузовом трюме в затопленном состоянии должна оцениваться согласно главе 5, раздел 2.

2.4.2 Конструкция двойного дна

Конструкция двойного дна в грузовом трюме в затопленном состоянии должна оцениваться согласно главе 6, раздел 4.

2.4.3 Конструкция переборки

Конструкция переборки в грузовом трюме в затопленном состоянии должна оцениваться согласно главе 6, раздел 4.

3 Расчет устойчивости к ударным нагрузкам

3.1 Общие положения

3.1.1 Реакция конструкции на ударные нагрузки, подобные слемингу в носовой части днища, слемингу развала борта в носу и ударам грейфера, зависит от площади нагружения, величины нагрузки и конструкции перекрытия.

3.1.2 Предельная прочность конструктивных элементов, образующих перекрытие, т. е. листов между обычными ребрами жесткости и главными несущими элементами, и обычными ребрами жесткости с примыкающей обшивкой, должна выдерживать действующие на них максимальные ударные нагрузки.

РАЗДЕЛ 5. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

1 Общие положения

1.1 Конструкции, подлежащие защите

1.1.1 Все балластные цистерны забортной воды, грузовые трюмы и трюмы, в которые принимается балласт, должны иметь систему защиты от коррозии, установленную согласно [1.2], [1.3] и [1.4] соответственно.

1.1.2 Пустые пространства двойного борта должны иметь покрытие согласно [1.2].

1.1.3 Антикоррозионное покрытие не требуется для внутренних поверхностей помещений, предназначенных для перевозки топлива.

1.1.4 Узкие пространства обычно следует заполнять эффективным защитным средством, особенно в оконечностях судна, где осмотры и техническое обслуживание нецелесообразны вследствие недоступности.

1.2 Защита балластных цистерн забортной воды и пустых пространств двойного борта

1.2.1 Все балластные цистерны забортной воды и пустые пространства двойного борта должны иметь эффективную систему защиты от коррозии, такую как твердые защитные покрытия или равноценные покрытия, примененную в соответствии с рекомендациями изготовителя.
Покрытия должны быть светлых тонов, т.е. цвета легко отличимого от ржавчины, что облегчает осмотр. Если применимо, то могут использоваться протекторы, установленные в соответствии с [2].

1.2.2 На судах, контракт на постройку которых заключен на или после даты принятия ИМО исправленного Правила СОЛАС II-1/3-2, по которому «Стандарт на характеристики защитных покрытий для балластных цистерн и пустых пространств» ИМО обязателен, покрытия внутренних пространств, подпадающих под действие исправленного правила Конвенции СОЛАС, должны отвечать требованиям указанного стандарта.
Согласно Резолюции ИМО А.798(19) и IACS UI SC 122 выбор системы покрытий, включая выбор покрытия, спецификация и план осмотров должны быть согласованы между строителем, поставщиком системы покрытий и судовладельцем до начала строительства судна, с учетом мнения классификационного общества. Спецификация на систему покрытий для рассматриваемых пространств должна быть документирована, и эта документация должна быть проверена классификационным обществом и полностью соответствовать стандарту на характеристики покрытия.
Судостроитель должен показать, что выбранная система покрытий с соответствующей подготовкой поверхности и технологиями нанесения совместима с производственными процессами и методиками.
Судостроитель должен показать, что инспекторы по покрытиям имеют надлежащую квалификацию согласно стандарту ИМО.
Инспектор классификационного общества не должен проверять нанесение покрытий, а должен анализировать акты инспекторов по покрытиям, чтобы убедиться в соблюдении принятой на верфи технологии нанесения покрытия.

1.3 Защита помещений грузового трюма

1.3.1 Покрытие
Выбор покрытий, соответствующих заданным грузам, в частности, для обеспечения совместимости с грузом, является ответственностью судостроителя и судовладельца.

1.3.2 Нанесение покрытия

Все внутренние и наружные поверхности комингсов люков и люковых закрытий, а также все внутренние поверхности грузовых трюмов (борта и поперечные переборки), кроме поверхности второго дна, части наклонного листа бортовой скуловой цистерны и части наклонного листа нижней опоры, должны иметь эффективное защитное покрытие эпоксидного типа или равноценное покрытие, нанесенное в соответствии с рекомендацией изготовителя.

Нанесение покрытий на поверхности бортов и поперечных переборок должно осуществляться согласно [1.3.3] и [1.3.4] соответственно.

1.3.3 Районы нанесения покрытий на поверхность борта

Покрытия наносятся на следующие внутренние поверхности:

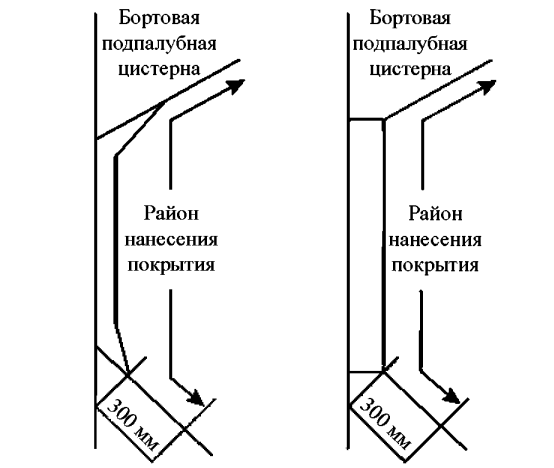
обшивка внутреннего борта;

внутренние поверхности наклонных листов бортовых подпалубных цистерн;

внутренние поверхности наклонных листов бортовых скуловых цистерн в пределах 300 мм ниже концевых книц шпангоутов для навалочных судов с одинарными бортами или ниже верха бортовой скуловой цистерны для навалочных судов с двойными бортами.

Эти районы показаны на рис. 1.

Рис. 1
Районы нанесения покрытий на поверхность борта



1.3.4 Районы нанесения покрытий на поперечную переборку

Районы нанесения покрытий на поперечную переборку – все районы, расположенные выше горизонтального уровня на высоте 300 мм ниже концевых книц шпангоутов для навалочных судов с одинарными бортами или ниже верха бортовой скуловой цистерны для навалочных судов с двойными бортами.

1.4 Защита помещений трюма, используемых для приема балласта

1.4.1 Нанесение покрытия

Все внутренние и наружные поверхности комингсов люков и люковых закрытий, а также все внутренние поверхности балластных трюмов должны иметь эффективное защитное покрытие эпоксидного типа или равноценное, нанесенное в соответствии с рекомендацией изготовителя.

2 Протекторы

2.1 Общие положения

2.1.1 Протекторы должны иметь стальные сердечники и должны достаточно жестко крепиться опорной частью, которая надежно удерживает протектор даже после его расхода.
Стальные сердечники должны крепиться к конструкции непрерывным сварным швом. Также они могут крепиться к отдельным опорам с помощью болтов при условии, что используется не менее двух болтов с контргайками. Однако могут применяться и другие механические средства крепления.

2.1.2 Опоры с каждого конца протектора не должны крепиться к отдельным объектам, которые могут перемещаться независимо друг от друга.

2.1.3 Если сердечники или опоры протекторов привариваются к конструкции, то сварные швы должны быть ровными.

3 Защита второго дна настилом

3.1 Общие положения

3.1.1 Настил второго дна, при его наличии, должен соответствовать [3.2] и [3.3].

3.2 Конструкция

3.2.1 Доски, образующие настил поверх льял и настил второго дна, должны легко удаляться для обеспечения доступа для обслуживания.

3.2.2 Если двойное дно используется для перевозки топлива, то настил второго дна должен быть отделен от обшивки с помощью реек высотой 30 мм для обеспечения стока протечек топлива в льяла.

3.2.3 Если двойное дно используется для воды, то настил второго дна может лежать на обшивке при условии нанесения до укладки соответствующего защитного состава.

3.2.4 Верфь должна принять меры к тому, чтобы не нарушить непроницаемость второго дна при креплении настила.

3.3 Размеры

3.3.1 Толщина досок настила, если они изготовлены из сосны, должна быть не менее 60 мм. Толщина настила под грузовыми люками должна быть увеличена на 15 мм.
При большой шпации флоров толщины могут быть рассмотрены классификационным обществом в каждом конкретном случае.

РАЗДЕЛ 6. СИСТЕМА НАБОРА КОРПУСА СУДНА

Условные обозначения

Относительно условных обозначений, отсутствующих в настоящем разделе, см. перечень в главе 1, раздел 4.

b_h ширина выреза грузового люка, м;

l_b длина свободной кромки концевой кницы, м.

1 Область применения

Требования настоящего раздела применимы к району грузовых трюмов. Для других районов должны применяться требования главы 9, разделы 1 – 4.

2 Общие принципы

2.1 Определение

2.1.1 Расстояние между элементами основного набора

Расстояние между элементами основного набора, м, определяется как расстояние между главными несущими элементами.

2.1.2 Промежуточная шпация

Промежуточная шпация, м, определяется как расстояние между обычными ребрами жесткости.

2.2 Непрерывность

2.2.1 Общие положения

Уменьшение размеров связей от средней части судна к оконечностям должно происходить, по возможности, постепенно. Необходимо обратить внимание на непрерывность в районе изменения системы набора, в соединениях главных несущих элементов или обычных ребер жесткости, а также в районе носовой и кормовой оконечностей и машинного помещения, и в районе окончаний надстроек.

2.2.2 Элементы продольного набора

Элементы продольного набора должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить непрерывность.

Элементы продольного набора, участвующие в обеспечении продольной прочности эквивалентного бруса, должны быть непрерывными на значительном расстоянии в направлении оконечностей судна.

В частности, непрерывность продольных переборок, включая вертикальные и горизонтальные главные несущие элементы в пределах района грузовых трюмов, должна обеспечиваться и за пределами района грузовых трюмов. Это возможно с помощью книц со скошенной кромкой.

2.2.3 Главные несущие элементы

Главные несущие элементы должны быть расположены таким образом, чтобы они обеспечивали достаточную непрерывность. Следует избегать резких изменений по высоте или в поперечном сечении.

2.2.4 Обычные ребра жесткости

Обычные ребра жесткости, участвующие в обеспечении продольной прочности эквивалентного бруса, как правило, должны быть непрерывными, когда они проходят через главные несущие элементы.

2.2.5 Обшивка

Изменение в толщине обшивки не должно превышать 50 % толщины более толстого листа в направлении приложенной нагрузки. Подготовка кромок сварного шва должна выполняться в соответствии с требованиями главы 11, раздел 2, [2.2].

2.2.6 Концентрация напряжений

Если в районе нарушения непрерывности возможна концентрация напряжений, то должно быть уделено достаточное внимание снижению концентрации напряжений, и должны быть обеспечены соответствующие компенсация и подкрепления.

В высоконапряженных районах следует, по возможности, избегать устройства отверстий.

При устройстве отверстий форма выреза должна быть такой, чтобы концентрация напряжений оставалась в допустимых пределах.

Отверстия должны быть достаточно скругленными с гладкими кромками.

Сварные соединения должны быть соответственно смещены от мест, где возможна высокая концентрация напряжений.

2.3 Соединения со сталью повышенной прочности

2.3.1 Соединения со сталью повышенной прочности

Если в конструкции корпуса применяются стали различной прочности, то необходимо обратить должное внимание на напряжения в стали пониженной прочности смежной со сталью повышенной прочности.

Если ребра жесткости из стали пониженной прочности подкрепляются главными несущими элементами из стали повышенной прочности, то необходимо обратить должное внимание на жесткость главных несущих элементов и размеры связей для предотвращения чрезмерных напряжений в ребрах жесткости из-за деформации главных несущих элементов.

Если сталь повышенной прочности применяется в палубных и днищевых конструкциях, то элементы продольного набора, не участвующие в обеспечении продольной прочности эквивалентного бруса и приваренные к прочной палубе или днищевой обшивке и скуловому поясу, такие как продольные комингсы люка, участки ватервейса, усиление палубных отверстий, скуловые кили и т.п., должны быть изготовлены из такой же стали повышенной прочности. Это же требование применимо к прерывистым продольным ребрам жесткости, приваренным к стенке главного несущего элемента, участвующей в обеспечении продольной прочности эквивалентного бруса, таким как комингсы люков, стрингеры и балки.

3 Обшивка

3.1 Непрерывность обшивки

3.1.1 Вварной лист

Если местное утолщение обшивки, как правило, должно выполняться с помощью вварных листов, то последние должны быть из материалов, качество (предел текучести и категория) которых должно быть не ниже качества листов, к которым они привариваются.

4 Обычные ребра жесткости

4.1 Форма сечения ребер жесткости

4.1.1 Ребро жесткости полособульбового профиля

Полособульбовый профиль может быть принят как равноценная замена составного профиля. Размеры равноценного углового профиля, мм, должны получаться по следующим формулам:

$$h_w = h'_w - \frac{h'_w}{9{,}2} + 2\ ;$$

$$b_f = \alpha \left(t'_w + \frac{h'_w}{6{,}7} - 2 \right);$$

$$t_f = \frac{h'_w}{9{,}2} - 2,$$

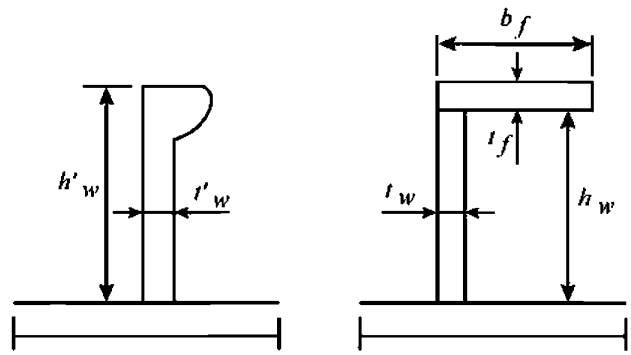
где h'_w и t'_w высота и толщина нетто соответственно полособульбового профиля, мм – см. рис. 1;

α коэффициент равный:

$$\alpha = 1{,}1 + \frac{(120 - h'_w)^2}{3000} \quad \text{при } h'_w \le 120;$$

$$\alpha = 1{,}0 \quad \text{при } h'_w > 120.$$

Рис. 1
Размеры ребра жесткости



Полособульбовый профиль Равноценный угловой профиль

4.2 Пролет обычных ребер жесткости

4.2.1 Обычное ребро жесткости

Пролет l обычных ребер жесткости должен измеряться согласно рис. 2. Для криволинейных ребер жесткости пролет измеряется вдоль хорды.

4.2.2 Обычные ребра жесткости внутри двойного корпуса

Пролет l обычных ребер жесткости, установленных внутри двойного корпуса, т.е. когда стенка главного несущего элемента соединяется с внутренним корпусом и наружной обшивкой, действующими как фланцы, измеряется согласно рис. 3.

4.2.3 Обычные ребра жесткости, подкрепляемые распорками

Конструкция обычных ребер жесткости, подкрепляемых распорками, не допускается на судах длиной свыше 120 м.

Пролет l обычных ребер жесткости, подкрепляемых одной распоркой, установленной посередине расстояния между главными несущими элементами, должен приниматься равным $0{,}7l_2$.

Для случая установки двух распорок между главными несущими элементами пролет l обычных ребер жесткости должен приниматься как наибольший из $1{,}4l_1$ и $0{,}7l_2$.

l_1 и l_2 – пролеты, показанные на рис. 4 и 5.

Рис. 2
Пролет обычных ребер жесткости

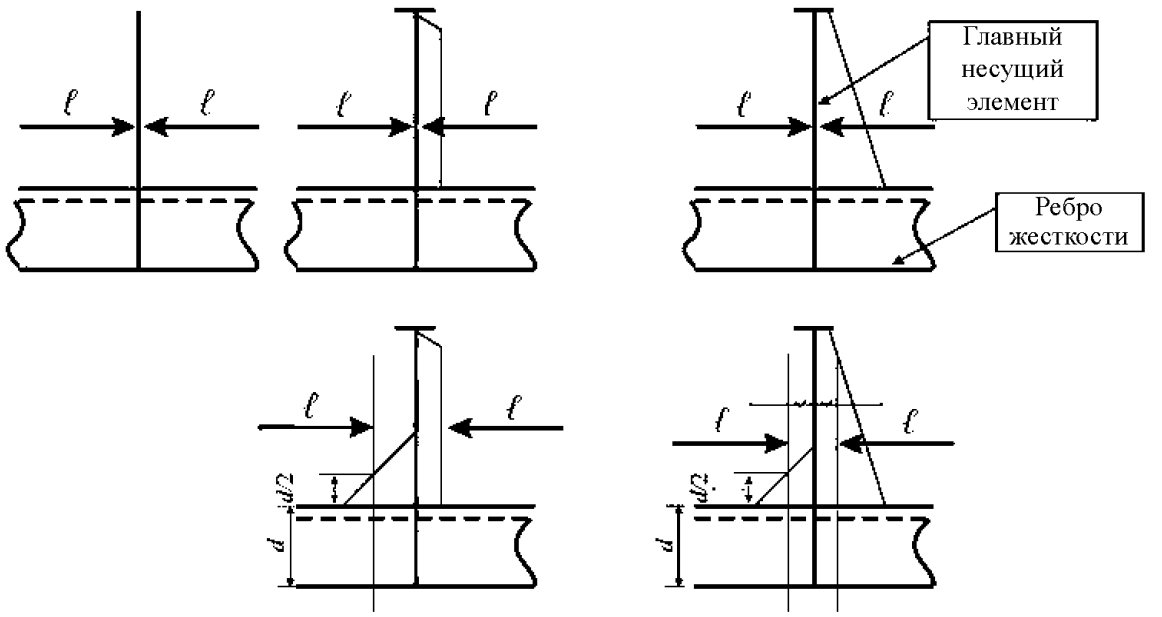


Рис. 3
Пролет обычных ребер жесткости внутри двойного корпуса

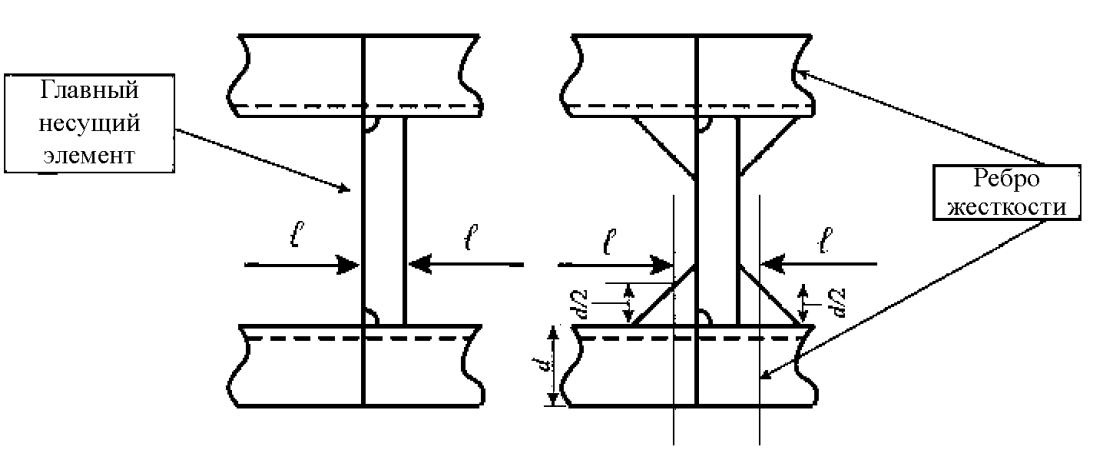


Рис. 4
Пролет обычных ребер жесткости с одной распоркой

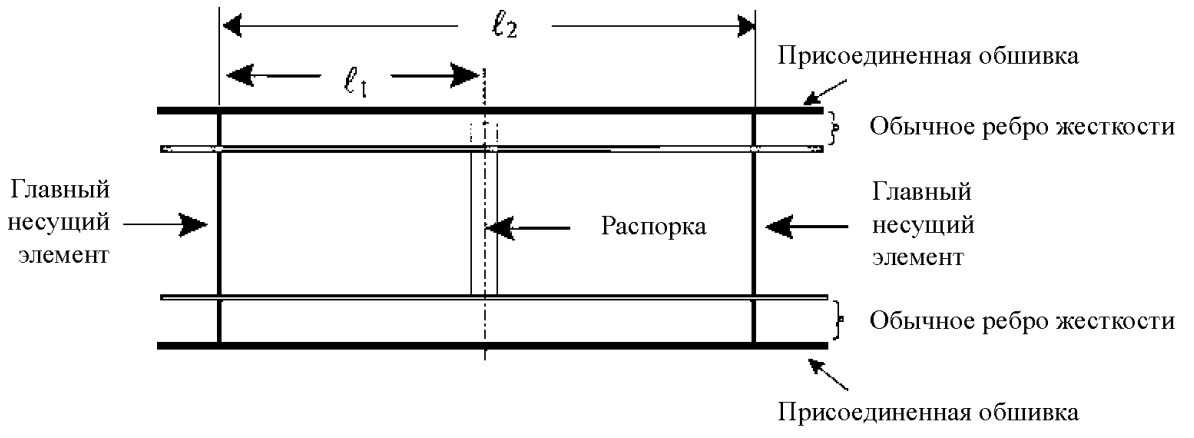
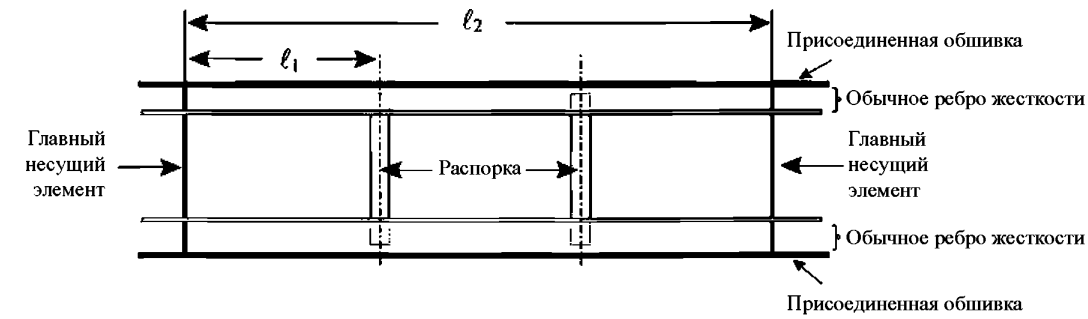


Рис. 5
Пролет обычных ребер жесткости с двумя распорками



4.3 Присоединенная обшивка

4.3.1 Ширина для расчета прочности

Ширина b_p присоединенной обшивки, мм, учитываемая в фактическом моменте сопротивления сечения нетто для расчета прочности обычных ребер жесткости, должна получаться по следующим формулам:

если обшивка располагается с обеих сторон обычного ребра жесткости:

$b_p = 0{,}2l$

или

$b_p = s$,

смотря по тому, что меньше;

если обшивка располагается с одной стороны обычного ребра жесткости (т.е. обычное ребро жесткости, ограничивающее отверстие):

$b_p = 0{,}5s$

или

$b_p = 0{,}1l$,

смотря по тому, что меньше.

4.3.2 Ширина для расчета устойчивости

Ширина присоединенной обшивки обычных ребер жесткости для расчета устойчивости определяется в главе 6, раздел 3, [5].

4.4 Геометрические характеристики обычных ребер жесткости

4.4.1 Общие положения

Геометрические характеристики ребер жесткости, такие как момент инерции, момент сопротивления сечения, площадь сечения сдвига, коэффициент гибкости стенки и т.д. должны рассчитываться на основе толщины нетто согласно главе 3, раздел 2.

4.4.2 Ребро жесткости, не перпендикулярное к присоединенной обшивке

Фактический момент сопротивления сечения нетто ребра жесткости должен рассчитываться относительно оси параллельной присоединенной обшивке.

Если ребро жесткости не перпендикулярно к присоединенной обшивке, то фактический момент сопротивления сечения нетто, см^3, может быть получен по следующей формуле:

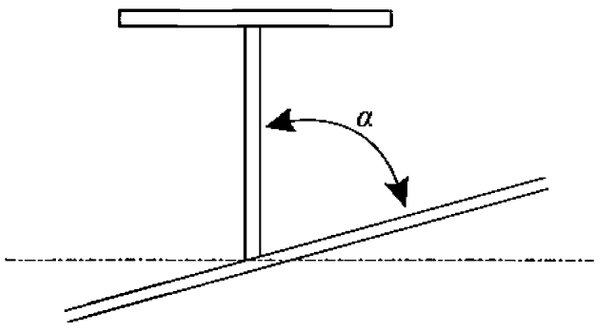
$w = w_0 \sin \alpha$,

где w_0 фактический момент сопротивления сечения нетто, см³, ребра жесткости, перпендикулярного к присоединенной обшивке;

α угол, град., между стенкой ребра жесткости и присоединенной обшивкой согласно рис. 6, не должен приниматься менее 50°.

Для значений α в диапазоне 50° – 75° должна вводиться поправка.

Рис. 6
Угол между стенкой ребра жесткости и присоединенной обшивкой



Если угол между стенкой ребра жесткости и присоединенной обшивкой менее 50°, то подкрепляющие кницы должны устанавливаться на соответствующем расстоянии. Если угол между стенкой несимметричного ребра жесткости и присоединенной обшивкой менее 50°, то свободный поясок ребра жесткости должен располагаться со стороны тупого угла – см. рис. 7.

4.5 Концевые соединения обычных ребер жесткости

4.5.1 Общие положения

Если обычные ребра жесткости должны быть непрерывными, когда они проходят через главные несущие элементы, то они должны быть надлежащим образом соединены со стенками для обеспечения надлежащей передачи нагрузок. Некоторые образцы соединений показаны на рис. 8 – 11.

4.5.2 Непрерывность ребер жесткости

Если обычные ребра жесткости разрезаются на главных несущих элементах, то для обеспечения непрерывности должны устанавливаться кницы. В этом случае момент сопротивления сечения нетто и площадь поперечного сечения нетто книц должны быть не менее чем у обычного ребра жесткости.

Минимальная толщина нетто книц должна быть не менее требуемой для стенки обычного ребра жесткости. Кницы должны иметь фланец или должны быть подкреплены приваренным свободным пояском, если:

толщина нетто кницы, мм, менее $15l_b$, где l_b – длина, м, свободной кромки концевой кницы или книц; или

более длинная сторона кницы имеет длину свыше 800 мм.

Площадь поперечного сечения нетто, см², фланца или свободного пояска должна быть не менее $10l_b$.

4.5.3 Концевые соединения

Концевые соединения ребер жесткости должны быть достаточно подкреплены главными несущими элементами. Обычно в качестве подкрепления для обычного ребра жесткости должны быть предусмотрены ребро жесткости или кница.

Если прорези для прохода ребер жесткости подкрепляются с помощью планок, то последние должны быть из того же материала, что и главные несущие элементы.

Рис. 7
Ориентация ребра жесткости при угле наклона менее 50°

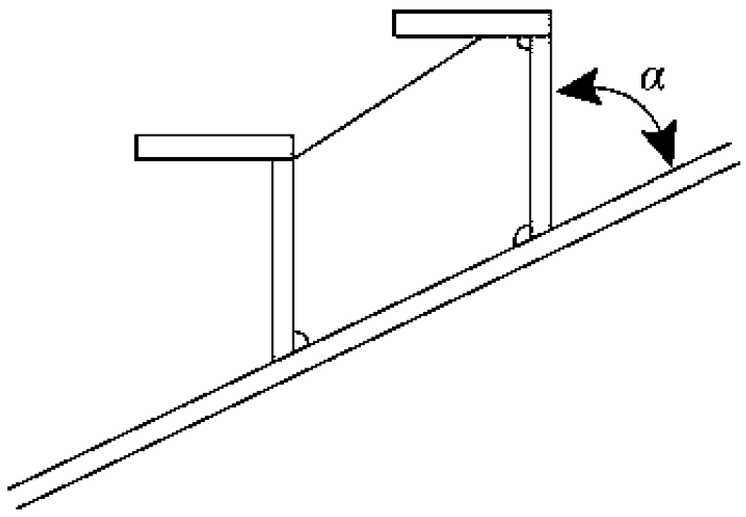


Рис. 8
а) Соединение без планки, и
б) Соединение с ребром жесткости на стороне элемента продольного набора



а) б)

Рис. 9
Соединение с использованием планки

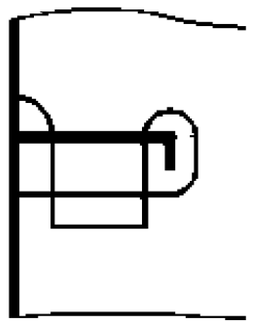


Рис. 10
Соединение с использованием одной большой планки

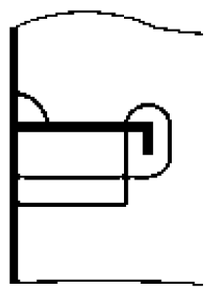
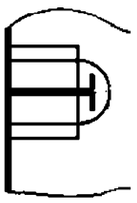


Рис. 11
Соединение с использованием двух больших планок



Кницы или ребра жесткости, подкрепляющие обычные ребра жесткости, должны иметь достаточную площадь поперечного сечения и момент инерции в отношении непрерывности и должны иметь соответствующую форму в отношении усталостной прочности. Если кницы или ребра жесткости, подкрепляющие обычные ребра жесткости, отсутствуют, или предусмотрены прорези особой формы с учетом усталостной прочности, то классификационное общество требует провести оценку усталостной прочности для прорезей.

5 Главные несущие элементы

5.1 Общие положения

5.1.1 Главные несущие элементы должны быть расположены таким образом, чтобы они обеспечивали достаточную непрерывность. Следует избегать резких изменений по высоте или в поперечном сечении.

5.1.2 Если на основе результатов анализа методом конечных элементов, оценки усталости и предельной прочности конструкция главных несущих элементов считается удовлетворительной, последние должны быть выполнены в соответствии с результатами такой оценки.

5.2 Устройство подкреплений

5.2.1 Стенки главных несущих элементов должны быть подкреплены, если высота стенки, мм, превышает $100t$, где t – толщина нетто стенки главного несущего элемента, мм.

Как правило, подкрепления стенки главных несущих элементов, должны иметь шпацию не более $110t$.

Толщина нетто подкреплений стенки и книц должна быть не менее минимальной толщины нетто главного несущего элемента, на котором они установлены.

Дополнительные ребра жесткости должны устанавливаться в районе концевых книц, в соединении с распорками и т.д. поперечных главных несущих элементов, если ожидаются повышенные касательные и/или сжимающие напряжения. Эти детали не должны иметь вырезов. Вырезы для прохода обычных ребер жесткости в таких деталях должны быть усилены планками.

Высота ребра жесткости должна быть более 1/12 его длины.

5.2.2 Как правило, должны устанавливаться подкрепляющие кницы (см. рис. 12), приваренные к свободному пояску:

на каждой 4-ой шпации обычных ребер жесткости, но не более 4 м;

у нижнего конца концевых книц;

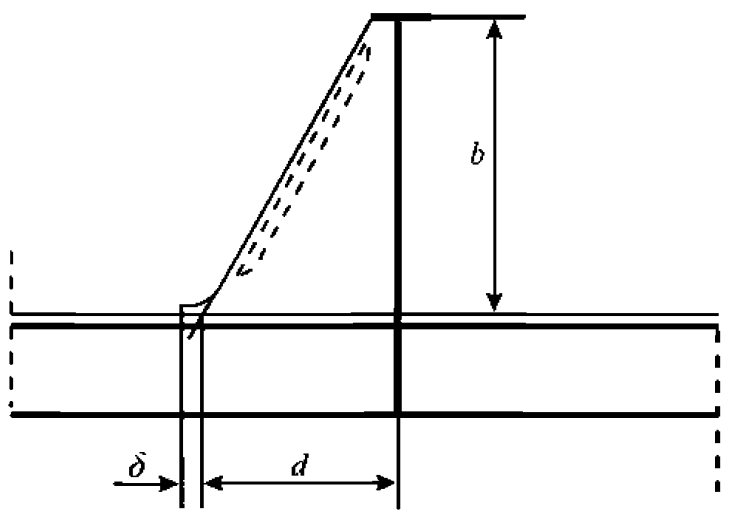
у закругленных свободных поясков;

в районе концентрированных нагрузок;

в районе изменения поперечного сечения.

Если ширина симметричного свободного пояска более 400 мм, то в районе подкрепляющих кницс обратной стороны стенки должны также устанавливаться кницы.

Рис. 12
Главный несущий элемент: подкрепление стенки в районе обычного ребра жесткости



Если ширина свободного пояска главного несущего элемента превышает 180 мм с каждой стороны стенки, то подкрепляющая кница должна также служить подкреплением для свободного пояска.

5.2.3 Ширина свободного пояска главного несущего элемента, исключая кольцевую форму, подобную пояскам поперечных рам в бортовых скуловых и бортовых подпалубных цистернах, должна быть не менее 1/10 высоты стенки, если подкрепляющие кницы имеют шпацию согласно [5.2.2].

5.2.4 Длина стороны подкрепляющей кницы должна быть не менее наибольшей из величин, м:

$d = 0{,}38b$;

$$d = 0{,}85\sqrt{\frac{s_t}{t}},$$

где b высота подкрепляющей кницы, м – см. рис. 12;
s_t шпация подкрепляющей кницы , м;
t толщина нетто подкрепляющей кницы, мм.

5.2.5 Подкрепляющие кницы толщиной нетто, мм, менее $10l_b$ должны иметь фланец или быть подкреплены приваренным свободным пояском.

Площадь поперечного сечения нетто, см², фланца или свободного пояска должна быть не менее $7l_b$, где l_b – длина свободной кромки кницы, м.

Если высота или ширина подкрепляющей кницы свыше 3 м, то должно быть установлено дополнительное ребро жесткости параллельно свободной кромке кницы.

5.3 Пролет главных несущих элементов

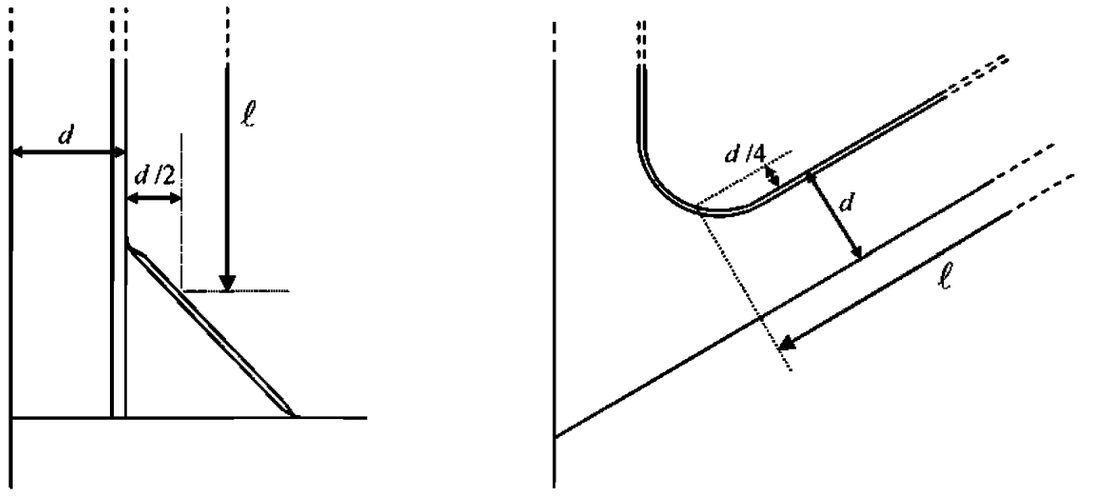
5.3.1 Определения

Пролет l, м, главного несущего элемента без концевой кницы должен приниматься как длина элемента между подкреплениями.

Пролет l, м, главного несущего элемента с концевыми кницами должен приниматься между точками, где высота кницы равна половине высоты главного несущего элемента, как показано на рис. 13(а).

Однако в случае криволинейных книц, где свободный поясок элемента непрерывен вдоль торца кницы, как показано на рис. 13(б), пролет принимается между точками, в которых высота кницы равна ¼ высоты главного несущего элемента.

Рис. 13
Пролет главного несущего элемента



5.4 Ширина главного несущего элемента

5.4.1 Общие положения

Ширина присоединенной обшивки главного несущего элемента, учитываемая в фактическом моменте сопротивления сечения нетто при расчете прочности, должна приниматься как среднее значение шпации между смежными главными несущими элементами.

5.5 Геометрические характеристики

5.5.1 Общие положения

Геометрические характеристики главных несущих элементов, такие как момент инерции, момент сопротивления сечения, площадь сечения сдвига, коэффициент гибкости стенки и т.д. должны рассчитываться на основе толщины нетто согласно главе 3, раздел 2.

5.6 Концевые соединения, подкрепленные кницами

5.6.1 Общие положения

Если окончания главных несущих элементов соединяются с переборками, вторым дном и т.д., то концевые соединения всех главных несущих элементов должны быть уравновешены с противоположной стороны переборок, второго дна и т.д. подкрепляющими элементами.

Должны быть предусмотрены подкрепляющие кницы, установленные на стенке главных несущих элементов у внутренней кромки концевых книц и деталей соединения других главных несущих элементов, а также с соответствующими интервалами для подкрепления главных несущих элементов.

5.6.2 Размеры книц

Длина стороны кницы обычно должна быть не менее 1/8 длины пролета главного несущего элемента, если не указано иное. Насколько возможно, длины сторон книц по обоим концам должны быть равными.

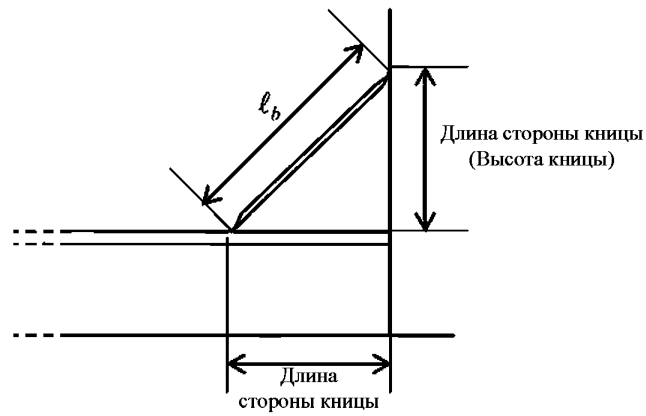
Высота концевых книц должна быть не меньше высоты главного несущего элемента. Толщина нетто стенки концевой кницы должна быть не менее толщины нетто стенки главного несущего элемента.

Размеры связей концевых книц должны быть такими, чтобы момент сопротивления сечения главного несущего элемента с концевыми кницами был не менее момента сопротивления сечения главного несущего элемента в середине пролета.

Ширина свободного пояска концевых книц, мм, должна быть не менее $50\,(l_b + 1)$.

Кроме того, толщина нетто свободного пояска должна быть не менее толщины нетто стенки кницы.
Подкрепления концевых книц должны выполняться таким образом, чтобы обеспечить достаточную устойчивость стенки при продольном изгибе.
Должны применяться следующие положения:
если длина l_b превышает 1,5 м, то стенка кницы нуждается в подкреплении;
площадь поперечного сечения нетто подкреплений стенки, см², должна быть не менее 16,5l, где l – пролет подкрепления, м;
для предотвращения бокового изгиба подкреплений стенки, последние должны иметь подкрепляющие полосы. Если ширина симметричного свободного пояска свыше 400 мм, то должны быть предусмотрены дополнительные кницы с обратной стороны элемента.

Рис. 14
Размеры книц



5.7 Вырезы и отверстия

5.7.1 Вырезы для прохода обычных ребер жесткости должны быть как можно меньше и иметь достаточное скругление с гладкими кромками.
Высота выреза не должна превышать 50 % высоты главного несущего элемента.

5.7.2 Если отверстия для облегчения конструкции вырезаются в главных несущих элементах, то они должны располагаться на равных расстояниях от свободного пояска и углов вырезов и, как правило, их высота не должна превышать 20 % высоты стенки. Если предусмотрены вырезы для облегчения конструкции со свободными кромками, то их размеры и расположение должны, как правило, соответствовать рис. 15.

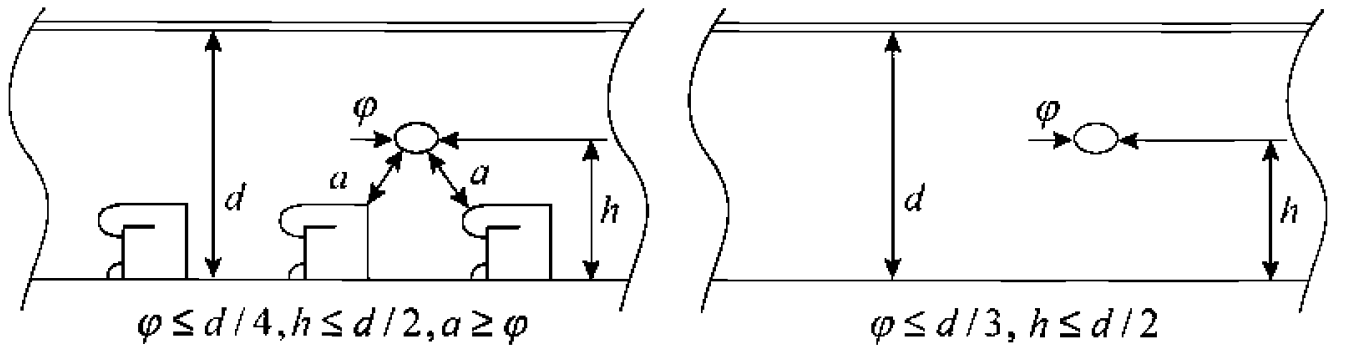
Если вырезы для облегчения конструкции сделаны в кницах, то расстояние от контура отверстия до свободной кромки кницы должно быть не менее диаметра такого выреза.

5.7.3 Отверстия не должны предусматриваться в районе окончания концевых книц.

5.7.4 В средней части главных несущих элементов, в пределах половины их пролета, длина отверстия не должна превышать расстояния между смежными отверстиями.
По концам пролета длина отверстий не должна превышать 25 % расстояния между смежными отверстиями.

5.7.5 Для больших отверстий в стенке главных несущих элементов (например, при наличии туннеля для трубопроводов в двойном дне) для подкрепления отверстий должны быть учтены дополнительные напряжения в главных несущих элементах.

Рис. 15
Расположение и размеры вырезов для облегчения конструкции



Это может быть сделано назначением эквивалентной площади сечения сдвига нетто главного несущего элемента, см², полученной по следующей формуле:

$$A_{sh} = \frac{A_{sh1}}{1 + \dfrac{0{,}0032\, l^2 A_{sh1}}{I_1}} + \frac{A_{sh2}}{1 + \dfrac{0{,}0032\, l^2 A_{sh2}}{I_2}},$$

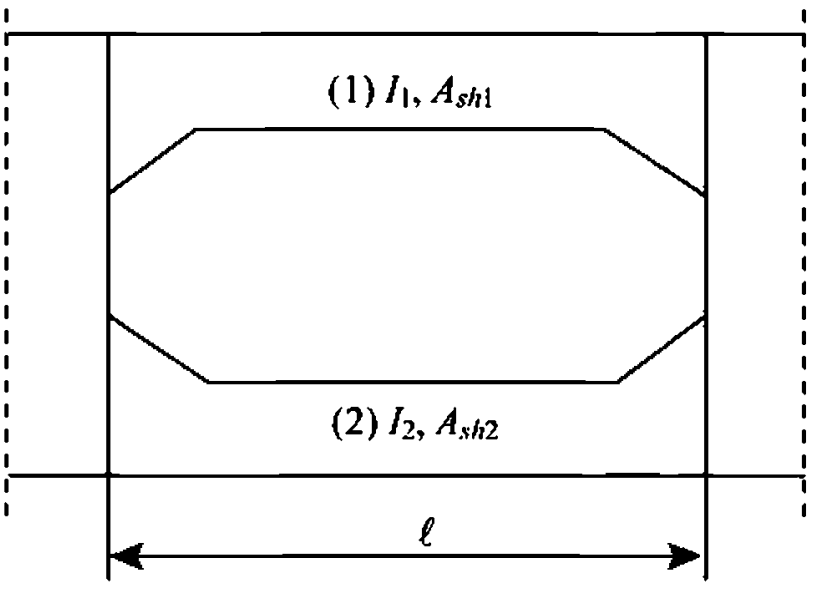
где (см. рис. 16):

I_1, I_2 моменты нетто инерции, см⁴, высоких стенок (1) и (2) соответственно с присоединенной обшивкой относительно их нейтральных осей, параллельных обшивке;

A_{sh1}, A_{sh2} площади сечения нетто сдвига, см², высоких стенок (1) и (2) соответственно с учетом снижения высоты стенки на высоту выреза для прохода обычных ребер жесткости при их наличии;

l пролет высоких стенок (1) и (2), см.

Рис. 16
Большие отверстия в стенке главных несущих элементов



6 Двойное дно

6.1 Общие положения

6.1.1 Протяженность двойного дна

См. Конвенцию СОЛАС, Глава II-1, Часть B, Правило 12-1.

Двойное дно должно предусматриваться на длине между таранной и ахтерпиковой переборками.

6.1.2 Система набора

На судах длиной свыше 120 м днище, двойное дно и наклонные переборки бортовых скуловых цистерн должны иметь продольную систему набора на длине, по крайней мере, района грузовых трюмов. Расстояние между флорами и днищевыми балками определяется не только шпациями, но и требованием в отношении абсолютных размеров, м, согласно [6.3.3] и [6.4.1].

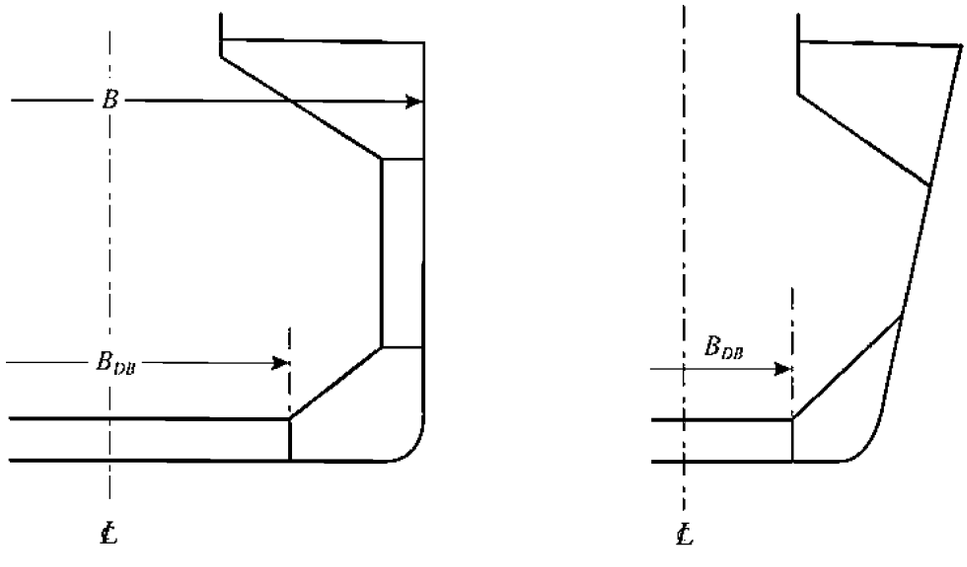
6.1.3 Высота двойного дна

Если не указано иное, то высота двойного дна должна быть не менее $B/20$ или 2 м, смотря по тому, что меньше. Если высота двойного дна меняется, то такое изменение должно быть постепенным или на достаточной длине; перегибы обшивки второго дна должны располагаться в районе листовых флоров. Если это невозможно, то соответствующие продольные конструкции, такие как частичные балки, продольные кницы и т.п., должны быть установлены поперек перегиба.

6.1.4 Размеры двойного дна

Ширина двойного дна принимается согласно рис. 17.

Рис. 17
Ширина двойного дна



Суда с наклонными бортами

6.1.5 Докование

Днище должно иметь достаточную прочность, чтобы выдержать нагрузки, возникающие при доковании судна в сухом доке.

Если предусмотрены доковые кницы между сплошными флорами, соединяющие вертикальный киль с наружной обшивкой днища, то эти кницы должны быть доведены до смежных днищевых продольных элементов.

6.1.6 Непрерывность

Там, где происходит переход от продольной системы набора к поперечной, следует обратить особое внимание на непрерывность путем установки дополнительных балок или флоров. Если такой переход происходит в пределах $0{,}6L$ на миделе, то второе дно обычно сохраняет непрерывность с помощью наклонного настила.

Обычные продольные ребра жесткости днища и второго дна, как правило, должны быть непрерывными при проходе через флоры.

Фактическая толщина нетто и предел текучести нижнего пояса наклонной переборки бортовых скуловых цистерн при их наличии должны быть не менее таких же характеристик для второго дна, с которым этот пояс соединяется.

6.1.7 Подкрепления

Днище должно иметь местные подкрепления там, где ожидаются сосредоточенные нагрузки, например, под главным двигателем и фундаментом упорного подшипника.

Балки и флоры должны быть предусмотрены под каждой линией пиллерсов, окончаниями концевых книц ребер жесткости переборок и наклонным листом нижней опоры переборки. При отсутствии таких балок и флоров должны быть предусмотрены соответствующие подкрепления с помощью дополнительных главных несущих элементов или подкрепляющих книц.

При наличии твердого балласта он должен быть надежно закреплен. При необходимости для этого могут потребоваться промежуточные флоры.

6.1.8 Горловины и вырезы для облегчения конструкции

Как правило, горловины и вырезы для облегчения конструкции должны предусматриваться во флорах и балках для обеспечения доступа и вентиляции.

Количество горловин во втором дне должно быть минимальным при обеспечении свободной вентиляции и удобного доступа ко всем частям двойного дна.

Горловины не должны предусматриваться в балках и флорах под основаниями пиллерсов.

6.1.9 Отверстия для воздуха и сливные отверстия

Во флорах и балках должны быть предусмотрены отверстия для воздуха и сливные отверстия.

Отверстия для воздуха должны быть как можно ближе ко второму дну, а сливные отверстия – как можно ближе к обшивке днища.

Отверстия для воздуха и сливные отверстия должны быть устроены таким образом, чтобы способствовать полному удалению водяного балласта и осадка для эффективной замены водяного балласта.

6.1.10 Осушение второго дна

Должны быть предусмотрены эффективные мероприятия по осушению второго дна. Если для осушения предусмотрены колодцы, то их глубина не должна превышать половину высоты двойного дна.

6.1.11 Предохранительные планки

Предохранительные планки достаточной толщины или другие равноценные устройства должны быть предусмотрены под измерительными трубами для предотвращения повреждения днищевой обшивки мерным стержнем.

6.1.12 Коробчатый киль

Если предусматривается коробчатый киль, то вертикальный киль может быть заменен двумя днищевыми стрингерами на расстоянии друг от друга не более 3 м.

Конструкции в районе флоров должны обеспечивать достаточную непрерывность последних.

6.2 Горизонтальный киль

6.2.1 Ширина горизонтального киля, м, должна быть не менее величины, полученной по следующей формуле:

$$b = 0{,}8 + L/200.$$

6.3 Балки

6.3.1 Вертикальный киль

Вертикальный киль должен простираться на длине района грузовых трюмов и в нос, и в корму насколько возможно, а его конструктивная целостность должна обеспечиваться по всей длине судна.

Если отсеки двойного дна используются для перевозки топлива, пресной или балластной воды, то вертикальный киль должен быть водонепроницаемым, кроме случая наличия узких цистерн в оконечностях, или когда в пределах $0{,}25B$ от ДП предусмотрены другие водонепроницаемые балки, и т.д.

6.3.2 Бортовые стрингеры

Бортовые стрингеры должны простираться на длине параллельной части района грузовых трюмов и в нос, и корму от этого района насколько возможно.

6.3.3 Шпация

Шпация между смежными балками не должна превышать 4,6 м или 5 шпаций обычных ребер жесткости днища или второго дна, смотря по тому, что меньше. В зависимости от результатов анализа согласно главе 7, может быть допущена большая шпация.

6.4 Флоры

6.4.1 Шпация

Шпация флоров, как правило, не должна превышать 3,5 м или 4 шпации шпангоутов, как принято проектантом, смотря по тому, что меньше. В зависимости от результатов анализа согласно главе 7, может быть допущена большая шпация.

6.4.2 Флоры в районе поперечных переборок

Если поперечная переборка имеет нижнюю опору, то в одной плоскости с обеими сторонами нижней опоры должны быть установлены сплошные флоры. Если поперечная переборка не имеет нижней опоры, то сплошные флоры должны быть установлены в одной плоскости с обоими фланцами поперечной переборки с вертикальными гофрами или в одной плоскости с плоской поперечной переборкой.

Толщина нетто и свойства материала подкрепляющих флоров и бимсов туннеля для трубопроводов должны быть не ниже, требуемых для обшивки переборки или, при наличии опоры, ее боковой обшивки.

6.4.3 Подкрепления стенки

В районе продольных обычных ребер жесткости флоры должны иметь подкрепления стенки. Если последние не предусмотрены, должна быть проведена оценка усталостной прочности для выреза и соединения продольного ребра жесткости.

6.5 Скуловой пояс и скуловой киль

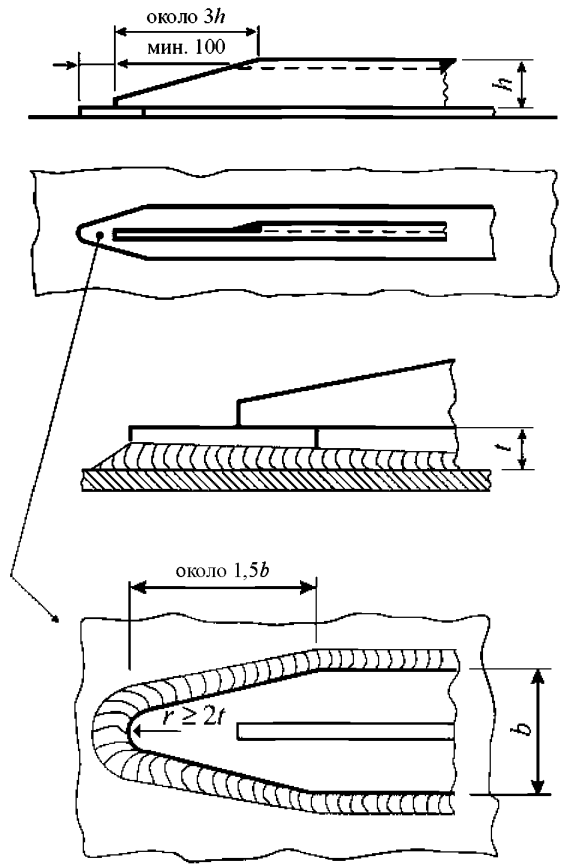
6.5.1 Скуловой пояс

Если некоторые продольные ребра жесткости в районе скулы отсутствуют, то, как можно ближе к поворотам скулы, должны быть предусмотрены продольные ребра жесткости.

6.5.2 Скуловой киль

Скуловые кили не должны привариваться непосредственно к наружной обшивке. На наружной обшивке требуется установить промежуточную полосу, толщина которой равна толщине скулового пояса. Концы скулового киля должны быть срезаны на ус (см. рис. 18) или закруглены по большому радиусу. Концы скулового киля должны располагаться в районе поперечных ребер жесткости скулы изнутри наружной обшивки, а концы промежуточной полосы не должны располагаться на монтажных соединениях блоков.

Рис. 18
Пример конструкции скулового киля



Скуловой киль и промежуточная полоса должны быть изготовлены из стали с таким же пределом текучести, как и скуловой пояс. Скуловой киль длиной свыше 0,15L должен иметь такую же категорию стали, как и скуловой пояс.

Промежуточная полоса должна иметь такую же толщину нетто, как и скуловой пояс. Однако эта толщина, как правило, может не превышать 15 мм.

Применение гребенчатого набора в скуловом киле не допускается.

7 Конструкция двойного борта

7.1 Область применения

7.1.1 Требование настоящего параграфа применимо к бортовым конструкциям с продольной или поперечной системой набора.

Бортовые конструкции с поперечной системой набора имеют поперечные шпангоуты, опирающиеся на горизонтальные бортовые стрингеры.

Бортовые конструкции с продольной системой набора имеют продольные обычные ребра жесткости, поддерживаемые вертикальными главными несущими элементами.

Борт в районе бортовых подпалубных и скуловых цистерн должен, как правило, иметь продольную систему набора. Допускается и поперечная система набора, если она принята для двойного дна и палубы согласно [6.1.1] и [9.1.1] соответственно.

7.2 Принципы проектирования

7.2.1 Если пространство двойного борта остается пустым, то конструктивные элементы, ограничивающие это пространство, проектируются как конструкция цистерны водяного балласта согласно главе 6. При этом соответствующие воздушные трубы считаются простирающимися на высоту 0,76 м над палубой надводного борта у борта.

В отношении надбавки на коррозию пространство считается пустым.

7.3 Конструкция корпуса судна

7.3.1 Общие положения

Конструкции двойного борта должны быть тщательно подкреплены рамными шпангоутами и бортовыми стрингерами в пределах двойного корпуса.

Целостность внутренних бортовых конструкций, включая стрингеры, должна обеспечиваться как в пределах, так и за пределами грузового района. Возможно применение для этого книц со скошенными концами.

7.3.2 Шпация главных несущих элементов

При поперечной системе набора шпация поперечных бортовых главных несущих элементов, как правило, не должна превышать трех шпаций шпангоутов.

В зависимости от результатов анализа согласно главе 7, для главных несущих элементов в грузовых трюмах может быть допущена большая шпация.

Расстояние по вертикали между горизонтальными главными несущими элементами двойного борта не должно превышать 6 м, если не предусмотрены соответствующие конструктивные элементы согласно требованиям к безопасному доступу.

7.3.3 Расположение главных несущих элементов

Поперечные бортовые главные несущие элементы должны устанавливаться в одной плоскости с рамными шпангоутами в бортовых подпалубных и скуловых цистернах. Однако там, где это невозможно для подпалубных рамных шпангоутов, в подпалубном пространстве в одной плоскости с рамными шпангоутами двойного борта должны быть установлены большие кницы.

Поперечные переборки в пространстве двойного борта должны устанавливаться в одной плоскости с поперечными переборками грузовых трюмов.

Вертикальные главные несущие элементы должны устанавливаться в районе концевых люковых бимсов.

Если не предусмотрено иное, горизонтальные бортовые стрингеры должны устанавливаться в корму от таранной переборки на длине $0{,}2L$ в корму от носовой оконечности в одной плоскости со стрингерами форпика.

7.3.4 Поперечные обычные ребра жесткости

Поперечные обычные ребра жесткости наружной обшивки и внутреннего борта должны быть непрерывными или иметь концевые соединения, подкрепленные кницами, в пределах высоты двойного борта. Поперечные обычные ребра жесткости должны быть надежно соединены со стрингерами. В своих верхних и нижних окончаниях противоположные поперечные обычные ребра жесткости наружной обшивки и внутреннего борта и подкрепляющие их стрингеры должны соединяться с помощью книц.

7.3.5 Продольные обычные ребра жесткости

Если установлены продольные обычные ребра жесткости наружной обшивки и внутреннего борта, то они должны быть непрерывными в пределах длины параллельной части района грузовых трюмов и должны иметь кницы в районе поперечных переборок, совмещенных в одной плоскости с переборками грузовых трюмов. Они должны быть надежно соединены с поперечными рамными шпангоутами конструкции двойного борта. В отношении бортовых продольных и обычных ребер жесткости внутреннего борта вне параллельной части района грузовых трюмов особое внимание должно быть уделено непрерывности.

7.3.6 Ширстрек

Ширина ширстрека, м, должна быть не менее величины, полученной по следующей формуле:

$b = 0{,}715 + 0{,}425L/100.$

Ширстрек может быть приварен к палубному стрингеру или скруглен.

Если ширстрек скруглен, то его радиус, мм, должен быть не менее $17t_s$, где t_s – толщина нетто ширстрека, мм.

Угловой сварной шов в соединении ширстрека с обшивкой палубы должен быть или с полным, или с глубоким проваром.

Верхняя кромка сварного ширстрека должна иметь гладкое скругление без надрезов. Устройства, подобные фальшборту и обухам, не должны привариваться непосредственно к верхней кромке ширстрека, исключая участки в кормовой и носовой оконечностях.

Продольные стыковые сварные швы скругленного ширстрека должны располагаться за пределами изогнутой части на расстоянии не менее пяти наибольших толщин нетто ширстрека.

Переход от скругленного ширстрека к его угловой конструкции, связанный с конструкцией надстроек в оконечностях судна должен быть тщательно проработан, чтобы избежать нарушения непрерывности.

7.3.7 Соединение обшивки

В местах, где соединяются обшивка внутреннего корпуса и настил второго дна, следует обратить внимание на конструкцию, чтобы не вызвать концентрации напряжений.

Перегибы внутреннего борта должны быть соответственно подкреплены обычными ребрами жесткости или равноценными средствами в соответствии с перегибом.

Соединения наклонного листа бортового скулового танка с внутренним корпусом и вторым дном должны подкрепляться главными несущими элементами.

7.4 Двойной борт с продольной системой набора

7.4.1 Общие положения

В районе разрывов или изменений ширины двойного борта должна быть обеспечена необходимая непрерывность.

7.5 Двойной борт с поперечной системой набора

7.5.1 Общие положения

Поперечные шпангоуты наружной обшивки и внутреннего корпуса могут быть соединены распорками. Последние, как правило, должны соединяться с поперечными шпангоутами посредством вертикальных книц.

8 Конструкция одинарного борта

8.1 Область применения

8.1.1 Настоящий параграф применим к конструкции одинарного борта с поперечной системой набора.

Если конструкция одинарного борта подкрепляется поперечными или продольными главными несущими элементами, то требования [7] применяются к последним, как к элементам конструкции двойного борта.

8.2 Общее расположение

8.2.1 Шпангоуты должны предусматриваться на каждой шпации.

Если воздушные трубы проходят через грузовой трюм, то они должны быть защищены надлежащим образом от механических повреждений.

8.3 Шпангоуты

8.3.1 Общие положения

Шпангоуты должны быть составного симметричного профиля с интегральными верхней и нижней кницами с плавным окончанием.

Фланец шпангоута в соединениях с концевыми кницами должен быть криволинейным (без перегиба). Радиус кривизны r, мм, должен быть не менее полученного по следующей формуле:

$$r = \frac{0{,}3b_f^2}{t_f + t_C},$$

где t_C надбавка на коррозию, мм, согласно главе 3, раздел 3;
b_f и t_f ширина фланца и толщина нетто криволинейного фланца, мм. Конец фланца должен быть срезан на ус.

На судах длиной менее 190 м шпангоуты из низкоуглеродистой стали могут иметь несимметричный профиль и отдельные кницы. Свободный поясок или фланец кницы должен быть срезан на ус по обоим концам. Кницы должны иметь плавное скругление.

Размеры шпангоутов показаны на рис. 19.

8.4 Верхняя и нижняя кницы

8.4.1 Свободный поясок или фланец книц должен быть срезан на ус по обоим концам.

Кницы должны иметь плавное скругление.

Построечная толщина книц должна быть не менее построечной толщины стенки шпангоута, с которой кница соединяется.

8.4.2 Размеры (в частности, высота и длина) нижних и верхних книц должны быть не менее показанных на рис. 20.

8.5 Подкрепляющие кницы

8.5.1 В районе носового трюма и в трюмах судов со знаком **ВС-А** шпангоуты несимметричного профиля должны иметь в каждой второй шпации подкрепляющие кницы – см. рис. 21.

Построечная толщина подкрепляющих книц должна быть не менее построечной толщины стенки шпангоута, с которой кница соединяется.

Соединения подкрепляющих книц со шпангоутами и обшивкой должны выполняться непрерывной двухсторонним сварным швом.

8.6 Подкрепляющая конструкция

8.6.1 Непрерывность с нижними и верхними концевыми соединениями шпангоутов должна обеспечиваться в бортовых скуловых и подпалубных цистернах с помощью соединительных книц, как показано на рис. 22. Для предотвращения потери устойчивости кницы должны иметь подкрепления согласно [5.6.2].

Рис. 19
Размеры шпангоутов

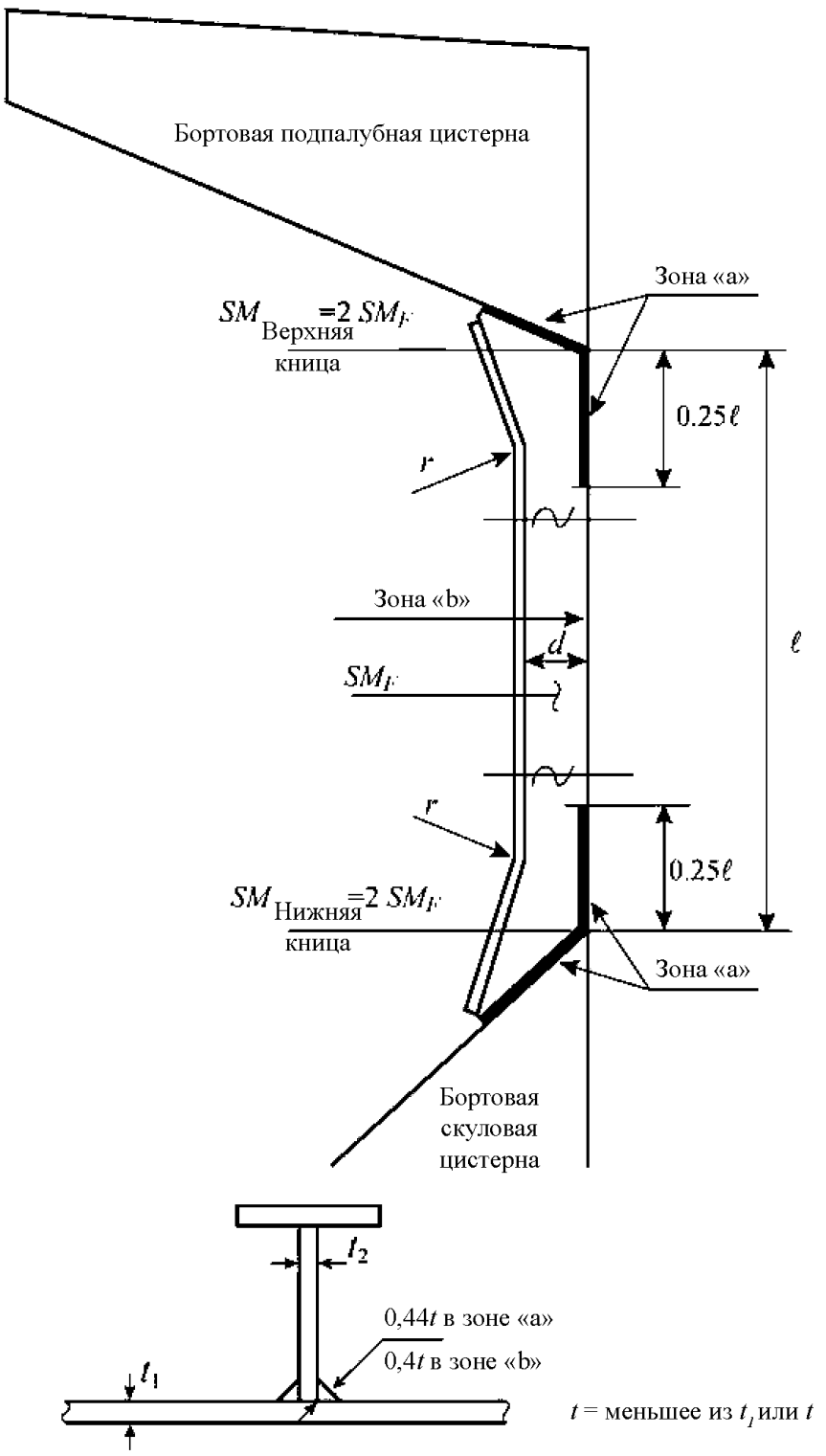


Рис. 20
Размеры верхней и нижней киц

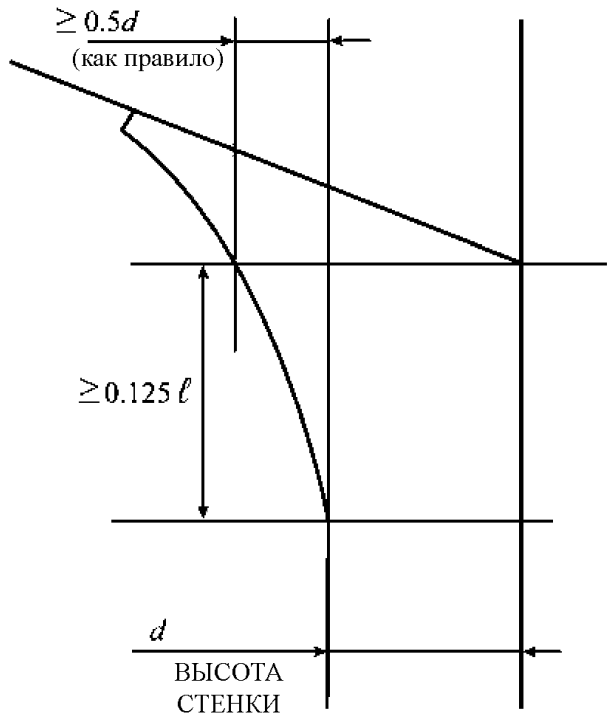


Рис. 21
Подкрепляющие киицы в районе носового трюма

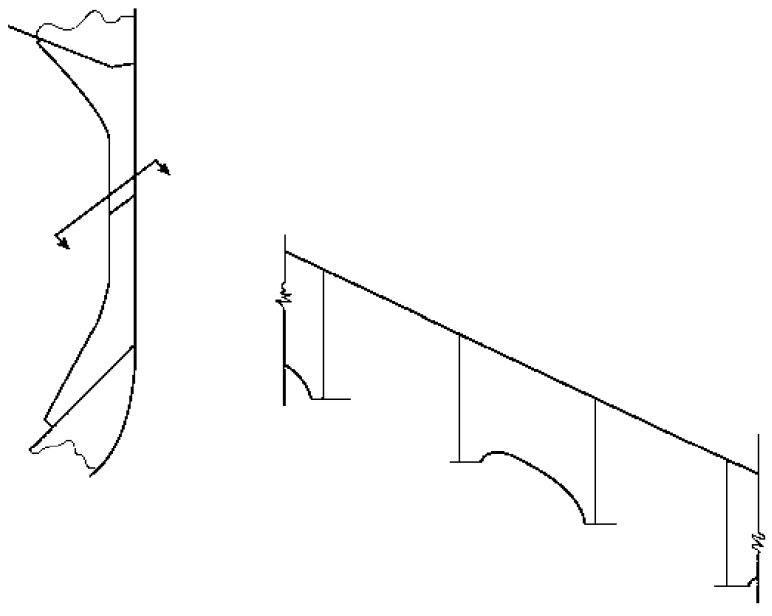
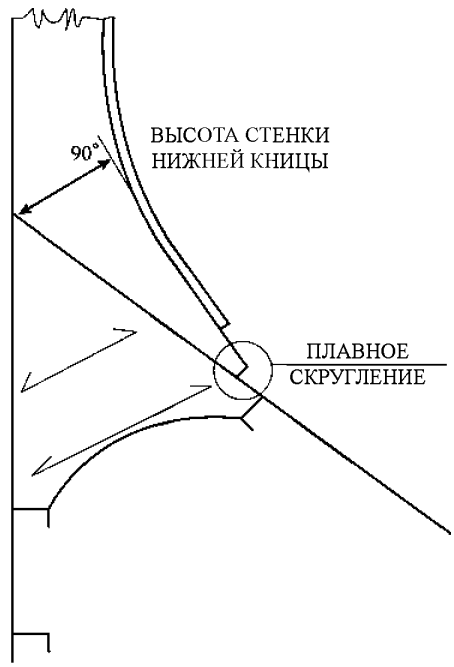


Рис. 22
Пример подкрепляющей конструкции для нижнего окончания шпангоута



9 Конструкция палубы

9.1 Область применения

9.1.1 Палуба вне линии люков и наклонные листы бортовых подпалубных цистерн должны иметь продольную систему набора. В пределах линии люков кроме продольной системы набора могут быть рассмотрены другие варианты при условии обеспечения достаточной непрерывности.

9.2 Общее устройство

9.2.1 Шпация рамных шпангоутов в бортовых подпалубных цистернах не должна превышать шести шпаций шпангоутов.
Классификационное общество может допустить большую шпацию в каждом конкретном случае в зависимости от результатов анализа согласно главе 7.

9.2.2 Подкрепляющая конструкция палубы должна состоять из обычных ребер жесткости, установленных продольно или поперечно, подкрепленных главными несущими элементами.

9.2.3 Палуба между люками
В пределах линии люков для палубных конструкций между комингсами, как правило, должна применяться поперечная система набора. Бимсы должны быть надежно подкреплены балками и продлеваться до 2-го продольного ребра жесткости от продольной балки люка в сторону фальшборта. Если это невозможно, то между продольной балкой люка и 2-ым продольным ребром жесткости должны быть предусмотрены разрезные ребра жесткости.
Плавное соединение расчетной палубы у борта и палубы между люками должно обеспечиваться с помощью листа промежуточной толщины.

9.2.4 Конструкции бортовой подпалубной цистерны

Конструкции бортовой подпалубной цистерны должны быть продолжены как можно дальше внутрь машинного помещения с соответствующим сужением конструкции.

Если главные несущие элементы двойного борта располагаются снаружи плоскости рамных шпангоутов бортовой подпалубной цистерны, то в одной плоскости с ними должны устанавливаться большие кницы.

9.2.5 Палубный стрингер

Ширина палубного стрингера, м, должна быть не менее величины, полученной по следующей формуле:

$b = 0{,}35 + 0{,}5L/100.$

Если применяется скругленная конструкция палубного стрингера, то радиус скругления должен соответствовать требованиям [7.3.6].

9.2.6 Необходимая непрерывность должна обеспечиваться путем надлежащего перекрытия конструкций и соответствующего скашивания кромок элементов в районе:

уступов расчетной палубы;

изменений в системе набора.

9.2.7 Подкрепляющие конструкции палубы под палубными механизмами, кранами, грузовыми колоннами и таким оборудованием, как буксирное оборудование, швартовное оборудование и т.п., должны быть соответственно подкреплены.

9.2.8 Как правило, там, где ожидаются большие сосредоточенные нагрузки, должны устанавливаться пиллерсы и другие подкрепляющие конструкции.

9.2.9 В районе окончаний и углов рубок и частичных надстроек следует рассматривать применение соответствующих подкреплений.

9.2.10 Соединение люковых концевых бимсов с палубными конструкциями

Соединение концевых люковых бимсов с палубными конструкциями должно надлежащим образом обеспечиваться путем установки внутри бортовых подпалубных цистерн дополнительных рамных шпангоутов или книц.

9.2.11 Конструкция палубного настила

Люки и другие отверстия на палубах должны иметь скругленные углы и надлежащую компенсацию.

9.3 Палуба с продольной системой набора

9.3.1 Общие положения

Продольные подпалубные балки в пределах параллельной части района грузовых трюмов, исключая район в пределах линии вырезов люков, должны быть целостными в районе рамных бимсов палуб и поперечных переборок. Применительно к продольным подпалубным балкам вне района параллельной части района грузовых трюмов могут быть рассмотрены иные конструкции при условии обеспечения достаточной продольной прочности.

Соединения по концам продольных ребер жесткости должны обеспечивать достаточную прочность при изгибе и сдвиге.

9.4 Палуба с поперечной системой набора

9.4.1 Общие положения

Если палубная конструкция выполнена с поперечной системой набора, то палубные бимсы или подпалубные поперечные ребра жесткости должны быть установлены на каждом шпангоуте.

Бимсы или подпалубные поперечные ребра жесткости должны соединяться с бортовой конструкцией или шпангоутами с помощью книц.

9.5 Подкрепляющие конструкции люков

9.5.1 В районе вырезов грузовых люков должны устанавливаться продольные балки люка и концевые люковые бимсы увеличенных прочных размеров.

9.5.2 Вне вырезов необходимая непрерывность продольных комингсов люков должна обеспечиваться подпалубными балками.

Должно быть обеспечено соединение концевых люковых бимсов с продольными балками и рамными шпангоутами. Концевые люковые бимсы должны быть в одной плоскости с поперечными рамными шпангоутами в бортовых подпалубных цистернах.

9.5.3 Для обеспечения непрерывности в углах вырезов люка свободный поясок комингса люка продольных подпалубных балок или их продолжений, и свободные пояски концевых люковых балок с обеих сторон должны иметь надежное соединение.

9.5.4 Для предотвращения вырезов грузового люка от повреждений стальными тросами должна предусматриваться соответствующая защита в виде полукруглой балки на продольных люковых балках (например, на верхней части обшивки бортовой подпалубной цистерны)/концевых люковых бимсах в грузовом трюме или верхней части комингсов люка.

9.6 Отверстия в расчетной палубе

9.6.1 Общие положения

Количество отверстий в расчетной палубе должно быть минимальным, и они должны быть удалены насколько возможно друг от друга и от окончаний надстроек, участвующих в обеспечении общей прочности. Отверстия должны быть удалены насколько возможно от углов люка, продольных комингсов люка и наружной бортовой обшивки.

9.6.2 Расположение малых отверстий

Как правило, отверстия должны вырезаться вне границ, показанных штриховкой на рис. 23, определяемых:

площадью кривизны скругленного ширстрека, при его наличии, или бортовой обшивкой;

расстоянием $e = 0{,}25(B - b)$ от кромки отверстия;

расстоянием $c = 0{,}07l + 0{,}1b$ или $0{,}2b$, смотря по тому, что больше,

где b ширина рассматриваемого люка, измеренная в поперечном направлении, м (см. рис. 23);
l ширина межлюковой перемычки между двумя смежными люками в районе рассматриваемого угла люка, измеренная в продольном направлении, м (см. рис. 23).

Кроме того, поперечное расстояние между этими границами и отверстиями или между смежными отверстиями не должно быть меньше, чем указано ниже:

поперечное расстояние между указанными границами и отверстиями или между люками и отверстиями, как показано на рис. 23:

$g_2 = 2a_2$ для круглых отверстий;

$g_1 = a_1$ для эллиптических отверстий;

поперечное расстояние между отверстиями, как показано на рис. 24:

$2(a_1 + a_2)$ для круглых отверстий;

$1{,}5(a_1 + a_2)$ для эллиптических отверстий,

где a_1 поперечный размер эллиптических отверстий или диаметр круглых отверстий, как применимо;
a_2 поперечный размер эллиптических отверстий или диаметр круглых отверстий, как применимо;
a_3 продольный размер эллиптических отверстий или диаметр круглых отверстий, как применимо;

продольное расстояние между отверстиями не должно быть менее чем:
$(a_1 + a_3)$ для круглых отверстий;
$0{,}75(a_1 + a_3)$ для эллиптических отверстий и для эллиптического отверстия на одной линии с круглым отверстием.
Если расположение отверстий не отвечает этим требованиям, то должна быть проведена оценка продольной прочности согласно главе 5 с вычетом площади, занимаемой отверстиями.

Рис. 23
Положение отверстий в расчетной палубе

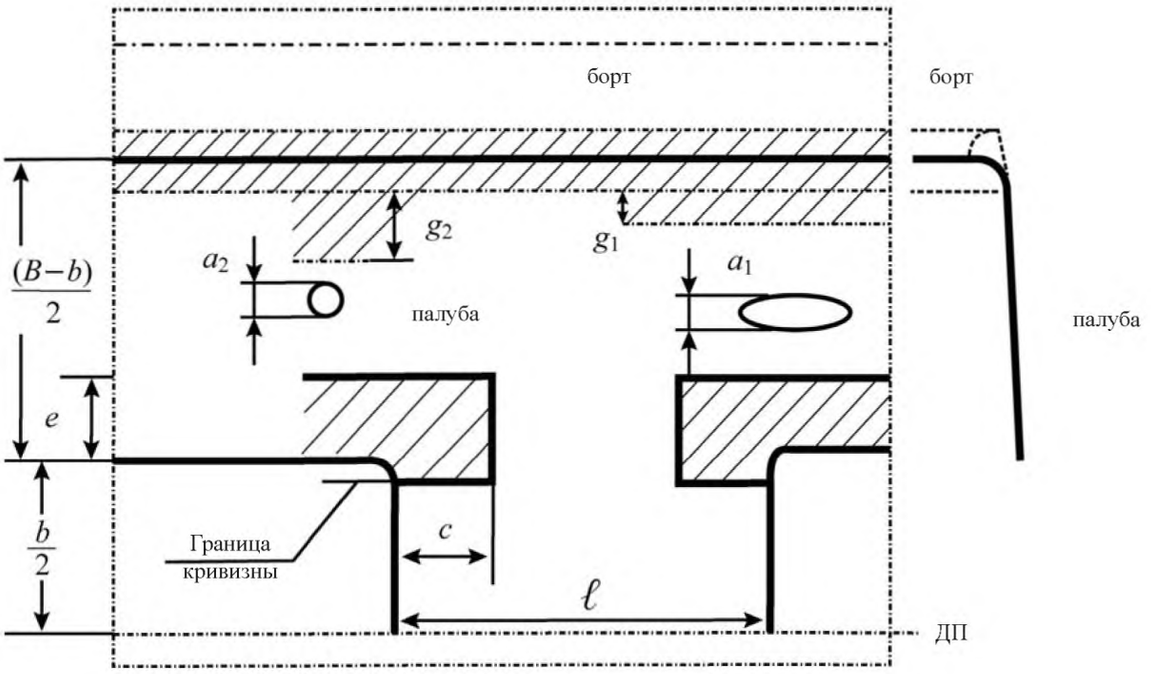
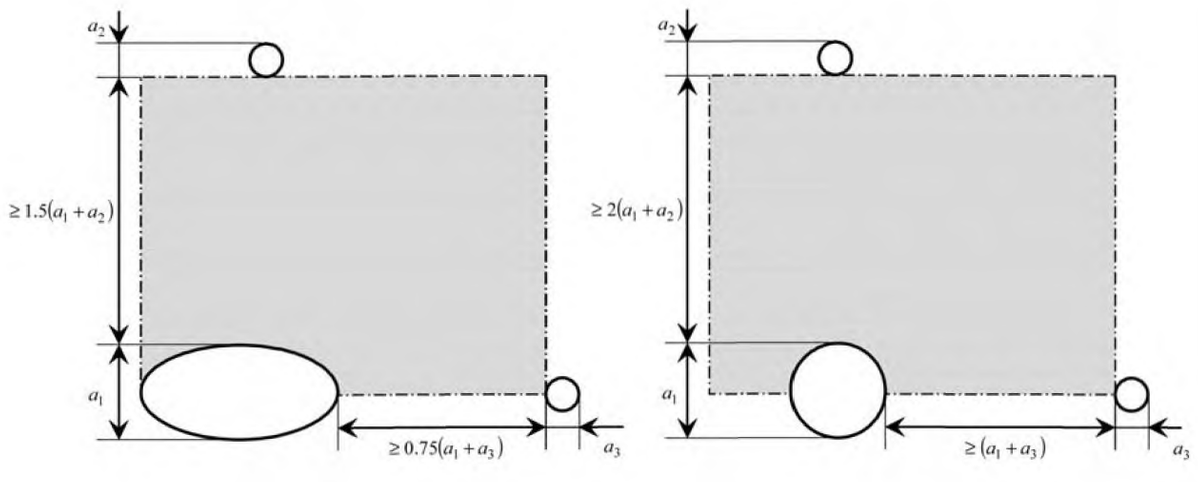


Рис. 24
Эллиптические и круглые отверстия в расчетной палубе



9.6.3 Углы люков

Для люков, расположенных в пределах района грузовых танков, в районе углов, где вырез в настиле имеет круглую форму, должны, как правило, устанавливаться вварные листы, толщина которых должна определяться по формуле, приведенной ниже. Радиус скругленных углов должен быть не менее 5 % ширины люка, если под комингсом люка установлена непрерывная продольная подпалубная балка.

Для случая расположения двух или более люков поперек судна радиус скругления рассматривается классификационным обществом в каждом конкретном случае.

Для люков, расположенных в пределах района грузовых танков, вварные листы в районе углов люка, как правило, не требуются, если вырез в настиле имеет эллиптическую или параболическую форму и полуоси эллиптических вырезов или полудлины параболической дуги не менее:

1/20 ширины люка или 600 мм, смотря по тому, что меньше, в поперечном направлении;

двух поперечных размеров в продольном направлении.

Если требуются вварные листы, то их толщина нетто, мм, должна определяться по следующей формуле:

$$t_{INS} = (0{,}8 + 0{,}4l/b)t, \quad \text{но не менее } t \text{ или не более } 1{,}6t,$$

где l ширина межлюковой перемычки между двумя смежными люками в районе рассматриваемого угла люка, измеренная в продольном направлении, м (см. рис. 23);

b ширина рассматриваемого люка, измеренная в поперечном направлении, м (см. рис. 23);

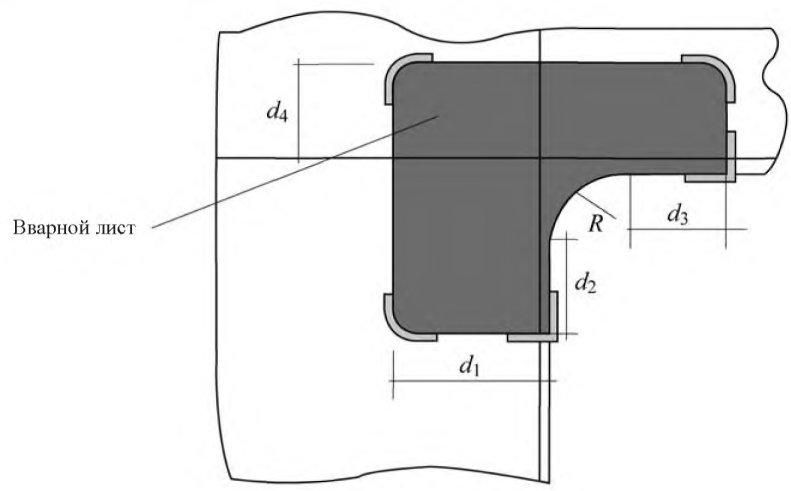
t фактическая толщина нетто палубы у стенки люка, мм.

Для крайних углов концевых люков толщина вварных листов должна быть на 60 % больше фактической толщины смежного палубного настила. На основе расчетов, показывающих, что напряжения в углах люков ниже допускаемых, классификационное общество может допустить меньшую толщину.

Если требуется установка вварных листов, то их конструкция показана на рис. 25, где d_1, d_2, d_3 и d_4 должны превышать шпацию обычных ребер жесткости.

Для люков, расположенных вне района грузовых танков, уменьшение толщины вварных листов в районе углов люков может рассматриваться классификационным обществом в каждом конкретном случае.

Рис. 25
Вварной лист в углу грузового люка



10 Конструкция переборки

10.1 Область применения

10.1.1 Требования настоящего параграфа применимы к конструкциям продольных и поперечных переборок, которые могут быть плоскими или гофрированными.

10.1.2 Плоские переборки

Плоские переборки могут иметь горизонтальные или вертикальные подкрепления.

Переборки с горизонтальными подкреплениями имеют горизонтальные обычные ребра жесткости, подкрепляемые вертикальными главными несущими элементами.

Переборки с вертикальными подкреплениями имеют вертикальные обычные ребра жесткости, которые могут подкрепляться горизонтальными балками.

10.2 Общие положения

10.2.1 Высота стенки вертикальных главных несущих элементов переборок может постепенно уменьшаться от днища к палубе.

10.2.2 Толщина нетто обшивки ахтерпиковой переборки в районе дейдвудной трубы должна быть увеличена, по крайней мере, на 60 % по сравнению с другой частью обшивки ахтерпиковой переборки.

10.3 Плоские переборки

10.3.1 Общие положения

Если переборка не доходит до самой верхней непрерывной палубы, то в ее верхней части должны быть предусмотрены соответствующие подкрепления.

Переборки должны иметь подкрепления в районе карлингсов.

Стенки ребер жесткости водонепроницаемых переборок бортовых подпалубных и скуловых цистерн должны быть в одной плоскости со стенками продольных ребер жесткости наклонных листов внутреннего корпуса.

В районе любого вертикального перегиба в продольных переборках должен предусматриваться главный несущий элемент. Расстояние между перегибом и главным несущим элементом не должно превышать 70 мм. Если перегиб не вертикальный, он должен быть достаточно подкреплен обычными ребрами жесткости или равноценными средствами, установленными в одной плоскости с перегибом.

В двойном дне в одной плоскости с плоской поперечной переборкой должны устанавливаться листовые флоры.

10.3.2 Концевые соединения обычных ребер жесткости

Проход обычных ребер жесткости через водонепроницаемую переборку должен быть водонепроницаемым.

Как правило, концевые соединения обычных ребер жесткости должны иметь кницы. Если концевые соединения, подкрепленные кницами, неприменимы из-за обводов корпуса и т.д., то ребра жесткости должны заканчиваться на поперечных балках между смежными продольными элементами или, если это невозможно, можно срезать концы на ус при условии, что соответственно будут изменены размеры связей обычных ребер жесткости и соответствующей обшивки.

10.3.3 Срезанные на ус концы обычных ребер жесткости

Срезанные на ус концы обычных ребер жесткости не допускаются на переборках, подверженных гидростатическому давлению. При наличии срезанных на ус концов обычных ребер жесткости угол среза не должен превышать 30°, и эти концы должны быть продолжены как можно дальше к границе переборки.

10.3.4 Обычные ребра жесткости, подкрепленные кницами

Если применяются обычные ребра жесткости, подкрепленные кницами, то длины сторон концевых книц обычных ребер жесткости (см. рис. 26 и 27) должны быть не менее следующих величин, мм:

для длины стороны a:
кницы горизонтальных ребер жесткости и днищевые кницы вертикальных ребер жесткости:

$$a = 100l;$$

верхняя кница вертикальных ребер жесткости:

$$a = 80l;$$

для длины стороны b наибольшее из:

$$b = 80\{(w + 20)/t\}^{0,5}$$

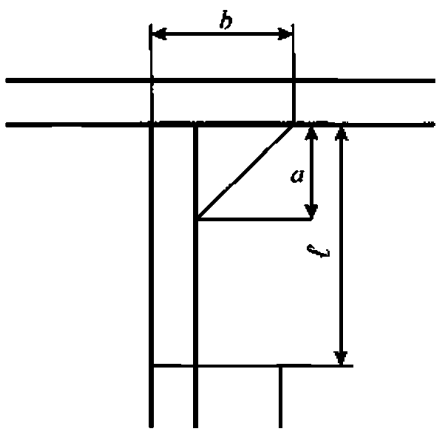
и

$$b = \alpha psl/t,$$

где l пролет ребра жесткости, измеренный между подкреплениями, м;
w момент сопротивления сечения нетто ребра жесткости, см^3;
t толщина нетто кницы, мм;
p расчетное давление, рассчитанное для середины пролета, кН/м^2;
α коэффициент равный:
$\alpha = 4{,}9$ для переборок цистерн;
$\alpha = 3{,}6$ для водонепроницаемых переборок.

Соединение ребра жесткости и кницы должно быть таким, чтобы момент сопротивления сечения нетто для соединения был не менее чем у ребра жесткости.

Рис. 26
Кница у верхнего конца обычного ребра жесткости на плоской переборке

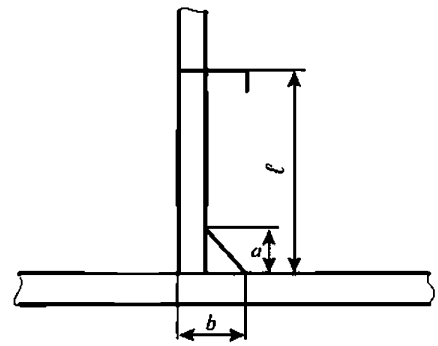


10.4 Гофрированные переборки

10.4.1 Общие положения

Поперечные водонепроницаемые переборки с вертикальными гофрами должны иметь нижнюю опору и верхнюю опору под палубой. На судах длиной менее 150 м гофры могут простираться от второго дна до палубы.

Рис. 27
Кница у нижнего конца обычного ребра жесткости на плоской переборке



10.4.2 Конструкция

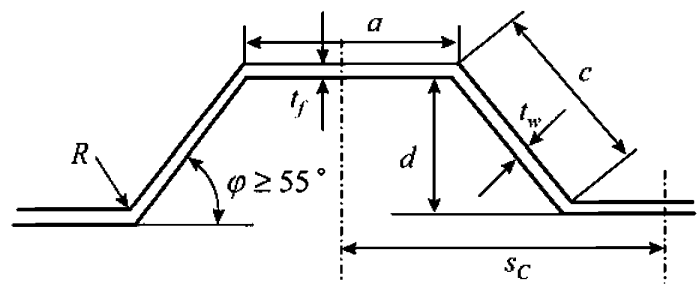
Основные размеры a, R, c, d, t, φ и s_c гофрированных переборок показаны на рис. 28.

Радиус закругления, мм должен быть не менее:

$$R = 3{,}0t,$$

где t толщина нетто гофрированной обшивки, мм.

Рис. 28
Размеры гофрированной переборки



Угол наклона гофра φ, показанный на рис. 28, должен быть не менее 55°.

Толщина нижней части гофров должна сохраняться на высоте от второго дна (при отсутствии нижней опоры) или от верха нижней опоры не менее $0{,}15l_C$.

Толщина средней части гофров должна сохраняться на высоте от палубы (при отсутствии верхней опоры) или от низа верхней опоры не более $0{,}3l_C$.

Момент сопротивления сечения гофров в остальной верхней части переборки должен быть не менее 75 % требуемого для средней части с корректировкой на различие в минимальном пределе текучести.

Если сварные швы в направлении параллельном оси изгиба гофров присутствуют в зоне изгиба, то технология сварки должна быть представлена классификационному обществу на одобрение.

10.4.3 Фактический момент сопротивления сечения гофров

Момент сопротивления сечения нетто гофров, см³, может быть получен по следующей формуле:

$$w = [\frac{d(3at_f + ct_w)}{6}]\cdot 10^{-3},$$

где t_f, t_w толщина нетто обшивки гофра (см. рис. 28), мм;
d, a, c размеры гофра (см. рис. 28), мм.

Если непрерывность стенки гофра по концам переборки не обеспечивается, то момент сопротивления сечения нетто гофра, см³, должен получаться по следующей формуле:

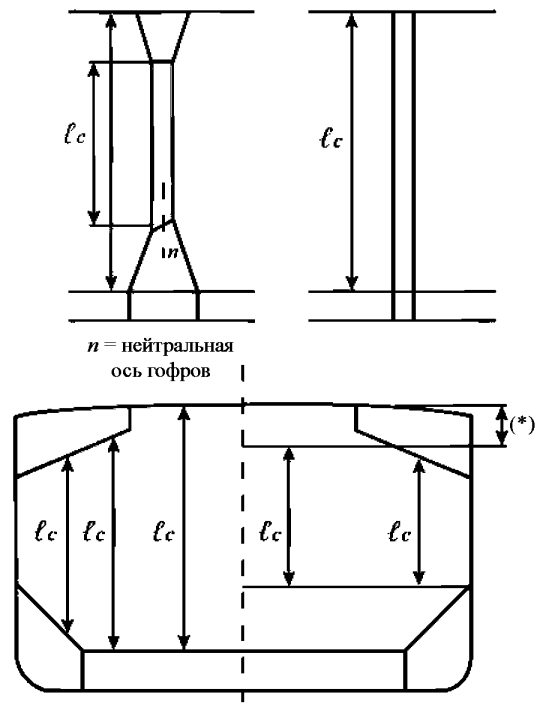
$$w = 0{,}5at_f d\cdot 10^{-3}.$$

10.4.4 Пролет гофров

Пролет гофров l_C должен приниматься как расстояние, показанное на рис. 29.

Для определения l_C высота верхней и нижней опор не может приниматься менее величин, указанных в [10.4.7] и [10.4.8].

Рис. 29
Пролет гофров



(*) высота верхней опоры

10.4.5 Конструктивные детали

Непрерывность гофрированных переборок должна обеспечиваться по концам гофров.

Если гофрированные переборки разрезаются в районе главных несущих элементов, то необходимо обеспечить, чтобы гофры с каждой стороны главного несущего элемента находились в одной плоскости.

Если поперечные или продольные переборки с вертикальными гофрами привариваются к обшивке второго дна, то в районе фланцев гофров должны быть установлены, соответственно, флоры или балки, а толщина нетто и материал последних должны быть, по крайней мере, такими же, как и у свободного пояска смежного гофра.

Как правило, первый вертикальный гофр, соединенный с граничащей конструкцией, должен иметь ширину не менее типичной ширины фланца гофра.

Если в нижней части поперечных переборок предусмотрена нижняя опора, то толщина нетто смежных флоров должна быть не менее чем у обшивки этой опоры.

10.4.6 Опоры переборок

В районе продольных балок или листовых флоров двойного дна, в зависимости от конкретной конструкции, в нижней опоре должны устанавливаться листовые диафрагмы или рамные шпангоуты.

Для соединения верхней опоры с рамными бимсами или концевыми люковыми бимсами должны устанавливаться кницы или рамные балки в зависимости от конкретной конструкции.

Должна быть соответственно обеспечена непрерывность гофрированной переборки с обшивкой опор. В частности, верхний пояс нижней опоры должен иметь такие же толщину нетто и предел текучести, как и нижний пояс переборки.

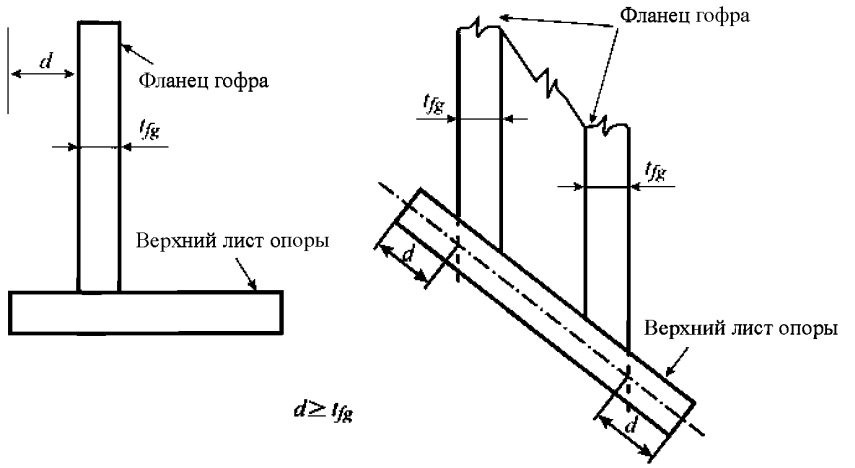
10.4.7 Нижняя опора

При наличии нижней опоры ее высота, как правило, должна быть не менее трех высот гофра. Толщина нетто и материал верхнего листа опоры должны быть не ниже, чем у вышележащей обшивки переборки. Толщина и свойства материала верхней части вертикальной или наклонной боковой обшивки опоры в пределах высоты, равной ширине фланца гофра, от верха опоры должны быть не менее требуемых для фланца для соответствия требованию к жесткости переборки на нижнем конце гофра.

Концы обычных ребер жесткости по сторонам опоры, если ребра установлены вертикально, должны крепиться к кницам в верхней и нижней частях опоры.

Расстояние d от кромки верхнего листа опоры до поверхности фланца гофра должно соответствовать рис. 30.

Рис. 30
Допустимое расстояние d от кромки верхнего листа опоры до поверхности фланца гофра



Основание опоры должно устанавливаться в одной плоскости с флорами или балками двойного дна, в зависимости от конкретной конструкции, и должно иметь ширину не менее 2,5 средней высоты гофра.

Для обеспечения подкрепления гофрированной переборки опора должна иметь диафрагмы в одной плоскости, в зависимости от конкретной конструкции, с продольными балками или флорами двойного дна. Применение гребенчатого набора в кницах или диафрагмах в районе соединений с верхним листом опоры не допускается.

Если гофры оканчиваются на нижней опоре, то приварка гофров и боковой обшивки опоры к верхнему листу опоры должна выполняться с полным проваром. Приварка боковой обшивки опоры и подкрепляющих флоров к настилу второго дна должна выполняться с полным или глубоким проваром.

10.4.8 Верхняя опора

При наличии верхней опоры ее высота, как правило, должна быть в пределах двух-трех высот гофра. Опоры прямоугольного сечения должны, как правило, иметь высоту, равную двум высотам гофра, измеренную от уровня палубы у продольной балки люка.

Верхняя опора поперечной переборки должна надежно подкрепляться карлингсами или усиленными кницами между смежными концевыми люковыми бимсами. Ширина нижнего листа верхней опоры должна, как правило, быть такой же, как и верхнего листа нижней опоры. Ширина нижнего листа верхней опоры непрямоугольного сечения должна быть не менее двух высот гофра.

Толщина и материал нижнего листа верхней опоры должны быть такими же, как и у прилегающей обшивки переборки. Толщина нижней части боковой обшивки опоры должна составлять не менее 80 % толщины, требуемой для верхней части обшивки переборки, где используется такой же материал.

Концы обычных ребер жесткости опоры, если ребра установлены вертикально, должны крепиться к кницам в верхней и нижней частях опоры.

Для подкрепления гофрированной переборки в опоре должны быть предусмотрены диафрагмы, надежно закрепленные в одной плоскости с продольными подпалубными балками, простирающимися до концевых бимсов люка или поперечных подпалубных главных несущих элементов, в зависимости от конкретной конструкции.

Применение гребенчатого набора в кницах или диафрагмах в районе соединений с нижним листом опоры не допускается.

10.4.9 Расположение в одной плоскости

При отсутствии верхней опоры под палубой в одной плоскости с фланцами гофров должны быть установлены, в зависимости от конкретной конструкции, два поперечных или продольных усиленных бимса.

При отсутствии нижней опоры на днище фланцы гофров должны быть в одной плоскости с подкрепляющими флорами или балками.

Приварка гофров и флоров или балок к настилу второго дна должна выполняться с полным проваром. Толщина и свойства материала подкрепляющих флоров или балок должны быть не ниже, чем у фланцев гофров. Кроме того, вырезы для соединения элементов продольного набора второго дна с флорами двойного дна должны быть закрыты планками. Подкрепляющие флоры или балки должны соединяться между собой соединительными пластинами соответствующей конструкции.

Боковая обшивка опоры должна находиться в одной плоскости с фланцами гофров. Вертикальные ребра жесткости нижней опоры и их кницы внутри опоры должны быть в одной плоскости с конструкциями второго дна такими, как элементы продольного набора или подобные, для обеспечения соответствующей передачи нагрузки между этими подкрепляющими элементами.

Боковая обшивка нижней опоры не должна иметь перегибов между обшивкой второго дна и верхним листом опоры.

10.4.10 Ширина фланца гофра при сжатии

Ширина фланца гофра при сжатии, м, учитываемая при расчете прочности переборки, должна получаться по следующей формуле:

$$b_{ef} = C_E a,$$

где C_E коэффициент, принимаемый равным:

$C_E = \frac{2{,}25}{\beta} - \frac{1{,}25}{\beta^2}$ для $\beta > 1{,}25$;

$C_E = 1{,}0$ для $\beta \le 1{,}25$;

β коэффициент, принимаемый равным:

$$\beta = 10^3 \frac{a}{t_f}\sqrt{\frac{R_{eH}}{E}};$$

a ширина фланца гофра (см. рис. 28), м;

t_f толщина нетто фланца, мм.

10.4.11 Шедерные листы

Шедерные листы:

не имеют излома;

привариваются к гофрам и верхнему листу нижней опоры согласно главе 11;

устанавливаются под углом наклона не менее 45°, и их нижняя кромка находится в одной плоскостью с боковой обшивкой нижней опоры;

имеют толщину не менее 75% требуемой для фланцев гофров;

имеют свойства материала не ниже требуемых для фланцев.

10.4.12 Гассетные листы

Гассетные листы:

используются совместно с шедерными листами и имеют толщину, свойства материала и сварные соединения как требуется для шедерных листов в [10.4.11];

имеют высоту не менее половины ширины фланца;

устанавливаются в одной плоскости с боковой обшивкой нижней опоры;

привариваются к верхнему листу нижней опоры, гофрам и шедерным листам согласно главе 11;

имеют толщину и свойства материала не ниже требуемых для фланцев.

10.4.13 Момент сопротивления сечения в нижней части гофров

а) Момент сопротивления сечения в нижней части гофров (рис. 31 – 35) должен рассчитываться при сжатии фланца, имеющего ширину фланца b_{ef} не более чем указано в [10.4.10].

б) Стенки, не подкрепленные местными кницами

Кроме случая д), если стенки гофров в нижней части не подкреплены местными кницами под верхним листом нижней опоры (или под вторым дном), то момент сопротивления сечения гофров должен рассчитываться, принимая эффективность стенок гофров 30 %.

в) Шедерные листы

При наличии, согласно [10.4.11], шеддерных листов (см. рис. 31 и 32) при расчете момента сопротивления сечения в нижней части гофров (поперечные сечения на рис. 31 и 32) площадь листов фланцев может быть увеличена на величину, см², полученную по следующей формуле:

$$I_{SH} = 2{,}5a\sqrt{t_f t_{SH}}, \text{ но не более } 2{,}5at_f$$

где a ширина фланца гофра (см. рис. 28), м;

t_{SH} толщина нетто шеддерного листа, мм;

t_f толщина нетто фланца, мм.

Рис. 31
Симметричные шедерные листы

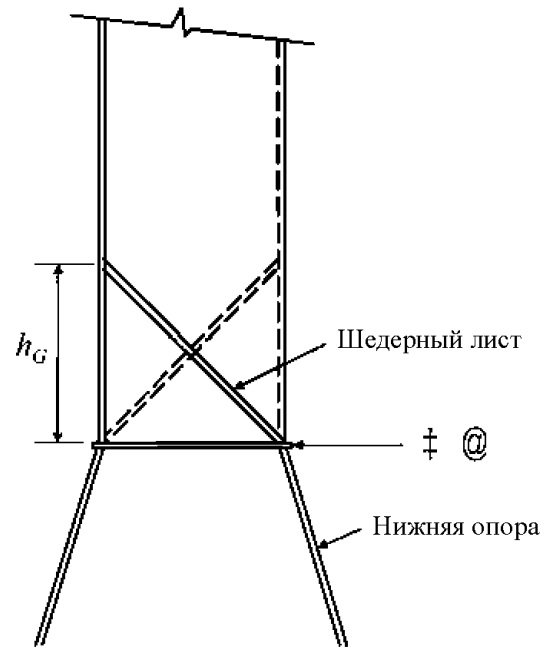
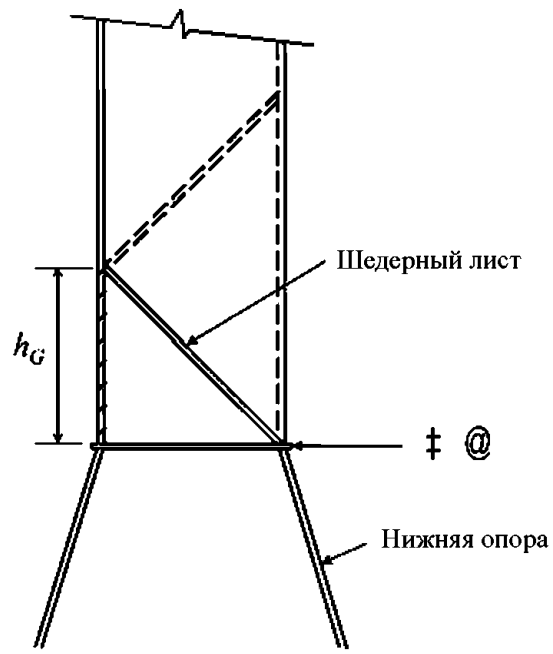


Рис. 32
Несимметричные шедерные листы



г) Гассетные листы

При наличии, согласно [10.4.12], гассетных листов (см. рис. 33 – 35) при расчете момента сопротивления сечения в нижней части гофров (поперечные сечения на рис. 33 – 35) площадь листов фланцев гофров может быть увеличена на величину, см², полученную по следующей формуле:

$$I_G = 7 h_G t_f,$$

где h_G высота гассетных листов (см. рис. 33 – 35), принимаемая не более $(10/7)S_{GU}$;
S_{GU} ширина гассетных листов, м;
t_f толщина нетто фланца, мм.

Рис. 33
Симметричные гассетные/шедерные листы

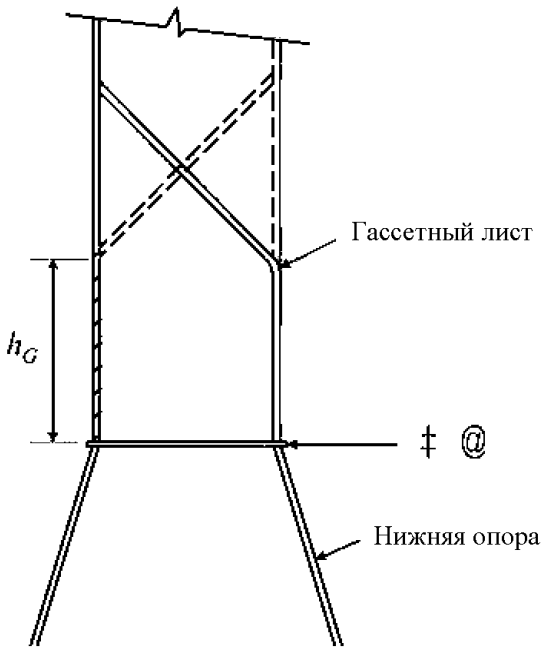


Рис. 34
Несимметричные гассетные/шедерные листы

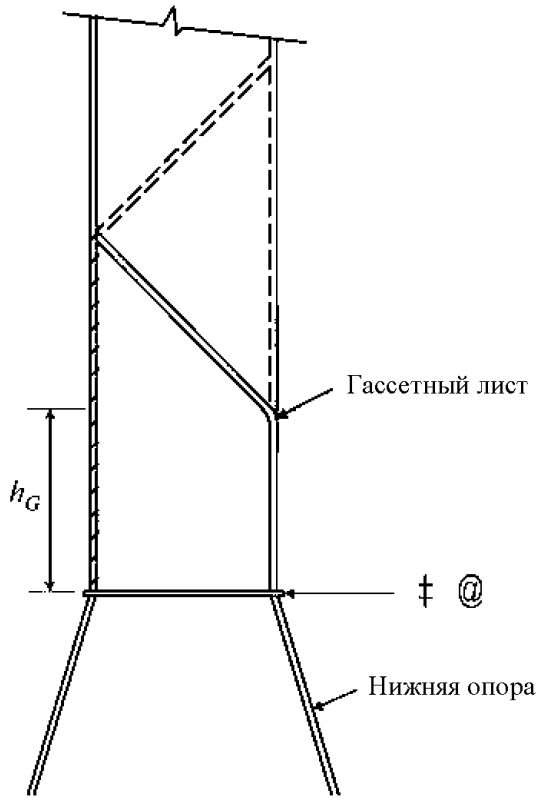
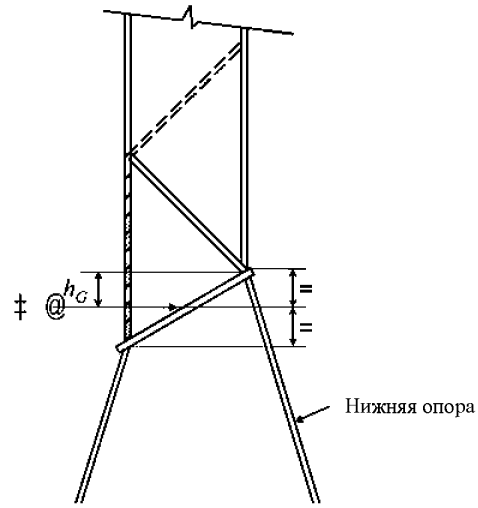


Рис. 35
Несимметричные гассетные/шедерные листы



д) Верхний наклонный лист опоры

Если стенки гофров привариваются к верхнему наклонному листу опоры, имеющему наклон к горизонту не менее 45°, то момент сопротивления сечения гофров может рассчитываться, принимая эффективность стенок гофров в полном объеме. Для углов наклона менее 45 % эффективность стенки может получаться линейной интерполяцией от 30 % для 0° до 100 % для 45°.

При наличии гассетных листов при расчете момента сопротивления сечения гофров площадь листов фланцев может быть увеличена согласно д) выше. Это не относится к шедерным листам для ссыпания груза.

10.4.14 Моменты сопротивления в сечениях иных, чем нижние окончания гофров

Момент сопротивления должен рассчитываться, принимая эффективными стенки гофров и сжатый фланец, имеющий ширину b_{ef} не более полученной в [10.4.10].

10.4.15 Площадь сдвига

Площадь сдвига должна уменьшаться для учета возможной неперпендикулярности между стенками и фланцами гофров. Как правило, уменьшенная площадь сдвига может быть получена умножением площади сечения стенки на ($\sin\varphi$), где φ – угол между стенкой и фланцем гофра (см. рис. 28).

10.5 Проницаемые переборки

10.5.1 Проницаемые переборки, не служащие пиллерсами

Проницаемые переборки, не служащие пиллерсами, должны иметь ребра жесткости переборки при максимальной шпации равной:

0,9 м для поперечных переборок;

двум шпациям шпангоутов, но не более 1,5 м, для продольных переборок.

Высота ребра жесткости переборки должна быть не менее 1/12 длины ребра жесткости. Толщина нетто ребра жесткости переборки должна быть не менее требуемой для рассматриваемого листа переборки.

10.5.2 Проницаемые переборки, служащие пиллерсами

Проницаемые переборки, служащие пиллерсами, должны иметь ребра жесткости переборки при максимальной шпации равной:

двум шпациям шпангоутов, если шпация не превышает 0,75 м;
одной шпации шпангоутов, если шпация превышает 0,75 м.
Каждое вертикальное ребро жесткости вместе с шириной обшивки равной 35 толщинам нетто обшивки или 1/12 длины ребра жесткости, смотря по тому, что меньше, должно соответствовать применимым требованиям главы 6, раздел 2 к воспринимаемой нагрузке.
Для проницаемых переборок, подкрепляющих палубы с продольной системой набора, в районе подпалубных шпангоутов должны быть предусмотрены вертикальные балки.

10.6 Водонепроницаемые переборки шахт и туннелей

10.6.1 *См. Конвенцию СОЛАС, Главу II-1, Часть B, Правило 19.1.*
Водонепроницаемые шахты, туннели, коробчатые кили и вентиляционные каналы должны иметь такую же прочность, как и водонепроницаемые переборки на том же уровне. Способы обеспечения их водонепроницаемости, а также устройства закрытия для в них отверстий должны отвечать требованиям классификационного общества.

11 Пиллерсы

11.1 Общие положения

11.1.1 Пиллерсы должны, по возможности, устанавливаться в одной вертикальной плоскости. Если это невозможно, то должны предусматриваться средства для передачи их нагрузки на нижележащие подкрепления.

11.1.2 Пиллерсы должны устанавливаться в одной плоскости с днищевыми стрингерами или как можно ближе к ним, а конструкции над и под пиллерсом должны иметь достаточную прочность для обеспечения эффективного распределения нагрузки. Если пиллерсы на втором дне не располагаются на пересечении флоров и балок, то должны быть установлены частичные флоры или балки или равноценные конструкции в качестве подкрепления для пиллерсов.

11.1.3 Пиллерсы в цистернах должны быть сплошными или иметь профиль открытого типа. Пиллерсы, находящиеся в помещениях для грузов, которые могут выделять взрывоопасные газы, должны иметь профиль открытого типа.

11.1.4 Соединения
Верхний и нижний концы пиллерсов должны закрепляться толстыми накладными листами и кницами, если необходимо. При наличии вероятности, что пиллерсы будут подвергаться растягивающим нагрузкам таким, как в цистернах, концы пиллерсов должны быть надежно закреплены, чтобы выдержать растягивающие нагрузки, а накладные листы должны заменяться вварными листами.
Как правило, толщина нетто накладных листов должна быть не менее полутора толщин нетто пиллерса. Верхние и нижние концы пиллерсов должны привариваться непрерывным сварным швом.

Глава 4

Расчетные нагрузки

Раздел 1.	Общие положения
Раздел 2.	Качка судна и ускорения
Раздел 3.	Нагрузки на эквивалентный брус
Раздел 4.	Варианты нагрузки
Раздел 5.	Внешние давления
Раздел 6.	Внутренние давления и силы
Раздел 7.	Случаи загрузки
Раздел 8.	Инструкция по загрузке и прибор контроля загрузки
Приложение 1.	Кривые массы груза в трюмах
Приложение 2.	Стандартные случаи загрузки для анализа прямой прочности
Приложение 3.	Стандартные случаи загрузки для оценки усталостной прочности

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1 Общие положения

1.1

1.1.1 Для установления расчетных нагрузок, которые включают боковые нагрузки, перпендикулярные обшивке и нагрузки на эквивалентный брус на тихой воде и на волнении, используется метод эквивалентной расчетной волны.

1.1.2 Внешнее гидростатическое давление и внутреннее статическое давление от груза и балласта рассматриваются как боковые нагрузки на тихой воде. Внешнее гидродинамическое давление и внутреннее инерционное давление от груза и балласта рассматриваются как боковые нагрузки на волнении.

1.1.3 Вертикальная перерезывающая сила и изгибающий момент на тихой воде, вертикальная перерезывающая сила и изгибающий момент, вызванные волнением, а также горизонтальный изгибающий момент, вызванный волнением, рассматриваются как нагрузки на эквивалентный брус.

1.1.4 Напряжения от боковых нагрузок на волнении и нагрузки на эквивалентный брус на волнении должны комбинироваться с использованием коэффициентов сочетания нагрузок для каждой эквивалентной расчетной волны.

РАЗДЕЛ 2. КАЧКА СУДНА И УСКОРЕНИЯ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.

Параметр ускорения a_0, определяется по формуле:

$$a_0 = f_p\,(1{,}58 - 0{,}47\,C_B)\left(\frac{2{,}4}{\sqrt{L}} + \frac{34}{L} - \frac{600}{L^2}\right),$$

где T_R период бортовой качки, с, согласно [2.1.1];
θ отдельная амплитуда бортовой качки, град, согласно [2.1.1];
T_P период килевой качки, с, согласно [2.2.1];
Φ отдельная амплитуда килевой качки, град, согласно [2.2.1];
f_P коэффициент, соответствующий уровню вероятности, принимаемый равным:
$f_P = 1{,}0$ для оценок прочности, соответствующих уровню вероятности 10^{-8};
$f_P = 0{,}5$ для оценок прочности, соответствующих уровню вероятности 10^{-4}.

1 Общие положения

1.1

1.1.1 Качка судна и ускорения должны приниматься как периодические. Амплитуды качки, определенные по формулам настоящего раздела, являются амплитудами половины расстояния от вершины до подошвы волны.

1.1.2 В качестве альтернативы формулам настоящего Раздела, в обоснованных случаях, классификационное общество может допустить значения качки и ускорений, полученные при прямых расчетах или определенные по результатам модельных испытаний, на основании характеристик судна и предполагаемых условий эксплуатации. Как правило, определяемые значения качки и ускорений те, которые могут быть достигнуты при уровне вероятности 10^{-8} или 10^{-4}. В любом случае результаты модельных испытаний или расчетов, включая принятые диаграммы и спектры рассеивания волн, должны быть представлены на одобрение классификационному обществу.

2 Абсолютная качка судна и ускорения

2.1 Бортовая качка

2.1.1 Период бортовой качки T_R, с, и отдельная амплитуда бортовой качки θ, град, определяются по формулам:

$$T_R = \frac{2{,}3\,k_r}{\sqrt{GM}};$$

$$\theta = \frac{9000\,(1{,}25 - 0{,}025\,T_R)\,f_p\,k_b}{(B + 75)\,\pi},$$

где k_b коэффициент, принимается равным:
$k_b = 1{,}2$ для судов без скулового киля;
$k_b = 1{,}0$ для судов со скуловым килем;
k_r радиус инерции боковой качки, м, для рассматриваемого случая загрузки. Если значение k_r неизвестно, то могут быть приняты значения указанные в табл. 1;
GM метацентрическая высота, м, для рассматриваемого случая загрузки. Если значение GM неизвестно, то могут быть приняты значения, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Значения k_r и GM

Случаи загрузки	k_r	GM
В полном грузу (чередующаяся или равномерная загрузка)	0,35 B	0,12 B
В нормальном балласте	0,45 B	0,33 B
В тяжелом балласте	0,40 B	0,25 B

2.2 Килевая качка

2.2.1 Период килевой качки T_P, с, и отдельная амплитуда килевой качки Ф, град, определяются по формулам:

$$T_P = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}};$$

$$\Phi = f_p \frac{960}{L}\sqrt[4]{\frac{V}{C_B}},$$

где $\lambda = 0{,}6\left(1 + \frac{T_{LC}}{T_S}\right)L.$

2.3 Вертикальная качка

2.3.1 Вертикальное ускорение под действием вертикальной качки, м/с², определяется по формуле:

$$a_{heave} = a_o g.$$

2.4 Поперечно-горизонтальная качка

2.4.1 Поперечное ускорение под действием поперечно-горизонтальной качки, м/с², определяется по формуле:

$$a_{sway} = 0{,}3\, a_o g.$$

2.5 Продольно-горизонтальная качка

2.5.1 Продольное ускорение под действием продольно-горизонтальной качки, м/с², определяется по формуле:

$$a_{surge} = 0{,}2\, a_o g.$$

3 Относительные ускорения судна

3.1 Общие положения

3.1.1 В любой точке ускорения в направлениях по осям X, Y и Z являются составляющими ускорения, которые возникают в следствии абсолютной качки и ускорений судна, согласно [2.1] – [2.5].

3.2 Ускорения

3.2.1 Исходные значения продольного, поперечного и вертикального ускорений в любой точке определяются по следующим формулам:

в продольном направлении:

$$a_X = C_{XG} g \sin\Phi + C_{XS} a_{surge} + C_{XP} a_{pitch\,x};$$

в поперечном направлении:

$$a_Y = C_{YG} g \sin\theta + C_{YS} a_{sway} + C_{YP} a_{roll\,y};$$

в вертикальном направлении:

$$a_Z = C_{ZH} a_{heavy} + C_{ZR} a_{roll\,z} + C_{ZP} a_{pitch\,z},$$

где C_{XG}, C_{XS}, C_{XP}, C_{YG}, C_{YS}, C_{YR}, C_{ZH}, C_{ZR} и C_{ZP} коэффициенты сочетания нагрузок, как указано в главе 4, раздел 4, [2.2];

$a_{pitch\,x}$ продольное ускорение под воздействием килевой качки, м/с²;

$$a_{pitch\,x} = \Phi \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_P}\right)^2 R;$$

$a_{roll\,y}$ поперечное ускорение под воздействием бортовой качки, м/с²

$$a_{roll\,y} = \theta \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_R}\right)^2 R;$$

$a_{roll\,z}$ вертикальное ускорение под воздействием бортовой качки, м/с²

$$a_{roll\,z} = \theta \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_R}\right)^2 y;$$

$a_{pitch\,z}$ вертикальное ускорение под воздействием килевой качки, м/с²

$$a_{pitch\,z} = \Phi \frac{\pi}{180} \left(\frac{2\pi}{T_P}\right)^2 R\,|(x - 0{,}45L)|,$$

где $|(x - 0{,}45L)|$ должно приниматься не менее $0{,}2L$;

$$R = z - \min\left(\frac{D}{4} + \frac{T_{LC}}{2}, \frac{D}{2}\right);$$

x, y, z координаты любой рассматриваемой точки, м, по осям X, Y и Z относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4.

РАЗДЕЛ 3. НАГРУЗКИ НА ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ БРУС

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.
x – координата исходной точки, м, по оси X относительно системы координат;
f_P – коэффициент, соответствующий уровню вероятности, как указано в главе 4, раздел 2.

1 Общие положения

1.1 Правило знаков для изгибающих моментов и перерезывающих сил

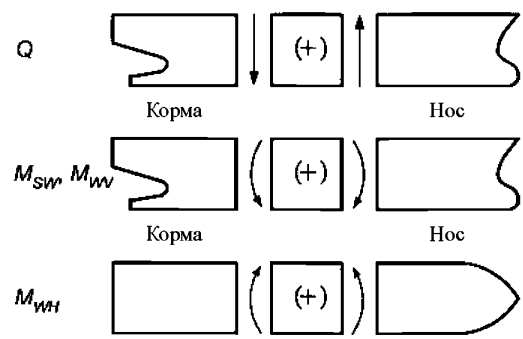
1.1.1 Для изгибающих моментов и перерезывающих сил должны приниматься абсолютные величины, включенные в настоящий раздел. Знак изгибающих моментов и перерезывающих сил должен учитываться, как указано в разделе 4, табл. 3. Правило знаков вертикальных изгибающих моментов, горизонтальных изгибающих моментов и перерезывающих сил в любом поперечном сечении судна показано на рис. 1, а именно:

вертикальные изгибающие моменты M_{SW} и M_{WV} положительные, когда они вызывают растягивающие напряжения в расчетной палубе (изгибающий момент, вызывающий перегиб корпуса), и отрицательные в противоположном случае (изгибающий момент, вызывающий прогиб корпуса);

горизонтальный изгибающий момент M_{WH} положительный, когда он вызывает растягивающие напряжения по правому борту, и отрицательный в противоположном случае;

вертикальная перерезывающая сила Q положительная в случае, когда направленные вниз результирующие силы приложены до рассматриваемого поперечного сечения, а направленные вверх результирующие силы приложены за сечением, и отрицательная в противоположном случае.

Рис. 1
Правило знаков для перерезывающих сил Q и изгибающих моментов M_{SW}, M_{WV} и M_{WH}



2 Нагрузки на тихой воде

2.1 Общие положения

2.1.1 Как правило, к каждому отдельному случаю загрузки должны быть приложены вертикальный изгибающий момент и перерезывающая сила на тихой воде. Судостроитель должен представить по каждому случаю загрузки расчет продольной прочности судна, как указано в главе 4, раздел 7.

Значения вертикального изгибающего момента и перерезывающей силы на тихой воде, должны рассматриваться как верхние пределы относительно прочности эквивалентного бруса.

Как правило, при расчетах M_{SW} и Q_{SW} должны учитываться расчетные случаи загрузки судна в грузу и в балласте, основанные на количестве топлива в топливной цистерне, количестве пресной воды и судовых запасов в начале и в конце рейса. Если количество и расположение судовых запасов на любой промежуточной стадии рейса считаются неблагоприятными, то дополнительно к расчетам в начале и в конце рейса должны быть представлены расчеты для таких промежуточных случаев загрузки. К тому же, если в течение рейса предполагается балластировка и/или дебалластировка, то должны быть представлены расчеты для промежуточного случая загрузки сразу до и после балластировки и/или дебалластировки любого балластного танка, а в случае одобрения таких расчетов, они должны быть включены в Инструкцию по загрузке.

2.1.2 Частично заполненные балластные цистерны для случаев загрузки в балласте

Случаи загрузки в балласте, включающие частично заполненные пиковые и/или другие балластные цистерны в начале, в конце рейса или на промежуточных стадиях, не должны использоваться в качестве расчетных условий кроме случаев, если:

пределы расчетных напряжений соответствуют всем уровням заполнения от пустого состояния до полного заполнения; и

продольная прочность эквивалентного бруса при затоплении для судов, в символе класса которых имеется знак **BC-A** или **BC-B**, согласно главе 5, раздел 1, [2.1.3] соответствует всем уровням заполнения от пустого до полного заполнения.

Однако, при проектировании допускается для каждого случая загрузки в начале, в конце рейса, и, в случае необходимости согласно [2.1.1], на любой промежуточной стадии принимать цистерны, предназначенные для частичного заполнения, пустыми и заполненными. Кроме того, должен быть рассмотрен заданный уровень частичного заполнения для предполагаемого случая загрузки.

2.1.3 Частично заполненные балластные цистерны для случаев загрузки в грузу

Для случаев загрузки судна в грузу требование [2.1.2] применимо только к пиковым цистернам.

2.2 Изгибающий момент на тихой воде

2.2.1 Расчетные изгибающие моменты на тихой воде $M_{SW,H}$ и $M_{SW,S}$ в любом поперечном сечении корпуса судна являются максимальными изгибающими моментами на тихой воде, рассчитанные в этом поперечном сечении при перегибе и прогибе, соответственно, для случаев загрузки, как указано в [2.1.1]. По усмотрению проектанта могут быть рассмотрены и большие значения.

2.2.2 Если расчетные изгибающие моменты на тихой воде не определены, то на стадии подготовки эскизного проекта в любом поперечном сечении корпуса судна можно использовать продольные распределения изгибающего момента на тихой воде, показанные на рис. 2.

Рис. 2
Предварительное распределение изгибающего момента на тихой воде



На рис. 2 M_{SW} – расчетный изгибающий момент на тихой воде в средней части судна при перегибе или прогибе, значения которых, кНм, должны приниматься не менее значений определяемых по следующим формулам:

при перегибе:

$$M_{SW,H} = 175\,CL^2B(C_B + 0{,}7)\,10^{-3} - M_{WV,H};$$

при прогибе:

$$M_{SW,S} = 175\,CL^2B(C_B + 0{,}7)\,10^{-3} - M_{WV,S},$$

где $M_{WV,H}$ и $M_{WV,S}$ вертикальные волновые изгибающие моменты, кНм, согласно [3.1].

2.3 Перерезывающая сила на тихой воде

2.3.1 Расчетная перерезывающая сила на тихой воде Q_{SW} в любом поперечном сечении корпуса судна – максимальная положительная или отрицательная перерезывающая сила, рассчитанная в этом поперечном сечении для случаев загрузки, согласно [2.1.1]. По усмотрению проектанта могут быть рассмотрены и большие значения.

2.4 Изгибающий момент и перерезывающая сила на тихой воде для судна в затопленном состоянии

2.4.1 Изгибающий момент на тихой воде $M_{SW,F}$ при перегибе и прогибе, и перерезывающая сила на тихой воде $Q_{SW,F}$ для судна в затопленном состоянии должны определяться по сценарию затопления, считая каждый грузовой трюм затопленным отдельно по соответствующему этому случаю затопления аварийную ватерлинию.
Это означает, что помещения двойного корпуса могут не считаться затопленными и грузовые трюмы – полностью затопленными, а только до аварийной ватерлинии.

2.4.2 Для расчета веса влившейся в трюм воды должны быть выполнены следующие допущения:

а) проницаемость пустых грузовых трюмов и пространства над грузом в загруженных трюмах, должна приниматься равной 0,95;
б) соответствующие значения проницаемости и плотности навалочных грузов должны быть приняты для любого перевозимого груза. Для железной руды должно приниматься минимальное значение проницаемости 0,3 при соответствующей плотности груза 3,0 т/м³. Для цемента должно приниматься минимальное значение проницаемости 0,3 при соответствующей плотности 1,3 т/м³. В связи с этим, термин «проницаемость», примененный к сплоченному навалочному грузу, означает отношение затопляемого объема между частицами, гранулами или другими фрагментами груза ко всему объему навалочного груза.

При загрузке пакетированным грузом (например, стальной прокат) фактическая плотность груза должна пониматься с нулевой проницаемостью.

2.4.3 Для определения количества влившейся в трюм воды, действующей на изгибающие моменты и перерезывающие силы эквивалентного бруса на тихой воде должны быть выполнены точные расчеты. Должны быть рассмотрены случаи загрузки, на которых основан проект судна, и для каждого из них следует рассмотреть затопление каждого грузового трюма до аварийной ватерлинии, соответствующее этому случаю. Таким образом, изгибающие моменты и перерезывающие силы на тихой воде должны рассчитываться для любой комбинации рассматриваемых случаев загрузки и затопленных грузовых трюмов.

3 Волновые нагрузки

3.1 Вертикальные волновые изгибающие моменты

3.1.1 Для судна в неповрежденном состоянии

Вертикальные волновые изгибающие моменты для судна в неповрежденном состоянии, в любом поперечном сечении корпуса судна, кНм, определяются по следующим формулам:

при перегибе:

$$M_{WV,H} = 190 F_M f_p CL^2 BC_B 10^{-3};$$

при прогибе:

$$M_{WV,S} = 110 F_M f_p CL^2 B(C_B + 0{,}7) 10^{-3},$$

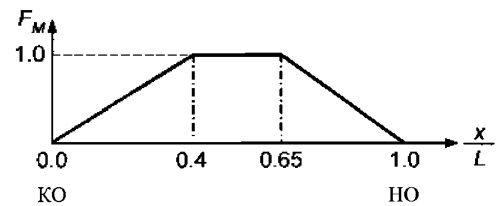
где F_M коэффициент распределения, определяемый по табл. 1 (см. также рис.3).

Таблица 1

Коэффициент распределения F_M

Расположение поперечного сечения корпуса судна	Коэффициент распределения F_M
$0 \le x < 0{,}4L$	$2{,}5\, x/L$
$0{,}4L \le x \le 0{,}65L$	1,0
$0{,}65L < x \le L$	$2{,}86(1 - x/L)$

Рис. 3
Коэффициент распределения F_M



3.1.2 Для судна в затопленном состоянии

Вертикальные волновые изгибающие моменты для судна в затопленном состоянии, в любом поперечном сечении корпуса судна, кНм, определяются по следующей формуле:

$$M_{WV,F} = 0{,}8 M_{WV},$$

где M_{WV}, согласно [3.1.1].

3.1.3 Для судна в условиях порта

Вертикальные волновые изгибающие моменты для судна в условиях порта, в любом поперечном сечении корпуса судна, кНм, определяются по следующей формуле:

$$M_{WV,P} = 0{,}4 M_{WV},$$

где M_{WV}, согласно [3.1.1].

3.2 Вертикальные волновые перерезывающие силы

3.2.1 Для судна в неповрежденном состоянии

Вертикальная волновая перерезывающая сила для судна в неповрежденном состоянии, в любом поперечном сечении корпуса судна, кН, определяется по следующей формуле:

$$Q_{WV} = 30 F_Q f_p CLB(C_B + 0{,}7) 10^{-2},$$

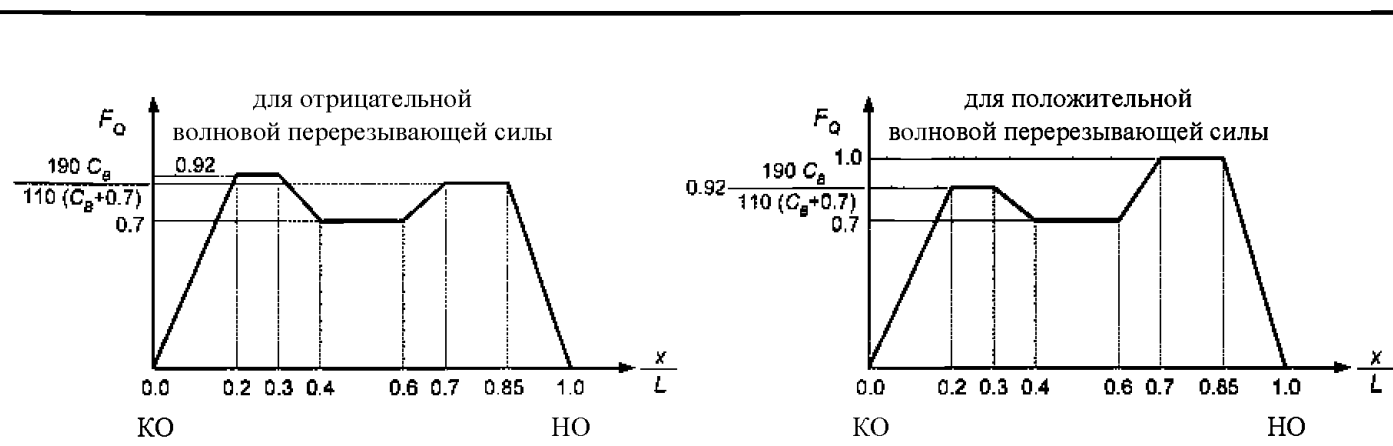
где F_Q коэффициент распределения, определяемый по табл. 2 для положительных и отрицательных перерезывающих сил (см. также рис. 4).

Таблица 2

Коэффициент распределения F_Q

Расположение поперечного сечения корпуса судна	**Коэффициент распределения F_Q**	
	Положительная волновая перерезывающая сила	**Отрицательная волновая перерезывающая сила**
$0 \le x < 0{,}2L$	$4{,}6Ax/L$	$4{,}6x/L$
$0{,}2L \le x \le 0{,}3L$	$0{,}92A$	0,92
$0{,}3L < x < 0{,}4L$	$(9{,}2A - 7)(0{,}4 - x/L) + 0{,}7$	$2{,}2(0{,}4 - x/L) + 0{,}7$
$0{,}4L \le x \le 0{,}6L$	0,7	0,7
$0{,}6L < x < 0{,}7L$	$3(x/L - 0{,}6) + 0{,}7$	$(10A - 7)(x/L - 0{,}6) + 0{,}7$
$0{,}7L \le x \le 0{,}85L$	1	A
$0{,}85L < x < L$	$6{,}67(1 - x/L)$	$6{,}67A(1 - x/L)$
Примечание: $A = 190C_B/110\,(C_B + 0{,}7)$		

Рис. 4
Коэффициент распределения F_Q



3.2.2 Для судна в затопленном состоянии

Вертикальная волновая перерезывающая сила для судна в затопленном состоянии, в любом поперечном сечении корпуса судна, кН, определяется по следующей формуле:

$$Q_{WV,F} = 0{,}8\,Q_{WV},$$

где Q_{WV}, согласно [3.2.1].

3.2.3 Для судна в условиях порта

Вертикальная волновая перерезывающая сила для судна в условиях порта, в любом поперечном сечении корпуса судна, кН, определяется по следующей формуле:

$$Q_{WV,P} = 0{,}4\,Q_{WV},$$

где Q_{WV}, согласно [3.2.1].

3.3 Горизонтальный волновой изгибающий момент

3.3.1 Горизонтальный волновой изгибающий момент в любом поперечном сечении корпуса судна, кНм, определяется по следующей формуле:

$$M_{WH} = \left(0{,}3 + \frac{L}{2000}\right) F_M f_p C L^2 T_{LC} C_B,$$

где F_M коэффициент распределения, согласно [3.1.1].

3.4 Волновой крутящий момент

3.4.1 Волновой крутящий момент в любом поперечном сечении корпуса судна, кНм, определяется по следующей формуле:

$$M_{WT} = f_p(|M_{WT1}| + |M_{WT2}|),$$

где $M_{WT1} = 0{,}4 \cdot C \sqrt{\frac{L}{T}} \cdot B^2 D \cdot C_B \cdot F_{T1}$;

$M_{WT2} = 0{,}22 C L B^2 C_B \cdot F_{T2}$;

F_{T1}, F_{T2} коэффициенты распределения, определяемые по следующим формулам:

$$F_{T1} = \sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right);$$

$$F_{T2} = \sin^2\left(\frac{2\pi x}{L}\right).$$

РАЗДЕЛ 4. ВАРИАНТЫ НАГРУЗКИ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.

a_{surge}, $a_{pitch\,x}$, a_{sway}, $a_{roll\,y}$, a_{heave}, $a_{roll\,z}$, $a_{pitch\,z}$ – составляющие ускорения, как указано в главе 4, раздел 2.

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Варианты нагрузки, содержащиеся в настоящем разделе, должны использоваться для:

анализа местной прочности листовых конструкций, обычных ребер жесткости и главных несущих элементов согласно применимым требованиям главы 6, разделы 1, 2 и 4 соответственно;

анализа прямой прочности конструктивных элементов согласно применимым требованиям главы 7;

проверки усталостной прочности конструктивных деталей согласно применимым требованиям главы 8.

1.1.2 Для анализа местной прочности и анализа прямой прочности вариантами нагрузки являются взаимоисключающие варианты нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, указанные в [2].

1.2 Эквивалентная расчетная волна

1.2.1 Регулярное волнение, вызывающее реакцию отклика, равноценные долгосрочным значениям составляющих нагрузки, которые считаются преобладающими для конструктивных элементов, рассматривается как эквивалентное расчетное волнение. Оно включает:

регулярное волнение, при котором волновой вертикальный изгибающий момент, становится максимальным на встречном волнении (эквивалентная расчетная волна “H”);

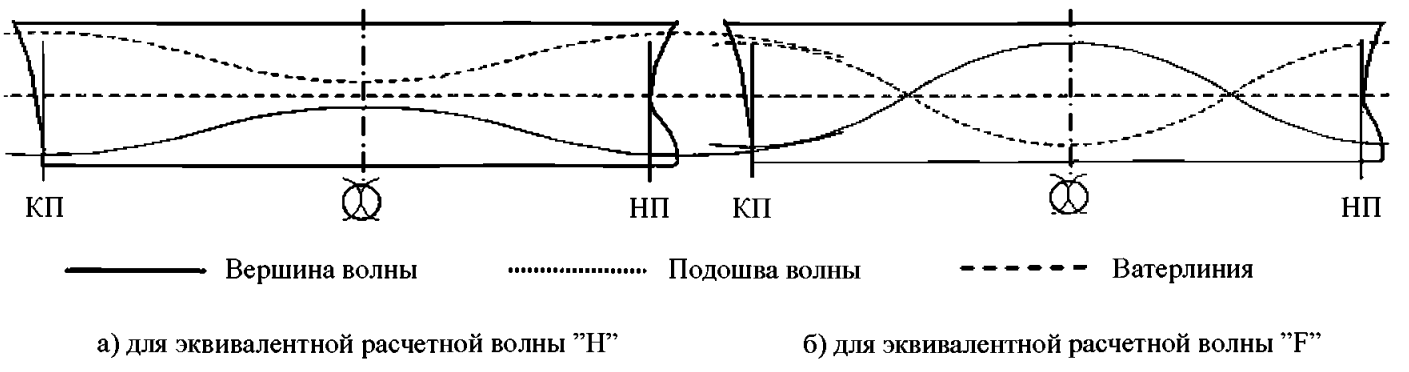
регулярное волнение, при котором волновой вертикальный изгибающий момент, становится максимальным на попутном волнении (эквивалентная расчетная волна “F”);

регулярное волнение, при котором бортовая качка становится максимальной (эквивалентная расчетная волна “R”);

регулярное волнение, при котором гидродинамическое давление на уровне ватерлинии становится максимальным (эквивалентная расчетная волна “P”).

Определения вершины волны и подошвы волны для эквивалентной расчетной волны “H” и эквивалентной расчетной волны “F” показаны на рис. 1. Определения нижнего и верхнего положения наветренного борта для эквивалентной расчетной волны “R” и эквивалентной расчетной волны “P” показаны на рис. 2.

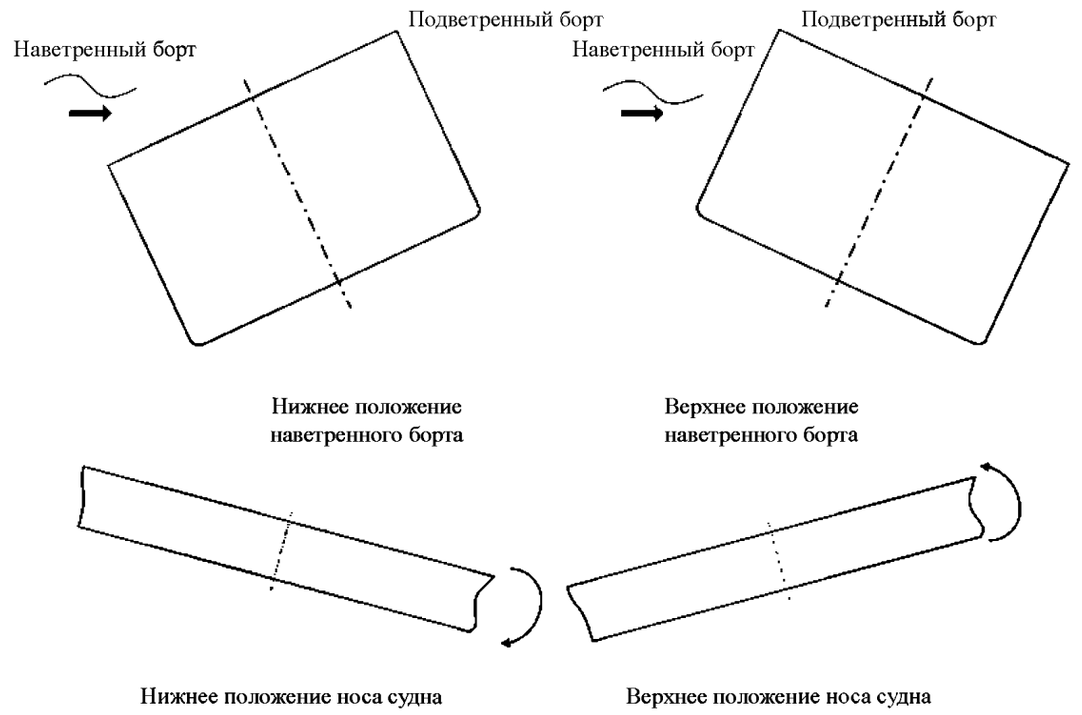
Рис. 1
Определение вершины волны и подошвы волны для эквивалентной расчетной волны типа ”H” и эквивалентной расчетной волны ”F”



а) для эквивалентной расчетной волны ”H”

б) для эквивалентной расчетной волны ”F”

Рис. 2
Определение качки судна



2 Варианты нагрузки

2.1 Общие положения

2.1.1 Варианты нагрузки, соответствующие эквивалентному расчетному волнению, указаны в табл. 1. Соответствующие нагрузки на эквивалентный брус и виды качки судна указаны в табл. 2. Если конструкция судна или случай загрузки судна несимметричны относительно диаметральной плоскости судна, то варианты нагрузки (R1, R2, P1 и P2), соответствующие боковому волнению, при котором встречная волна набегает с правого борта (в этом случае правый борт является наветренным бортом), должны быть также включены в оценку конструктивной прочности.

Таблица 1

Определение вариантов нагрузки

Вариант нагрузки	**H1**	**H2**	**F1**	**F2**	**R1**	**R2**	**P1**	**P2**
Эквивалентная расчетная волна	"H"		"F"		"R"		"P"	
Курс	Встречное волнение		Попутное волнение		Боковое волнение (Левый борт – наветренный)		Боковое волнение (Левый борт – наветренный)	
Результат	Максимальный изгибающий момент		Максимальный изгибающий момент		Максимальная бортовая качка		Максимальное внешнее давление	
	Прогиб	Перегиб	Прогиб	Перегиб	(+)	(–)	(+)	(–)

Таблица 2

Исходные нагрузки на эквивалентный брус и виды качки судна

Вариант нагрузки	**H1**	**H2**	**F1**	**F2**	**R1**	**R2**	**P1**	**P2**
Вертикальной изгибающий момент и перерезывающая сила	Да		Да		–		Да	
Горизонтальный изгибающий момент	–		–		Да		–	
Вертикальная качка	Вниз	Вверх	–	–	Вниз	Вверх	Вниз	Вверх
Килевая качка	Нос вниз	Нос вверх	–	–	–	–	–	–
Бортовая качка	–	–	–	–	ПБ вверх	ПБ вниз	ПБ вверх	ПБ вниз
Продольно-горизонтальная качка	Корма	Нос	–	–	–	–	–	–
Поперечно-горизонтальная качка	–	–	–	–	–	–	ЛБ	ПБ

2.2 Коэффициенты сочетания нагрузок

2.2.1 Нагрузки на эквивалентный брус и составляющие ускорения, рассматриваемые при каждом варианте нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, определяются умножением исходного значения каждой составляющей на соответствующий коэффициент сочетания нагрузок, как указано в табл. 3.

2.2.2 Вертикальный изгибающий момент на тихой воде должен добавляться к нагрузкам на эквивалентный брус на волнении, рассчитанным с учетом коэффициентов сочетания нагрузок.

2.2.3 Внутренние нагрузки являются суммой статических давлений или сил, вызванных весом перевозимых грузов, включая расположенные на палубе, и инерционных давлений или сил, вызванных ускорениями, приложенными к этим грузам и рассчитанными с учетом коэффициентов сочетания нагрузок.

Таблица 3

Коэффициенты сочетания нагрузок

	Коэффициент сочетания нагрузок	**H1**	**H2**	**F1**	**F2**	**R1**	**R2**	**P1**	**P2**
M_{WV}	C_{WV}	-1	1	-1	1	0	0	$0{,}4 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 0{,}4$
Q_{WV}	$C_{QW}{}^{(1)}$	-1	1	-1	1	0	0	$0{,}4 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 0{,}4$
M_{WH}	C_{WH}	0	0	0	0	$1{,}2 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 1{,}2$	0	0
a_{surge}	C_{XS}	-0,8	0,8	0	0	0	0	0	0
$a_{pitch\,x}$	C_{XP}	1	-1	0	0	0	0	0	0
$g \sin\Phi$	C_{XG}	1	-1	0	0	0	0	0	0
a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0	0	0	1	-1
$a_{roll\,y}$	C_{YR}	0	0	0	0	1	-1	0,3	-0,3
$g \sin\theta$	C_{YG}	0	0	0	0	1	-1	0,3	-0,3
a_{heave}	C_{ZH}	$0{,}6\frac{T_{LC}}{T_S}$	$-0{,}6\frac{T_{LC}}{T_S}$	0	0	$\frac{\sqrt{L}}{40}$	$-\frac{\sqrt{L}}{40}$	1	-1
$a_{roll\,z}$	C_{ZR}	0	0	0	0	1	-1	0,3	-0,3
$a_{pitch\,z}$	C_{ZP}	1	-1	0	0	0	0	0	0

(1) Коэффициент сочетания нагрузок для C_{QW} используется только для кормовой части миделя. Его обратное значение должно использоваться для носовой части миделя.

РАЗДЕЛ 5. ВНЕШНИЕ ДАВЛЕНИЯ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.

L_2 длина судна L согласно Правил, но должна приниматься не более 300 м;

C волновой коэффициент, как указано в главе 1, раздел 4, [2.3.1];

λ длина волны, м, соответствующая варианту нагрузки, согласно [1.3.1], [1.4.1] и [1.5.1];

f_p коэффициент, соответствующий уровню вероятности, как указано в главе 4, раздел 2;

T_{LCi} осадка в рассматриваемом поперечном сечении, м, в рассматриваемом случае загрузки;

B_i теоретическая ширина на уровне ватерлинии, м, в рассматриваемом поперечном сечении;

x, y, z координаты точки нагрузки, м, по осям X, Y и Z относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4.

1 Внешнее давление моря на бортовую обшивку и днище

1.1 Общие положения

1.1.1 Суммарное давление p в любой точке корпуса судна, кН/м², определяемое по формуле ниже, не должно быть отрицательным:

$$p = p_S + p_W,$$

где p_S гидростатическое давление, согласно [1.2];

p_W волновое давление, равное гидродинамическому давлению, как указано в [1.3], [1.4] или [1.5], в зависимости от обстоятельств, и исправленное согласно [1.6].

1.2 Гидростатическое давление

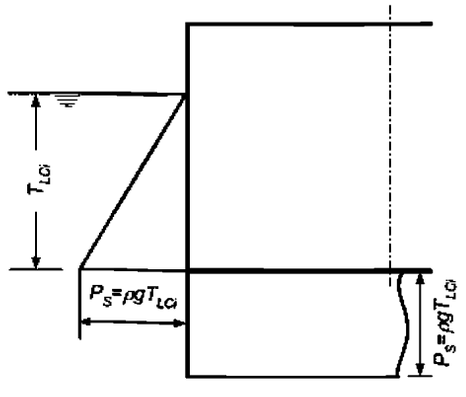
1.2.1 Гидростатическое давление p_S в любой точке корпуса судна, кН/м², соответствующее осадке на тихой воде, определяется для каждого случая загрузки по формуле табл. 1 (см. также рис. 1).

Таблица 1

Гидростатическое давление p_S

Расположение	Гидростатическое давление p_S, кН/м²
Точки на ватерлинии и ниже ($z \le T_{LCi}$)	$\rho g (T_{LCi} - z)$
Точки выше ватерлинии ($z > T_{LCi}$)	0

Рис. 1
Гидростатическое давление p_S



1.3 Гидродинамические давления для вариантов нагрузки H1, H2, F1 и F2

1.3.1 Гидродинамические давления p_H и p_F, кН/м², для вариантов нагрузки H1, H2, F1 и F2 в любой точке корпуса судна ниже ватерлинии определяются по формулам табл. 2.
Распределение давления p_{F2} схематично показано на рис. 2.

Таблица 2

Гидродинамические давления для вариантов нагрузки H1, H2, F1 и F2

Вариант нагрузки	Гидродинамическое давление, кН/м²,
H1	$p_{H1} = -k_l k_p p_{HF}$
H2	$p_{H2} = k_l k_p p_{HF}$
F1	$p_{F1} = -p_{HF}$
F2	$p_{F2} = p_{HF}$

где $p_{HF} = 3 f_p f_{nl} C \sqrt{\dfrac{L + \lambda - 125}{L}} \left(\dfrac{z}{T_{LCi}} + \dfrac{|2y|}{B_i} + 1 \right)$; при $\dfrac{|2y|}{B_i} \le 1{,}0$ и значение z не должно приниматься больше T_{LCi};

f_{nl} коэффициент, учитывающий нелинейный характер, принимается равным:
$f_{nl} = 0{,}9$ для уровня вероятности 10^{-8};
$f_{nl} = 1{,}0$ для уровня вероятности 10^{-4};

k_l коэффициент амплитуды в продольном направлении судна, принимается равным:

$$k_l = 1 + \frac{12}{C_B} \left(1 - \sqrt{\frac{|2y|}{B}} \right) \left| \frac{x}{L} - 0{,}5 \right|^3 \quad \text{при } 0{,}0 \le x/L \le 0{,}5;$$

$$k_l = 1 + \frac{6}{C_B} \left(3 - \frac{|4y|}{B} \right) \left| \frac{x}{L} - 0{,}5 \right|^3 \quad \text{при } 0{,}5 \le x/L \le 1{,}0;$$

k_p коэффициент фазы в продольном направлении судна, принимается равным:

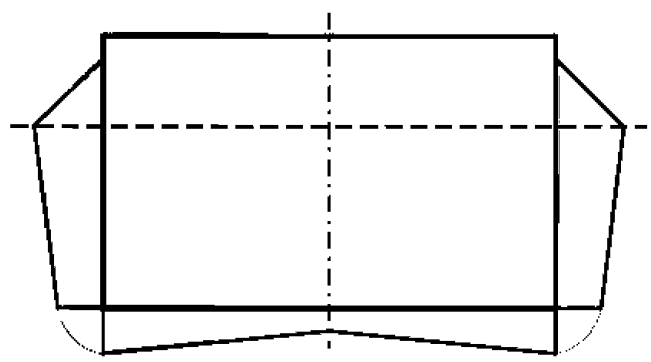
$k_p = \left(1{,}25 - \dfrac{T_{LC}}{T_S} \right) \cos\left(\dfrac{2\pi |x - 0{,}5L|}{L} \right) - \dfrac{T_{LC}}{T_S} + 0{,}25$, для анализа местной прочности в случаях загрузки иных, чем в полном грузу, для анализа прямой прочности и для оценок усталостной прочности;
$k_p = -1{,}0$ для анализа местной прочности для случая загрузки в полном грузу;

λ длина волны, м, принимается равной:

$\lambda = 0{,}6 \left(1 + \dfrac{T_{LC}}{T_S} \right) L$ для вариантов нагрузки H1 и H2;

$\lambda = 0{,}6 \left(1 + \dfrac{2}{3} \cdot \dfrac{T_{LC}}{T_S} \right) L$ для вариантов нагрузки F1 и F2.

Рис. 2
Распределение гидродинамического давления p_{F2} на миделе



1.4 Гидродинамические давления для вариантов нагрузки R1 и R2

1.4.1 Гидродинамические давления p_R, кН/м², для вариантов нагрузки R1 и R2 в любой точке корпуса судна ниже ватерлинии должны определяться по формулам ниже. Распределение давления p_{R1} схематично показано на рис. 3.

$$p_{R1} = f_{nl}\left(10\,y\sin\theta + 0{,}88 f_p C\sqrt{\frac{L+\lambda-125}{L}}\left(\frac{|2y|}{B_i}+1\right)\right);$$

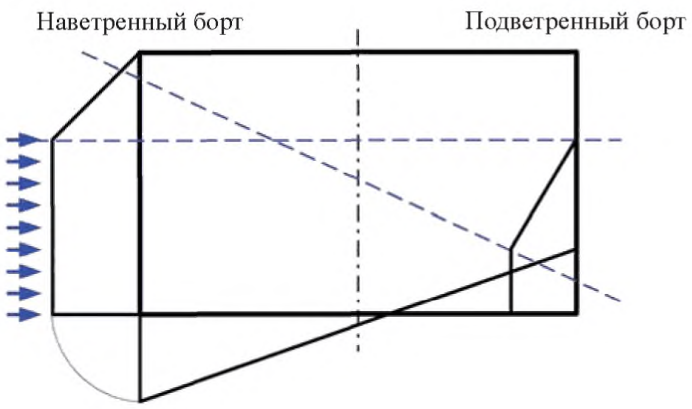
$$p_{R2} = -p_{R1},$$

где f_{nl} коэффициент, учитывающий нелинейный характер, принимается равным:
$f_{nl} = 0{,}8$ для уровня вероятности 10^{-8};
$f_{nl} = 1{,}0$ для уровня вероятности 10^{-4};

$$\lambda = \frac{g}{2\pi}T_R^2;$$

y координата точки нагрузки, м, по оси Y принимается положительной по левому борту.

Рис. 3
Распределение гидродинамического давления p_{R1} на миделе



1.5 Гидродинамические давления для вариантов нагрузки P1 и P2

1.5.1 Гидродинамические давления p_P, кН/м², для вариантов нагрузки P1 и P2 в любой точке корпуса судна ниже ватерлинии должны определяться по формулам табл. 3. Распределение давления p_{P1} схематично показано на рис. 4.

Таблица 3

Гидродинамические давления для вариантов нагрузки P1 и P2

Вариант нагрузки	Гидродинамическое давление, кН/м²,	
	Наветренный борт	Подветренный борт
P1	$p_{P1} = p_P$	$p_{P1} = p_P / 3$
P2	$p_{P2} = -p_P$	$p_{P2} = -p_P / 3$

где $p_p = 4{,}5 f_p f_{nl} C\sqrt{\frac{L+\lambda-125}{L}}\left(2\frac{|z|}{T_{LCi}}+3\frac{|2y|}{B_i}\right);$

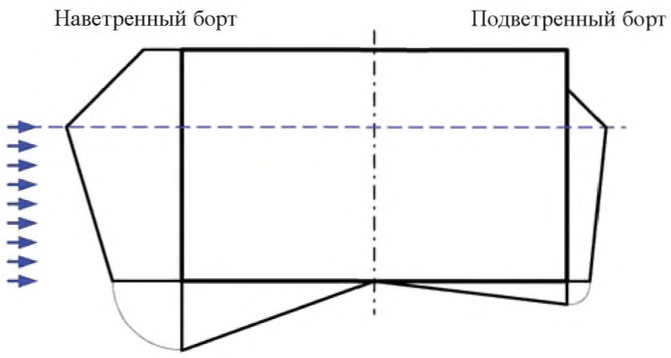
f_{nl} коэффициент, учитывающий нелинейный характер, принимается равным:
$f_{nl} = 0{,}65$ для уровня вероятности 10^{-8};

$f_{nl} = 1{,}0$ для уровня вероятности 10^{-4};

$$\lambda = \left(0{,}2 + 0{,}4\frac{T_{LC}}{T_S}\right)L;$$

y координата точки нагрузки, м, по оси Y согласно [1.4.1].

Рис. 4
Распределение гидродинамического давления p_{P1} на миделе



1.6 Поправка к гидродинамическим давлениям

1.6.1 Для положительного гидродинамического давления на уровне ватерлинии (при вариантах нагрузки H1, H2, F1, R1, R2 и P1) гидродинамическое давление $P_{W,C}$ на борт выше ватерлинии, кН/м², определяется по формулам (см. рис. 5):

$p_{W,C} = p_{W,WL} + \rho g\,(T_{LCi} - z)$ при $T_{LCi} \le z \le h_W + T_{LCi}$;

$p_{W,C} = 0$ при $z \ge h_W + T_{LCi}$,

где $p_{W,WL}$ положительное гидродинамическое давление на уровне ватерлинии для рассматриваемого варианта нагрузки;

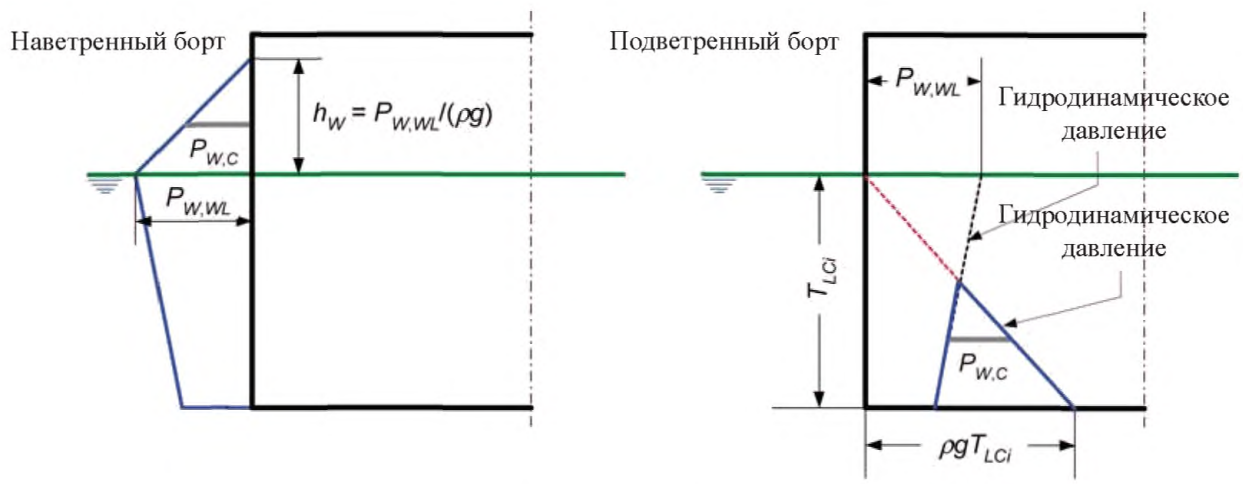
$$h_W = \frac{p_{W,WL}}{\rho g}.$$

1.6.2 Для отрицательного гидродинамического давления на уровне ватерлинии (при вариантах нагрузки H1, H2, F2, R1, R2 и P2) гидродинамическое давление $p_{W,C}$ ниже ватерлинии, кН/м², определяется по формуле (см. рис. 5):

$p_{W,C} = p_W$ – принимается не менее $\rho g\,(z - T_{LCi})$,

где p_W отрицательное гидродинамическое давление ниже ватерлинии для рассматриваемого варианта нагрузки.

Рис. 5
Поправка к гидродинамическому давлению



При положительном гидродинамическом давлении

При отрицательномгидродинамическом давлении

2 Внешние давления на открытых палубах

2.1 Общие положения

2.1.1 Если на открытой палубе установлен волнолом, то для площади открытой палубы расположенной в корму от волнолома не допускается никакого уменьшения внешних давлений, согласно [2.2] и [2.3].

2.2 Варианты нагрузки H1, H2, F1 и F2

2.2.1 Внешнее давление p_D, кН/м², для вариантов нагрузки H1, H2, F1 и F2 в любой точке открытой палубы определяется по формуле:

$$p_D = \varphi p_W,$$

где p_W давление, определяемое по формулам табл. 4;
φ коэффициент, указанный в табл. 5.

Таблица 4

Давления на открытых палубах для вариантов нагрузки H1, H2, F1 и F2

Расположение	**Давление p_W, кН/м²**	
	$L_{LL} \geq 100$ м	**$L_{LL} < 100$ м**
$0 \leq x/L_{LL} \leq 0{,}75$	34,3	$14{,}9 + 0{,}195 L_{LL}$
$0{,}75 < x/L_{LL} < 1$	$34{,}3 + (14{,}8 + a(L_{LL} - 100))\left(4\frac{x}{L_{LL}} - 3\right)$	$12{,}2 + \frac{L_{LL}}{9}\left(5\frac{x}{L_{LL}} - 2\right) + 3{,}6\frac{x}{L_{LL}}$
где a коэффициент, принимаемый равным: $a = 0{,}0726$ для судов типа B с назначенным надводным бортом; $a = 0{,}356$ для судов типа B-60 или B-100 с назначенным надводным бортом.		

Таблица 5

Коэффициент для давления на открытых палубах

Расположение открытой палубы	φ
Палуба надводного борта и палуба бака	1,00
Палуба надстройки, исключая палубу бака	0,75
1-ый ярус рубки	0,56
2-ой ярус рубки	0,42
3-ий ярус рубки	0,32
4-ый ярус рубки	0,25
5-ый ярус рубки	0,20
6-ой ярус рубки	0,15
7-ой ярус рубки и выше	0,10

2.3 Варианты нагрузки R1, R2, P1 и P2

2.3.1 Внешнее давление p_D, кН/м², для вариантов нагрузки R1, R2, P1 и P2 в любой точке открытой палубы определяется по формуле:

$$p_D = 0{,}4\,\varphi\,p_W,$$

где p_W гидродинамическое давление по борту открытой палубы для вариантов нагрузки P1, P2, R1 и R2, кН/м², может быть определено согласно [1.6] на оси координат z. Значение p_W должно приниматься как наибольшее из гидродинамических давлений p_{WC} по обоим бортам открытой палубы (ЛБ и ПБ) и должно приниматься не менее нуля;

φ коэффициент, определяемый по табл. 5.

2.4 Нагрузка, воспринимаемая открытой палубой

2.4.1 Давление, возникающее вследствие воздействия распределенной нагрузки

Если на открытую палубу воздействует распределенная нагрузка, то статическое давление p_S, соответствующее этой нагрузке, должно определяться проектантом и, как правило, не должно приниматься менее 10 кН/м².

Суммарное давление p от такой нагрузки не должно рассматриваться одновременно с давлениями, указанными в [2.2] и [2.3]. Оно должно приниматься равным, кН/м², наибольшему значению, определяемому по следующим формулам:

$$p = p_S + p_W;$$

$$p = p_D,$$

где p_S статическое давление от распределенной нагрузки, если имеется;

p_W динамическое давление от распределенной нагрузки, кН/м², принимается равным:

$$p_W = \frac{a_z}{g} p_S;$$

a_Z вертикальное ускорение в центре тяжести распределенной нагрузки для рассматриваемого варианта нагрузки, м/с², определяется по формулам, как указано в главе 4, раздел 2, [3.2];

p_D давление на открытую палубу для рассматриваемого варианта нагрузки согласно [2.2.1] и [2.3.1].

2.4.2 Сосредоточенные силы, возникающие вследствие воздействия единичной нагрузки

Если на открытую палубу воздействует единичная нагрузка, то рассматриваются статические и динамические силы, возникшие вследствие этой нагрузки.

Суммарная сила F от такой нагрузки не должна рассматриваться одновременно с давлениями согласно [2.2] и [2.3]. Она должна приниматься, кН, равной значению, определяемому по следующей формуле:

$$F = F_S + F_W,$$

где F_S статическая сила от единичной нагрузки, кН, принимается равной:
$F_S = m_U g$;
F_W динамическая сила от единичной нагрузки, кН, принимается равной:
$F_W = m_U a_Z$;
m_U масса единичной нагрузки, т;
a_Z вертикальное ускорение в центре тяжести единичной нагрузки для рассматриваемого варианта нагрузки, м/с², определяемое по формулам, указанным в главе 4, раздел 2, [3.2].

3 Внешние давления на надстройку и рубки

3.1 Открытые палубы

3.1.1 Внешние давления на открытые палубы надстроек и рубок должно определяются согласно [2].

3.2 Открытая палуба рулевой рубки

3.2.1 Боковое давление, кН/м², для открытой палубы рулевой рубки должно приниматься не менее:

$p = 2{,}5$.

3.3 Борта надстроек

3.3.1 Боковое давление для бортов надстройки, кН/м², определяется по следующей формуле:

$$p_{SI} = 2{,}1 C f_p c_F (C_B + 0{,}7) \frac{20}{10 + z - T},$$

где f_p коэффициент вероятности, принимаемый равным:
$f_p = 1{,}0$ для пластин;
$f_p = 0{,}75$ для обычных ребер жесткости и главных несущих элементов;
c_F коэффициент распределения согласно табл. 6.

Таблица 6

Коэффициент распределения c_F

Положение	c_F
$0 \le x/L < 0{,}2$	$1{,}0 + \frac{5}{C_B}\left(0{,}2 - x/L\right)$, x/L не должно приниматься менее 0,1
$x/L \ge 0{,}2$	1,0

3.4 Концевые переборки надстройки и стенки рубок

3.4.1 Боковое давление, кН/м², для определения размеров принимается по наибольшим значениям из следующих формул:

$$p_A = n c\,[b\,C - (z - T)];$$

$$p_A = p_{Amin},$$

где n коэффициент, определяемый по табл. 7 в зависимости от уровня яруса.
Нижний ярус обычно располагается непосредственно над верхней непрерывной палубой, до которой должна измеряться высота борта D. Однако, если фактическое расстояние превышает минимальное некорректированное табличное значение надводного борта согласно Международной конвенции о грузовой марке с Поправками, по крайней мере, на одну стандартную высоту надстройки, как указано в главе 1, раздел 4, [3.18.1], то вышеуказанный ярус может считаться 2-ым ярусом, а ярус выше – 3-им ярусом;

c коэффициент, принимаемый равным:
$c = 0{,}3 + 0{,}7b_1/B_1$;
Для открытых частей машинных шахт коэффициент c должен приниматься не менее 1,0;
b_1 ширина рубки в рассматриваемом месте;
B_1 фактическая наибольшая ширина судна по открытой верхней палубе в рассматриваемом месте;
b_1/B_1 должно приниматься не менее 0,25;
b коэффициент, определяемый по табл. 8;
x координата расчетной точки для рассматриваемой переборки, м, по оси X. При определении стенок рубки последняя должна подразделяться на части примерно равной длины не более $0{,}15L$ каждая, а x принимается как координата центра каждой рассматриваемой части по оси X;
z координата, м, середины пролета ребра жесткости или середины поверхности листа по оси Z;
l пролет, м, принимаемый как высота надстройки или рубки соответственно, но не менее 2,0 м;
p_{Amin} минимальное боковое давление, кН/м², согласно табл. 9.

Таблица 7

Коэффициент n

Тип переборки	Расположение	n
Незащищенная носовая переборка	Нижний ярус	$20 + L_2/12$
	2-ой ярус	$10 + L_2/12$
	3-ий ярус и выше	$5 + L_2/15$
Защищенная носовая переборка	Все ярусы	$5 + L_2/15$
Бортовая переборка	Все ярусы	$5 + L_2/15$
Кормовая концевая переборка	Расположенная в корму от миделя	$7 + L_2/100 - 8x/L_2$
	Расположенная в нос от миделя	$5 + L_2/100 - 4x/L_2$

Таблица 8

Коэффициент b

Расположение переборки	b
$x/L < 0{,}45$	$1{,}0 + \left(\frac{x/L - 0{,}45}{C_B + 0{,}2}\right)^2$
$x/L \geq 0{,}45$	$1{,}0 + 1{,}5\left(\frac{x/L - 0{,}45}{C_B + 0{,}2}\right)^2$
где C_B коэффициент общей полноты: $0{,}6 \leq C_B \leq 0{,}8$. При определении размеров кормовых концевых переборок в нос от миделя C_B не может быть меньше 0,8.	

Таблица 9

Минимальное боковое давление p_{Amin}

	p_{Amin}, кН/м²	
L	Нижний ярус незащищенной носовой переборки	Остальные ярусы[1]
$90 < L \leq 250$	$25 + L/10$	$12{,}5 + L/10$
$L > 250$	50	25
[1] Для 4-го яруса и выше p_{Amin} должно приниматься равным 2,5 кН/м².		

4 Давление в носовой оконечности

4.1 Давление в районе развала шпангоутов в носу

4.1.1 Давление в носовой части, кН/м², рассматриваемое для подкрепления в районе развала шпангоутов в носу, определяется по следующей формуле:

$$p_{FB} = K(p_S + p_W),$$

где p_S, p_W гидростатическое и максимальное гидродинамическое давления для вариантов нагрузки H, F, R и P, рассчитанные для судна в нормальном балласте при осадке T_B;

K коэффициент, принимаемый равным:

$$K = \frac{c_{FL}(0{,}2V + 0{,}6\sqrt{L})^2}{42C(C_B + 0{,}7)\left(1 + \frac{20}{C_B}\left(\frac{X}{L} - 0{,}7\right)^2\right)}(10 + z - T_B)$$ должен приниматься не менее 1,0;

c_{FL} коэффициент, принимаемый равным:

$c_{FL} = 0{,}8$ в общем случае;

$c_{FL} = 0{,}4/(1{,}2 - 1{,}09 \sin\alpha)$ если угол развала $\alpha > 40°$.

4.2 Расчетное давление при днищевом слемминге

4.2.1 Давление при днищевом слемминге, кН/м², должно рассматриваться для подкрепления плоского днища в носу и определяется по следующей формуле:

$$p_{SL} = 162\, c_1 c_{SL}\sqrt{L} \qquad \text{при } L \le 150 \text{ м};$$

$$p_{SL} = 1984\, c_1 c_{SL}(1{,}3 - 0{,}002L) \qquad \text{при } L > 150 \text{ м},$$

где c_1 коэффициент, принимаемый равным:

$c_1 = 3{,}6 - 6{,}5(T_{BFP}/L)^{0{,}2}$, должен приниматься не более 1,0;

T_{BFP} наименьшая расчетная осадка в балласте, м, определяемая на носовом перпендикуляре для судна в нормальном балласте. Если предполагается использовать метод последовательной замены водяного балласта, то для последовательности замены балласта должна учитываться T_{BFP};

c_{SL} коэффициент распределения, принимаемый равным (см. рис. 6):

$c_{SL} = 0$ при $x/L \le 0{,}5$;

$c_{SL} = \dfrac{x/L - 0{,}5}{c_2}$ при $0{,}5 < x/L \le 0{,}5 + c_2$;

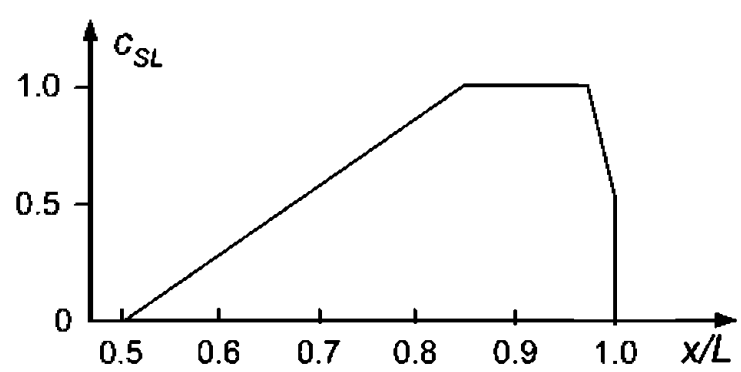
$c_{SL} = 0{,}1$ при $0{,}5 + c_2 < x/L \le 0{,}65 + c_2$;

$c_{SL} = 0{,}5\left(1 + \dfrac{1 - x/L}{0{,}35 - c_2}\right)$ при $x/L > 0{,}65 + c_2$;

c_2 коэффициент, принимаемый равным:

$c_2 = 0{,}33\, C_B + L/2500$, должен приниматься не более 0,35.

Рис. 6
Коэффициент распределения c_{SL}



4.2.2 На капитане судна, среди прочих обязанностей, лежит ответственность по наблюдению за погодными условиями и осадкой на носовом перпендикуляре во время операций по замене водяного балласта, в частности, когда осадка носом во время этих операций меньше T_{BFP}.
Вышеуказанное требование и осадка T_{BFP} должны быть четко указаны в руководствах по эксплуатации.

5 Внешнее давление на люковые закрытия

5.1 Общие положения

5.1.1 При перевозке на люковых закрытиях конкретного груза давление должно определяться согласно [2.4].

5.2 Волновое давление

5.2.1 Давление в любой точке люкового закрытия должно определяться согласно [2.2.1], принимая φ равным 1,0. Однако, если люк расположен, по крайней мере, на высоту одной стандартной надстройки выше палубы надводного борта, как указано в главе 1, раздел 4, [3.18], то давление p_W может быть принято равным 34,3 кН/м².

РАЗДЕЛ 6. ВНУТРЕННИЕ ДАВЛЕНИЯ И СИЛЫ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.

ρ_C плотность сухого навалочного груза, т/м³, принимаемая равной:
значению в табл. 1 для судов длиной 150 м и более;
максимальной плотности из Инструкции по загрузке для судов длиной менее 150 м;

Таблица 1

Плотность сухого навалочного груза

Вид загрузки	Плотность	
	BC-A, BC-B	BC-C
Грузовой трюм заполнен до верхней палубы	max (M_H/V_{HP} 1,0)	1,0
Грузовой трюм не заполнен до верхней палубы	3,0[1]	–
[1] Если иное не задано проектантом.		

ρ_L плотность жидкости на борту судна, т/м³, принимаемая равной 1,025, если такой жидкостью является водяной балласт;

M_H фактическая масса груза в грузовом трюме, соответствующая равномерной загрузке при максимальной осадке, т;

V_H объем, м³, грузового трюма, исключая объем, охватываемый комингсами грузовых люков;

K_C коэффициент, принимаемый равным:

$K_C = \cos^2\alpha + (1 - \sin\psi)\sin^2\alpha$ для второго дна, скуловой цистерны, поперечных и продольных переборок, нижней опоры, вертикальной верхней опоры, внутреннего борта и бортовой обшивки;

$K_C = 0$ для бортовой подпалубной цистерны, верхней палубы и верхней наклонной опоры;

α угол, град, между рассматриваемой панелью и горизонтальной плоскостью;

ψ принятый угол естественного откоса, град, навалочного груза (рассматривая грузовой трюм как сухой и пустой); при отсутствии более точной оценки могут быть приняты следующие значения:

$\psi = 30°$ в общем случае,

$\psi = 35°$ для железной руды,

$\psi = 25°$ для цемента;

h_C вертикальное расстояние, м, от второго дна до верхней поверхности навалочного груза согласно [1.1.1] или [1.1.2];

h_{DB} высота, м, двойного дна в диаметральной плоскости;

h_{LS} средняя высота, м, нижней опоры, измеренная от второго дна;

z_{TOP} координата, м, верха цистерны по оси Z, в прямом положении судна;

z_{BO} координата, м, верха переливной трубы по оси Z;

a_X продольное ускорение в центре тяжести рассматриваемого трюма или цистерны, м/с², определяемое по формулам, указанным в главе 4, раздел 2, [3.2];

a_Y поперечное ускорение в центре тяжести рассматриваемого трюма или цистерны, м/с², определяемое по формулам, указанным в главе 4, раздел 2, [3.2];

a_Z вертикальное ускорение в центре тяжести рассматриваемого трюма или цистерны, м/с², определяемое по формулам, указанным в главе 4, раздел 2, [3.2];

B_H средняя ширина грузового трюма, м;

b_{IB} ширина второго дна, м, как указано на рис. 2;

D_1 расстояние, м, на миделе по борту от основной линии до палубы надводного борта;

s_C расстояние между гофрами, м; см. главу 3, раздел 6, рис. 28;

x, y, z координаты, м, точки нагрузки по осям X, Y и Z относительно системы координат, указанной в главе 1, раздел 4. Координата y должна приниматься положительной для наветренного борта;

x_G, y_G, z_G координаты, м, центра тяжести рассматриваемого трюма или цистерны по осям X, Y и Z относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4;

d_{AP} расстояние от верха воздушной трубки до верха отсека, м, принимаемое равным: $d_{AP} = z_{BO} - z_{TOP}$.

1 Боковое давление сухого навалочного груза

1.1 Верхняя поверхность сухого навалочного груза

1.1.1 Если плотность сухого навалочного груза такова, что грузовой трюм заполнен до верха комингсов грузовых люков, то верхняя поверхность сухого навалочного груза является эквивалентной горизонтальной поверхностью, подлежащей определению при рассмотрении такого же загруженного объема в рассматриваемом трюме, ограниченном бортовой обшивкой или внутренним корпусом в зависимости от конкретного случая.

Для трюмов цилиндрической формы эквивалентная горизонтальная поверхность сухого навалочного груза может быть принята на расстоянии h_C, м, над вторым дном, определяемом по следующей формуле (см. рис. 1):

$$h_C = h_{HPU} + h_0,$$

где $h_0 = S_A / B_H$;

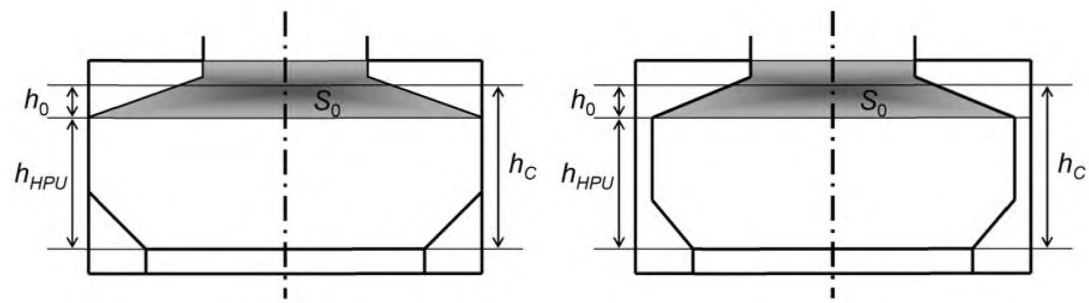
$S_A = S_0 + V_{HC} / l_H$;

h_{HPU} вертикальное расстояние, м, между вторым дном и нижним пересечением бортовой подпалубной цистерны с бортовой обшивкой или внутренним бортом, в зависимости от того, что применимо, как показано на рис. 1;

S_0 затененная площадь, м², над нижним пересечением бортовой подпалубной цистерны с бортовой обшивкой или внутренним бортом, в зависимости от того, что применимо, до уровня верхней палубы, как показано на рис. 1;

V_{HC} объем, м³, охватываемый комингсами грузовых люков.

Рис. 1
Определение h_C, h_0, h_{HPU} и S_0



Навалочное судно с одинарными бортами

Навалочное судно с двойными бортами

1.1.2 Если плотность сухого навалочного груза такова, что грузовой трюм не заполнен до верхней палубы, то верхняя поверхность сухого навалочного груза рассматривается как имеющая плоскую поверхность шириной $B_H/2$ в диаметральной плоскости, а наклонные участки – как имеющие угол наклона, равный половине угла естественного откоса ($\psi/2$) по бортам и должна определяться при рассмотрении такого же объема загруженного груза в рассматриваемом трюме, принимаемого равным M/ρ_C.

Для трюмов цилиндрической формы верхняя поверхность сухого навалочного груза может быть принята на расстоянии h_C, м, над вторым дном, определяемом по следующей формуле (см. рис. 2):

$$h_C = h_{HPL} + h_1 + h_2,$$

где h_{HPL} вертикальное расстояние, м, между вторым дном и верхним пересечением скуловой цистерны с внутренним бортом, как показано на рис. 2. Значение h_{HPL} должно приниматься равным 0 при отсутствии скуловой цистерны;

h_1 вертикальное расстояние, определяемое по следующей формуле (см. рис. 2):

$$h_1 = \frac{M}{\rho_C \cdot B_H l_H} - \frac{B_H + b_{IB}}{2B_H} h_{HPL} - \frac{3}{16} B_H \tan\frac{\psi}{2} + \frac{V_{TS}}{B_H l_H};$$

M масса, т, рассматриваемого навалочного груза, как указано в главе 4, раздел 7;

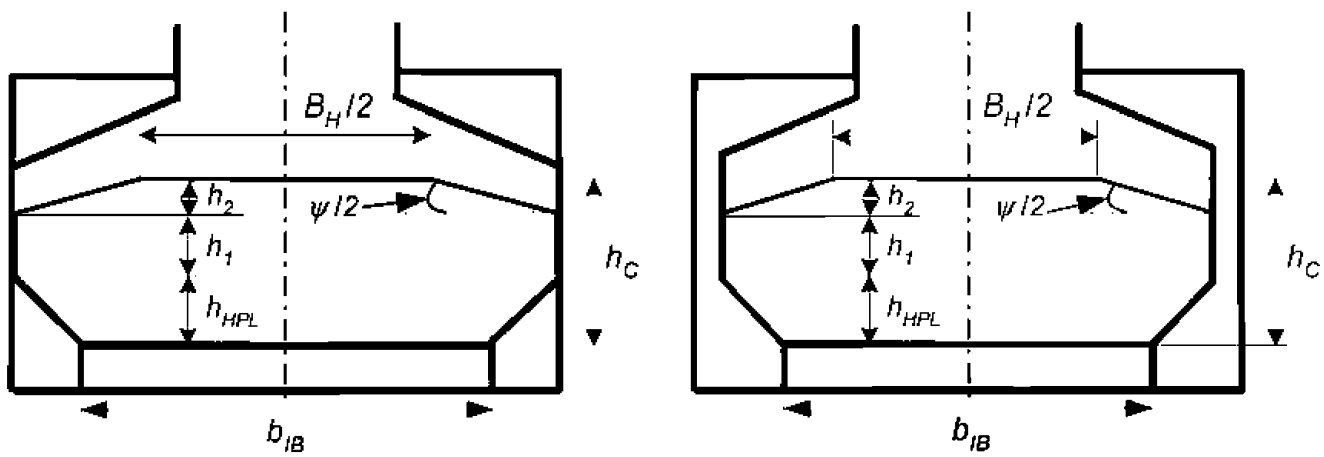
V_{TS} суммарный объем поперечных опор в нижней части поперечных переборок в пределах рассматриваемой длины l_H грузового трюма. Этот объем исключает часть скуловой цистерны, проходящей через поперечную переборку;

h_2 верхняя поверхность навалочного груза, зависящая от y, определяемая по формулам:

$h_2 = (B_H/4) \tan\psi/2$, если $0 \le |y| \le B_H/4$;

$h_2 = (B_H/2 - |y|) \tan\psi/2$, если $B_H/4 \le |y| \le B_H/2$.

Рис. 2
Определение h_C, h_1, h_2 и h_{HPL}



Навалочное судно с одинарными бортами — Навалочное судно с двойными бортами

Для трюмов нецилиндрической формы и при наличии предписываемых правилами требований верхняя поверхность навалочного груза может быть принята на уровне верхней палубы при плотности сухого навалочного груза равной M/V_H.

1.2 Давление сухого навалочного груза на тихой воде

1.2.1 Давление сухого навалочного груза на тихой воде p_{CS}, кН/м², определяется по формуле:

$$p_{CS} = \rho_C g K_C (h_C + h_{DB} - z).$$

1.3 Инерционное давление от сухого навалочного груза

1.3.1 Инерционное давление, вызванное сухим навалочным грузом, p_{CW}, кН/м², для каждого варианта нагрузки определяется по следующим формулам:

для варианта нагрузки H: $p_{CW} = \rho_C [0{,}25 a_X (x - x_G) + K_C a_z (h_C + h_{DB} - z)]$;

для варианта нагрузки F: $p_{CW} = 0$;

для вариантов нагрузки R и P: $p_{CW} = \rho_C [0{,}25 a_Y (y - y_G) + K_C a_z (h_C + h_{DB} - z)]$.

Значение $(x - x_G)$ должно приниматься как $0{,}25l_H$ при варианте нагрузки H1 или как $-0{,}25l_H$ при варианте нагрузки H2 для анализа местной прочности в соответствии с главой 6 и для проверки усталостной прочности продольных ребер жесткости в соответствии с главой 8.

1.4 Срезывающая нагрузка от сухого навалочного груза

1.4.1 Для оценки суммарной силы, действующей в вертикальном направлении, должна быть рассмотрена срезывающая нагрузка от сухого навалочного груза, действующая вдоль наклонных листов в районе бортовой скуловой цистерны и нижней опоры.

Срезывающая нагрузка от сухого навалочного груза, действующая вдоль наклонных элементов на тихой воде $p_{CS\text{-}S}$ (положительная до настила второго дна), кН/м², определяется по формуле:

$$p_{CS\text{-}S} = \rho_C g \frac{(1 - K_C)(h_C + h_{DB} - z)}{\tan\alpha}.$$

Срезывающая нагрузка от сухого навалочного груза, действующая вдоль наклонных элементов на волнении $p_{CW\text{-}S}$ (положительная до настила второго дна), кН/м², определяется по формуле:

для вариантов нагрузки H, R и P: $$p_{CW\text{-}S} = \rho_C a_z \frac{(1 - K_C)(h_C + h_{DB} - z)}{\tan\alpha};$$

для варианта нагрузки F: $p_{CW\text{-}S} = 0$.

1.4.2 Для оценки суммарной нагрузки, действующей в продольном и поперечном направлениях, должна быть рассмотрена срезывающая нагрузка от сухого навалочного груза, действующая в районе настила второго дна.

Срезывающая нагрузка от сухого навалочного груза, действующая в продольном направлении на волнении $p_{CW\text{-}S}$ (положительная в нос), кН/м², определяется по формуле:

для варианта нагрузки H: $p_{CW\text{-}S} = 0{,}75\,\rho_C a_X h_C$;

для вариантов нагрузки F, R и P: $p_{CW\text{-}S} = 0$.

Срезывающая нагрузка от сухого навалочного груза, действующая в поперечном направлении на волнении $p_{CW\text{-}S}$ (положительная по наветренному борту), кН/м², определяется по формуле:

для вариантов нагрузки R и P: $p_{CW\text{-}S} = 0{,}75\,\rho_C a_Y h_C$;

для вариантов нагрузки H и F: $p_{CW\text{-}S} = 0$.

2 Боковое давление от перемещения жидкости

2.1 Давление от перемещения жидкости на тихой воде

2.1.1 Давление от перемещения жидкости на тихой воде p_{BS}, кН/м², принимается по наибольшему значению из следующих формул:

$$p_{BS} = \rho_L g\,(z_{TOP} - z + 0{,}5\,d_{AP});$$

$$p_{BS} = \rho_L g\,(z_{TOP} - z) + 100\,P_{PV},$$

где P_{PV} давление, бар, на которое отрегулированы рассматриваемые предохранительные клапаны, при их наличии.

Для оценок местной прочности статическое давление p_{BS} должно приниматься не менее 25 кН/м².

2.1.2 При проверке операций по замене водяного балласта методом прокачки статическое давление p_{BS} для оценок местной прочности и для анализа прямой прочности, как указано в главе 7, должно быть не менее определяемого по формуле:

$p_{BS} = \rho_L g\,(z_{TOP} - z + d_{AP}) + 25.$

Если устройство трубопроводов и насосное оборудование могут привести к более высокому давлению, могут потребоваться дополнительные расчеты.

2.2 Инерционное давление от перемещения жидкости

2.2.1 Инерционное давление от перемещения жидкости p_{BW}, кН/м², для каждого варианта нагрузки определяется как указано ниже. При проверке операций по замене водяного балласта методом прокачки инерционное давление вследствие перемещения водяного балласта не должно учитываться для оценок местной прочности и анализа прямой прочности.

для варианта нагрузки H: $p_{BW} = \rho_L [a_Z (z_{TOP} - z) + a_X (x - x_B)];$

Значение $(x - x_B)$ должно приниматься как $0{,}75 l_H$ при варианте нагрузки H1 или как $-0{,}75 l_H$ при варианте нагрузки H2 для анализа местной прочности в соответствии с главой 6 и для проверки усталостной прочности продольных ребер жесткости в соответствии с главой 8;

для варианта нагрузки F: $p_{BW} = 0;$

для вариантов нагрузки R и P: $p_{BW} = \rho_L [a_Z (z_B - z) + a_Y (y - y_B)],$

где x_B координата, м, кормовой оконечности цистерны по оси X, когда носовая часть направлена вниз или носовой оконечности цистерны, когда носовая часть направлена вверх, как показано на рис. 3;

y_B координата, м, крайней точки настила второго дна с подветренного борта по оси Y, когда наветренный борт направлен вниз или крайней точки настила второго дна с наветренного борта, когда наветренный борт направлен вверх, как показано на рис. 3;

z_B координата следующей точки по оси Z:
для полностью заполненных помещений: второе дно;
для балластного трюма: верх комингса грузового люка.

Исходная точка B определяется как наивысшая точка после поворота на угол φ между вертикальной осью и общим вектором ускорения $\vec{A}_G$, показанным на рис. 3. Угол φ определяется по следующей формуле:

для вариантов нагрузки H1 и H2:

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{|a_X|}{g\cos\Phi + a_Z}\right);$$

для вариантов нагрузки R1(P1) и R2(P2):

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{|a_Y|}{g\cos\theta + a_Z}\right),$$

где θ отдельная амплитуда бортовой качки, град, как указано в главе 4, раздел 2, [2.1.1];
Φ отдельная амплитуда килевой качки, град, как указано в главе 4, раздел 2, [2.2.1].

3 Боковое давление и силы в условиях затопления

3.1 Область применения

3.1.1 Боковые давления, рассматриваемые в условиях затопления, указаны в:
[3.2] в общих случаях;
[3.3] для конкретного случая поперечных гофрированных переборок;
[3.4] для конкретного случая двойного дна.

3.2 Общие положения

3.2.1 Давление p_F, действующее на листовые конструкции (исключая наружную обшивку днища и борта), которые образуют границы отсеков, не предназначенных для перевозки жидкостей, кН/м², определяется по следующей формуле:

$$p_F = \rho g \left(1 + 0{,}6 \frac{a_Z}{g}\right)(z_F - z), \text{ но не менее } g\, d_0,$$

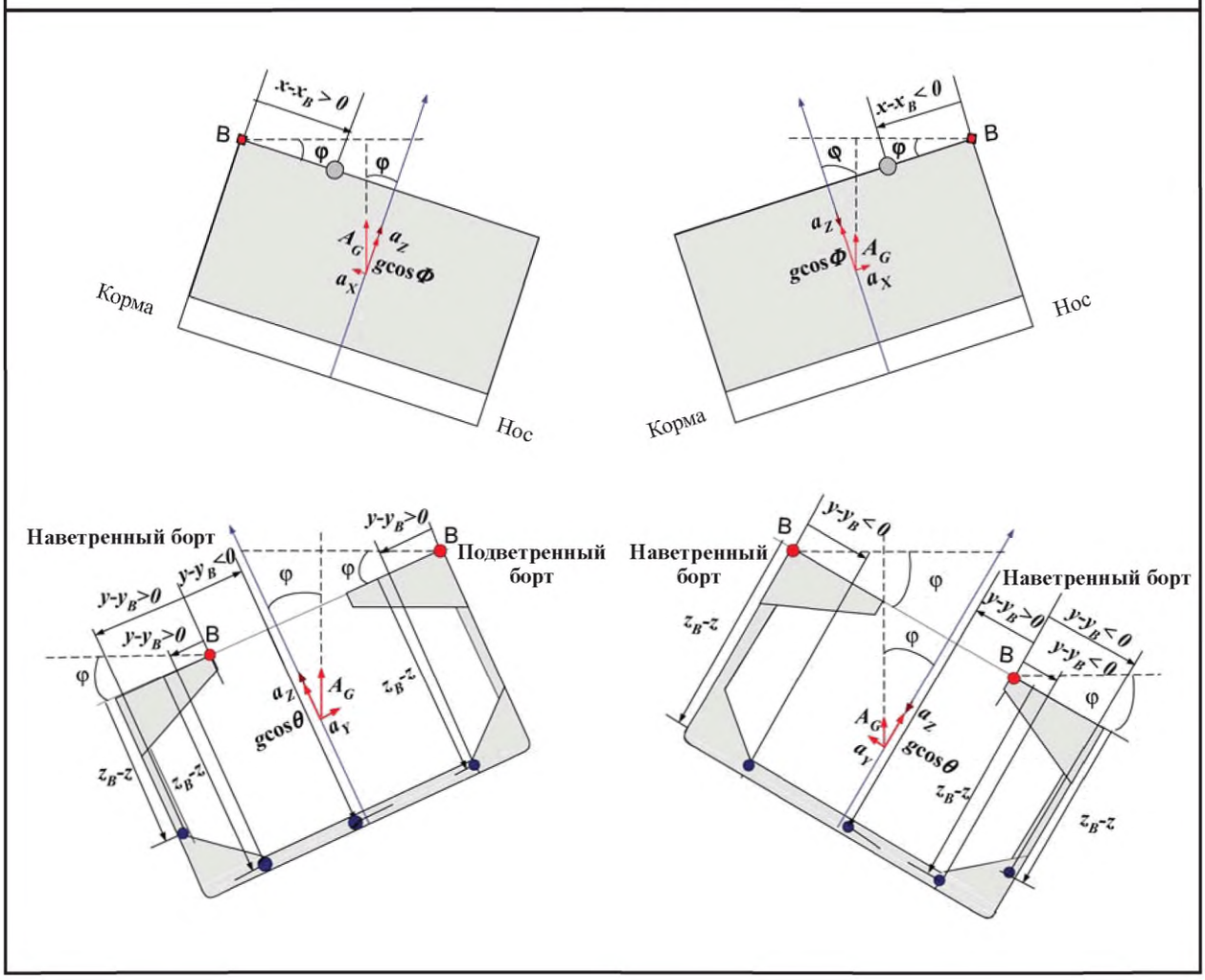
где z_F координата, м, палубы надводного борта у борта в районе рассматриваемого поперечного сечения по оси Z. При наличии результатов расчетов аварийной остойчивости вместо палубы надводного борта может рассматриваться самая высокая аварийная ватерлиния; в этом случае классификационное общество может потребовать учета переходных режимов;

d_0 расстояние, м, принимаемое равным:

$d_0 = 0{,}02L$ для 90 м $\le L <$ 120 м;

$d_0 = 2{,}4$ для $L \ge$ 120 м.

Рис. 3
Определение x_B и y_B



3.3 Поперечные водонепроницаемые переборки с вертикальными гофрами

3.3.1 Область применения

Каждый грузовой трюм должен рассматривается как затопленный отдельно.

3.3.2 Общие положения

Нагрузки, которые считаются действующими на каждую переборку – это нагрузки, возникающие из сочетания нагрузок от груза и от затопления одного трюма, примыкающего к рассматриваемой переборке. В любом случае должно быть рассмотрено давление от перемещения воды при затоплении.

Для проверки размеров связей каждой переборки должны использоваться сочетания наиболее неблагоприятных комбинаций нагрузок от груза и затопления трюма в зависимости от случаев загрузки, включенных в Инструкцию по загрузке:

равномерная загрузка;

неравномерная загрузка;

рассматривая загруженные и пустые трюмы как затопленные отдельно.

В целях настоящего пункта равномерная загрузка означает загрузку, при которой соотношение между наибольшим и наименьшим заполнением для каждого трюма не превышает 1,20 с учетом поправки на различные плотности груза.

Частичная неравномерная загрузка, связанная с погрузоразгрузочными операциями в нескольких портах при равномерной загрузке, может не рассматриваться в соответствии с настоящими требованиями.

Установленные ограничения расчетных нагрузок для грузовых трюмов должны быть представлены случаями загрузки, определенными проектантом в Инструкции по загрузке.

В целях настоящего пункта трюмы, загруженные пакетированным грузом, должны рассматриваться как пустые.

За исключением случаев, когда судно при неравномерной загрузке предназначено для перевозки только железной руды или груза, имеющего объемную плотность равную или превышающую 1,78 т/м³, то наибольшая масса груза, которая может перевозиться в трюме, должна также рассматриваться при заполнении трюма до уровня верхней палубы в диаметральной плоскости.

3.3.3 Уровень затопления

Уровень затопления z_F – это расстояние, м, измеренное по вертикали от основной линии при прямом положении судна и равное:

в общем случае:

D_1 для носовой поперечной гофрированной переборки,

$0{,}9\,D_1$ для остальных переборок;

если судно загружено неравномерно грузом объемной плотностью менее 1,78 т/м³, то могут быть приняты следующие значения:

$0{,}95\,D_1$ для носовой поперечной гофрированной переборки,

$0{,}85\,D_1$ для остальных переборок;

для судов дедвейтом менее 50000 т и с надводным бортом типа B:

$0{,}95\,D_1$ для носовой поперечной гофрированной переборки,

$0{,}85\,D_1$ для остальных переборок;

если судно загружено неравномерно грузом объемной плотностью менее 1,78 т/м³, то могут быть приняты следующие значения:

$0{,}9\,D_1$ для носовой поперечной гофрированной переборки,

$0{,}8\,D_1$ для остальных переборок.

3.3.4 Давления и силы, действующие на гофр в незатопленных трюмах, загруженных навалочным грузом

Для каждой точки переборки давление, кН/м², должно определяться по следующей формуле:

$$p_B = \rho_C g\,(h_C + h_{DB} - z)\,\tan^2(45 - \psi/2).$$

Сила, действующая на гофр, кН, должна определяться по следующей формуле:

$$F_B = \rho_C g s_C \frac{(h_C - h_{LS})^2}{2} \tan^2(45 - \psi/2).$$

3.3.5 Давления и силы, действующие на гофр в затопленных трюмах, загруженных навалочным грузом

В зависимости от значений z_F и h_C (см. [3.3.3] и [1.1]) должны быть рассмотрены два случая загрузки:

первый случай, когда $z_F \geq h_C + h_{DB}$:

для каждой точки переборки, расположенной от основной линии на расстоянии между z_F и $h_C + h_{DB}$, давление, кН/м², должно определяться по следующей формуле:

$$p_{B,F} = \rho g (z_F - z);$$

для каждой точки переборки, расположенной от основной линии на расстоянии ниже $h_C + h_{DB}$, давление, кН/м², должно определяться по следующей формуле:

$$p_{B,F} = \rho g (z_F - z) + [\rho_C - \rho (1 - perm)]\, g (h_C + h_{DB} - z) \tan^2 (45 - \psi/2),$$

где *perm* проницаемость груза, принимаемая равной 0,3 для железной руды, угля и цемента.

Сила, действующая на гофр, кН, должна определяться по следующей формуле:

$$F_{B,F} = s_C \left[\rho g \frac{(z_F - h_C - h_{DB})^2}{2} + \frac{\rho g (z_F - h_C - h_{DB}) + (p_{B,F})_{LE}}{2} (h_C - h_{LS}) \right],$$

где $(p_{B,F})_{LE}$ давление $p_{B,F}$, кН/м², рассчитанное у нижней кромки гофра;

второй случай, когда $z_F < h_C + h_{DB}$:

для каждой точки переборки, расположенной от основной линии на расстоянии между z_F и $h_C + h_{DB}$, давление, кН/м², должно определяться по следующей формуле:

$$p_{B,F} = \rho_C g (h_C + h_{DB} - z) \operatorname{tg}^2 (45 - \psi/2);$$

для каждой точки переборки, расположенной от основной линии на расстоянии ниже z_F, давление, кН/м², должно определяться по следующей формуле:

$$p_{B,F} = \rho g (z_F - z) + [\rho_C (h_C + h_{DB} - z) - \rho (1 - perm)\, (z_F - z)]\, g \tan^2 (45 - \psi/2),$$

где *perm* проницаемость груза, принимаемая равной 0,3 для железной руды, угля и цемента.

Сила, действующая на гофр, кН, должна определяться по следующей формуле:

$$F_{B,F} = s_C \left[\rho_C g \frac{(h_C + h_{DB} - z_F)^2}{2} \tan^2 \left(45 - \frac{\psi}{2} \right) \right] + s_C \left[\frac{\rho_C g (h_C + h_{DB} - z_F) \tan^2 \left(45 - \frac{\psi}{2} \right) + (p_{B,F})_{LE}}{2} \cdot \right.$$

$$\left. \cdot (z_F - h_{DB} - h_{LS}) \right],$$

где $(p_{B,F})_{LE}$ давление $p_{B,F}$, кН/м², рассчитанное у нижней кромки гофра.

3.3.6 Давления и силы, действующие на гофр при затоплении пустых трюмов

Для каждой точки переборки давление на тихой воде, возникающее при рассматриваемом затоплении, кН/м², должно определяться по следующей формуле:

$$p_F = \rho g (z_F - z).$$

Сила, действующая на гофр, кН, должна определяться по следующей формуле:

$$F_F = s_C \rho g \frac{(z_F - h_{DB} - h_{LS})^2}{2}.$$

3.3.7 Результирующие давления и силы

Результирующие давления и силы, рассчитываемые при равномерной и неравномерной загрузке, должны определяться по следующим формулам:

при равномерной загрузке:

для расчета размеров связей в каждой точке конструкций переборок результирующее давление, кН/м², должно определяться по следующей формуле:

$$p = p_{B,F} - 0{,}8\,p_B.$$

Результирующая сила, действующая на гофр, кН, должна определяться по следующей формуле:

$$F = F_{B,F} - 0{,}8\,F_B,$$

где p_B давление в незатопленных трюмах, кН/м², определяемое согласно [3.3.4];
$p_{B,F}$ давление в затопленных трюмах, кН/м², определяемое согласно [3.3.5];
$F_{B,F}$ сила, действующая на гофр в затопленных трюмах, кН, определяемая согласно [3.3.5];
F_B сила, действующая на гофр в незатопленных трюмах, кН, определяемая согласно [3.3.4];

при неравномерной загрузке:

для расчета размеров связей в каждой точке конструкций переборок результирующее давление, кН/м², должно получаться по следующей формуле:

$$p = p_{B,F}.$$

Результирующая сила, действующая на гофр, кН, должна определяться по следующей формуле:

$$F = F_{B,F},$$

где $p_{B,F}$ давление в затопленных трюмах, кН/м², определяемое согласно [3.3.5];
$F_{B,F}$ сила, действующая на гофр в затопленных трюмах, кН, определяемая согласно [3.3.5];

3.4 Двойное дно

3.4.1 Область применения

Каждый грузовой трюм должен рассматривается как затопленный отдельно.

3.4.2 Общие положения

Нагрузки, которые считаются действующими на двойное дно – это нагрузки, возникающие из внешнего давления со стороны моря и из сочетания нагрузок от груза и от затопления трюма, в котором находится двойное дно.

Сочетания наиболее неблагоприятных комбинаций нагрузок от груза и от затопления трюма должны использоваться в зависимости от случаев загрузки, включенных в Инструкцию по загрузке:

равномерная загрузка;

неравномерная загрузка;

загрузка пакетированным грузом (например, стальной прокат).

При расчете допустимой загрузки трюма для каждого случая загрузки должна учитываться наибольшая плотность перевозимого сухого навалочного груза.

3.4.3 Уровень затопления

Уровень затопления z_F – это расстояние, м, измеренное по вертикали от основной линии при прямом положении судна и равное:

для судов дедвейтом менее 50000 т и с надводным бортом типа В:

$0{,}95\,D_1$ для первого носового трюма,

$0{,}85\,D_1$ для остальных трюмов;

для других судов:

D_1 для первого носового трюма,

$0{,}9\,D_1$ для остальных трюмов.

4 Испытательное боковое давление

4.1 Давления на тихой воде

4.1.1 Суммарное давление, которое считается действующим на листы и ребра жесткости, кН/м², подлежащих испытанию, должно определяться по следующей формуле:

$$p_{ST} = 10\,(z_{ST} - z),$$

где z_{ST} высота испытательной нагрузки, м, согласно табл. 2.

Таблица 2

Высота испытательной нагрузки

Испытываемый отсек или конструкция	Высота испытательной нагрузки, м
Цистерны двойного дна	Наибольшая из: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_{ml}$
Скуловые бортовые цистерны, бортовые подпалубные цистерны, цистерны двойного дна, форпик и ахтерпик, используемые в качестве цистерн, коффердамы	Наибольшая из: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_{TOP} + 2{,}4$
Переборки цистерн, диптанки, топливные цистерны	Наибольшая из: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_{TOP} + 2{,}4$ $z_{ST} = z_{TOP} + 10\,p_{PV}$
Балластный трюм	Наибольшая из: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_h + 0{,}9$
Форпик и ахтерпик, не используемые в качестве цистерны	Наибольшая из: $z_{ST} = z_F$ $z_{ST} = z_{ml}$
Водонепроницаемые двери ниже палубы надводного борта	$z_{ST} = z_{fd}$
Цепной ящик (если он расположен в корму от таранной переборки)	$z_{ST} = z_{TOP}$
Вкладные цистерны	Наибольшая из: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_{TOP} + 0{,}9$
Балластно-распределительные каналы	Высота испытательной нагрузки соответствует максимальному давлению балластного насоса

Где z_{ml} координата предельной линии погружения, м, по оси Z;
z_h координата верха люка, м, по оси Z;
z_F согласно [3.2.1];
z_{fd} координата палубы надводного борта, м, по оси Z;
p_{PV} давление, бар, на которое отрегулированы предохранительные клапаны.

РАЗДЕЛ 7. СЛУЧАИ ЗАГРУЗКИ

Условные обозначения

M_H фактическая масса груза в грузовом трюме при равномерной загрузке и максимальной осадке, т;

M_{Full} масса груза в грузовом трюме, соответствующая грузу с условной плотностью (масса однородного груза/вместимость трюма, с плотностью груза минимум 1,0 т/м³), при которой трюм заполнен до верха комингса люка, т:

$M_{Full} = V_{Full} \cdot \max (M_H / V_H, 1{,}0)$;

M_{Full} не должна быть меньше M_H;

M_{HD} максимальная масса груза, допустимая к перевозке в грузовом трюме, согласно расчетным случаям загрузки, с определенными пустыми трюмами при максимальной осадке судна, т;

V_{Full} объем грузового трюма, м³, включая объем, ограниченный комингсом люка;

V_H объем, м³, как указано в главе 4, раздел 6;

T_{HB} наибольшая осадка судна в балласте, м.

1 Область применения

1.1 Суда длиной менее 150 м

1.1.1 Наиболее неблагоприятные случаи загрузки, содержащиеся в Инструкции по загрузке, чертеж мидель-шпангоута или другие документы, указанные проектантом, должны быть рассмотрены на предмет продольной прочности, в соответствии с главой 5, раздел 1, и на предмет проверки местной прочности листовых конструкций, обычных ребер жесткости и главных несущих элементов, в соответствии с главой 6.

1.2 Суда длиной 150 м и более

1.2.1 Требования в [2] – [4] применимы к судам длиной 150 м и более.

1.2.2 Настоящими требованиями не предполагается, что любые другие случаи загрузки не могут быть включены в Инструкцию по загрузке, для них должны быть представлены расчеты. Не подразумевается также заменить каким-либо образом требуемые Инструкцию по загрузке/Прибор контроля загрузки.

1.2.3 За максимальную осадку судна, соответствующую случаю загрузки, должна приниматься теоретическая осадка по летнюю грузовую марку.

1.2.4 Случаи загрузки, перечисленные в [2], должны применяться для проверки продольной прочности в соответствии с требованиями главы 5, раздел 1, для проверки местной прочности, как указано в главе 6, для анализа прямой прочности согласно главе 7, для проверки вместимости и расположения балластных цистерн, и для целей остойчивости. Случаи загрузки, перечисленные в [3], должны применяться для проверки местной прочности. Случаи загрузки, перечисленные в [4], должны применяться для анализа прямой прочности.

1.2.5 В процессе эксплуатации навалочное судно может быть загружено иначе, чем предусмотрено расчетными случаями загрузки в Инструкции по загрузке при условии, что продольная и местная прочность, согласно указанной в Инструкции по загрузке и прибору контроля загрузки, находящегося на борту судна, а также применимые требования к остойчивости не превышены.

2 Общие положения

2.1 Расчетные случаи загрузки – Общие положения

2.1.1 Для определения максимальной массы груза в грузовых трюмах должен быть рассмотрен случай, соответствующий судну с 50 % запасов при максимальной осадке.

2.1.2 При наличии в символе класса знака BC-C

Должен быть рассмотрен случай загрузки однородным грузом при наличии грузовых трюмов, включая люки, с полным запасом при максимальной осадке, а все балластные цистерны пустые.

2.1.3 При наличии в символе класса знака BC-B

Те же требования, что и для судна с наличием в символе класса знака **BC-C**, плюс:

Должен быть рассмотрен случай загрузки однородным грузом с плотностью 3,0 т/м³, с одинаковой степенью наполнения (масса груза/вместимость трюма) во всех грузовых трюмах при максимальной осадке, а все балластные цистерны пустые.

Если плотность груза, принятая для данного расчетного случая загрузки, меньше 3,0 т/м³, то максимальная плотность груза, допустимая к перевозке на судне, должна быть с дополнительной эксплуатационной характеристикой **{максимальная плотность груза *x,y* т/м³}**.

2.1.4 При наличии в символе класса знака BC-A

Те же требования, что и для судна с наличием в символе класса знака **BC-B**, плюс:

Должен быть рассмотрен, по крайней мере, один случай загрузки, при котором определенные грузовые трюмы пустые, а все другие загружены с одинаковой степенью наполнения (масса груза/вместимость трюма) при плотности груза 3,0 т/м³ и при максимальной осадке, все балластные цистерны пустые.

Сочетание определенных пустых трюмов должно быть указано с дополнительной эксплуатационной характеристикой **{трюмы *a, b*, ... могут быть пустыми}**.

Если принятая расчетная плотность груза меньше 3,0 т/м³, то максимальная плотность груза, который допускается к перевозке на судне, должна быть указана с дополнительной эксплуатационной характеристикой **{трюмы *a, b*, ... могут быть пустыми при максимальной плотности груза *x,y* т/м³}**.

2.2 Применимые случаи загрузки судна в балласте

2.2.1 Вместимость балластных цистерн и их расположение

Все навалочные суда должны иметь балластные цистерны достаточной вместимости и расположенные таким образом, чтобы отвечать, по крайней мере, следующим требованиям.

Случай загрузки судна в нормальном балласте

Случай загрузки судна в нормальном балласте – это судно в балласте (без груза), при котором:

балластные цистерны могут быть заполненными полностью, частично или быть пустыми. При частично заполненных цистернах должны быть выполнены требования, указанные в главе 4, раздел 3;

любой грузовой трюм или трюмы, приспособленные для водяного балласта при переходе морем, должны быть пустыми;

гребной винт должен быть полностью погружен;

дифферент должен быть на корму и не должен превышать $0{,}015\,L_{BP}$.

При оценке погружения гребного винта и дифферента могут использоваться осадки на носовом и кормовом перпендикулярах.

Случай загрузки судна в тяжелом балласте

Случай загрузки судна в тяжелом балласте – это судно в балласте (груз отсутствует), при котором:

балластные цистерны могут быть заполненными полностью, частично или быть пустыми. При частично заполненных цистернах должны быть выполнены требования указанные в главе 4, раздел 3;

по крайней мере, один грузовой трюм, приспособленный для водяного балласта при переходе морем, должен быть заполненным;
погружение гребного винта I/D должно быть не менее 60 %, где:
I – расстояние от оси гребного винта до ватерлинии;
D – диаметр гребного винта;
дифферент должен быть на корму и не превышать $0{,}015\,L_{BP}$;
теоретическая осадка судна носом в тяжелом балласте должна быть не менее $0{,}03\,L_{BP}$ или 8 м, в зависимости от того, что меньше.

2.2.2 Требования к прочности

Все навалочные суда должны отвечать следующим требованиям к прочности:

Случай загрузки судна в нормальном балласте:

конструкции днища в носовой части судна должны быть подкреплены в отношении слемминга в соответствии с Правилами для случая загрузки судна в [2.2.1] в нормальном балласте с наименьшей осадкой носом;
требования к продольной прочности в соответствии с главой 4, раздел 3 должны выполняться для случая загрузки в [2.2.1] в нормальном балласте; и
кроме того, требования к продольной прочности в соответствии с главой 4, раздел 3 должны выполняться при всех балластных цистернах, заполненных на 100 %.

Случай загрузки судна в тяжелом балласте:

требования к продольной прочности в соответствии с главой 4, раздел 3 должны выполняться для случая загрузки судна в [2.2.1] в тяжелом балласте; и
кроме того, требования к продольной прочности в соответствии с главой 4, раздел 3 должны выполняться при всех балластных цистернах, заполненных на 100 % и одним грузовым трюмом, приспособленным для водяного балласта при переходе морем, заполненным на 100 %, при его наличии;
если более одного трюма приспособлены и предназначены для водяного балласта при переходе морем, то не требуется, чтобы при оценке продольной прочности два или более трюма считались одновременно заполненными на 100 %, если такие случаи загрузки не ожидаются при загрузке судна в тяжелом балласте. Если каждый трюм не рассматривается по отдельности, то трюм, предназначенный для загрузки тяжелым балластом, и любые/все ограничения по использованию других балластных трюмов должны быть указаны в Инструкции по загрузке.

2.3 Случаи загрузки в начале и в конце рейса

2.3.1 Если не указано иное, то каждый из расчетных случаев загрузки согласно [2.1] и [2.2] должен быть рассмотрен в начале и в конце рейса, как указано ниже:

в начале рейса: топливные цистерны заполнены не менее, чем на 95 %, а другие с полным запасом;
в конце рейса: 10 % запасов.

3 Расчетные случаи загрузки для оценки местной прочности

3.1 Определения

3.1.1 Максимально допустимая или минимально требуемая масса груза в грузовом трюме или в двух смежных загруженных трюмах относится к нагрузке нетто на двойное дно. Нагрузка нетто на двойное дно является функцией осадки, массы груза в грузовом трюме, а также массы топлива и балластной воды в цистернах двойного дна.

3.2 Общие применимые случаи загрузки

3.2.1 Любой грузовой трюм должен вмещать груз массой M_{Full} при 100 % заполнении топливных цистерн в двойном дне (при их наличии) в районе грузового трюма и при пустых цистернах водяного балласта в двойном дне в районе грузового трюма, при максимальной осадке.

3.2.2 Любой грузовой трюм должен вмещать груз массой минимум 50 % M_H при всех пустых цистернах двойного дна в районе грузового трюма, при максимальной осадке.

3.2.3 Любой грузовой трюм должен быть пустым при всех пустых цистернах двойного дна в районе грузового трюма, при максимальной осадке в балласте.

3.3 Дополнительные применимые случаи загрузки, исключая суда со знаком {no MP} в символе класса

3.3.1 Любой грузовой трюм должен вмещать груз массой M_{Full} при 100 % заполнении топливных цистерн в двойном дне (при их наличии) в районе грузового трюма и при пустых цистернах водяного балласта в двойном дне в районе грузового трюма, при 67 % максимальной осадки.

3.3.2 Любой грузовой трюм должен быть пустым при всех пустых цистернах двойного дна в районе грузового трюма, при 83 % максимальной осадки.

3.3.3 Любые два смежных грузовых трюма должны вмещать груз массой M_{Full} при 100 % заполнении топливных цистерн в двойном дне (при их наличии) в районе грузового трюма и при пустых цистернах водяного балласта в двойном дне в районе грузового трюма, при 67 % максимальной осадки. Это требование к массе груза и топливным цистернам в двойном дне в районе грузового трюма применимо также к случаю загрузки, когда смежный трюм заполнен балластом, как применимо.

3.3.4 Любые два смежных грузовых трюма должны быть пустыми при всех пустых цистернах двойного дна в районе грузового трюма, при 75 % максимальной осадки.

3.4 Дополнительные случаи загрузки, применимые только для судов со знаком BC-A в символе класса

3.4.1 Грузовые трюмы, предназначенные оставаться пустыми при максимальной осадке, должны быть пустыми при всех пустых цистернах двойного дна в районе грузового трюма.

3.4.2 Грузовые трюмы, предназначенные для загрузки грузом высокой плотности, должны вмещать груз массой M_{HD} + 10 % M_H при 100 % заполнении топливных цистерн в двойном дне (при их наличии) в районе грузового трюма и при пустых цистернах водяного балласта в двойном дне в районе грузового трюма, при максимальной осадке.
В эксплуатации максимально допустимая масса груза должна быть ограничена величиной M_{HD}.

3.4.3 Любые два смежных грузовых трюма, которые согласно расчетному случаю загрузки могут быть загружены при остальных пустых трюмах, должны вмещать груз массой 10 % M_H каждый в дополнение к максимальной нагрузке от груза, согласно расчетному случаю загрузки, при 100 % заполнении топливных цистерн в двойном дне (при их наличии) в районе грузового трюма и при пустых цистернах водяного балласта в двойном дне в районе грузового трюма, при максимальной осадке.
В эксплуатации максимально допустимая масса груза должна быть ограничена максимальной нагрузкой от груза согласно расчетным случаям загрузки.

3.5 Дополнительные случаи загрузки, применимые только к балластным трюмам

3.5.1 Грузовые трюмы, предназначенные для водяного балласта, должны вмещать 100 % этого балласта, включая люки, при 100 % заполнении всех цистерн двойного дна в районе грузового трюма при любой осадке в тяжелом балласте. Для балластных трюмов, смежных с бортовыми подпалубными цистернами, скуловыми цистернами и цистернами двойного дна, для повышения прочности, целесообразно, чтобы балластные трюмы были заполнены, когда бортовые подпалубные цистерны, скуловые цистерны и цистерны двойного дна пустые.

3.6 Дополнительные случаи загрузки, применимые только при погрузке и разгрузке в порту

3.6.1 Каждый отдельный грузовой трюм должен вмещать максимально допустимую массу груза при переходе морем, при 67 % максимальной осадки в условиях порта.

3.6.2 Любые два смежных грузовых трюма должны вмещать груз массой M_{Full} при 100 % заполнении топливных цистерн в двойном дне (при их наличии) в районе грузового трюма и при пустых цистернах водяного балласта в двойном дне в районе грузового трюма при 67 % максимальной осадки в условиях порта.

3.6.3 При уменьшенной осадке во время погрузки и разгрузки в порту максимально допустимая масса груза в грузовом трюме может быть увеличена на 15 % от максимальной массы, допустимой при максимальной осадке в море, но не должна превышать массу, допустимую при максимальной осадке в море. Минимально требуемая масса может быть уменьшена на такое же количество.

3.7 Кривые массы груза в трюме

3.7.1 На основе критериев расчетной загрузки для местной прочности, согласно [3.2] – [3.6], кроме [3.5.1], кривые массы груза в трюме должны быть включены в Инструкцию по загрузке и прибор контроля загрузки, показывающий максимально допустимую и минимально требуемую массу груза как функцию осадки в условиях перехода морем, а также при погрузке и разгрузке в порту. Эти кривые должны быть рассчитаны в соответствии с главой 4, приложение 1.

3.7.2 При осадках иных, чем указанные в расчетных случаях загрузки, максимально допустимая и минимально требуемая масса груза должна быть уточнена применительно к изменению плавучести, действующей на днище. Изменение плавучести должно рассчитываться с использованием площади ватерлинии при каждой осадке.
Кривые массы груза в трюме для каждого отдельного трюма, а также для любых двух смежных трюмов должны быть включены в Инструкцию по загрузке и прибор контроля загрузки.

4 Расчетные случаи загрузки для анализа прямой прочности

4.1 Виды загрузки

4.1.1 Виды загрузки, применимые к типам навалочных судов с различными эксплуатационными характеристиками в символе класса, указаны в табл. 1 и должны использоваться при анализе прямой прочности в соответствии с [2] и [3].

4.1.2 Должны быть также рассмотрены другие случаи загрузки в соответствии с Инструкцией по загрузке, которые отсутствуют в табл. 1, если таковые имеются.

4.2 Изгибающий момент и перерезывающая сила на тихой воде

4.2.1 Варианты нагрузки в разделе 4 должны рассматриваться для каждого вида загрузки, указанного в табл. 1. Вертикальный изгибающий момент, представленный в табл. 2 и вертикальная перерезывающая сила, представленная в табл. 3, должны использоваться для каждой комбинации вида загрузки и варианта нагрузки.

4.2.2 Если один случай загрузки в Инструкции по загрузке имеет более неблагоприятный вертикальный изгибающий момент на тихой воде, чем значение для соответствующего вида загрузки, указанное в табл. 2, то оно должно быть заменено значением из Инструкции по загрузке.

Таблица 1

Применимые виды загрузки согласно дополнительным эксплуатационным характеристикам

№ п/п	Вид загрузки	См. пункт	BC-C			BC-, (по MP)		
			A	B	C	A	B	C
1	В полном грузу при равномерной загрузке	3.2.1	x	x	x	x	x	x
2	Частичная загрузка	3.2.2	x	x	x	x	x	x
3	При максимальной осадке в балласте	3.2.3	x	x	x	x	x	x
4	Мультипорт – 1	3.3.1	x	x	x			
5	Мультипорт – 2	3.3.2	x	x	x			
6	Мультипорт – 3	3.3.3	x	x	x			
7	Мультипорт – 4	3.3.4	x	x	x			
8	Чередующаяся загрузка	3.4.1 и .2	x			x		
9	Блочная загрузка	3.4.3	x			x		
10	В тяжелом балласте	3.5.1	x	x	x	x	x	x
11	В условиях порта – 1	3.6.1				x	x	x
12	В условиях порта – 2	3.6.2				x	x	x

Таблица 2

Вертикальной изгибающий момент на тихой воде

		Вид загрузки				
		В полном грузу при равномерной загрузке	Частичная загрузка / Чередующаяся загрузка / В нормальном балласте	Мультипорты / Блочная загрузка / В тяжелом балласте	В тяжелом балласте (балластный трюм)	В условиях порта
Вариант нагрузки	H1	$0{,}5M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	---
	H2	$0{,}5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	F1	$0{,}5M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
	F2	$0{,}5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	R1	$0{,}5M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
		$0{,}5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	R2	$0{,}5M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
		$0{,}5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	P1	$0{,}5M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
	P2	$0{,}5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	Статическое нагружение	---				$M_{SW,P,S}$
						$M_{SW,P,H}$

где $M_{SW,H}$ допустимый вертикальный изгибающий момент на тихой воде при перегибе, при переходе морем;
$M_{SW,S}$ допустимый вертикальный изгибающий момент на тихой воде при прогибе, при переходе морем;
$M_{SW,P,H}$ допустимый вертикальный изгибающий момент на тихой воде при перегибе в условиях порта;
$M_{SW,P,S}$ допустимый вертикальной изгибающий момент на тихой воде при прогибе в условиях порта.

4.3 Область применения

4.3.1 Минимально требуемые случаи загрузки для анализа прямой прочности, включая анализ вертикальной перерезывающей силы, указаны в главе 4, приложение 2.

4.3.2 Стандартные случаи загрузки для оценки усталостной прочности указаны в главе 4, приложение 3.

Таблица 3

Вертикальная перерезывающая сила на тихой воде

		Вид загрузки				
		В полном грузу при равномерной загрузке	**Чередующаяся загрузка (BC-A)**	**Мультипорты (BC-B и BC-C)**	**В тяжелом балласте (балластный трюм)**	**В тяжелом балласте (кроме балластного трюма)**
Вариант нагрузки	H1	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---
	H2	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---
	F1	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---
	F2	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---

где Q_{SW} допустимая перерезывающая сила на тихой воде в месте расположения рассматриваемой поперечной переборки.

РАЗДЕЛ 8 . ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАГРУЗКЕ И ПРИБОР КОНТРОЛЯ ЗАГРУЗКИ

1 Общие положения

1.1 Все суда

1.1.1 На борту всех судов должна находиться одобренная Инструкция по загрузке.

Кроме того, на борту всех судов должен присутствовать одобренный прибор контроля загрузки.

Прибор контроля загрузки является особым оборудованием на борту судна, и результаты расчетов, выполненных с его помощью, применимы только на судне, для которого он одобрен.

Одобренный прибор контроля загрузки не может заменять одобренную Инструкцию по загрузке.

1.2 Суда длиной 150 м или более

1.2.1 В соответствии с требованиями настоящего раздела суда, имеющие в символе класса знаки **ВС-А**, **ВС-В** и **ВС-С**, должны иметь на борту одобренную Инструкцию по загрузке и одобренный прибор контроля загрузки, основанный на применении компьютера.

Руководство по последовательности погрузки и разгрузки приведено в [5].

2 Инструкция по загрузке

2.1 Определения

2.1.1 Все суда

Инструкция по загрузке представляет собой документ, содержащий:

случаи загрузки, принятые в качестве расчетных при определении размеров элементов набора корпуса судна, включая допустимые пределы изгибающих моментов и перерезывающих сил на тихой воде. В Инструкцию по загрузке должны быть включены случаи загрузки, относящиеся к процедуре замены водяного балласта и процедуре докования;

результаты расчетов изгибающих моментов и перерезывающих сил на тихой воде;

допустимые местные нагрузки на отдельные конструкции (люковые закрытия, палубы, двойное дно и т.п.).

2.1.2 Суда длиной 150 м или более

В Приложение к [2.1.1] для судов, имеющих в символе класса знаки **ВС-А**, **ВС-В** и **ВС**-С, Инструкция по загрузке должна также содержать:

наибольшие результаты расчетов и предельно-допустимые значения изгибающих моментов и перерезывающих сил на тихой воде в случае затопления одного трюма в соответствии с главой 5, раздел 1;

перечень грузовых трюмов или сочетаний грузовых трюмов, которые могут оставаться пустыми при наибольшей осадке. Если ни один из грузовых трюмов не может оставаться пустым при наибольшей осадке, то об этом должно быть четко указано в Инструкции по загрузке;

максимально допустимую и минимально требуемую массу груза и содержимого двойного дна каждого трюма как функцию осадки на середине длины трюма;

максимально допустимую и минимально требуемую массу груза и содержимого двойного дна каждой пары смежных трюмов как функцию средней осадки на их длине. Эта средняя осадка может быть определена как средняя величина осадок на серединах длины этих трюмов;

для грузов иных, чем навалочные, максимально допустимую нагрузку на настил второго дна совместно с характеристикой типа груза;

максимально допустимую нагрузку на палубу и люковые закрытия. Если судно не одобрено для перевозки груза на палубе или люковых закрытиях, то об этом должно быть четко указано в Инструкции по загрузке;

максимальную скорость балластировки судна согласованную со скоростью погрузо-разгрузочных работ.

2.2 Условия одобрения Инструкции по загрузке

2.2.1 Все суда

Одобренная Инструкция по загрузке должна быть основана на окончательных данных о судне. Инструкция должна включать расчетные случаи загрузки (в грузу и в балласте) как в начале, так и в конце рейса, на которых основано одобрение размеров связей корпуса судна.

В случае мидификаций, приводящих к изменениям основных данных о судне, должна быть выдана новая одобренная Инструкция по загрузке.

2.2.2 Суда длиной 150 м или более

В дополнение к [2.2.1] для судов, имеющих в символе класса знаки **BC-A**, **BC-B** и **BC-C**, следующие случаи загрузки как в начале, так и в конце рейса должны быть включены в Инструкцию по загрузке:

случаи равномерной загрузки легким и тяжелым грузом при максимальной осадке;

случаи чередующейся загрузки легким и тяжелым грузом при максимальной осадке, если применимо;

случаи загрузки в балласте. Для судов, имеющих балластные трюмы, смежные с бортовыми подпалубными цистернами, скуловыми цистернами и цистернами двойного дна, для повышения прочности, целесообразно, чтобы балластные трюмы были заполнены, когда бортовые подпалубные цистерны, скуловые цистерны и цистерны двойного дна пустые;

случаи загрузки для коротких рейсов, когда судно должно быть загружено по максимальную осадку, но с ограниченным количеством запасов;

случаи загрузки с многочисленными портами погрузки/разгрузки;

случаи загрузки палубным грузом, если применимо;

типовую последовательность загрузки от начала погрузки до полного дедвейта для равномерной, частичной и чередующейся загрузки, если применимо. Типовые последовательности разгрузки для вышеупомянутых случаев загрузки также должны быть предусмотрены. Типовые последовательности загрузки/разгрузки должны так быть разработаны, чтобы не превышать соответствующих ограничений по прочности типовые последовательности погрузки должны быть также разработаны с учетом скоростей погрузки и откачки балласта. Табл. 1 содержит только в качестве руководства пример типовой краткой формы последовательности загрузки;

типовая последовательность замены балласта в море, если применимо.

2.3 Язык

2.3.1 Инструкция по загрузке должна быть составлена на языке, понятном пользователям. Если язык не английский, то должен быть включен перевод на английский язык.

3 Прибор контроля загрузки

3.1 Определения

3.1.1 Все суда

Прибор контроля загрузки представляет собой устройство аналогового или цифрового типа, позволяющее легко и быстро установить, что в заданных точках изгибающие моменты и перерезывающие силы на тихой воде для любого случая загрузки судна в грузу или балласте не превышают заданные допустимые величины.

3.1.2 Суда длиной 150 м или более

Для судов, имеющих в символе класса знаки **BC-A**, **BC-B** и **BC-C**, прибор контроля загрузки представляет собой одобренное устройство цифрового типа, как определено в [3.1.1]. В дополнение к требованиям [3.1.1] он должен также устанавливать, насколько применимо, что следующие параметры не превышают заданных допустимых величин:

масса груза и содержимого двойного дна в каждом трюме, как функция осадки на середине длины трюма;

масса груза и содержимого двойного дна любых двух смежных трюмов, как функция средней осадки в районе этих трюмах;
изгибающий момент и перерезывающие силы на тихой воде для случаев аварийного затопления трюмов.

3.2 Условия одобрения прибора контроля загрузки

3.2.1 Все суда

Прибор контроля загрузки подлежит одобрению, которое включает:
проверку типового одобрения, если имеется;
проверку того, что использовались окончательные данные о судне;
одобрение количества и расположения всех точек считывания данных;
одобрение соответствующих допустимых значений для точек считывания данных;
проверку надлежащей установки и работы прибора на борту судна в соответствии с одобренными условиями испытаний, а также наличия на борту экземпляра Инструкции по эксплуатации.

3.2.2 Суда длиной 150 м или более

Для судов, имеющих в символе класса знаки **BC-A**, **BC-B** и **BC-C** одобрение должно также включать, насколько применимо:
одобрение допустимых значений изгибающих моментов, действующих на корпус судна для всех проверяемых сечений;
одобрение допустимых значений перерезывающих сил, действующих на корпус судна для всех проверяемых сечений;
одобрение допустимых значений массы груза и содержимого двойного дна каждого трюма, как функцию осадки;
одобрение допустимых значений массы груза и содержимого двойного дна в любых двух смежных трюмах, как функцию осадки.

3.2.3 В случае модификаций, предполагающих изменения основных данных о судне, прибор контроля загрузки должен быть соответственно модифицирован и одобрен.

3.2.4 К прибору контроля загрузки должно быть всегда приложено руководство по эксплуатации.
Руководство по эксплуатации и выходные данные прибора должны быть представлены на языке, понятном пользователям. Если язык не английский, то должен быть включен перевод на английский язык.

3.2.5 После установки на судне работа прибора контроля загрузки должна быть проверена в соответствии с одобренными условиями испытаний. Должно быть проверено наличие на борту судна одобренных условий испытаний и руководства по эксплуатации прибора.

4 Ежегодное освидетельствование и освидетельствование для возобновления класса

4.1 Общие положения

4.1.1 При каждом ежегодном освидетельствовании и освидетельствовании для возобновления класса должно быть проверено наличие на борту судна одобренной Инструкции по загрузке.

4.1.2 Капитан судна должен проверять точность работы прибора контроля загрузки через регулярные промежутки времени, используя тестовые случаи загрузки судна.

4.1.3 При каждом освидетельствовании для возобновления класса проверка должна проводиться в присутствии инспектора.

5 Руководство по последовательности погрузки/разгрузки

5.1 Общие положения

5.1.1 Типовые последовательности погрузки/разгрузки должны разрабатываться с учетом скорости погрузки/разгрузки, балластировки/дебалластировки и соответствующих ограничений по прочности.

5.1.2 От судостроителя потребуются подготовка и представление на одобрение типовых последовательностей погрузки и разгрузки.

5.1.3 Типовая последовательность погрузки соответственно должна включать:

случай чередующейся загрузки легким и тяжелым грузом;
случай равномерной загрузки легким и тяжелым грузом;
случай загрузки для короткого рейса, когда судно должно быть загружено по максимальную осадку, но с ограниченным количеством запасов;
случай загрузки с многочисленными портами погрузки/разгрузки;
случай загрузки палубным грузом;
блочная загрузка.

5.1.4 Последовательность погрузки/разгрузки может быть конкретной для каждого порта или типовой.

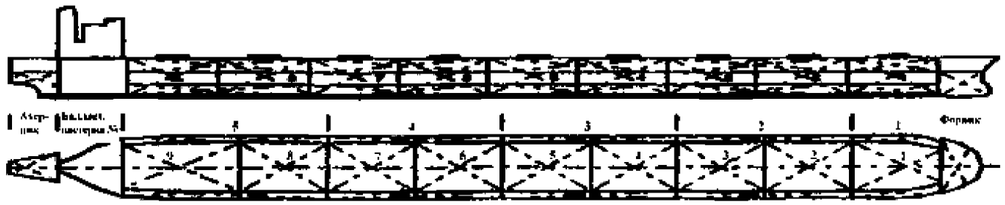
5.1.5 Последовательность должна строиться по этапам от начала погрузки до полного дедвейта. Этапом является каждое перемещение грузового оборудования в новый трюм. Каждый этап должен быть задокументирован и представлен классификационному обществу. Помимо продольной прочности должна быть рассмотрена местная прочность каждого трюма.

5.1.6 Для каждого случая загрузки должна иметься поэтапная краткая форма. Этат краткая форма должна содержать основную информацию по каждому этапу такую, как:

сколько груза загружено в каждый трюм на разных этапах;
сколько балласта откачено из каждой балластной цистерны на разных этапах;
максимальные значения изгибающего момента и перерезывающих сил на тихой воде в конце каждого этапа;
дифферент и осадка судна в конце каждого этапа.

КРАТКАЯ ФОРМА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЗАГРУЗКИ

Название судна	№ рейса	Состояние	Верфь	Опознавательный №



Порт (конкретный или типовой):	Состояние на начало погрузки/разгрузки	
Общая масса груза для погрузки/разгрузки:	Состояние на конец погрузки/разгрузки	
Плотность воды в доке (т/м³):	Максимальная скорость погрузки/разгрузки:	Средняя скорость погрузки/разгрузки:
Количество погрузочных /разгрузочных устройств:	Максимальная скорость балластировки/дебалластировки:	Средняя скорость балластировки/дебалластировки:

Трюм №			7	6	5	4	3	2	1
Вместимость трюма Vh(м³)									
Высота трюма h(м)									

Примечание: Во время каждой укладки груза необходимо контролировать, чтобы не были превышены допустимые предельные значения изгибающих моментов и перерезывающих сил в эквивалентном брусе и массы груза в трюмах. Грузовые операции могут быть прерваны для балластировки/дебалластировки, чтобы сохранить фактические значения в пределах допустимых.

Содержимое трюма на начало погрузки/разгрузки

Масса груза										
Плотность (т/м³)										
Сорт										

Содержание балласта на начало погрузки/разгрузки

Бортовая или пиковая цистерна	Ахтер-пик	БЦ №	БЦ №	БЦ №	БЦ №	БЦ №	БЦ №	БЦ №	Фор-пик
Верхняя цистерна									
Нижняя/пиковая цистерна									

Начало погрузки/разгрузки (море)

Диффе-рент в корму (м)	Диф-ферент (м)	Диффе-рент в нос (м)	Максимум	
			Перерез. сила (%)	Изгибающий момент (%)

Грузовые операции

Укладка № /сорт	Трюм	Трюм	Трюм 7	Трюм 6	Трюм 5	Трюм 4	Трюм 3	Трюм 2	Трюм 1
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Балластные операции

Верхняя Нижняя/Пиковая цистерна	Ахтер-пик	БЦ №	БЦ №	БЦ №	БЦ №	БЦ №	БЦ №	БЦ №	Фор-пик
Верхняя									
Нижняя/Пиковая									
Верхняя									
Нижняя/Пиковая									
Верхняя									
Нижняя/Пиковая									
Верхняя									
Нижняя/Пиковая									
Верхняя									
Нижняя/Пиковая									
Верхняя									
Нижняя/Пиковая									
Верхняя									
Нижняя/Пиковая									

Значения в конце укладки (порт/море)

Диффе-рент в корму (м)	Диф-ферент (м)	Диффе-рент в нос (м)	Максимум	
			Перерез. сила (%)	Изгибающий момент (%)

Общее количество груза на борту судна (т): Остаток груза, подлежащий погрузке (т):

Замер осадки n-1									
Замер осадки n									

Общее количество топлива на борту судна (т):

Верхняя									
Нижняя/Пиковая									
Верхняя									
Нижняя/Пиковая									

Содержимое трюма в конце погрузки/разгрузки

Масса груза									

Содержание балласта в конце погрузки/разгрузки

Бортовая или пиковая цистерна	Ахтер-пик	БЦ № 5	БЦ № 4	Трюм № 6	БЦ № 3	БЦ № 4	БЦ № 2	БЦ № 1	Фор-пик
Верхняя									
Нижняя/Пиковая									

Значения в конце погрузки/разгрузки (море)

Диффе-рент в корму (м)	Диф-ферент (м)	Диффе-рент в нос (м)	Максимум	
			Перерез. сила (%)	Изгибающий момент (%)

Общая масса погруженного/разгруженного груза (т)		

Максимальные возможные значения для всех вышеуказанных случаев

Нагрузка нетто на двойное дно										т/м²
Нагрузка нетто на два смежных трюма										т

Нагрузка нетто на двойное дно $(Mh/V)h-T$ (т/м³)
где Mh масса груза в трюме + масса в двойном дне (т);
V общий объем трюма, м³;
h высота трюма от второго дна до верха комингса, м;
T осадка, м.

Одобрено: .....
(кем)
Дата: .....

Таблица 1

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. КРИВЫЕ МАССЫ ГРУЗА В ТРЮМАХ

Условные обозначения

h вертикальное расстояние от настила второго дна до настила верхней палубы в диаметральной плоскости судна, м;
M_H по определению, указанному в главе 4, раздел 7;
M_{Full} по определению, указанному в главе 4, раздел 7;
M_{HD} по определению, указанному в главе 4, раздел 7;
M_D максимальная масса груза для каждого грузового трюма, т;
T_{HB} по определению, указанному в главе 4, раздел 7;
T_i осадка в случае загрузки № i на середине длины грузового трюма l_H, м;
V_H по определению, указанному в главе 4, раздел 6;
V_f и V_a объем носового и кормового грузового трюма соответственно, исключая объем в пределах люка, м^3;
T_{min} 0,75 T_S или осадка для судна в балласте при двух смежных грузовых трюмах пустых, смотря, что больше, м.

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Требования настоящего Приложения применимы к судам длиной 150 м и более.

1.1.2 Настоящее Приложение описывает процедуру, применяемую для определения:
максимальной и минимальной массы груза в каждом грузовом трюме, как функции осадки на середине длины трюма;
максимальной и минимальной массы груза в любых двух смежных трюмах, как функции средней осадки в этих трюмах.

1.1.3 Результаты настоящих расчетов должны входить в одобренную Инструкцию по загрузке, которая должна также указывать максимально допустимую массу груза при максимальной осадке по условиям прочности в каждом грузовом трюме или в любых двух смежных трюмах, как полученную в результате анализа проекта.

1.1.4 В Инструкции по загрузке должно быть изложено следующее предупреждение относительно максимально допустимой и минимально требуемой массы груза.
Если судно занимается перевозкой рулонов горячекатаной полосы или тяжелых грузов, которые отрицательно влияют на местную прочность двойного дна, и такая загрузка не предусмотрена в Инструкции по загрузке, то максимально допустимая и минимально требуемая масса груза подлежит специальному рассмотрению.

2 Максимальная и минимальная массы груза в каждом трюме

2.1 Максимально допустимая и минимально требуемая масса для отдельного грузового трюма в условиях перехода морем

2.1.1 Общие положения
Кривые массы груза отдельного грузового трюма в условиях перехода морем определены в [2.1.2] – [2.1.5]. Однако, если конструкция судна проверяется для более неблагоприятных случаев загрузки, чем указано в главе 4, раздел 7, [3.7.1], то минимально требуемая масса груза может быть основана на таких соответствующих случаях загрузки.

2.1.2 Судно, имеющее в символе класса знак BC-A

Для загруженных трюмов:
максимально допустимая масса ($W_{max}(T_i)$), т, при различных осадках (T_i) определяется по следующим формулам:

$$W_{max}(T_S) = M_{HD} + 0{,}1\,M_H;$$

$$W_{max}(T_i) = M_{HD} + 0{,}1\,M_H - 1{,}025\,V_H\,\frac{(T_S - T_i)}{h},$$

однако, $W_{max}(T_i)$ не должно быть больше M_{HD};
минимально требуемая масса груза ($W_{min}(T_i)$), т, при различных осадках (T_i) определяется по следующим формулам:

$$W_{min}(T_i) = 0 \qquad \text{для } T_i \le 0{,}83\,T_S;$$

$$W_{min}(T_i) = 1{,}025\,V_H\,\frac{(T_i - 0{,}83\,T_S)}{h} \qquad \text{для } T_S \ge T_i > 0{,}83\,T_S.$$

Для пустых трюмов, которые могут быть пустыми при максимальной осадке:
максимально допустимая масса ($W_{max}(T_i)$), т, при различных осадках (T_i) определяется по следующим формулам:

$$W_{max}(T_i) = M_{Full} \qquad \text{для } T_S \ge T_i \ge 0{,}67\,T_S;$$

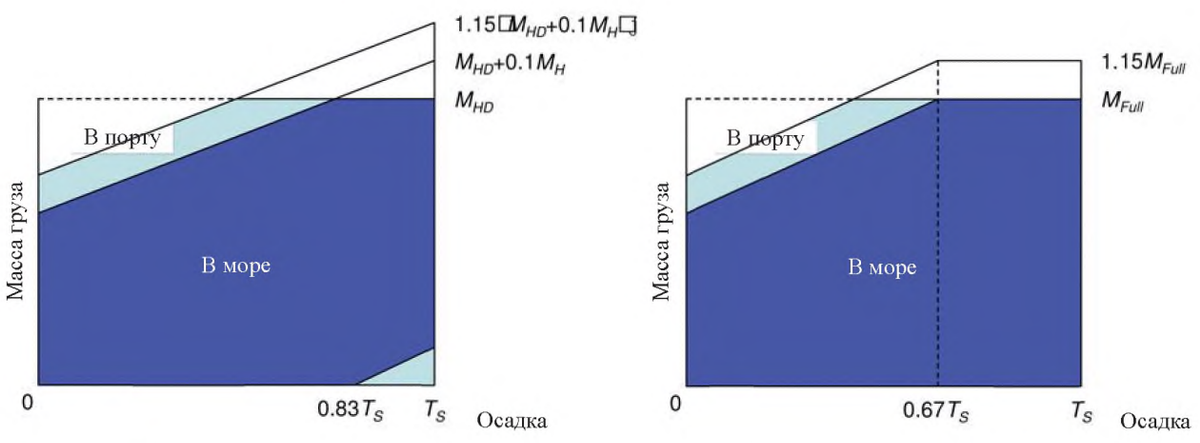
$$W_{max}(T_i) = M_{Full} - 1{,}025\,V_H\,\frac{(0{,}67\,T_S - T_i)}{h} \qquad \text{для } T_i < 0{,}67\,T_S;$$

минимально требуемая масса груза ($W_{min}(T_i)$), т, определяется по следующей формуле:

$$W_{min}(T_i) = 0 \qquad \text{для } T_i \le T_S.$$

Примеры кривой массы груза загруженного грузового трюма и грузового трюма, который может быть пустым при максимальной осадке для судов, имеющих в символе класса знак **BC-A**, показаны на рис. 1.

Рис. 1
Пример кривой массы груза для судна, имеющего в символе класса знак BC-A



а) Загруженный трюм

б) Грузовой трюм, который может быть пустым при максимальной осадке

2.1.3 Судно, имеющее в символе класса знаки BC-A {no MP}

Для загруженных трюмов:

максимально допустимая масса ($W_{max}(T_i)$) при различных осадках (T_i) определяется аналогично [2.1.2];

минимально требуемая масса груза ($W_{min}(T_i)$), т, определяется по следующим формулам:

$$W_{min}(T_i) = 0 \qquad \text{для } T_i \le T_{HB};$$

$$W_{min}(T_i) = 1{,}025\, V_H \frac{(T_i - T_{HB})}{h} \qquad \text{для } T_S \ge T_i > T_{HB}.$$

Для пустого трюма, который может быть пустым при максимальной осадке:

максимально допустимая масса ($W_{max}(T_i)$) и минимальная требуемая масса ($W_{min}(T_i)$) при различных осадках (T_i) определяется аналогично [2.1.2].

2.1.4 Суда, имеющие в символе класса знаки BC-B и BC-C

Максимально допустимая масса ($W_{max}(T_i)$), т, при различных осадках (T_i) определяется по следующим формулам:

$$W_{max}(T_i) = M_{Full} \qquad \text{для } T_S \ge T_i \ge 0{,}67\, T_S;$$

$$W_{max}(T_i) = M_{Full} - 1{,}025\, V_H \frac{(0{,}67\, T_S - T_i)}{h} \qquad \text{для } T_i < 0{,}67\, T_S.$$

Минимально требуемая масса груза ($W_{min}(T_i)$), т, при различных осадках (T_i) определяется по следующим формулам:

$$W_{min}(T_i) = 0 \qquad \text{для } T_i \le 0{,}83\, T_S;$$

$$W_{min}(T_i) = 1{,}025\, V_H \frac{(T_i - 0{,}83\, T_S)}{h} \qquad \text{для } T_S \ge T_i > 0{,}83\, T_S.$$

2.1.5 Суда, имеющие в символе класса знаки BC-B {no MP} и BC-C {no MP}

Максимально допустимая масса ($W_{max}(T_i)$) при различных осадках (T_i) аналогично [2.1.4].

Минимально требуемая масса груза ($W_{min}(T_i)$), т, определяется по следующим формулам:

$$W_{min}(T_i) = 0 \qquad \text{для } T_i \le T_{HB};$$

$$W_{min}(T_i) = 1{,}025\, V_H \frac{(T_i - T_{HB})}{h} \qquad \text{для } T_S \ge T_i > T_{HB}.$$

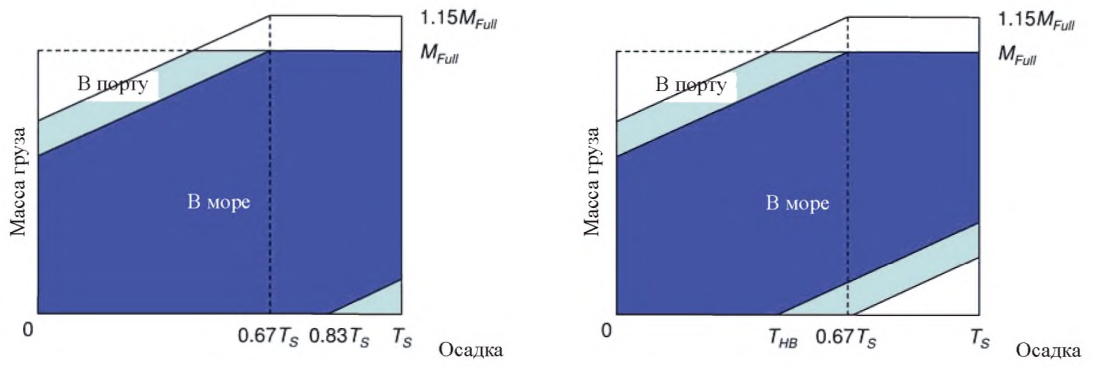
Примеры кривой массы груза в грузовом трюме для судов, имеющих в символе класса знаки **BC-B** и **BC-C**, показаны на рис. 2.

2.2 Максимально допустимая и минимально требуемая масса для отдельного грузового трюма в условиях порта

2.2.1 Общие положения

Кривые массы груза отдельного грузового трюма в условиях порта определены в [2.2.2]. Однако, если конструкция судна проверяется для более неблагоприятных случаев загрузки, чем указано в главе 4, раздел 7, [3.7.1], то минимально требуемая масса груза может быть основана на таких соответствующих случаях загрузки.

Рис. 2
Пример кривой массы груза для судов, имеющих в символе класса знаки BC-B или BC-C



а) без знака {по MP}

б) со знаком {по MP}

2.2.2 Все суда

Максимально допустимая и минимально требуемая масса груза, соответствующая осадке для случаев погрузки/разгрузки в условиях порта, могут быть увеличены или уменьшены на 15 % от максимально допустимой массы для грузового трюма в условиях перехода морем. Однако, максимально допустимая масса ни в коем случае не должна превышать максимально допустимую массу груза при расчетной максимальной осадке в грузу для каждого грузового трюма.

3 Максимальная и минимальная массы груза двух смежных трюмов

3.1 Максимально допустимая и минимально требуемая масса груза двух смежных трюмов в условиях перехода морем

3.1.1 Общие положения

Кривые массы груза двух смежных грузовых трюмов в условиях перехода морем определены в [3.1.2] и [3.1.3]. Однако, если конструкция судна проверяется для более неблагоприятных случаев загрузки, чем указано в главе 4, раздел 7, [3.7.1], то минимально требуемая масса груза может быть основана на таких соответствующих случаях загрузки.

3.1.2 Суда, имеющие в символе класса знак BC-A

Максимально допустимая масса груза ($W_{\max}(T_i)$) и минимально требуемая масса груза ($W_{\min}(T_i)$), т, для двух смежных грузовых трюмов при различных осадках (T_i) определяются по следующим формулам:

$W_{\max}(T_i) = 2\,(M_{Full}$ или $M_{HD}) + 0{,}1\,M_H$, смотря, что больше, для $T_S \geq T_i \geq 0{,}67\,T_S$;

$$W_{\max}(T_i) = W_{\max}(0{,}67\,T_S) - 1{,}025\,(V_f + V_a)\,\frac{(0{,}67\,T_S - T_i)}{h} \quad \text{для } T_i < 0{,}67\,T_S;$$

$W_{\min}(T_i) = 0$ для $T_i \leq 0{,}75\,T_S$;

$$W_{\min}(T_i) = 1{,}025\,(V_f + V_a)\,\frac{(T_i - 0{,}75\,T_S)}{h} \quad \text{для } T_S \geq T_i > 0{,}75\,T_S.$$

3.1.3 Суда, имеющие в символе класса знаки BC-B и BC-C

Максимально допустимая масса груза ($W_{max}(T_i)$) и минимально требуемая масса груза ($W_{min}(T_i)$), т, при различных осадках (T_i) определяются по следующим формулам:

$$W_{max}(T_i) = 2M_{Full} \quad \text{для } T_i \geq 0{,}67\,T_S;$$

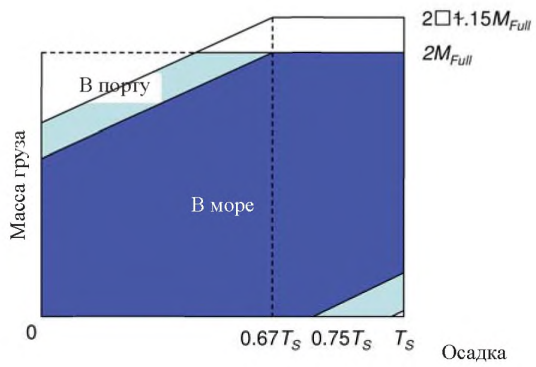
$$W_{max}(T_i) = W_{max}(0{,}67\,T_S) - 1{,}025\,(V_f + V_a)\frac{(0{,}67\,T_S - T_i)}{h} \quad \text{для } T_i < 0{,}67\,T_S;$$

$$W_{min}(T_i) = 0 \quad \text{для } T_i \leq 0{,}75\,T_S;$$

$$W_{min}(T_i) = 1{,}025\,(V_f + V_a)\frac{(T_i - 0{,}75\,T_S)}{h} \quad \text{для } T_S \geq T_i > 0{,}75\,T_S.$$

Примеры кривой массы груза грузового трюма для судов, имеющих в символе класса знаки **BC-B** и **BC-C**, показаны на рис. 3.

Рис. 3
Пример кривой массы груза для судов, имеющих в символе класса знаки BC-B или BC-C



3.2 Максимально допустимая и минимально требуемая масса груза двух смежных трюмов в условиях порта

3.2.1 Общие положения

Кривые массы груза двух смежных грузовых трюмов в условиях порта определены в [3.2.2]. Однако, если конструкция судна проверяется для более неблагоприятных случаев загрузки, чем указано в главе 4, раздел 7, [3.7.1], то минимально требуемая масса груза может быть основана на таких соответствующих случаях загрузки.

3.2.2 Все суда

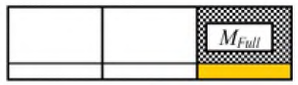
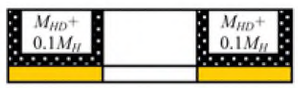
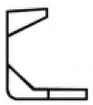
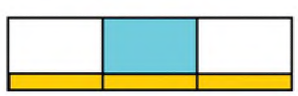
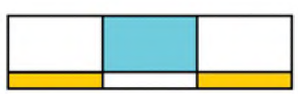
Максимально допустимая и минимально требуемая масса груза, соответствующая осадке для случаев погрузки/разгрузки в условиях порта, могут быть увеличены или уменьшены на 15 % от максимально допустимой массы для грузового трюма. Однако, максимальная допустимая масса ни в коем случае не должна превышать максимально допустимую массу груза при расчетной максимальной осадке в грузу для каждого грузового трюма.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СТАНДАРТНЫЕ СЛУЧАИ ЗАГРУЗКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРЯМОЙ ПРОЧНОСТИ

Таблица 1

Анализ изгибающих моментов, применимый к пустому трюму при чередующейся загрузке для судов, имеющих в символе класса знак BC-A (пустой – средний трюм)

№ п/п	Описание[а)]	Осадка	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Замечания (см. ниже)
							Вертикальный изгибающий момент на тихой воде[б)]				
1	В полном грузу ([2.1.3])	T_S	M_H M_H M_H				P1				1), 2)
							$0{,}5M_{SW,S}$				
2	В полном грузу ([3.2.1])	T_S	M_{Full} M_{Full} M_{Full}				P1				1), 3)
							$0{,}5M_{SW,S}$				
3	Частичная загрузка ([3.2.2])	T_S	$50\%M_H$ M_{Full} M_{Full}				P1				3)
							0				
4	Частичная загрузка ([3.2.2])	T_S	M_{Full} M_{Full} $50\%M_H$				P1				3)
							0				
5	При максимальной осадке в балласте ([3.2.3])	T_{HB}					R1	R1	P1		4), 5)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$		
6	Мультипорт – 3 ([3.3.3])	$0{,}67\,T_S$	M_{Full} M_{Full}				H1				3), 6)
							$M_{SW,S}$				
7	Мультипорт – 3 ([3.3.3])	$0{,}67\,T_S$	M_{Full} M_{Full}				H1				3), 6)
							$M_{SW,S}$				
8	Мультипорт – 4 ([3.3.4])	$0{,}75\,T_S$	M_{Full}				F2	P1			3), 6)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$			

№ п/п	Описание[a)]	Осадка	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Замечания (см. ниже)
							Вертикальный изгибающий момент на тихой воде[б)]				
9	Мультипорт – 4 ([3.3.4])	$0{,}75\,T_S$					F2	P1			3), 6)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$			
10	Чередующаяся загрузка ([3.4.1])	T_S					F2	P1			2)
							$M_{SW,H}$	0			
11	Блочная загрузка ([3.4.3])	T_S					H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
							$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$		
12	Блочная загрузка ([3.4.3])	T_S					H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
							$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$		
13	В тяжелом балласте ([3.5.1])	T_{HB}(min)					H1	R1	R1		11), 12)
							$M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$		
14	В тяжелом балласте	T_{HB}(min)					R1	R1			11), 12), 13)
							0	$M_{SW,S}$			
15	В условиях порта – 2 ([3.6.2])	$0{,}67\,T_S$					---	---			3), 14), 15)
							$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			
16	В условиях порта – 2 ([3.6.2])	$0{,}67\,T_S$					---	---			3), 14), 15)
							$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			

а) Ссылка на номер пункта соответствует виду загрузки, указанному в главе 4, раздел 7.
б) $M_{SW,H}$ и $M_{SW,S}$ – допустимый вертикальный изгибающий момент при перегибе и прогибе, соответственно, на тихой воде при переходе морем;
$M_{SW,P,H}$ и $M_{SW,P,S}$ – допустимый вертикальный изгибающий момент при перегибе и прогибе, соответственно, на тихой воде в условиях порта.

Примечания:

1) вместо этих двух видов загрузки может быть проанализирован один вид загрузки с массой груза M_{Full} при плотности груза 3,0 т/м³;

2) для расчета давления сухого груза должна использоваться плотность груза 3,0 т/м³;

3) для расчета давления сухого груза должны использоваться плотность груза M_H/V_H или 1,0 т/м³, смотря, что больше;

4) при отсутствии балластного трюма анализу подлежит случай загрузки судна в нормальном балласте при $M_{SW,S} = 0$;

5) расположение балластного трюма должно быть соответственно уточнено;

6) этот случай загрузки не требуется при наличии в символе класса знака **{no MP}**;

7) для анализа вертикальной перерезывающей силы подлежит рассмотрению максимальная перерезывающая сила ($Q_{SW} + Q_{WV}$) при уменьшенном вертикальном изгибающем моменте ($0{,}8M_{SW} + 0{,}65C_{WV}M_{WV}$);

8) этот случай загрузки требуется только, если он предусмотрен Инструкцией по загрузке;

9) «M_{BLK}» – максимальная масса груза согласно расчетному случаю загрузки, указанному в Инструкции по загрузке;

10) вместо расчетного значения может использоваться фактический вертикальный изгибающий момент на тихой воде, приведенный в Инструкции по загрузке;

11) этот случай загрузки должен рассматриваться для пустого трюма, который предназначен для приема балласта, если применимо;

12) должна использоваться минимальная осадка среди случаев загрузки судна в тяжелом балласте;

13) этот случай загрузки не требуется, если он запрещен Инструкцией по загрузке;

14) этот случай загрузки подлежит анализу при наличии в символе класса знака **{no MP}**;

15) внешние давления моря и внутренние давления могут рассматриваться как статические;

Таблица 2

Анализ перерезывающей силы, применимый к пустому трюму для судов, имеющих в символе класса знак BC-A (пустой – средний трюм)

№ п/п	Описание[а)]	Осадка	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Замечания (см. табл. 1 выше)
							Вертикальный изгибающий момент на тихой воде[б)]				
							Перерезывающая сила на тихой воде				
10SF	Чередующаяся загрузка ([3.4.1])	T_S					F2				2), 7)
							$0{,}8M_{SW,H}$				
							Q_{SW}				
13SF	В тяжелом балласте ([3.5.1])	T_{HB}(min)					H1				7), 11), 12)
							$0{,}8M_{SW,S}$				
							Q_{SW}				

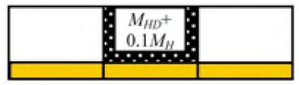
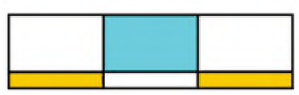
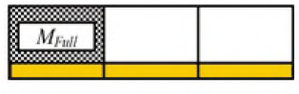
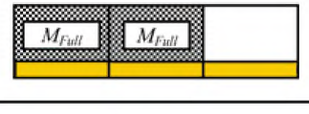
а) Ссылка на номер пункта соответствует виду загрузки, указанному в главе 4, раздел 7.

б) $M_{SW,H}$ и $M_{SW,S}$ – допустимый вертикальной изгибающий момент при перегибе и прогибе, соответственно, на тихой воде при переходе морем;

Таблица 3

Анализ изгибающего момента, применимый к загруженному трюму при чередующейся загрузке для судов, имеющих в символе класса знак BC-A (загруженный – средний трюм)

№ п/п	Описание[а]	Осадка	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Замечания (см. ниже)
							Вертикальный изгибающий момент на тихой воде[б]				
1	В полном грузу ([2.1.3])	T_S	M_H M_H M_H				P1				1), 2)
							$0{,}5M_{SW,S}$				
2	В полном грузу ([3.2.1])	T_S	M_{Full} M_{Full} M_{Full}				P1				1), 3)
							$0{,}5M_{SW,S}$				
3	Частичная загрузка ([3.2.2])	T_S	M_{Full} 50%M_H M_{Full}				P1				3)
							0				
4	Максимальная осадка в балласте ([3.2.3])	T_{HB}					R1	R1	P1		4), 5)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$		
5	Мультипорт – 2 ([3.3.2])	$0{,}83\,T_S$	M_{Full} M_{Full}				F2	P1			3), 6)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$			
6	Мультипорт – 3 ([3.3.3])	$0{,}67\,T_S$	M_{Full} M_{Full}				P1				3), 6)
							$M_{SW,S}$				
7	Мультипорт – 3 ([3.3.3])	$0{,}67\,T_S$	M_{Full} M_{Full}				P1				3), 6)
							$M_{SW,S}$				
8	Мультипорт – 4 ([3.3.4])	$0{,}75\,T_S$	M_{Full}				F2	R1	R1	P1	3), 6)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
9	Мультипорт – 4 ([3.3.4])	$0{,}75\,T_S$	M_{Full}				F2	R1	R1	P1	3), 6)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	

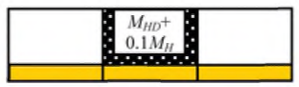
№ п/п	Описание[a)]	Осадка	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Замечания (см. ниже)
							Вертикальный изгибающий момент на тихой воде[б)]				
10	Чередующаяся загрузка ([3.4.2])	T_S					F2	P1			2)
							$M_{SW,H}$	0			
11	Блочная загрузка ([3.4.3])	T_S					H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
							$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$		
12	Блочная загрузка ([3.4.3])	T_S					H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
							$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$		
13	В тяжелом балласте ([3.5.1])	T_{HB}(min)					H1	R1	R1		11), 12)
							$M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$		
14	В тяжелом балласте	T_{HB}(min)					R1	R1			11), 12), 13)
							0	$M_{SW,S}$			
15	В условиях порта – 1 ([3.6.1])	$0{,}67\,T_S$					---	---			2), 15)
							$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			
16	В условиях порта – 1 ([3.6.1])	$0{,}67\,T_S$					---	---			3), 14), 15)
							$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			
17	В условиях порта – 1 ([3.6.1])	$0{,}67\,T_S$					---	---			3), 14), 15)
							$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			
18	В условиях порта – 2 ([3.6.2])	$0{,}67\,T_S$					---	---			3), 14), 15)
							$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			
19	В условиях порта – 2 ([3.6.2])	$0{,}67\,T_S$					---	---			3), 14), 15)
							$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			

а) Ссылка на номер соответствует виду загрузки, указанному в главе 4, раздел 7.
б) $M_{SW,H}$ и $M_{SW,S}$ – допустимый вертикальный изгибающий момент при перегибе и прогибе, соответственно, на тихой воде при переходе морем;
$M_{SW,P,H}$ и $M_{SW,P,S}$ – допустимый вертикальный изгибающий момент при перегибе и прогибе, соответственно, на тихой воде в условиях порта.

Примечания:
1) вместо этих двух видов загрузки может быть проанализирован один вид загрузки с массой груза M_{Full} при плотности груза 3,0 т/м³;
2) для расчета давления сухого груза должна использоваться плотность груза 3,0 т/м³;
3) для расчета давления сухого груза должны использоваться плотность груза M_H/V_H или 1,0 т/м³, смотря, что больше;
4) при отсутствии балластного трюма анализу подлежит случай загрузки судна в нормальном балласте при $M_{SW,S} = 0$;
5) положение балластного трюма должно быть соответственно уточнено;
6) этот случай загрузки не требуется при наличии в символе класса знака **{no MP}**;
7) для анализа вертикальной перерезывающей силы подлежит рассмотрению максимальная перерезывающая сила (Q_{SW} + Q_{WV}) при уменьшенном вертикальном изгибающем моменте ($0{,}8M_{SW} + 0{,}65C_{WV}M_{WV}$);
8) этот случай загрузки требуется только, если он предусмотрен Инструкцией по загрузке;
9) «M_{BLK}» – максимальная масса груза согласно расчетному случаю загрузки, указанный в Инструкции по загрузке;
10) вместо расчетного значения может использоваться фактический вертикальный изгибающий момент на тихой воде, приведенный в Инструкции по загрузке;
11) этот случай загрузки должен рассматриваться для загруженного трюма, который предназначен для приема балласта, если применимо;
12) должна использоваться минимальная осадка среди случаев загрузки судна в тяжелом балласте;
13) этот случай загрузки не требуется, если он запрещен Инструкцией по загрузке;
14) этот случай загрузки подлежит анализу при наличии в символе класса знака **{no MP}**;
15) внешние давления моря и внутренние давления могут рассматриваться как статические.

Таблица 4

Анализ перерезывающей силы, применимый к загруженному трюму для судов, имеющих в символе класса знак BC-A (загруженный – средний трюм)

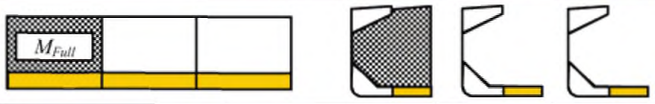
№ п/п	Описание[а)]	Осадка	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Замечания (см. табл. 3 выше)
							Вертикальный изгибающий момент на тихой воде[б)]				
							Перерезывающая сила на тихой воде				
10SF	Чередующаяся загрузка ([3.4.2])	T_S					F2				2), 7)
							$0{,}8M_{SW,H}$				
							Q_{SW}				
13SF	В тяжелом балласте ([3.5.1])	T_{HB}(min)					H1				7), 11), 12)
							$0{,}8M_{SW,S}$				
							Q_{SW}				

а) Ссылка на номер пункта соответствует виду загрузки, указанному в главе 4, раздел 7.
б) $M_{SW,H}$ и $M_{SW,S}$ – допустимый вертикальный изгибающий момент при перегибе и прогибе, соответственно, на тихой воде при переходе морем.

Таблица 5

Анализ изгибающего момента, применимый к судам, имеющим в символе класса знаки ВС-В и ВС-С

№ п/п	Описание[a)]	Осадка	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Замечания (см. ниже)
							Вертикальный изгибающий момент на тихой воде[б)]				
1	В полном грузу ([2.1.3])	T_S	M_H M_H M_H				P1				1), 2), 3)
							$0{,}5M_{SW,S}$				
2	В полном грузу ([3.2.1])	T_S	M_{Full} M_{Full} M_{Full}				P1				2), 4)
							$0{,}5M_{SW,S}$				
3	Частичная загрузка ([3.2.2])	T_S	M_{Full} 50%M_H M_{Full}				P1				4)
							0				
4	Максимальная осадка в балласте ([3.2.3])	T_{HB}					R1	R1	P1	F2	5), 6), 14)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	
5	Мультипорт – 2 ([3.3.2])	$0{,}83\,T_S$	M_{Full} M_{Full}				F2	P1			4), 7)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$			
6	Мультипорт– 3 ([3.3.3])	$0{,}67\,T_S$	M_{Full} M_{Full}				P1				4), 7)
							$M_{SW,S}$				
7	Мультипорт– 3 ([3.3.3])	$0{,}67\,T_S$	M_{Full} M_{Full}				P1				4), 7)
							$M_{SW,S}$				
8	Мультипорт – 4 ([3.3.4])	$0{,}75\,T_S$	M_{Full}				F2	R1	R1	P1	4), 7)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
9	Мультипорт – 4 ([3.3.4])	$0{,}75\,T_S$	M_{Full}				F2	R1	R1	P1	4), 7)
							$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	

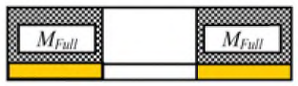
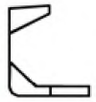
№ п/п	Описание[а]	Осадка	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Замечания (см. ниже)
							Вертикальный изгибающий момент на тихой воде[б]				
10	В тяжелом балласте ([3.5.1])	T_{HB}(min)					H1	R1	R1		9), 10)
							$M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$		
11	В тяжелом балласте	T_{HB}(min)					R1	R1			9), 10), 11)
							0	$M_{SW,S}$			
12	В условиях порта – 1 ([3.6.1])	0,67 T_S					---	---			4), 12), 13)
							$M_{S,P}$(+)	$M_{S,P}$(-)			
13	В условиях порта – 1 ([3.6.1])	0,67 T_S					---	---			4), 12), 13)
							$M_{S,P}$(+)	$M_{S,P}$(-)			
14	В условиях порта – 2 ([3.6.2])	0,67 T_S					---	---			4), 12), 13)
							$M_{S,P}$(+)	$M_{S,P}$(-)			
15	В условиях порта – 2 ([3.6.2])	0,67 T_S					---	---			4), 12), 13)
							$M_{S,P}$(+)	$M_{S,P}$(-)			

а) Ссылка на номер пункта соответствует виду загрузки, указанному в главе 4, раздел 7.
б) $M_{SW,H}$ и $M_{SW,S}$ – допустимый вертикальный изгибающий момент при перегибе и прогибе, соответственно, на тихой воде при переходе морем;
$M_{SW,P,H}$ и $M_{SW,P,S}$ – допустимый вертикальный изгибающий момент, при перегибе и прогибе, соответственно, на тихой воде в условиях порта.

Примечания:
1) применимо только к судам, имеющим в символе класса знак **BC-B**;
2) для судов, имеющих в символе класса знак **BC-B**, вместо этих двух видов загрузки может быть проанализирован один вид загрузки с массой груза M_{Full} при плотности груза 3,0 т/м³;
3) для расчета давления сухого груза должна использоваться плотность груза 3,0 т/м³;
4) для расчета давления сухого груза должны использоваться плотность груза M_H/V_H или 1,0 т/м³, смотря, что больше;
5) при отсутствии балластного трюма анализу подлежит случай загрузки в нормальном балласте при $M_{SW,S} = 0$;
6) положение балластного трюма должно быть уточнено;
7) этот случай загрузки не требуется при наличии в символе класса знака **{no MP}**;
8) для анализа вертикальной перерезывающей силы подлежит рассмотрению максимальная перерезывающая сила ($Q_{SW} + Q_{WV}$) при уменьшенном вертикальном изгибающем моменте ($0{,}8M_{SW} + 0{,}65\,C_{WV}M_{WV}$);
9) этот случай загрузки должен рассматриваться для грузового трюма, который предназначен для приема балласта, если применимо;
10) должна использоваться минимальная осадка среди случаев загрузки в тяжелом балласте;
11) этот случай загрузки не требуется, если он запрещен Инструкцией по загрузке;
12) этот случай загрузки подлежит анализу при наличии в символе класса знака **{no MP}**;
13) внешнее давление моря и внутренние давления могут рассматриваться как статические;
14) вариант нагрузки F2 подлежит анализу при наличии в символе класса знака **{no MP}**.

Таблица 6

Анализ перерезывающей силы, применимый к судам, имеющих в символе класса знаки BC-B и BC-C

№ п/п	Описание[а)]	Осадка	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Замечания (см. табл. 5 выше)
							Вертикальный изгибающий момент на тихой воде[б)]				
							Перерезывающая сила на тихой воде				
5SF	Мультипорт – 2 ([3.3.2])	$0{,}83\,T_S$					F2				4), 7), 8)
							$0{,}8\,M_{SW,H}$				
							Q_{SW}				
10SF	В тяжелом балласте ([3.5.1])	T_{HB}(min)					H1				8), 9), 10)
							$0{,}8\,M_{SW,S}$				
							Q_{SW}				

а) Ссылка на номер пункта соответствует виду загрузки, указанный в главе 4, раздел 7.

б) $M_{SW,H}$ и $M_{SW,S}$ – допустимый вертикальной изгибающий момент при перегибе и прогибе, соответственно, на тихой воде при переходе морем.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. СТАНДАРТНЫЕ СЛУЧАИ ЗАГРУЗКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ

Таблица 1

Оценка усталостной прочности, применимая к пустому трюму при чередующейся загрузке судов, имеющих в символе класса знак BC-A (пустой – средний трюм)

№ п/п	Описание	Осадка [a]	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Вертикальный изгибающий момент на тихой воде [б]	Замечания (см. ниже)
1	В полном грузу	T	M_H	M_H	M_H		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(1)}$	1)
							H2	F2	R2	P2		
2	Чередующаяся загрузка	T	M_{HD}		M_{HD}		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(2)}$	2)
							H2	F2	R2	P2		
3	В нормальном балласте	T_{NB}					H1	F1	R1	P1	$M_{S,(3)}$	
							H2	F2	R2	P2		
4	В тяжелом балласте	T_{HB}					H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	3)
							H2	F2	R2	P2		
							H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	4)
							H2	F2	R2	P2		

а) T – расчетная осадка; T_{NB} – осадка судна в нормальном балласте; T_{HB} – осадка судна в тяжелом балласте.
б) $M_{S,(1)}$, $M_{S,(2)}$, $M_{S,(3)}$, $M_{S,(4)}$ – вертикальный изгибающий момент на тихой воде, как указано в главе 8, раздел 3, [3.2.2].

Примечания:
1) для расчета давления сухого груза должно использоваться отношение M_H/V_H в качестве плотности груза;
2) для расчета давления сухого груза должна использоваться плотность груза 3,0 т/м³;
3) этот случай загрузки должен применяться только для пустого трюма, который не предназначен для приема балласта. Расположение балластного трюма должно быть соответственно уточнено;
4) этот случай загрузки должен применяться только для пустого трюма, который предназначен для приема балласта.

Таблица 2

Оценка усталостной прочности, применимая к загруженному трюму при чередующейся загрузке судов, имеющих в символе класса знак BC-A (загруженный – средний трюм)

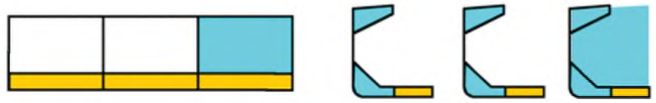
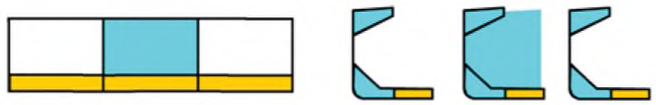
№ п/п	Описание	Осадка [a]	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Вертикальный изгибающий момент на тихой воде [б]	Замечания (см. ниже)
1	В полном грузу	T	M_H	M_H	M_H		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(1)}$	1)
							H2	F2	R2	P2		
2	Чередующаяся загрузка	T	M_{HD}				H1	F1	R1	P1	$M_{S,(2)}$	2)
							H2	F2	R2	P2		
3	В нормальном балласте	T_{NB}					H1	F1	R1	P1	$M_{S,(3)}$	
							H2	F2	R2	P2		
4	В тяжелом балласте	T_{HB}					H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	3)
							H2	F2	R2	P2		
							H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	4)
							H2	F2	R2	P2		

а) T – расчетная осадка; T_{NB} – осадка судна в нормальном балласте; T_{HB} – осадка судна в тяжелом балласте;
б) $M_{S,(1)}$, $M_{S,(2)}$, $M_{S,(3)}$, $M_{S,(4)}$ – вертикальный изгибающий момент на тихой воде, как указано в главе 8, раздел 3, [3.2.2].

Примечания:
1) для расчета давления от сухого груза должно использоваться отношение M_H/V_H в качестве плотности груза;
2) для расчета давления от сухого груза должна использоваться плотность груза 3,0 т/м³;
3) этот случай загрузки должен применяться только для загруженного трюма, который не предназначен для приема балласта. Расположение балластного трюма должно быть соответственно уточнено;
4) этот случай загрузки должен применяться только для загруженного трюма, который предназначен для приема балласта.

Таблица 3

Оценка усталостной прочности, применимая к загрузке судов, имеющих в символе класса знаки BC-B, BC-C

№ п/п	Описание	Осадка [a]	Вид загрузки	Кормовой трюм	Средний трюм	Носовой трюм	Вариант нагрузки (расчетная волна)				Вертикальный изгибающий момент на тихой воде [б]	Замечания (см. ниже)
1	В полном грузу	T					H1	F1	R1	P1	$M_{S,(1)}$	1)
							H2	F2	R2	P2		
2	В нормальном балласте	T_{NB}					H1	F1	R1	P1	$M_{S,(3)}$	
							H2	F2	R2	P2		
3	В тяжелом балласте	T_{HB}					H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	2)
							H2	F2	R2	P2		
							H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	3)
							H2	F2	R2	P2		

а) T – расчетная осадка; T_{NB} – осадка судна в нормальном балласте; T_{HB} – осадка судна в тяжелом балласте.

б) $M_{S,(1)}$, $M_{S,(2)}$, $M_{S,(3)}$, $M_{S,(4)}$ – вертикальный изгибающий момент на тихой воде, как указано в главе 8, раздел 3, [3.2.2];

Примечание:

1) для расчета давления сухого груза должно использоваться отношение M_H/V_H в качестве плотности груза;

2) этот случай загрузки должен применяться только для среднего трюма, который не предназначен для приема балласта. Расположение балластного трюма должно быть соответственно уточнено;

3) этот случай загрузки должен применяться только для среднего трюма, который предназначен для приема балласта.

Глава 5

Прочность эквивалентного бруса

Раздел 1. Расчет прочности в упругом состоянии

Раздел 2. Расчет предельной прочности

Приложение 1. Предельная прочность эквивалентного бруса

РАЗДЕЛ 1. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ В УПРУГОМ СОСТОЯНИИ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.

M_{SW} расчетный изгибающий момент на тихой воде для неповрежденного судна, кНм, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, как указано в главе 4, раздел 3, [2.2]:
$M_{SW} = M_{SW,H}$ при перегибе;
$M_{SW} = M_{SW,S}$ при прогибе;

M_{WV} вертикальный волновой изгибающий момент для неповрежденного судна, кНм, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, как указано в главе 4, раздел 3, [3.1];

$M_{SW,F}$ изгибающий момент на тихой воде для судна в условиях затопления, кНм, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, рассчитываемый как указано в главе 4, раздел 3;

$M_{WV,F}$ вертикальный волновой изгибающий момент для судна в условиях затопления, кНм, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, рассчитываемый как указано в главе 4, раздел 3;

$M_{WV,P}$ вертикальный волновой изгибающий момент для судна в условиях порта, кНм, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, рассчитываемый как указано в главе 4, раздел 3;

M_{WH} горизонтальный волновой изгибающий момент, кНм, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, как указано в главе 4, раздел 3, [3.3];

Q_{SW} расчетная перерезывающая сила на тихой воде для неповрежденного судна, кН, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, как указано в главе 4, раздел 3, [2.3];

Q_{WV} вертикальная волновая перерезывающая сила для неповрежденного судна, кН, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, как указано в главе 4, раздел 3, [3.2];

$Q_{SW,F}$ перерезывающая сила на тихой воде для судна в условиях затопления, кН, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, рассчитываемая как указано в главе 4, раздел 3;

$Q_{WV,F}$ вертикальная волновая перерезывающая сила для судна в условиях затопления, кН, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, рассчитываемая как указано в главе 4, раздел 3;

$Q_{WV,P}$ вертикальная волновая перерезывающая сила для судна в условиях порта, кН, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, рассчитываемая как указано в главе 4, раздел 3;

k коэффициент материала, как указано в главе 1, раздел 4, [2.2.1];

x координата точки расчета, м, по оси X относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4];

z координата точки расчета, м, по оси Z относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4];

N координата Z центра тяжести поперечного сечения корпуса судна, м, определенного в [1.2], относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4];

V_D расстояние по вертикали, м, как указано в [1.4.2];

I_Y момент инерции нетто поперечного сечения корпуса судна относительно его горизонтальной нейтральной оси, м^4, рассчитываемый как указано в [1.5];

I_Z момент инерции нетто поперечного сечения корпуса судна, м^4, относительно его вертикальной нейтральной оси, рассчитываемый как указано в [1.5];

S статический момент нетто поперечного сечения корпуса судна, м^3, рассчитываемый как указано в [1.6];

Z_A момент сопротивления сечения нетто, м^3, любой точки поперечного сечения корпуса судна, рассчитываемый как указано в [1.4.1];

Z_{AB}, Z_{AD} моменты сопротивления сечения нетто, м^3, днища и палубы, соответственно, рассчитываемые, как указано в [1.4.2];

C параметр волны, в главе 1, раздел 4, [2.3.1];

$\sigma_{1,ALL}$ допустимое нормальное напряжение, Н/мм^2, как указано в [3.1.1];

$\tau_{1,ALL}$ допустимое касательное напряжение, Н/мм^2, как указано в [3.2.1];

ρ плотность морской воды, принимаемая равной 1,025 т/ м^3.

1 Прочностные характеристики поперечных сечений эквивалентного бруса

1.1 Общие положения

1.1.1 Настоящий параграф определяет критерии для расчета прочностных характеристик эквивалентного бруса, используемых для проверок в [2] – [5], в связи с нагрузками на эквивалентный брус, указанными в главе 4, раздел 3.

1.2 Поперечные сечения эквивалентного бруса

1.2.1 Общие положения

Поперечные сечения эквивалентного бруса должны рассматриваться как образованные конструктивными элементами, способствующими обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса, т.е. все непрерывные элементы продольного набора ниже расчетной палубы, включая последнюю, как указано в [1.3], учитывая требования в [1.2.2] – [1.2.9].

Эти элементы должны рассматриваться как имеющие (см. также главу 3, раздел 2) размеры связей нетто, основанные на предлагаемой полной толщине, уменьшенной на $0{,}5t_C$, если прочностные характеристики эквивалентного бруса используются для:

расчета упругой прочности эквивалентного бруса, как указано в [2] – [5];

расчета предельной прочности в главе 5, раздел 2;

расчета напряжений эквивалентного бруса для расчета прочности листов, обычных ребер жесткости и главных несущих элементов, в соответствии с главой 6.

1.2.2 Непрерывные шахты и непрерывные продольные комингсы люков

Непрерывные шахты и непрерывные продольные комингсы люков могут быть включены в поперечные сечения эквивалентного бруса при условии, что они эффективно поддерживаются продольными переборками или главными несущими элементами.

1.2.3 Продольные обычные ребра жесткости или балки, приваренные выше расчетной палубы

Продольные обычные ребра жесткости или балки, приваренные выше расчетной палубы (включая палубу любой шахты, установленной как указано в [1.2.2]), должны быть включены в поперечные сечения эквивалентного бруса.

1.2.4 Продольные балки между люками, поддерживаемые продольными переборками

Если продольные балки, эффективно поддерживаемые продольными переборками, установлены между люками, то площадь поперечного сечения этих продольных балок должна быть включена в поперечное сечение эквивалентного бруса.

1.2.5 Продольные переборки с вертикальными гофрами

Продольные переборки с вертикальными гофрами не должны быть включаться в поперечные сечения эквивалентного бруса.

1.2.6 Конструктивные элементы из материала иного, чем сталь

Если элемент, способствующий обеспечению продольной прочности, изготовлен из материала иного, чем сталь с модулем Юнга $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ Н/мм², то суммарная площадь сечения стали, м², которая может быть включена в поперечное сечение эквивалентного бруса, определяется по следующей формуле:

$$A_{SE} = \frac{E}{2{,}06 \cdot 10^5} A_M,$$

где A_M площадь сечения, м², рассматриваемого элемента.

1.2.7 Большие вырезы

Большими вырезами являются:

эллиптические вырезы длиной более 2,5 м или шириной более 1,2 м;

круглые вырезы диаметром более 0,9 м.

Большие вырезы и вырезы в гребенчатом наборе, если используется приварка конструкций с гребенчатыми вырезами, должны всегда исключаться из площадей сечений, включенных в поперечные сечения эквивалентного бруса.

1.2.8 Малые вырезы

Меньшие по размерам вырезы, чем указанные в [1.2.7], в одном поперечном сечении в расчетной палубе или в районе днища могут не исключаться из площади сечений, включенных в поперечные сечения эквивалентного бруса, при условии, что:

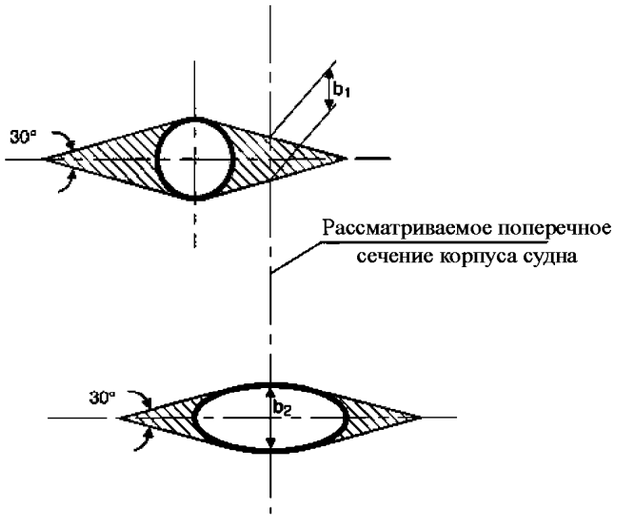
$$\Sigma b_S \leq 0{,}06(B - \Sigma b),$$

где Σb_S суммарная ширина малых вырезов, м, в расчетной палубе или в районе днища в рассматриваемом поперечном сечении, определяемая, как показано на рис. 1;

Σb суммарная ширина больших вырезов, м, в рассматриваемом поперечном сечении, определяемая как показано на рис. 1;

Если суммарная ширина малых вырезов Σb_S не соответствует критерию выше, то из площади сечений, включенной в поперечные сечения эквивалентного бруса, должно исключаться только превышение ширины.

Рис. 1
Расчет Σb и Σb_S



b_1 и b_2 включенные в Σb и Σb_S

1.2.9 Облегчающие вырезы, отверстия для протока воды и единичные вырезы в гребенчатом наборе

Облегчающие вырезы, отверстия для протока воды и единичные вырезы в гребенчатом наборе в элементах продольного набора могут не учитываться, если их высота меньше $0{,}25h_w$, но не более 75 мм, где h_w – высота стенки, мм.

В иных случаях, превышение должно вычитаться из площади поперечного сечения или компенсироваться.

1.3 Расчетная палуба

1.3.1 Как правило, расчетная палуба – это самая верхняя непрерывная палуба.

При наличии надстройки или рубок, способствующих обеспечению продольной прочности, расчетной палубой является палуба надстройки или палуба самой верхней рубки.

1.3.2 Надстройка, простирающаяся, на длину не менее $0{,}15L$ в пределах $0{,}4L$ на миделе, может обычно рассматриваться как способствующая обеспечению продольной прочности.

В отношении других надстроек или рубок, их участие в обеспечении продольной прочности должно оцениваться в каждом конкретном случае для определения их доли участия.

1.4 Момент сопротивления сечения

1.4.1 Момент сопротивления сечения любой точки поперечного сечения корпуса судна определяется, м³, по следующей формуле:

$$Z_A = \frac{I_Y}{|z - N|}.$$

1.4.2 Момент сопротивления сечения днища и палубы определяется, м³, по следующей формуле:

для днища:

$$Z_{AB} = \frac{I_Y}{N};$$

для палубы:

$$Z_{AD} = \frac{I_Y}{V_D},$$

где V_D расстояние по вертикали, м, принимаемое равным:

в общем случае:

$$V_D = z_D - N,$$

где z_D координата расчетной палубы у борта по оси Z, м, как указано в [1.3], относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4];

если учитываются непрерывные шахты или комингсы люков при расчете I_Y как указано в [1.2.2], то:

$$V_D = (z_T - N)\left(0{,}9 + 0{,}2\frac{Y_T}{B}\right) \geq z_D - N,$$

где y_T, z_T координаты, м, верха непрерывной шахты или комингса люка по осям Y и Z относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4]; при расчете V_D принимаются такие y_T и z_T, которые приводят к максимальному значению V_D;

если продольные обычные ребра жесткости или балки, приваренные выше расчетной палубы, учитываются при расчете I_Y, как указано в [1.2.3], то V_D должно определяться по формуле, приведенной выше для непрерывной шахты и комингсов люка. В этом случае y_T и z_T являются координатами, м, верха продольных ребер жесткости или балок по осям Y и Z относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4].

1.5 Моменты инерции

1.5.1 Моменты инерции I_Y и I_Z, м⁴, – это моменты инерции, рассчитываемые относительно горизонтальной и вертикальной нейтральных осей, соответственно, поперечных сечений корпуса судна, как указано в [1.2].

1.6 Статический момент

1.6.1 Статический момент S, м³, на уровне z над основной линией – это момент части поперечного сечения корпуса судна, как указано в [1.2], расположенной выше уровня z, рассматриваемый относительно горизонтальной нейтральной оси.

2 Напряжения в эквивалентном брусе

2.1 Нормальные напряжения

2.1.1 Общие положения

Нормальные напряжения в элементе, изготовленном из материала, иного, чем сталь с модулем Юнга $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ Н/мм², включенного в поперечное сечение эквивалентного бруса, как указано в [1.2.6], определяются по следующей формуле:

$$\sigma_1 = \frac{E}{2{,}06 \cdot 10^5} \sigma_{1S},$$

где σ_{1S} нормальное напряжение, Н/мм², в рассматриваемом элементе, рассчитываемое как указано в [2.1.2] и [2.1.3], и, считая этот элемент, как имеющий эквивалентную площадь сечения стали A_{SE}, как указано в [1.2.6].

2.1.2 Нормальные напряжения, вызванные вертикальными изгибающими моментами

Нормальные напряжения, Н/мм², вызванные вертикальными изгибающими моментами, определяются по следующим формулам:

в любой точке поперечного сечения корпуса судна, расположенной ниже z_{VD}, где $z_{VD} = V_D + N$:

$$\sigma_1 = \frac{M_{SW} + M_{WV}}{Z_A} 10^{-3};$$

в днище:

$$\sigma_1 = \frac{M_{SW} + M_{WV}}{Z_{AB}} 10^{-3};$$

в палубе:

$$\sigma_1 = \frac{M_{SW} + M_{WV}}{Z_{AD}} 10^{-3}.$$

2.1.3 Нормальные напряжения в условиях затопления для судов, имеющих в символе класса знаки ВС-А или ВС-В

Это требование применяется к судам, имеющим в символе класса знаки **ВС-А** или **ВС-В** в дополнение к [2.1.2].

Нормальные напряжения в любой точке для судна в условиях затопления, как указано в главе 4, раздел 3, определяются, Н/мм², по следующей формуле:

$$\sigma_1 = \frac{M_{SW,F} + M_{WV,F}}{Z_A} 10^{-3}.$$

2.2 Касательные напряжения

2.2.1 Общие положения

Касательные напряжения, вызванные вертикальными перерезывающими силами Q_{SW} и Q_{WV} для судна в неповрежденном состоянии, а также для судов, имеющих в символе класса знаки **ВС-А** и **ВС-В**, касательные напряжения, вызванные вертикальными перерезывающими силами $Q_{SW,F}$ и $Q_{WV,F}$ в условиях затопления, обычно должны определяться путем прямых анализов.

В случае объединения этих сил вертикальные перерезывающие силы Q_{SW} и Q_{WV} для судна в неповрежденном состоянии должны приниматься с одинаковым знаком. Также следует поступать с комбинацией вертикальных перерезывающих сил $Q_{SW,F}$ и $Q_{WV,F}$ для судна в условиях затопления.

Поправка ΔQ_C к перерезывающей силе должна учитываться, как указано в [2.2.2]. Эта поправка не должна рассматриваться в носовой части носового трюма и кормовой части кормового трюма.
Как альтернатива настоящей процедуре, касательные напряжения, вызванные вертикальными перерезывающими силами Q_{SW} и Q_{WV} для судна в неповрежденном состоянии, а также для судов, имеющих в символе класса знаки **BC-A** и **BC-B**, касательные напряжения, вызванные вертикальными перерезывающими силами $Q_{SW,F}$ и $Q_{WV,F}$ в условиях затопления, могут определяться по упрощенной процедуре, как указано в [2.2.2] и [2.2.3], соответственно.

2.2.2 Упрощенный расчет касательных напряжений, вызванных вертикальными перерезывающими силами

Касательные напряжения, вызванные вертикальными перерезывающими силами в точке расчета, Н/мм², определяются по следующей формуле:

$$\tau_1 = (Q_{SW} + Q_{WV} - \varepsilon \Delta Q_C) \frac{S}{I_Y t} \delta,$$

где t минимальная толщина нетто, мм, обшивки наружного и внутреннего борта, как применимо, как указано в табл. 1;

δ коэффициент распределения перерезывающих сил, как указано в табл. 1;

$\varepsilon = sgn\,(Q_{SW})$

ΔQ_C поправка к перерезывающей силе (см. рис. 2), которая учитывает, если применимо, часть нагрузок, передаваемых стрингерами двойного дна на поперечные переборки:

для судов с любыми случаями неравномерной загрузки, такими как случаи загрузки с чередующейся загрузкой трюмов и случаи загрузки в тяжелом балласте для судов, имеющих балласт в трюмах:

$$\Delta Q_C = \alpha \left| \frac{M}{B_H l_H} - \rho T_{LC} \right|;$$

для других судов:

$\Delta Q_C = 0$;

$\varphi = 1{,}38 + 1{,}55 \dfrac{l_0}{b_0}$, но не более 3,7;

$$\alpha = g \frac{l_0 b_0}{2 + \varphi\, l_0 / b_0},$$

l_0, b_0 длина и ширина, соответственно, м, плоского участка двойного дна в рассматриваемом трюме; b_0 должна измеряться по поперечному сечению корпуса судна посередине трюма;

l_H длина рассматриваемого трюма, м, измеренная между серединами высот поперечных гофрированных переборок;

B_H ширина судна, м, измеренная на уровне второго дна по поперечному сечению корпуса судна посередине рассматриваемого трюма;

M общая масса груза в трюме рассматриваемого поперечного сечения, м;

T_{LC} осадка, м, измеренная вертикально по поперечному сечению корпуса судна посередине рассматриваемого трюма от теоретической основной линии до ватерлинии в рассматриваемом случае загрузки.

Рис. 2
Поправка ΔQ_C к перерезывающей силе

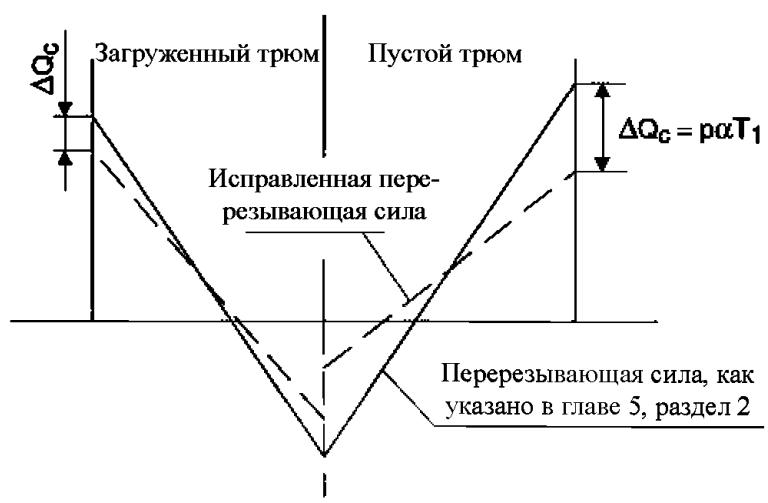


Таблица 1

Касательные напряжения, вызванные вертикальными перерезывающими силами

Тип судна	Расположение	t, мм	δ
Судно с одинарным бортом	Борта	t_S	0,5
Судно с двойным бортом	Борта	t_S	0,5 (1 – ϕ)
	Внутренние борта	t_{IS}	0,5 ϕ

Где t_S, t_{IS} минимальные толщины нетто обшивки наружного и внутреннего борта, мм, соответственно;
t_{SM}, t_{ISM} средние толщины нетто по всем поясам обшивки наружного и внутреннего борта, мм, соответственно. Они рассчитываются как $\Sigma(l_i t_i)/\Sigma l_i$, где l_i и t_i – длина, м, и толщина нетто, мм, i-го пояса обшивки наружного и внутреннего борта, соответственно;
ϕ коэффициент, принимаемый равным: $\phi = 0{,}275 + 0{,}25\, t_{ISM}/t_{SM}$

2.2.3 Касательные напряжения в условиях затопления для судов, имеющих в символе класса знаки BC-A или BC-B

Это требование применяется к судам, имеющим в символе класса знаки **BC-A** или **BC-B**, в дополнение к [2.2.1] и [2.2.2].

Касательные напряжения в любой точке в условиях затопления, Н/мм², указанные в главе 4, раздел 3, определяются по следующей формуле:

$$\tau_1 = (Q_{SW,F} + Q_{WV,F} - \varepsilon \Delta Q_C) \frac{S}{I_Y t} \delta;$$

$$\varepsilon = sgn\,(Q_{SW,F}),$$

где ΔQ_C поправка к перерезывающей силе, рассчитываемая как указано в [2.2.2], где масса M должна включать массу поступившей в рассматриваемый трюм воды, а осадка T_{LC} должна измеряться до ватерлинии, соответствующей аварийной ватерлинии;

t толщина нетто бортовой обшивки, мм.

3 Критерии проверки

3.1 Нормальные напряжения

3.1.1 Подлежит проверке тот факт, что нормальные напряжения σ_1, рассчитываемые как указано в [2.1.2] и, если применимо согласно [2.1.3], должны соответствовать следующей формуле:

$$\sigma_1 \le \sigma_{1,ALL},$$

где $\sigma_{1,ALL}$ допустимое нормальное напряжение, Н/мм², определяемое по следующим формулам:

$$\sigma_{1,ALL} = \frac{130}{k} \quad \text{для } x/L \le 0{,}1;$$

$$\sigma_{1,ALL} = \frac{190}{k} - \frac{1500}{k}\left(\frac{x}{L} - 0{,}3\right)^2 \quad \text{для } 0{,}1 < x/L < 0{,}3;$$

$$\sigma_{1,ALL} = \frac{190}{k} \quad \text{для } 0{,}3 \le x/L \le 0{,}7;$$

$$\sigma_{1,ALL} = \frac{190}{k} - \frac{1500}{k}\left(\frac{x}{L} - 0{,}7\right)^2 \quad \text{для } 0{,}7 < x/L < 0{,}9;$$

$$\sigma_{1,ALL} = \frac{130}{k} \quad \text{для } x/L \ge 0{,}9.$$

3.2 Касательные напряжения

3.2.1 Подлежит проверке тот факт, что касательные напряжения τ_1, рассчитываемые как указано в [2.2.1] или [2.2.2] и, если применимо [2.2.3], должны отвечать формуле:

$$\tau_1 \leq \tau_{1,ALL},$$

где $\tau_{1,ALL}$ допустимое касательное напряжение, Н/мм²:

$$\tau_{1,ALL} = 120/k.$$

4 Момент сопротивления сечения и момент инерции

4.1 Общие положения

4.1.1 Требования, указанные в [4.2] – [4.5] определяют минимальный момент сопротивления сечения нетто эквивалентного бруса, соответствующий критериям проверки, указанные в [3], и момент инерции нетто миделевого сечения, требуемый для обеспечения достаточной жесткости эквивалентного бруса.

4.1.2 Коэффициенты материала k должны определяться относительно материалов, применяемых для элементов днища и палубы, способствующих обеспечению продольной прочности как указано в [1]. Если применяются коэффициенты материала для сталей повышенной прочности, то применяются требования, указанные в [4.5].

4.2 Момент сопротивления сечения в пределах 0,4L миделя

4.2.1 Моменты сопротивления сечения нетто миделя Z_{AB} и Z_{AD}, м³, должны быть не менее величины, определяемой по следующей формуле:

$$Z_{R,MIN} = 0{,}9\,CL^2B\,(C_B + 0{,}7)\,k\,10^{-6}.$$

4.2.2 Кроме того, моменты сопротивления сечения нетто Z_{AB} и Z_{AD} в пределах 0,4L миделя, м³, должны быть не менее величины, определяемой по следующей формуле:

$$Z_R = \frac{M_{SW} + M_{WV}}{\sigma_{1,ALL}}\,10^{-3};$$

дополнительно для судов, имеющих в символе класса знаки **ВС-А** и **ВС-В**:

$$Z_R = \frac{M_{SW,F} + M_{WV,F}}{\sigma_{1,ALL}}\,10^{-3}.$$

4.2.3 Если суммарная ширина Σb_S малых вырезов, как указано в [1.2.8], исключается из площадей сечений, включенных в поперечные сечения эквивалентного бруса, то значения $Z_{R,MIN}$ и Z_R, указанные в [4.2.1] или [4.2.2] могут быть уменьшены на 3 %.

4.2.4 Размеры элементов, способствующих обеспечению продольной прочности (см. [1]), основанные на требованиях к моменту сопротивления сечения, как указано в [4.2.1], должны сохраняться в пределах 0,4L миделя.

4.3 Момент сопротивления сечения вне пределов 0,4L миделя

4.3.1 Моменты сопротивления сечения нетто Z_{AB} и Z_{AD} вне пределов 0,4L миделя, м³, должны быть не менее значения, определяемого по следующей формуле:

$$Z_R = \frac{M_{SW} + M_{WV}}{\sigma_{1,ALL}} 10^{-3};$$

дополнительно для судов, имеющих в символе класса знаки **ВС-А** и **ВС-В**:

$$Z_R = \frac{M_{SW,F} + M_{WV,F}}{\sigma_{1,ALL}} 10^{-3}.$$

4.3.2 Размеры элементов, способствующих обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса (см. [1]), могут быть постепенно уменьшены вне приделов $0{,}4L$ миделя до минимума, требуемого для обеспечения местной прочности в носовой и кормовой оконечностях, как указано в главе 9, раздел 1 и 2, соответственно.

4.4 Момент инерции миделевого сечения

4.4.1 Момент инерции нетто миделевого сечения относительно его горизонтальной нейтральной оси, м^4, должен быть не менее значения, определяемого по следующей формуле:

$$I_{YR} = 3Z'_{R,MIN} L \cdot 10^{-2},$$

где $Z'_{R,MIN}$ требуемый момент сопротивления нетто миделевого сечения $Z_{R,MIN}$, м^3, рассчитываемый, как указано в [4.2.1] или [4.2.2], но при $k = 1$.

4.5 Область применения стали повышенной прочности

4.5.1 Если при расчете требуемого момента сопротивления сечения днища или палубы, как указано в [4.2] или [4.3], используется коэффициент материала для стали повышенной прочности, то соответствующая сталь повышенной прочности должна быть принята для всех элементов, способствующих обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса (см. [1]), по крайней мере до расстояния по вертикали, м, определяемого по следующей формуле:

выше основной линии (для момента сопротивления сечения днища):

$$V_{HB} = \frac{\sigma_{1B} - k\sigma_{1,ALL}}{\sigma_{1B} + \sigma_{1D}} z_D;$$

ниже горизонтальной линии, расположенной на расстоянии V_D (см. [1.4.2]) выше нейтральной оси поперечного сечения корпуса судна (для момента сопротивления сечения палубы):

$$V_{HD} = \frac{\sigma_{1D} - k\sigma_{1,ALL}}{\sigma_{1B} + \sigma_{1D}} (N + V_D),$$

где σ_{1B}, σ_{1D} нормальные напряжения, Н/мм^2, в днище и палубе, соответственно, рассчитываемые как указано в [2.1.2];
z_D координата расчетной палубы по оси Z, м, согласно в [1.3] относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4].

4.5.2 Сталь повышенной прочности должна простираться по крайней мере на длину $0{,}4L$ миделя там, где это требуется для обеспечения прочности в соответствии с положениями настоящих Правил.

5 Допустимые изгибающий момент и перерезывающая сила на тихой воде

5.1 Допустимые изгибающий момент и перерезывающая сила на тихой воде для судна в неповрежденном состоянии

5.1.1 Допустимый изгибающий момент на тихой воде

Допустимый изгибающий момент на тихой воде в любом поперечном сечении корпуса для судна в неповрежденном состоянии при перегибе или прогибе – это значение M_{SW}, учитываемое при расчете момента сопротивления сечения эквивалентного бруса, как указано в [4.2] и [4.3]. В случае нарушения конструктивной непрерывности в поперечных сечениях корпуса судна распределение допустимых изгибающих моментов на тихой воде рассматривается в каждом конкретном случае.

5.1.2 Допустимая перерезывающая сила на тихой воде – прямой расчет

Если касательные напряжения определяются путем прямого расчета в соответствии с [2.2.1], то допустимая положительная или отрицательная перерезывающая сила на тихой воде для судна в неповрежденном состоянии в любом поперечном сечении корпуса, кН, определяется по следующей формуле:

$$Q_P = \varepsilon |Q_T| - Q_{WV},$$

где $\varepsilon = sgn(Q_{SW})$;

Q_T перерезывающая сила, кН, которая вызывает касательное напряжение $\tau = 120/k$ Н/мм² в наиболее напряженной точке нетто поперечного сечения корпуса судна с учетом поправки к перерезывающей силе ΔQ_C в соответствии с [2.2.2].

По запросу судостроителя может быть рассмотрено меньшее значение допустимой перерезывающей силы на тихой воде.

5.1.3 Допустимая перерезывающая сила на тихой воде – упрощенный расчет

Если касательные напряжения определяются путем упрощенного расчета в соответствии с [2.2.2], то допустимая положительная или отрицательная перерезывающая сила на тихой воде для судна в неповрежденном состоянии в любом поперечном сечении корпуса, кН, определяется по следующей формуле:

$$Q_P = \varepsilon \left(\frac{120}{k\delta} \frac{I_Y t}{S} + \Delta Q_C \right) - Q_{WV},$$

где $\varepsilon = sgn(Q_{SW})$;

δ коэффициент распределения перерезывающих сил в соответствии с табл. 1;

t минимальная толщина нетто, мм, обшивки наружного и внутреннего борта, как применимо, в соответствии с табл. 1;

ΔQ_C поправка к перерезывающей силе, как указано в [2.2.2].

По запросу судостроителя может быть рассмотрено меньшее значение допустимой перерезывающей силы на тихой воде.

5.2 Допустимые изгибающий момент и перерезывающая сила на тихой воде в условиях порта

5.2.1 Допустимый изгибающий момент на тихой воде

Допустимый изгибающий момент на тихой воде в любом поперечном сечении корпуса судна в условиях порта при перегибе или прогибе, кНм, определяется по следующей формуле:

$$M_{P,P} = M_{SW} + M_{WV} - M_{WV,P}.$$

По запросу судостроителя может быть рассмотрено меньшее значение допустимого изгибающего момента на тихой воде в условиях порта.

5.2.2 Допустимая перерезывающая сила на тихой воде

Допустимая положительная или отрицательная перерезывающая сила на тихой воде в любом поперечном сечении корпуса судна, кН, в условиях порта определяется по следующей формуле:

$$Q_{P,P} = \varepsilon Q_P + Q_{WV} - Q_{WV,P},$$

где $\varepsilon = sgn(Q_{SW})$;

Q_P допустимая перерезывающая сила на тихой воде при переходе морем, кН, рассчитываемая как указано в [5.1.3].

По запросу судостроителя может быть рассмотрено меньшее значение допустимой перерезывающей силы на тихой воде в условиях порта.

5.3 Допустимые изгибающий момент и перерезывающая сила на тихой воде для судна в условиях затопления

5.3.1 Допустимый изгибающий момент на тихой воде

Допустимый изгибающий момент на тихой воде в любом поперечном сечении корпуса для судна в условиях затопления при перегибе или прогибе – это значение $M_{SW,F}$, учитываемое при расчете момента сопротивления сечения эквивалентного бруса, как указано в [4.2] и [4.3].

В случае нарушения конструктивной непрерывности в поперечных сечениях корпуса судна, распределение допустимых изгибающих моментов на тихой воде рассматривается в каждом конкретном случае.

5.3.2 Допустимая перерезывающая сила на тихой воде – прямой расчет

Если касательные напряжения определяются путем прямого расчета, как указано в [2.2.1], то допустимая положительная или отрицательная перерезывающая сила на тихой воде для судна в условиях затопления в любом поперечном сечении корпуса, кН, определяется по следующей формуле:

$$Q_{P,F} = \varepsilon |Q_T| - Q_{WV,F},$$

где $\varepsilon = sgn(Q_{SW,F})$;

Q_T перерезывающая сила, кН, которая вызывает касательное напряжение $\tau = 120/k$ Н/мм² в наиболее напряженной точке нетто поперечного сечения корпуса судна с учетом поправки к перерезывающей силе ΔQ_C, как указано в [2.2.2].

5.3.3 Допустимая перерезывающая сила на тихой воде – упрощенный расчет

Если касательные напряжения определяются путем упрощенного расчета, как указано в [2.2.2], то допустимая положительная или отрицательная перерезывающая сила на тихой воде для судна в условиях затопления в любом поперечном сечении корпуса, кН, определяется по следующей формуле:

$$Q_{P,F} = \varepsilon \left(\frac{120}{k\delta} \frac{I_Y t}{S} + \Delta Q_C \right) - Q_{WV,F},$$

где $\varepsilon = sgn(Q_{SW})$;

δ коэффициент распределения перерезывающих сил, как указано в табл. 1;

t минимальная толщина нетто, мм, обшивки наружного и внутреннего борта, как применимо, согласно табл. 1;

ΔQ_C поправка к перерезывающей силе, которая должна рассчитываться как указано в [2.2.2], где масса M должна включать массу поступившей в рассматриваемый трюм воды, а осадка T_{LC} должна измеряться до ватерлинии, соответствующей аварийной ватерлинии.

РАЗДЕЛ 2. РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ

1 Область применения

1.1 Общие положения

1.1.1 Требования настоящего раздела применимы к судам длиной 150 м и более.

2 Расчет предельной прочности эквивалентного бруса

2.1 Нагрузки на эквивалентный брус

2.1.1 Изгибающий момент

Изгибающий момент M, кНм, при перегибе и прогибе, рассматриваемый при расчете предельной прочности эквивалентного бруса, должен определяться для судна в неповрежденном состоянии, для судна в условиях затопления и для судна в условиях порта по следующей формуле:

$$M = M_{SW} + \gamma_W M_{WV},$$

где $M_{SW}, M_{SW,F}, M_{SW,P}$ расчетный изгибающий момент на тихой воде, кНм, при прогибе и перегибе в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, рассчитываемый, соответственно для судна в неповрежденном состоянии (M_{SW}), для судна в условиях затопления ($M_{SW,F}$) и для судна в условиях порта ($M_{SW,P}$);

$M_{WV}, M_{WV,F}, M_{WV,P}$ вертикальный волновой изгибающий момент, кНм, при прогибе и перегибе в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна, как указано в главе 4, раздел 3, соответственно для судна в неповрежденном состоянии (M_{WV}), для судна в условиях затопления ($M_{WV,F}$) и для судна в условиях порта ($M_{WV,P}$);

γ_W коэффициент безопасности по волновому изгибающему моменту эквивалентного бруса, принимаемый равным:

$\gamma_W = 1{,}20$.

2.2 Изгибающий момент эквивалентного бруса

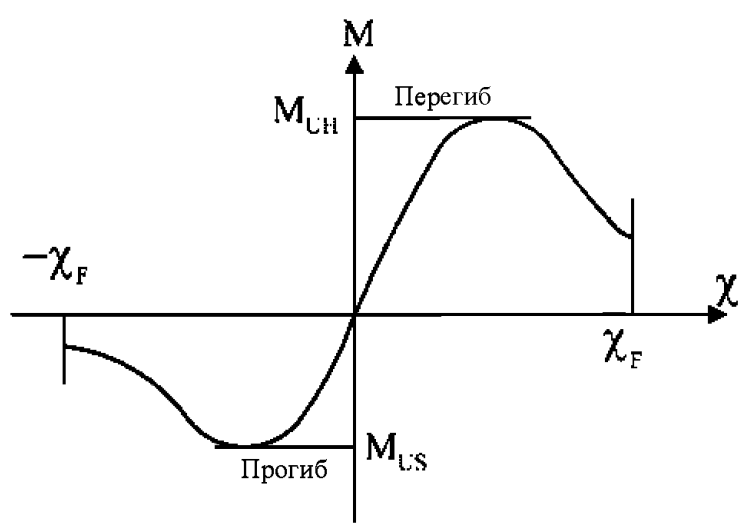
2.2.1 Кривая M-χ

Предельная несущая способность поперечного сечения эквивалентного бруса по изгибу при перегибе и прогибе, определяется как наибольшее значение на кривой зависимости изгибающих моментов M от кривизны χ, рассматриваемого поперечного сечения (см. рис. 1).

Кривизна χ положительна для перегиба и отрицательна для прогиба.

Кривая M-χ должна определяться с помощью шагово-итерационного метода, как указано в приложении 1.

Рис. 1
Кривая зависимости изгибающего момента M от кривизны χ



2.2.2 Поперечные сечения эквивалентного бруса

Поперечные сечения эквивалентного бруса образуются элементами, способствующими обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса, с учетом размеров связей нетто, как указано в главе 3, раздел 2, [3.2.4].

2.3 Критерии проверки

2.3.1 Подлежит проверке тот факт, что предельная несущая способность эквивалентного бруса по изгибу в любом поперечном сечении корпуса судна соответствует следующей формуле:

$$M \leq \frac{M_U}{\gamma_R},$$

где M_U предельная несущая способность поперечного сечения корпуса судна по изгибу, рассчитанная с учетом размеров связей нетто, основанных на предлагаемой полной толщине, уменьшенной на $0{,}5t_C$, кНм;
$M_U = M_{UH}$ при перегибе,
$M_U = M_{US}$ при прогибе;

M_{UH} предельная несущая способность по изгибу при перегибе, как указано в [2.2.1], кНм;

M_{US} предельная несущая способность по изгибу при прогибе, как указано в [2.2.1], кНм;

M изгибающий момент, кНм, как указано в [2.1.1], для судна в неповрежденном состоянии, для судна в условиях затопления и для судна в условиях порта;

γ_W коэффициент безопасности, принимаемый равным 1,10.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРЕДЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ЭКВИВАЛЕНТНОГО БРУСА

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Приложении, см. главу 1, раздел 4.

I_Y момент инерции, м^4, поперечного сечения корпуса судна относительно его горизонтальной нейтральной оси, рассчитываемой как указано в главе 5, раздел 1, [1.4];

Z_{AB}, Z_{AD} моменты сопротивления сечения, см^3, днища и палубы, соответственно, как указано в главе 5, раздел 1, [1.4.2].

1 Расчет предельной прочности эквивалентного бруса

1.1 Введение

1.1.1 Настоящее приложение предоставляет критерии для получения кривой M-χ и предельного продольного изгибающего момента M_U, которые должны рассчитываться, как указано в упрощенном шагово-итерационном методе, см. [2.1].

2 Критерии для расчета кривой M-χ

2.1 Упрощенный метод, основанный на шагово-итерационном подходе

2.1.1 Порядок действий

Кривая M-χ должна определяться с помощью шагово-итерационного метода, сведенного в блок-схему на рис. 1.

При таком подходе предельная несущая способность эквивалентного бруса по изгибу M_U определяется, как пиковое значение кривой зависимости вертикального изгибающего момента M от кривизны χ поперечного сечения корпуса судна, как показано на рис. 1. Кривая должна получиться в ходе шагово-итерационного метода.

Каждый шаг инкрементного процесса должен быть представлен расчетом изгибающего момента M_i, действующего на поперечное сечение корпуса судна в следствии кривизны χ_i.

Для каждого шага значение χ_i должно определяться путем прибавления приращения кривизны $\Delta\chi$ к величине, соответствующей предыдущему шагу χ_{i-1}. Это приращение кривизны соответствует приращению угла вращения поперечного сечения эквивалентного бруса вокруг его горизонтальной нейтральной оси.

Это приращение угла вращения вызывает осевые деформации ε в каждом конструктивном элементе корпуса судна, значение которых зависит от расположения элемента. При перегибе конструктивные элементы, расположенные выше нейтральной оси удлиняются, а ниже нейтральной оси – укорачиваются. При прогибе – ситуация обратная.

Напряжение σ, вызываемое в каждом конструктивном элементе осевой деформацией ε, должно определяться по кривой зависимости напряжения от деформации σ-ε, которая учитывает поведение элемента в нелинейной упруго-пластической области.

Распределение напряжений, вызываемых во всех элементах, образующих поперечное сечение корпуса судна, определяет для каждого шага вариацию положения нейтральной оси, так как зависимость σ-ε является нелинейной. Новое положение нейтральной оси, соответствующее рассматриваемому шагу, должно определяться с помощью интерационного процесса, задающего равновесие среди напряжений, действующих во всех элементах корпуса судна.

Как только положение нейтральной оси стало известным и соответствующее распределение напряжений в конструктивных элементах сечения определено, изгибающий момент сечения M_i относительно нового положения нейтральной оси, который соответствует кривизне χ_i, заданной на рассматриваемом шаге, определяется путем суммирования участия каждого элемента через напряжение в этом элементе.

Основные действия шагово-итерационного подхода, описанного выше, обобщаются следующим образом (см. также рис. 1):

Шаг 1 Разделить поперечное сечение корпуса судна на подкрепленные листовые элементы.

Шаг 2 Определить зависимости между напряжением и деформацией для всех элементов, как показано в табл. 1.

Шаг 3 Установить начальную кривизну χ_1 и исходное положение нейтральной оси по первому шага приращения со значением приращения кривизны (кривизны, которая вызывает напряжение, равное 1 % от предела текучести в расчетной палубе), определяемым по формуле:

$$\chi_i = \Delta\chi = \frac{0{,}01 R_{eH}/E}{z_D - N},$$

где z_D координата, м, расчетной палубы у борта по оси Z относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4].

Шаг 4 Рассчитать для каждого элемента соответствующую деформацию $\varepsilon_i = \chi z_i$ и соответствующее напряжение σ_i.

Шаг 5 Определить нейтральную ось z_{NA_cur} на каждом шаге приращения заданием равновесия сил по всему поперечному сечению следующим образом:

$\Sigma A_i \sigma_i = \Sigma A_j \sigma_j$ (i-ый элемент находится под сжатием, j-ый элемент находится под растяжением).

Шаг 6 Рассчитать соответствующий момент, суммируя участие всех элементов:

$$M_U = \Sigma \sigma_{Ui} A_i |(z_i - z_{NA_cur})|.$$

Шаг 7 Сравнить моменты на текущем и предыдущем шагах приращения. Если наклон зависимости M-χ меньше отрицательного заданного значения, то прекратить процесс и определить пиковое значение M_U. Либо увеличить кривизну на величину $\Delta\chi$ и перейти к Шагу 4.

2.1.2 Допущения

Применяя порядок действий, описанных в [2.1.1], как правило, должны использоваться следующие допущения:

предельная прочность рассчитывается в поперечных сечениях корпуса судна между двумя смежными рамными конструкциями;

поперечное сечение эквивалентного бруса остается плоским при каждом приращении кривизны;

поведение материала корпуса судна носит упруго-пластический характер;

поперечное сечение эквивалентного бруса подразделяется на набор элементов, которые рассматриваются, как действующие независимо друг от друга.

Такими элементами являются:

листовые панели с поперечным набором и/или обычные ребра жесткости с присоединенным пояском, работа конструкций которых описана в [2.2.1];

жесткие углы, образованные пересечением листовых панелей, работа конструкций которых описана в [2.2.2];

в соответствии с итерационным методом, изгибающий момент M_i, действующий на поперечное сечение при каждом значении кривизны χ_i, определяется путем суммирования воздействий напряжения σ на каждый элемент. Напряжение σ, соответствующее деформации элемента ε, должно определяться для каждого приращения кривизны по нелинейным кривым напряжения-деформации σ-ε.

Эти кривые должны рассчитываться для механизмов разрушения элемента по формулам, указанным в [2.2]. Напряжение σ выбирается как наименьшее из значений, определенных по каждой из рассмотренных кривых напряжения-деформации σ-ε;

процедура должна повторяться до тех пор, пока значение кривизны не достигнет значения χ_F, $м^{-1}$, при перегибе и прогибе, определяемого по следующей формуле:

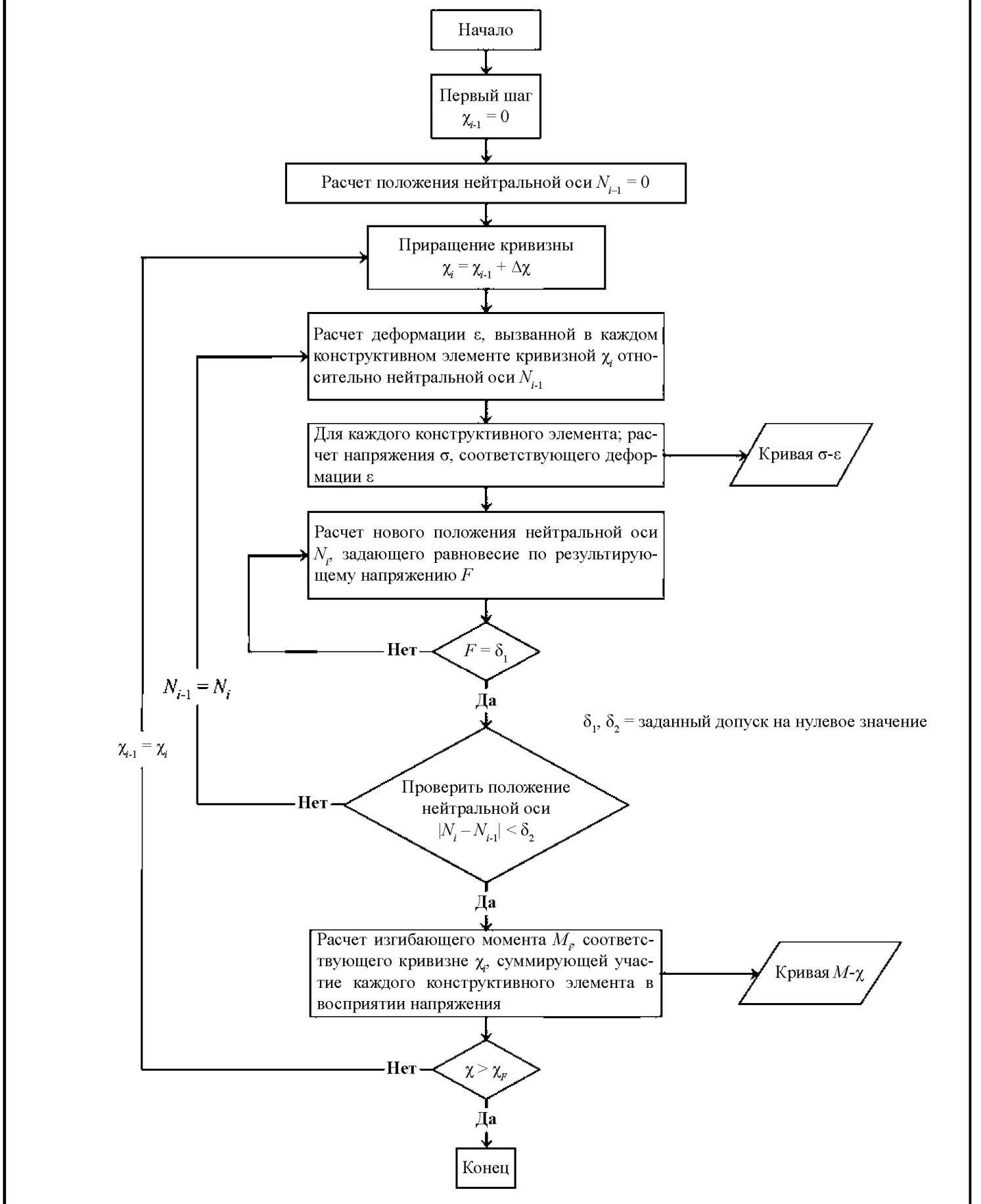
$$\chi_F = \pm 0{,}003 \frac{M_Y}{EI_Y},$$

где M_Y наименьшее из значений M_{Y1} и M_{Y2}, кНм:

$M_{Y1} = 10^{-3} R_{eH} Z_{AB}$;

$M_{Y2} = 10^{-3} R_{eH} Z_{AD}$.

Рис. 1
Блок-схема процедуры для оценки кривой *M*-χ



Если значение χ_F недостаточно для оценки пиковых значений кривой M-χ, то процедура должна повторяться до тех пор, пока значение кривизны не позволит рассчитать максимальные изгибающие моменты кривой.

2.2 Кривые напряжения-деформации σ-ε

2.2.1 Листовые панели и обычные ребра жесткости

Листовые панели и обычные ребра жесткости, образующие поперечные сечения эквивалентного бруса, могут ломаться по одному из режимов разрушения, указанных в табл. 1.

2.2.2 Жесткие углы

Жесткие углы являются более прочными элементами, образующими поперечное сечение эквивалентного бруса, которые, в основном, ломаются при потере эластичности и пластичности (предел текучести материала). Эти элементы обычно состоят из двух листов, лежащих в разных плоскостях. Типовыми жесткими углами являются соединения скуловых элементов, соединения ширстрека с палубным стрингером, соединения балка-палуба и свободный поясок-стенка на балках. Соответствующая кривая напряжения-деформации σ-ε должна определяться для удлиненных и укороченных жестких углов, как указано в [2.2.3].

Таблица 1

Режимы разрушения листовых панелей и обычных ребер жесткости

Элемент	Режим разрушения	Кривая σ-ε (см. пункт)
Удлиненная листовая панель с поперечным набором или обычные ребра жесткости	Упруго-пластическое разрушение	[2.2.3]
Укороченные обычные ребра жесткости	Осевая устойчивость Боковая устойчивость Местная устойчивость стенок профилей с фланцами Местная устойчивость стенок балок полосового профиля	[2.2.4] [2.2.5] [2.2.6] [2.2.7]
Укороченная листовая панель с поперечным набором	Устойчивость листа	[2.2.8]

2.2.3 Упруго-пластическое разрушение конструктивных элементов

Уравнение, описывающее кривую напряжения-деформации σ-ε при упруго-пластическом разрушении конструктивных элементов, образующих поперечное сечение эквивалентного бруса, должно определяться по следующей формуле, применимой как к положительной (укорочению), так и к отрицательной (удлинение) деформации (см. рис. 2):

$$\sigma = \Phi R_{eH},$$

где Φ граничная функция, равная:

$\Phi = -1$ при $\varepsilon < -1$;

$\Phi = \varepsilon$ при $-1 < \varepsilon < 1$;

$\Phi = 1$ при $\varepsilon > 1$;

ε относительная деформация, равная:

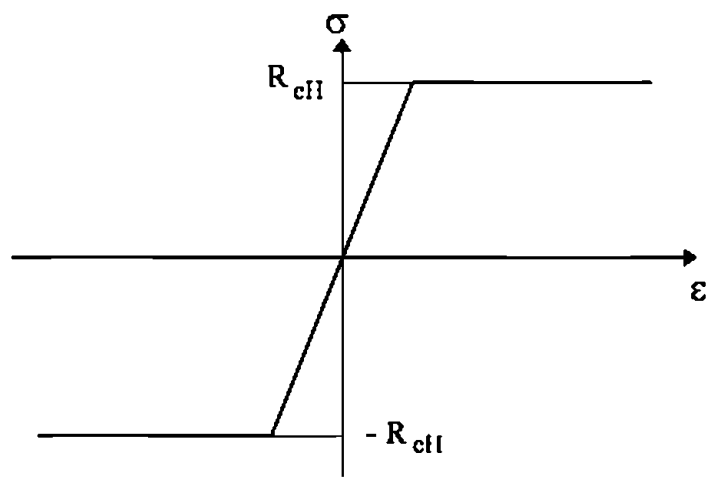
$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_E}{\varepsilon_Y};$$

ε_E деформация элемента;

ε_Y деформация, относящаяся к напряжению элемента при текучести, равная:

$$\varepsilon_Y = \frac{R_{eH}}{E}.$$

Рис. 2
Кривая напряжения-деформации σ-ε при упруго-пластическом разрушении



2.2.4 Осевая устойчивость

Уравнение, описывающее кривую напряжения-деформации σ_{CR1}-ε при осевой устойчивости обычных ребер жесткости, образующих поперечное сечение эквивалентного бруса, должно определяться по следующей формуле (см. рис. 3):

$$\sigma_{CR1} = \Phi\,\sigma_{C1}\,\frac{A_S + 10\,b_E\,t_p}{A_S + 10\,s\,t_p},$$

где Φ граничная функция, как указано в [2.2.3];

σ_{C1} критическое напряжение, Н/мм², равное:

$$\sigma_{C1} = \frac{\sigma_{E1}}{\varepsilon} \qquad \text{при } \sigma_{E1} \le \frac{R_{eH}}{2}\,\varepsilon;$$

$$\sigma_{C1} = R_{eH}\left(1 - \frac{\Phi R_{eH}\,\varepsilon}{4\,\sigma_{E1}}\right) \qquad \text{при } \sigma_{E1} > \frac{R_{eH}}{2}\,\varepsilon;$$

ε относительная деформация, как указано в [2.2.3];

σ_{E1} Эйлерово напряжение осевой устойчивости, Н/мм², равное:

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E\,\frac{I_E}{A_E\,l^2}\,10^{-4};$$

I_E момент инерции нетто обычных ребер жесткости, см⁴, с примыкающей наружной обшивкой шириной b_{E1};

b_{E1} ширина, м, примыкающей наружной обшивки, равная:

$$b_{E1} = \frac{s}{\beta_E} \qquad \text{при } \beta_E > 1{,}0;$$

$$b_{E1} = s \qquad \text{при } \beta_E \le 1{,}0;$$

$$\beta_E = 10^3\,\frac{s}{t_p}\sqrt{\frac{\varepsilon R_{eH}}{E}};$$

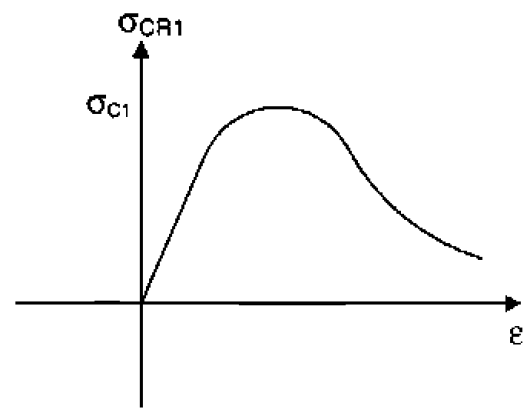
A_E площадь сечения нетто, м², обычных ребер жесткости с примыкающей наружной обшивкой шириной b_E;

b_E эффективная ширина, м, примыкающей наружной обшивки, равная:

$$b_E = \left(\frac{2{,}25}{\beta_E} - \frac{1{,}25}{\beta_E^2}\right) s \qquad \text{для } \beta_E > 1{,}25;$$

$$b_E = s \qquad \text{для } \beta_E \le 1{,}25.$$

Рис. 3
Кривая напряжения-деформации σ_{CR1}-ε при осевой устойчивости



2.2.5 Боковая устойчивость

Уравнение, описывающее кривую напряжения-деформации σ_{CR2}-ε при изгибно-боковой устойчивости обычных ребер жесткости, образующих поперечное сечение эквивалентного бруса, должно определяться по следующей формуле (см. рис. 4):

$$\sigma_{CR2} = \Phi \frac{A_S \sigma_{C2} + 10 s t_p \sigma_{CP}}{A_S + 10 s t_p},$$

где Φ граничная функция, как указано в [2.2.3];
σ_{C2} критическое напряжение, Н/мм², равное:

$$\sigma_{C2} = \frac{\sigma_{E2}}{\varepsilon} \quad \text{при } \sigma_{E2} \le \frac{R_{eH}}{2} \varepsilon;$$

$$\sigma_{C2} = R_{eH}\left(1 - \frac{\Phi R_{eH} \varepsilon}{4 \sigma_{E2}}\right) \quad \text{при } \sigma_{E2} > \frac{R_{eH}}{2} \varepsilon;$$

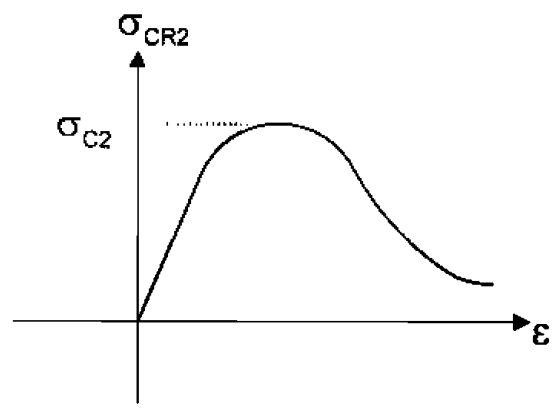
σ_{E2} Эйлерово напряжение боковой устойчивости, Н/мм², как указано в главе 6, раздел 3, [4.3];
ε относительная деформация, как указано в [2.2.3];
σ_{CP} напряжение устойчивости присоединенного пояска, Н/мм², равное:

$$\sigma_{CP} = \left(\frac{2{,}25}{\beta_E} - \frac{1{,}25}{\beta_E^2}\right) R_{eH} \quad \text{при } \beta_E > 1{,}25;$$

$$\sigma_{CP} = R_{eH} \quad \text{при } \beta_E \le 1{,}25;$$

β_E коэффициент, как указано в [2.2.4].

Рис. 4
Кривая напряжения-деформации σ_{CR2}-ε при изгибно-боковой устойчивости



2.2.6 Местная устойчивость стенок обычных ребер жесткости, изготовленных из профиля с фланцем

Уравнение, описывающее кривую напряжения-деформации σ_{CR3}-ε при местной устойчивости стенкок обычных ребер жесткости, изготовленных из профиля с фланцем, образующих поперечное сечение эквивалентного бруса, должно определяться по следующей формуле:

$$\sigma_{CR3} = \Phi R_{eH} \frac{10^3 b_E t_p + h_{we} t_w + b_f t_f}{10^3 s t_p + h_w t_w + b_f t_f},$$

где Φ граничная функция, как указано в [2.2.3];

b_E эффективная ширина, м, примыкающей наружной обшивки, как указано в [2.2.4];

h_{we} эффективная высота, мм, стенки, равная:

$$h_{we} = \left(\frac{2{,}25}{\beta_w} - \frac{1{,}25}{\beta_w^2}\right) h_w \quad \text{при } \beta_w > 1{,}25;$$

$$h_{we} = h_w \quad \text{при } \beta_w \le 1{,}25;$$

$$\beta_w = \frac{h_w}{t_w}\sqrt{\frac{\varepsilon R_{eH}}{E}};$$

ε относительная деформация, как указано в [2.2.3].

2.2.7 Местная устойчивость стенок обычных ребер жесткости, изготовленных из полосового профиля

Уравнение, описывающее кривую напряжения-деформации σ_{CR4}-ε при местной устойчивости стенок обычных ребер жесткости, изготовленных из полосового профиля, образующих поперечное сечение эквивалентного бруса, должно определяться по следующей формуле (см. рис. 5):

$$\sigma_{CR4} = \Phi \frac{10 s t_p \sigma_{CP} + A_S \sigma_{C4}}{A_S + 10 s t_p},$$

где Φ граничная функция, как указано в [2.2.3];

σ_{CP} напряжение устойчивости присоединенного пояска, Н/мм², как указано в [2.2.5];

σ_{C4} критическое напряжение, Н/мм², равное:

$$\sigma_{C4} = \frac{\sigma_{E4}}{\varepsilon} \quad \text{при } \sigma_{E4} \le \frac{R_{eH}}{2}\varepsilon;$$

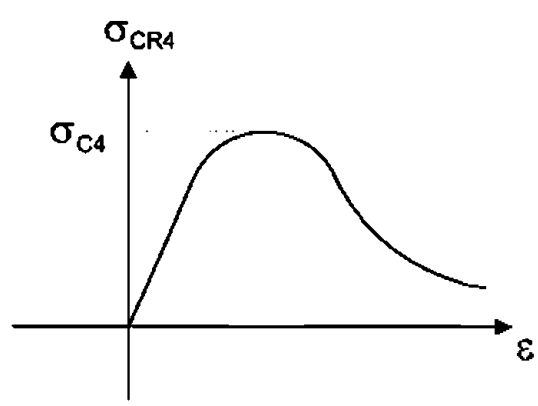
$$\sigma_{C4} = R_{eH}\left(1 - \frac{\Phi R_{eH}\varepsilon}{4\sigma_{E4}}\right) \quad \text{при } \sigma_{E4} > \frac{R_{eH}}{2}\varepsilon;$$

σ_{E4} местное Эйлерово напряжение устойчивости, Н/мм², равное:

$$\sigma_{E4} = 160000\left(\frac{t_w}{h_w}\right)^2;$$

ε относительная деформация, как указано в [2.2.3].

Рис. 5
Кривая напряжения-деформации σ_{CR4}-ε при местной устойчивости стенок обычных ребер жесткости, изготовленных из полосового профиля



2.2.8 Устойчивость листовых конструкций

Уравнение, описывающее кривую напряжения-деформации σ_{CR5}-ε при устойчивости поперечно подкрепленных панелей, составляющих поперечное сечение эквивалентного бруса, должно определяться по следующей формуле:

$$\sigma_{CR5} = \min \begin{cases} R_{eH}\Phi \\ R_{eH}\left[\frac{s}{l}\left(\frac{2{,}25}{\beta_E} - \frac{1{,}25}{\beta_E^2}\right) + 0{,}1\left(1 - \frac{s}{l}\right)\left(1 + \frac{1}{\beta_E^2}\right)^2\right], \end{cases}$$

где Φ граничная функция, как указано в [2.2.3];
β_E коэффициент, как указано в [2.2.4].

Глава 6

Размеры поперечных сечений связей корпуса судна

Раздел 1.	Листовые конструкции
Раздел 2.	Обычные ребра жесткости
Раздел 3.	Устойчивость и предельная прочность обычных ребер жесткости и подкрепленных панелей
Раздел 4.	Главные несущие элементы
Приложение 1.	Устойчивость и предельная прочность

РАЗДЕЛ 1. ЛИСТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.

I_Y момент инерции нетто, м^4, поперечного сечения корпуса судна относительно его горизонтальной нейтральной оси, рассчитываемый в соответствии с главой 5, раздел 1, [1.5], при предлагаемой полной толщине, уменьшенной на $0{,}5t_C$ для всех конструктивных элементов;

I_Z момент инерции нетто, м^4, поперечного сечения корпуса судна относительно его вертикальной нейтральной оси, рассчитываемый в соответствии с главой 5, раздел 1, [1.5], при предлагаемой полной толщине, уменьшенной на $0{,}5t_C$ для всех конструктивных элементов;

N координата нетто центра тяжести поперечного сечения корпуса судна, м, по оси Z в соответствии с главой 5, раздел 1, [1.2] относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4] с учетом предлагаемой полной толщины, уменьшенной на $0{,}5t_C$ для всех конструктивных элементов;

t толщина нетто пластины, мм;

p_S, p_W давление воды на тихой воде и волновое давление, кН/м^2, для судна в неповрежденном состоянии, как указано в [3.1.2];

p_F давление, кН/м^2, для судна в условиях затопления, как указано в [3.1.3];

p_T давление, кН/м^2, для судна в условиях проведения испытаний, как указано в [3.1.4];

σ_X нормальное напряжение, Н/мм^2, как указано в [3.1.5];

l длина, м, более длинной стороны элементарной пластины, измеренная вдоль хорды;

s длина, м, более короткой стороны элементарной пластины, измеренная вдоль хорды на середине длины l;

c_a соотношение размеров пластины, равное:

$c_a = 1{,}21\sqrt{1 + 0{,}33(s/l)^2 - 0{,}69s/l}$, но не более 1,0;

c_r коэффициент кривизны пластины, равный:
$c_r = 1 - 0{,}5s/r$, но не менее 0,4;

r радиус кривизны, м.

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Требования настоящего раздела применимы к расчету прочности листовых конструкций, подверженных боковому давлению, и листовых конструкций, способствующих обеспечению продольной прочности, испытывающих нормальное напряжение в плоскости эквивалентного бруса.
Кроме того, расчет устойчивости листовых конструкций и подкрепленных панелей должен осуществляться в соответствии с главой 6, раздел 3.

1.2 Толщины нетто

1.2.1 Как указано в главе 3, раздел 2, все толщины, упомянутые в настоящем разделе, являются толщинами нетто, т.е. они не включают какие-либо добавки на коррозию.
Полные толщины определяются, как указано в главе 3, раздел 2, [3].

1.2.2 Толщина нетто, мм, каждого листа задается как наибольшая из толщин нетто, вычисляемых для каждой точки расчета нагрузки, согласно [1.5.1], характерной для рассматриваемого листа (см. табл. 1). Применимая геометрия – это геометрия элементарной пластины, относящаяся к точке расчета нагрузки.

1.3 Комбинация давлений

1.3.1 Элементы наружной обшивки

Боковое давление на тихой воде и волновое давление должны рассчитываться, рассматривая по отдельности следующие случаи:

внешнее давление на тихой воде и волновое давление;

внутреннее давление на тихой воде и волновое давление, рассматривая отсек, смежный с наружной обшивкой, как загруженный. Если отсек, смежный с наружной обшивкой, предназначен для перевозки жидкостей, то это внутреннее давление на тихой воде и волновое давление должно быть уменьшено относительно соответствующего внешнего давления на тихой воде и волнового давления.

1.3.2 Элементы, не относящиеся к наружной обшивке

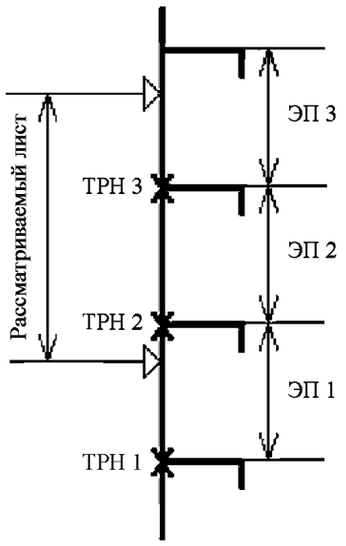
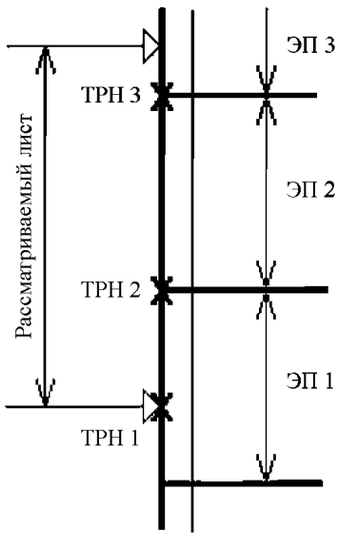
Боковое давление на тихой воде и волновое давление, рассматриваемые как действующие на элемент, который разделяет два смежных отсека – это давления, определяемые при рассмотрении двух отсеков, загруженных по отдельности.

1.4 Элементарная пластина

1.4.1 Элементарная пластина (ЭП) – это наименьшая неподкрепленная часть лист между ребрами жесткости.

Таблица 1

Точки расчета нагрузки

Лист с продольным подкреплением	**Лист с поперечным подкреплением**
 X Точка расчета нагрузки (ТРН)	 X Точка расчета нагрузки (ТРН)

1.5 Точка расчета нагрузки

1.5.1 Если не указано иное, то боковое давление и напряжения в эквивалентном брусе должны рассчитываться:

при продольной системе набора у нижней кромки элементарной пластины (см. табл. 1), а также в случае горизонтальных листовых конструкций в точке с минимальным значением *y* рассматриваемой элементарной пластины, как применимо;

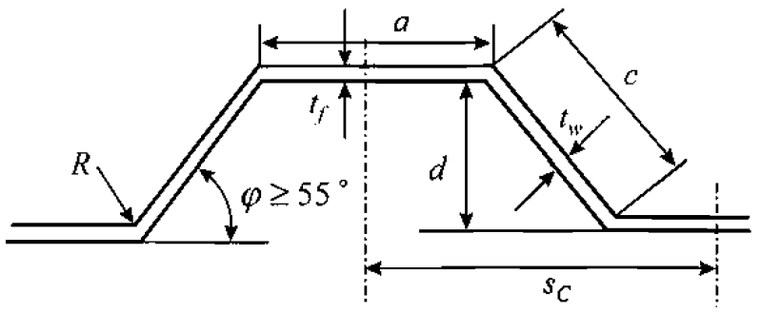
при поперечной системе набора у нижней кромки элементарной пластины или у нижней кромки пояса (см. табл. 1), а также в случае горизонтальных листовых конструкций в точке с минимальным значением *y* рассматриваемой элементарной пластины, как применимо.

2 Общие требования

2.1 Гофрированная переборка

2.1.1 Если не указано иное, то толщина нетто листов гофрированной переборки должна быть не менее полученного для пластины значения s, равного наибольшему из значений a и c, где a и c показаны на рис. 1.

Рис. 1
Гофрированная переборка



2.2 Минимальные толщины нетто

2.2.1 Толщина нетто листовых конструкций должна быть не менее значений, приведенных в табл. 2. Кроме того, в грузовой зоне толщина нетто бортовой наружной обшивки от уровня осадки в нормальном балласте до уровня $0{,}25T$ (минимум 2,2 м) выше T должна быть не менее значения, мм, определяемого по следующей формуле:

$$t = 28\,(s + 0{,}7)\,\frac{(BT)^{0,25}}{\sqrt{R_{eH}}}.$$

Таблица 2

Минимальная толщина нетто листовых конструкций

Листовые конструкции	Минимальная толщина нетто, мм
Киль	$7{,}5 + 0{,}03L$
Днище, второе дно	$5{,}5 + 0{,}03L$
Расчетная палуба и ящичная палуба, если применимо	$4{,}5 + 0{,}02L$
Бортовая обшивка, скула	$0{,}85L^{1/2}$
Внутренний борт, наклонные листы скуловых и подпалубных бортовых цистерн	$0{,}7L^{1/2}$
Поперечные и продольные водонепроницаемые переборки	$0{,}6L^{1/2}$
Отбойные переборки	6,5
Жилая палуба	5,0

2.3 Скуловая обшивка

2.3.1 Толщина нетто при продольной системе набора скуловой обшивки, мм, должна быть не менее значения, определяемого согласно [3.2].

2.3.2 Толщина нетто при поперечной системе набора скуловой обшивки должна быть не менее значения, определяемого по следующей формуле:

$$t = 0{,}76[(p_s + p_w)s_b]^{0,4}R^{0,6}k^{0,5},$$

где R радиус скулы, м;
s_b расстояние между флорами или поперечными скуловыми бракетами, м.

2.3.3 Толщина нетто скуловой обшивки должна быть не менее фактических толщин нетто смежных обшивок днища или борта шириной 2 м, смотря, что больше.

2.4 Горизонтальный киль

2.4.1 Толщина нетто горизонтального киля должна быть не менее фактических толщин нетто смежной днищевой обшивки шириной 2 м.

2.5 Ширстрек

2.5.1 Ширстрек сварной конструкции

Толщина нетто ширстрека сварной конструкции должна быть не менее фактических толщин смежной бортовой обшивки шириной 2 м с учетом поправки на сталь повышенной прочности, если применимо.

2.5.2 Ширстрек скругленной конструкции

Толщина нетто ширстрека скругленной конструкции должна быть не менее фактической толщины нетто смежного палубного настила.

2.5.3 Толщина нетто ширстрека в районе окончаний длинных надстроек

Толщина нетто ширстрека должна быть увеличена в районе окончаний длинных надстроек, находящихся в пределах $0{,}5L$ миделя, на длине около 1/6 ширины судна с каждой стороны конца надстройки.

Это увеличение толщины нетто должно быть равным 40 %, но не должно превышать 4,5 мм.

Там, где окончания надстройки находится вне пределов $0{,}5L$ миделя, увеличение толщины нетто может быть уменьшено до 30 %, но не должно превышать 2,5 мм.

2.5.4 Толщина нетто ширстрека в районе окончаний короткой надстройки

Толщина нетто ширстрека должна быть увеличена в районе окончаний коротких надстроек, находящихся в пределах $0{,}6L$ миделя, на длине около 1/6 ширины судна с каждой стороны конца надстройки.

Это увеличение толщины нетто должно быть равным 15 %, но не должно превышать 4,5 мм.

2.6 Палубный стрингер

2.6.1 Общие положения

Толщина нетто палубного стрингера должна быть не менее фактической толщины нетто смежного палубного настила.

2.6.2 Толщина нетто палубного стрингера в районе окончаний длинной надстройки

Толщина нетто палубного стрингера должна быть увеличена в районе окончаний длинных надстроек, находящихся в пределах $0{,}5L$ миделя, на длине около 1/6 ширины судна с каждой стороны конца надстройки.

Это увеличение толщины нетто должно быть равным 40 %, но не должно превышать 4,5 мм.

Там, где окончание надстройки находится вне пределов $0{,}5L$ миделя, увеличение толщины нетто может быть уменьшено до 30 %, но не должно более 2,5 мм.

2.6.3 Толщина нетто палубного стрингера в районе окончаний короткой надстройки

Толщина нетто палубного стрингера должна быть увеличена в районе окончаний коротких надстроек, находящихся в пределах 0,6L миделя, на длине около 1/6 ширины судна с каждой стороны конца надстройки.

Это увеличение толщины нетто должно быть равным 15 %, но не должно превышать 4,5 мм.

2.7 Второе дно, нагруженное рулонами стали на деревянных опорах

2.7.1 Общие положения

Толщина нетто второго дна, наклонного листа скуловой цистерны и внутреннего корпуса судов, предназначенных для перевозки стали в рулонах, должна соответствовать [2.7.2] – [2.7.4].

Положение определяется принятием схемы на рис. 2, как стандартного способа крепления рулонов стали. В случае, когда рулоны стали укладываются в два или более ярусов, формулы, указанные в [2.7.2] и [2.7.3] могут применяться, когда только нижний ярус рулонов стали имеет контакт с наклонным листом скуловой цистерны или листом внутреннего корпуса. В других случаях (размеры) толщины листов определяются путем анализа прямой прочности или другими способами.

2.7.2 Настил второго дна

Толщина нетто при продольной системе набора настила второго дна должна быть не менее значения, определяемого по следующей формуле:

$$t = K_1 \sqrt{\frac{(g + a_Z) F}{\lambda_P R_Y}},$$

где K_1 коэффициент, принимаемый равным:

$$K_1 = \sqrt{\frac{1{,}7\, s\, l K^2 - 0{,}73\, s^2 K_2^2 - (l - l')^2}{2\, l' \,(2\, s + 2\, l K_2)}},$$

a_Z вертикальное ускорение, м/с², как указано в главе 4, раздел 2, [3.2];

F сила, кг, принимаемая равной:

$$F = K_S \frac{W n_1 n_2}{n_3},$$

λ_P коэффициент, определяемый по табл. 6;

K_S коэффициент, принимаемый равным:

$K_S = 1{,}4$ когда рулоны стали уложены в один ярус с замковым рулоном;

$K_S = 1{,}0$ в других случаях;

W масса одного рулона стали, кг;

n_1 количество ярусов рулонов стали;

n_2 количество точек нагрузки на элементарную пластину второго дна, принимаемое равным:

в случае укладки рулонов согласно рис. 3, n_2 определяется по табл. 3 в соответствии со значениями n_3 и l/l_S;

в случае укладки рулонов согласно рис. 4, $n_2 = n_3$;

n_3 количество деревянных опор под одним рулоном;

l_S длина рулона стали, м;

K_2 коэффициент, принимаемый равным:

$$K_2 = -\frac{s}{l} + \sqrt{\left(\frac{s}{l}\right)^2 + 1{,}37\left(\frac{l}{s}\right)^2 \left(1 - \frac{l'}{l}\right)^2 + 2{,}33},$$

l' расстояние, м, между точками нагрузки на элементарную пластину второго дна по длине судна, принимаемое равным:

в случае укладки рулонов согласно рис. 3, l' определяется по табл. 4 в соответствии со значениями l, l_S, n_2 и n_3;

в случае укладки рулонов согласно рис. 4, l' – фактическое значение.

Рис. 2
Второе дно, нагруженное рулонами стали

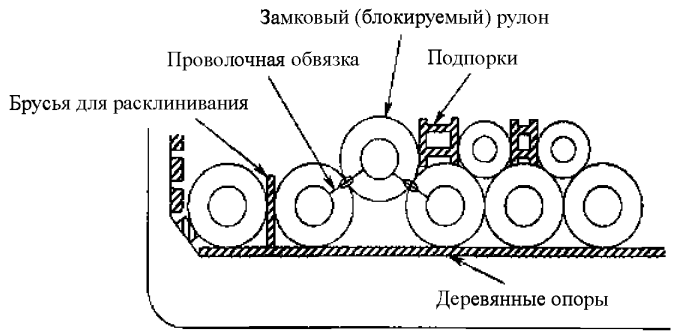


Рис. 3
Случай загрузки рулонами стали

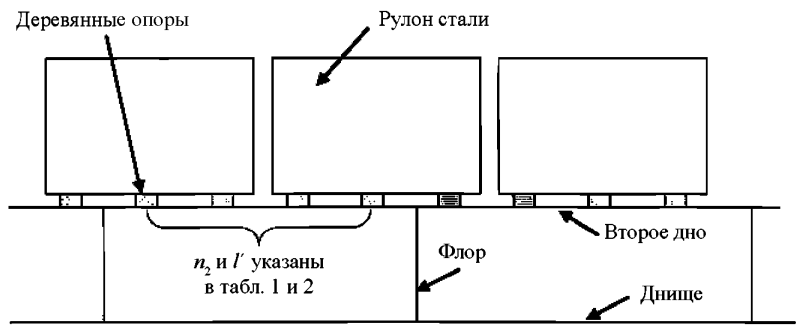
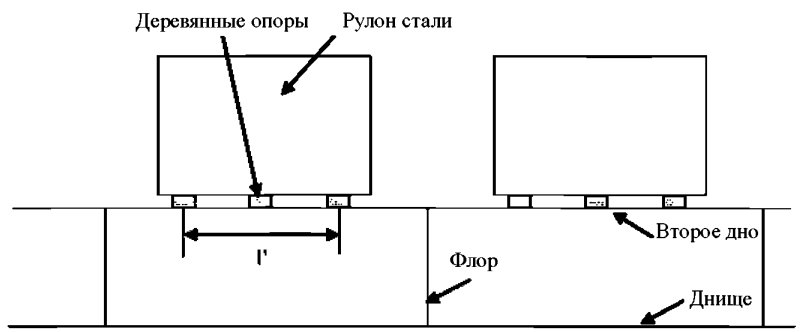


Рис. 4
Случай загрузки рулонами стали



2.7.3 Наклонный лист скуловой цистерны и обшивка внутреннего борта

Толщина нетто при продольной системе набора наклонного листа скуловой цистерны и обшивки внутреннего борта должна быть не менее значения, определяемого по следующей формуле:

$$t = K_1 \sqrt{\frac{[g\cos(\theta_1 - \theta_2) + a_Y \sin\theta_1]\, F'}{\lambda_P R_Y}},$$

где K_1 коэффициент согласно [2.7.2];

θ_1 угол, град, между листом второго дна и наклонным листом скуловой цистерны или обшивкой внутреннего борта;

θ_2 отдельная амплитуда бортовой качки, град, как указано в главе 4, раздел 2, [2.1];

a_Y поперечное ускорение, м/с², как указано в главе 4, раздел 2, [3.2];

F' сила, кг, принимаемая равной:

$$F' = \frac{W n_2 C_k}{n_3};$$

λ_P коэффициент, определяемый по табл. 6;

W, n_2, n_3 см. [2.7.2];

C_k коэффициент, принимаемый равным:

$C_k = 4{,}0$ когда рулоны стали уложены в два или более ярусов, или когда рулоны стали уложены в один ярус с замковым рулоном, распложенным вторым от наклонного листа скуловой цистерны или обшивкой внутреннего борта;

$C_k = 2{,}5$ в других случаях.

Таблица 3

Количество n_2 точек нагрузки на элементарную пластину

n_2	$n_2 = 2$	$n_2 = 3$	$n_2 = 4$	$n_2 = 5$
1	$0 < l/l_S \le 0{,}5$	$0 < l/l_S \le 0{,}33$	$0 < l/l_S \le 0{,}25$	$0 < l/l_S \le 0{,}2$
2	$0{,}5 < l/l_S \le 1{,}2$	$0{,}33 < l/l_S \le 0{,}67$	$0{,}25 < l/l_S \le 0{,}5$	$0{,}2 < l/l_S \le 0{,}4$
3	$1{,}2 < l/l_S \le 1{,}7$	$0{,}67 < l/l_S \le 1{,}2$	$0{,}5 < l/l_S \le 0{,}75$	$0{,}4 < l/l_S \le 0{,}6$
4	$1{,}7 < l/l_S \le 2{,}4$	$1{,}2 < l/l_S \le 1{,}53$	$0{,}75 < l/l_S \le 1{,}2$	$0{,}6 < l/l_S \le 0{,}8$
5	$2{,}4 < l/l_S \le 2{,}9$	$1{,}53 < l/l_S \le 1{,}87$	$1{,}2 < l/l_S \le 1{,}45$	$0{,}8 < l/l_S \le 1{,}2$
6	$2{,}9 < l/l_S \le 3{,}6$	$1{,}87 < l/l_S \le 2{,}4$	$1{,}45 < l/l_S \le 1{,}7$	$1{,}2 < l/l_S \le 1{,}4$
7	$3{,}6 < l/l_S \le 4{,}1$	$2{,}4 < l/l_S \le 2{,}73$	$1{,}7 < l/l_S \le 1{,}95$	$1{,}4 < l/l_S \le 1{,}6$
8	$4{,}1 < l/l_S \le 4{,}8$	$2{,}73 < l/l_S \le 3{,}07$	$1{,}95 < l/l_S \le 2{,}4$	$1{,}6 < l/l_S \le 1{,}8$
9	$4{,}8 < l/l_S \le 5{,}3$	$3{,}07 < l/l_S \le 3{,}6$	$2{,}4 < l/l_S \le 2{,}65$	$1{,}8 < l/l_S \le 2{,}0$
10	$5{,}3 < l/l_S \le 6{,}0$	$3{,}6 < l/l_S \le 3{,}93$	$2{,}65 < l/l_S \le 2{,}9$	$2{,}0 < l/l_S \le 2{,}4$

Таблица 4

Расстояние по длине судна между точками нагрузки на элементарную пластину второго дна

n_2	n_3			
	2	**3**	**4**	**5**
1	Фактическая ширина деревянных опор			
2	$0{,}5\,l_S$	$0{,}33\,l_S$	$0{,}25\,l_S$	$0{,}2\,l_S$
3	$1{,}2\,l_S$	$0{,}67\,l_S$	$0{,}50\,l_S$	$0{,}4\,l_S$
4	$1{,}7/\,l_S$	$1{,}20\,l_S$	$0{,}75\,l_S$	$0{,}6\,l_S$
5	$2{,}4\,l_S$	$1{,}53\,l_S$	$1{,}20\,l_S$	$0{,}8\,l_S$
6	$2{,}9\,l_S$	$1{,}87\,l_S$	$1{,}45\,l_S$	$1{,}2\,l_S$
7	$3{,}6\,l_S$	$2{,}40\,l_S$	$1{,}70\,l_S$	$1{,}4\,l_S$
8	$4{,}1\,l_S$	$2{,}73\,l_S$	$1{,}95\,l_S$	$1{,}6\,l_S$
9	$4{,}8\,l_S$	$3{,}07\,l_S$	$2{,}40\,l_S$	$1{,}8\,l_S$
10	$5{,}3\,l_S$	$3{,}60\,l_S$	$2{,}65\,l_S$	$2{,}0\,l_S$

2.7.4 Если количество точек нагрузки на элементарную пластину n_2 превышает 10, и/или количество деревянных опор n_3 превышает 5, то второе дно может рассматриваться как нагруженное с равномерно распределенной нагрузкой. В этом случае толщина настила второго дна должна определяться согласно [3.2.1].

3 Расчет прочности листовых конструкций, подверженных боковому давлению

3.1 Модель нагрузки

3.1.1 Общие положения

В зависимости от расположения рассматриваемой листовой конструкции и типа смежных отсеков, подлежат рассмотрению боковое давление на тихой воде и боковое волновое давление, вызванные морем, а также различными типами груза и балласта для судна в неповрежденном состоянии.

Для судна в условиях затопления листовая конструкция, образующая границы отсеков, не предназначенных для перевозки жидкостей (кроме наружной обшивки днища и борта), должна быть подвержена боковому давлению.

Должны быть рассчитаны волновые боковые давления и нагрузки на эквивалентный брус для уровня вероятности 10^{-8} во взаимоисключающих вариантах нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, как указано в главе 4, раздел 4.

3.1.2 Боковое давление для судна в неповрежденном состоянии

Боковое давление для судна в неповрежденном состоянии создается давлением на тихой воде и волновым давлением.

Давление на тихой воде p_S включает:

гидростатическое давление, как указано в главе 4, раздел 5, [1];

внутреннее давление на тихой воде, как указано в главе 4, раздел 6 для различных типов груза и для балласта.

Волновое давление p_W для каждого варианта нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2 включает:

гидродинамическое давление, как указано в главе 4, раздел 5, [1];

инерционное давление, как указано в главе 4, раздел 6 для различных типов груза и для балласта.

3.1.3 Боковое давление для судна в условиях затопления

Боковое давление для судна в условиях затопления p_F определяется, как указано в главе 4, раздел 6, [3].

3.1.4 Боковое давление для судна в условиях проведения испытаний

Боковое давление для судна в условиях проведения испытаний p_T принимается равным:

$p_T = p_{ST} - p_S$ для наружной обшивки днища и борта;

$p_T = p_{ST}$ в других случаях,

где p_{ST} испытательное давление, как указано в главе 4, раздел 6, [4];

p_S давление, принимаемое равным:

если испытание проводится наплаву: гидростатическое давление, как указано в главе 4, раздел 5, [1] при установленной проектантом осадке T_1, при которой проводится испытание. Если осадка T_1 не установлена, то испытание не считается проведенным наплаву;

если испытание не проводится наплаву: $p_S = 0$

3.1.5 Нормальные напряжения

Нормальное напряжение, рассматриваемое при расчете прочности листовых конструкций, способствующих обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса, – это максимальное значение σ_X, Н/мм², из значений при прогибе и перегибе, если применимо, определяемое по следующей формуле:

$$\sigma_X = C_l \left[C_{SW} \left| \frac{M_{SW}}{I_Y} \right| (z - N) + C_{WV} \left| \frac{M_{WV}}{I_Y} \right| (z - N) - C_{WH} \left| \frac{M_{WH}}{I_Z} \right| y \right] 10^{-3},$$

где C_l коэффициент, принимаемый равным:

$C_l = x/0{,}3L$ при $0 \le x/L < 0{,}3$;

$C_l = 1{,}0$ при $0{,}3 \le x/L \le 0{,}7$;

$C_l = \frac{1}{0{,}3}(1 - x/L)$ при $0{,}7 < x/L \le 1{,}0$;

M_{SW} допустимый изгибающий момент на тихой воде, кНм, при перегибе или прогибе, как применимо;

M_{WV} вертикальный волновой изгибающий момент, кНм, при перегибе или прогибе, как применимо, в соответствии с главой 4, раздел 3;

M_{WH} горизонтальный волновой изгибающий момент, кНм, как указано в главе 4, раздел 3;

C_{SW} коэффициент комбинации нагрузок для каждого варианта нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, приведенный в табл. 5;

C_{WV}, C_{WH} коэффициенты комбинации нагрузок, как указано в главе 4, раздел 4, [2.2] для каждого варианта нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, приведенный в табл. 5.

Таблица 5

Коэффициенты комбинации нагрузок C_{SW}, C_{WV}, C_{WH}

Вариант нагрузки	Перегиб			Прогиб		
	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}
H1	Не применяется			-1	-1	0
H2	1	1	0	Не применяется		
F1	Не применяется			-1	-1	0
F2	1	1	0	Не применяется		
R1	1	0	$1{,}2 - T_{LC}/T_S$	-1	0	$1{,}2 - T_{LC}/T_S$
R2	1	0	$T_{LC}/T_S - 1{,}2$	-1	0	$T_{LC}/T_S - 1{,}2$
P1	1	$0{,}4 - T_{LC}/T_S$	0	-1	$0{,}4 - T_{LC}/T_S$	0
P2	1	$T_{LC}/T_S - 0{,}4$	0	-1	$T_{LC}/T_S - 0{,}4$	0

3.2 Толщина листовых конструкций

3.2.1 Для судна в неповрежденном состоянии

Толщина нетто пластин, мм, находящихся под воздействием боковой нагрузки, должна быть не менее значения, определяемого по следующей формуле:

$$t = 15{,}8\, c_a c_r s \sqrt{\frac{p_S + p_W}{\lambda_P R_Y}},$$

где λ_P коэффициент, определяемый по табл. 6.

Таблица 6

Коэффициент λ_P

Листовые конструкции		Коэффициент λ_P
Способствующие обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса	Листы с продольной системой набора	$0{,}95 - 0{,}45 \left| \frac{\sigma_X}{R_Y} \right|$, но не более 0,9
	Листы с поперечной системой набора	$0{,}95 - 0{,}90 \left| \frac{\sigma_X}{R_Y} \right|$, но не более 0,9
Не способствующие обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса		0,9

3.2.2 Толщина нетто для судна в условиях затопления, исключая гофры поперечных переборок с вертикальными гофрами, разделяющих грузовые трюмы

Для судна в условиях затопления подлежит проверке листовая конструкция, образующая границы отсеков, не предназначенных для перевозки жидкостей (кроме наружной обшивки днища и борта), исключая гофры поперечных переборок с вертикальными гофрами, разделяющие грузовые трюмы. С этой целью, ее толщина нетто должна быть не менее значения, мм, определяемого по следующей формуле:

$$t = 15{,}8\, c_a c_r s \sqrt{\frac{p_F}{\alpha \lambda_P R_Y}},$$

где λ_P коэффициент, приведенный в табл. 6, определяется, учитывая σ_X для судна в условиях затопления;
α коэффициент, принимаемый равным:
$\alpha = 0{,}95$ для листа таранной переборки;
$\alpha = 1{,}15$ для листовых конструкций других водонепроницаемых границ отсеков.

3.2.3 Толщина нетто гофров поперечных вертикально-гофрированных водонепроницаемых переборок, разделяющих грузовые трюмы, в условиях затопления

Толщина нетто листа t, мм, поперечных водонепроницаемых переборок с вертикальными гофрами, разделяющих грузовые трюмы, должна быть не менее значения, мм, определяемого по следующей формуле:

$$t = 14{,}9\, s \sqrt{\frac{1{,}05 p}{R_{eH}}},$$

где p результирующее давление, кН/м², как указано в главе 4, раздел 6, [3.3.7].

Для составных гофрированных переборок, когда толщины фланца и стенки разные:

толщина нетто более узкого листа должна быть не менее значения, мм, определяемого по следующей формуле:

$$t_N = 14{,}9\, s \sqrt{\frac{1{,}05 p}{R_{eH}}};$$

толщина нетто более широкого листа должна быть не менее наибольшего значения, мм, определяемого по следующим формулам:

$$t_W = 14{,}9\, s \sqrt{\frac{1{,}05 p}{R_{eH}}};$$

$$t_W = \sqrt{\frac{462 s^2 p}{R_{eH}} - t_{NP}^2},$$

где t_{NP} фактическая толщина нетто более узкого листа, мм, принимаемая не менее:

$$t_{NP} = 14{,}9\, s \sqrt{\frac{1{,}05 p}{R_{eH}}}.$$

3.2.4 Условия проведения испытаний

Листы отсеков или конструкций, как указано в главе 4, раздел 6, [4], должны быть проверены при проведении испытаний. С этой целью, ее толщина нетто должна быть не менее значения, мм, определяемого по следующей формуле:

$$t = 15{,}8\, c_a c_r s \sqrt{\frac{p_T}{1{,}05 R_Y}}.$$

РАЗДЕЛ 2. ОБЫЧНЫЕ РЕБРА ЖЕСТКОСТИ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.

L_2 длина L согласно Правил, но не более 300 м;

I_Y момент инерции нетто поперечного сечения корпуса судна, м^4, относительно его горизонтальной нейтральной оси, рассчитываемый в соответствии с главой 5, раздел 1, [1.5], и основанный на предлагаемой полной толщине, уменьшенной на $0{,}5t_C$ для всех конструктивных элементов;

I_Z момент инерции нетто поперечного сечения корпуса судна, м^4, относительно его вертикальной нейтральной оси, рассчитываемый в соответствии с главой 5, раздел 1, [1.5], и основанный на предлагаемой полной толщине, уменьшенной на $0{,}5t_C$ для всех конструктивных элементов;

N координата нетто центра тяжести поперечного сечения корпуса судна по оси Z, как указано в главе 5, раздел 1, [1.2], м, относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4, [4] с учетом предлагаемой полной толщины, уменьшенной на $0{,}5t_C$ для всех конструктивных элементов;

p_S, p_W давление на тихой воде и волновое давление, кН/м^2, для судна в неповрежденном состоянии, как указано в [3.1.2];

p_F давление, кН/м^2, для судна в условиях затопления, как указано в [3.1.3];

p_T давление, кН/м^2, при проведении испытаний, как указано в [3.1.4];

σ_X нормальное напряжение, Н/мм^2, как указано в [3.1.5];

s расстояние, м, между обычными ребрами жесткости, измеренное по середине пролета вдоль хорды;

l пролет, м, обычных ребер жесткости, измеренный вдоль хорды, между подкрепляющими элементами, см. главу 3, раздел 6, [4.2];

h_w высота стенки, мм;

t_w толщина нетто стенки, мм;

b_f ширина свободного пояска, мм;

t_f толщина нетто свободного пояска, мм;

b_p ширина пояска, м, присоединенного к ребру жесткости, для расчета прочности в упругом состоянии, как указано в главе 3, раздел 6, [4.3];

w момент сопротивления сечения нетто, см^3, ребра жесткости с присоединенным пояском шириной b_p, рассчитываемый как указано в главе 3, раздел 6, [4.4];

A_{sh} площадь нетто поперечного сечения, см^2, ребра жесткости, рассчитываемая как указано в главе 3, раздел 6, [4.4];

m это коэффициент, принимаемый равным:
$m = 10$ для вертикальных ребер жесткости;
$m = 12$ для других ребер жесткости;

τ_a допустимое касательное напряжение, Н/мм^2, принимаемое равным:
$\tau_a = R_Y/\sqrt{3}$.

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Требования настоящего раздела применяются для расчета прочности в упругом состоянии обычных ребер жесткости, подверженных боковому давлению, и к обычным ребрам жесткости, способствующим обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса и нормальных напряжений в эквивалентном брусе.

Должен также производится расчет прочности в упругом состоянии для обычных ребер жесткости под воздействием сосредоточенных нагрузок.

Кроме того, должен производится расчет устойчивости обычных ребер жесткости в соответствии с главой 6, раздел 3.

1.2 Размеры нетто

1.2.1 Как указано в главе 3, раздел 2, все размеры, упомянутые в настоящем разделе, являются размерами нетто, т.е. они не включают какую-либо надбавку на коррозию.
Полные размеры определяются, как указано в главе 3, раздел 2, [3].

1.3 Комбинация давлений

1.3.1 Элементы наружной обшивки

Боковое давление на тихой воде и боковое волновое давление должны рассчитываться, рассматривая по отдельности следующие случаи:

внешнее давление на тихой воде и волновое давление;

внутреннее давление на тихой воде и волновое давление, рассматривая отсек, смежный с наружной обшивкой, как загруженный. Если отсек, смежный с наружной обшивкой, предназначен для перевозки жидкостей, то эти внутренние давления на тихой воде и волновое давление должны быть уменьшены относительно соответствующих внешних давлений на тихой воде и волнового давления.

1.3.2 Элементы, не относящиеся к наружной обшивке

Боковое давление на тихой воде и боковое волновое давление, считающиеся действующим на элемент, который разделяет два смежных отсека, – это давления, определяемые на основании того, что два отсека загружены по отдельности.

1.4 Точка расчета нагрузки

1.4.1 Горизонтальные ребра жесткости

Если не указано иное, то боковое давление и напряжение в эквивалентном брусе, при наличии таковых, должны рассчитываться по середине пролета рассматриваемого ребра жесткости.

1.4.2 Вертикальные ребра жесткости

Боковое давление p должно рассчитываться как максимальное между значением, определенным по середине пролета, и значением, определяемым по формуле:

$p = \dfrac{p_U + p_L}{2}$, если верхний конец вертикального ребра жесткости находится ниже уровня нулевого давления;

$p = \dfrac{l_1}{l}\dfrac{p_L}{2}$, если верхний конец вертикального ребра жесткости находится на уровне нулевого давления или выше (см. рис. 1),

где l_1 расстояние, м, между нижним концом вертикального ребра жесткости и уровнем нулевого давления;
p_U, p_L боковые давления у верхнего и нижнего концов пролета вертикального ребра жесткости l, соответственно.

2 Общие требования

2.1 Гофрированная переборка

2.1.1 Если не указано иное, то момент сопротивления сечения нетто и площадь нетто поперечного сечения гофры должны быть не меньше значений, определенных для обычного ребра жесткости со значением s, равным s_C, как показано на рис. 2.

Рис. 1
Определение давления для вертикальных ребер жесткости

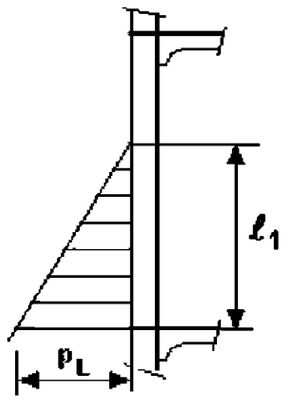
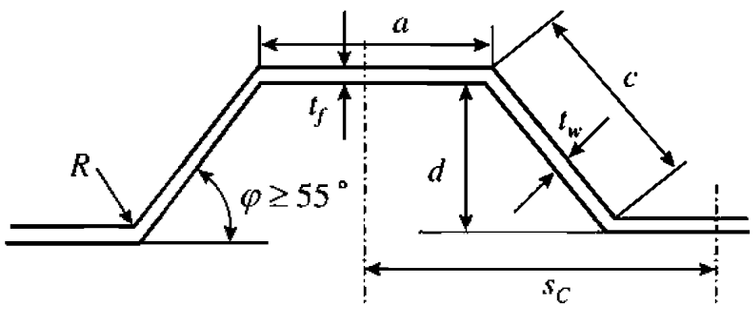


Рис. 2
Гофрированная переборка



2.2 Минимальные толщины нетто стенок обычных ребер жесткости

2.2.1 Обычные ребра жесткости, иные, чем бортовые шпангоуты навалочных судов с одинарными бортами

Толщина нетто стенки обычных ребер жесткости, мм, должна быть не менее наибольшей из:

$t = 3{,}0 + 0{,}015L_2$;

40 % предлагаемой толщины нетто присоединенного пояска;

и не должна превышать двух предлагаемых толщин нетто присоединенного пояска.

2.2.2 Бортовые шпангоуты навалочных судов с одинарными бортами

Толщина, мм, стенки шпангоутов в пределах грузовой зоны должна быть не менее значения нетто, определяемого по формуле:

$$t_{MIN} = 0{,}75\alpha\,(7 + 0{,}03L),$$

где α коэффициент, принимаемый равным:

$\alpha = 1{,}15$ для стенки шпангоутов в районе носового трюма;

$\alpha = 1{,}00$ для стенки шпангоутов в районе других трюмов.

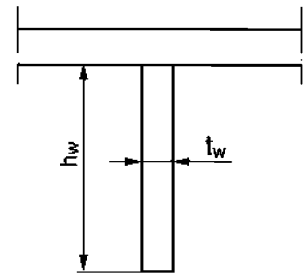
2.3 Размеры нетто обычных ребер жесткости

2.3.1 Полосовой профиль

Размеры нетто обычного ребра жесткости полосового профиля (см. рис. 3) должны соответствовать следующему требованию:

$h_w/t_w \le 20\sqrt{k}.$

Рис. 3
Размеры нетто полосового профиля



2.3.2 Тавровый профиль

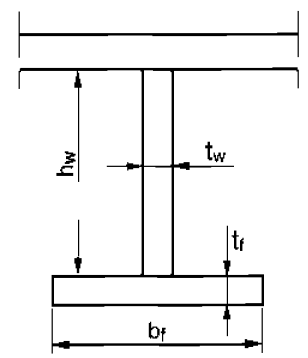
Размеры нетто обычных ребер жесткости таврового профиля (см. рис. 4) должны соответствовать следующим требованиям:

$h_w/t_w \le 65\sqrt{k};$

$b_f/t_f \le 33\sqrt{k};$

$b_f t_f \ge \frac{h_w t_w}{6}.$

Рис. 4
Размеры нетто таврового профиля



2.3.3 Угловой профиль

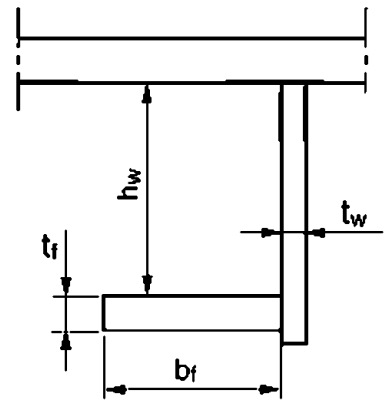
Размеры нетто обычных ребер жесткости углового профиля (см. рис. 5) должны соответствовать следующим требованиям:

$h_w/t_w \le 55\sqrt{k};$

$b_f/t_f \le 16{,}5\sqrt{k};$

$$b_f t_f \geq \frac{h_w t_w}{6}.$$

Рис. 5
Размеры нетто углового профиля



2.4 Стойки, соединяющие обычные ребра жесткости

2.4.1 Площадь нетто поперечного сечения A_{SR}, см², и момент инерции нетто I_{SR} относительно главных осей, см⁴, стоек, соединяющих обычные ребра жесткости, должны быть не меньше значений, определяемых по следующим формулам:

$$A_{SR} = \frac{p_{SR} s l}{20};$$

$$I_{SR} = \frac{0{,}75 s l (p_{SR1} + p_{SR2}) A_{ASR} l_{SR}^2}{47{,}2 A_{ASR} - s l (p_{SR1} + p_{SR2})},$$

где p_{SR} давление, кН/м², принимаемое равным наибольшему из значений, определяемым по следующим формулам:
$p_{SR} = 0{,}5(p_{SR1} + p_{SR2})$;
$p_{SR} = p_{SR3}$;

p_{SR1} внешнее давление, кН/м², в районе стойки, действующее на одну сторону снаружи отсека, в котором находится стойка;

p_{SR2} внешнее давление, кН/м², в районе стойки, действующее на противоположную сторону снаружи отсека, в котором находится стойка;

p_{SR3} внутреннее давление, кН/м², по середине пролета стойки в отсеке, в котором находится стойка;

l пролет, м, обычных ребер жесткости, соединенных стойкой (см. главу 3, раздел 6, [4.2.3]);

l_{SR} длина стойки, м;

A_{ASR} фактическая площадь нетто поперечного сечения стойки, см².

2.5 Обычные ребра жесткости второго дна, нагруженного рулонами стали на деревянных опорах

2.5.1 Общие положения

Требования настоящего пункта применяются к обычным ребрам жесткости, расположенным на втором дне, наклонном листе скуловой цистерны и внутреннем корпусе при загрузке рулонами стали на деревянных опорах, как показано на рис. 2 главы 6, раздел 1. Если рулоны стали укладываются в два или более ярусов, формулы в пунктах [2.5.2] и [2.5.3] могут применяться к случаю, когда только нижний ярус рулонов стали имеет контакт с наклонным листом скуловой цистерны или листом внутреннего корпуса. В других случаях значения момента сопротивления сечения нетто и площадь нетто поперечного сечения определяются путем анализа прямой прочности или другими способами.

2.5.2 Обычные ребра жесткости, расположенные на настиле второго дна

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь нетто поперечного сечения A_{sh}, см^2, однопролетных обычных ребер жесткости, расположенных на настиле второго дна, должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = K_3 \frac{(g + a_z)F}{8\lambda_s R_Y};$$

$$A_{sh} = \frac{5(g + a_z)F}{\tau_a \sin\phi} 10^{-3},$$

где K_3 коэффициент, приведенный в табл.1;
a_Z вертикальное ускорение, м/с^2, как указано в главе 4, раздел 2, [3.2];
F сила, кг, указанная в главе 6, раздел 1, [2.7.2];
λ_S коэффициент, приведенный в табл.3;
ϕ угол, град, согласно [3.2.3].

2.5.3 Обычные ребра жесткости, расположенные на наклонном листе скуловой цистерны или обшивке внутреннего борта

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь нетто поперечного сечения A_{sh}, см^2, однопролетных обычных ребер жесткости, расположенных на наклонном листе скуловой цистерны или листе внутреннего борта, должны быть не меньше значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = K_3 \frac{[g\cos(\theta_1 - \theta_2) + a_Y \cos\theta]F'}{8\lambda_s R_Y};$$

$$A_{sh} = \frac{5 a_Y F'}{\tau_a \sin\varphi \sin\phi} 10^{-3},$$

где K_3 коэффициент, приведенный в табл.1;
θ_1, θ_2 углы, град, как указано в главе 6, раздел 1, [2.7.3];
a_Y поперечное ускорение, м/с^2, как указано в главе 4, раздел 2, [3.2];
F' сила, кг, как указано в главе 6, раздел 1, [2.7.3];
λ_S коэффициент, приведенный в табл.3;
ϕ угол, град, согласно [3.2.3];
φ угол, град, между настилом второго дна и наклонным листом скуловой цистерны или обшивкой внутреннего борта.

Таблица 1

Коэффициент K_3

n_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_3	l	$l - l'^2/l$	$l - 2l'^2/3l$	$l - 5l'^2/9l$	$l - l'^2/2l$	$l - 7l'^2/15l$	$l - 4l'^2/9l$	$l - 3l'^2/7l$	$l - 5l'^2/12l$	$l - 11l'^2/27l$

2.5.4 Если количество точек нагрузки на элементарную пластину n_2 превышает 10 и/или количество деревянных опор n_3 превышает 5, то второе дно может рассматриваться как нагруженное равномерно распределенной нагрузкой. В этом случае размеры обычных ребер жесткости второго дна должны определяться согласно [3.2.3].

2.6 Подпалубные обычные ребра жесткости в районе спусковых устройств коллективных спасательных средств или дежурных шлюпок.

2.6.1 Размеры подпалубных обычных ребер жесткости должны определяться прямыми расчетами.

2.6.2 Нагрузки, создаваемые спусковым устройством, должны соответствовать допускаемой рабочей нагрузке спускового устройства.

2.6.3 Комбинированное напряжение, Н/мм², не должно превышать наименьшего из значений:

$$\frac{100}{235}R_{eH} \text{ и } \frac{54}{235}R_m,$$

где R_m временное сопротивление материала ребра жесткости, Н/мм².

3 Расчет прочности в упругом состоянии

3.1 Модель нагрузки

3.1.1 Общие положения

В зависимости от расположения рассматриваемого ребра жесткости и типа, примыкающих к нему отсеков, подлежат рассмотрению поперечные нагрузки на тихой воде и волновое давление, вызванные морем, а также различными типами груза и балласта для судна в неповрежденном состоянии.

Для судна в условиях затопления должны быть подвержены боковому давлению обычные ребра жесткости, расположенные на листовых конструкциях, которые образуют границы отсеков, не предназначенных для перевозки жидкостей (кроме расположенных на наружной обшивке днища и борта).

Должны быть рассчитаны волновые поперечные нагрузки и нагрузки на эквивалентный брус для уровня вероятности 10^{-8} во взаимоисключающих вариантах нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, как указано в главе 4, раздел 4.

3.1.2 Боковое давление для судна в неповрежденном состоянии

Боковое давление для судна в неповрежденном состоянии создается давлением на тихой воде и волновым давлением.

Давление на тихой воде p_S включает:

гидростатическое давление, как указано в главе 4, раздел 5, [1];

внутреннее давление на тихой воде, как указано в главе 4, раздел 6 для различных типов груза и для балласта.

Волновое давление p_W для каждого варианта нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2 включает:

гидродинамическое давление, как указано в главе 4, раздел 5, [1];

инерционное давление, как указано в главе 4, раздел 6 для различных типов груза и для балласта.

3.1.3 Боковое давление для судна в условиях затопления

Боковое давление для судна в условиях затопления p_F определяется, как указано в главе 4, раздел 6, [3].

3.1.4 Боковое давление для судна в условиях проведении испытаний

Боковое давление для судна в условиях проведения испытаний p_T принимается равным:

$p_T = p_{ST} - p_S$ для наружной обшивки днища и борта;

$p_T = p_{ST}$ в других случаях,

где p_{ST} испытательное давление, как указано в главе 4, раздел 6, [4];

p_S давление, принимаемое равным:

если испытание проводится наплаву: гидростатическое давление, указанное в главе 4, раздел 5, [1] при осадке T_1, установленной проектантом, при которой проводится испытание. Если осадка T_1 не установлена, то испытание не считается проведенным наплаву;

если испытание не проводится наплаву: $p_S = 0$

3.1.5 Нормальные напряжения

Нормальное напряжение, рассматриваемое при расчете прочности обычных ребер жесткости, способствующих обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса, – это максимальное значение σ_X, Н/мм², из значений при прогибе и перегибе, если применимо, определяемое по следующей формуле:

$$\sigma_X = C_l \left[C_{SW} \left| \frac{M_{SW}}{I_Y} \right| (z - N) + C_{WV} \left| \frac{M_{WV}}{I_Y} \right| (z - N) - C_{WH} \left| \frac{M_{WH}}{I_Z} \right| y \right] 10^{-3},$$

где C_l коэффициент, принимаемый равным:

$C_l = x/0{,}3L$ при $0 \le x/L < 0{,}3$;

$C_l = 1{,}0$ при $0{,}3 \le x/L \le 0{,}7$;

$C_l = \frac{1}{0{,}3}(1 - x/l)$ при $0{,}7 < x/L \le 1{,}0$;

M_{SW} допустимый изгибающий момент на тихой воде, кНм, при перегибе или прогибе, как применимо;

M_{WV} вертикальный волновой изгибающий момент, кНм, при перегибе или прогибе, как применимо, в соответствии с главой 4, раздел 3;

M_{WH} горизонтальный волновой изгибающий момент, кНм, как указано в главе 4, раздел 3;

C_{SW} коэффициент комбинации нагрузок для каждого варианта нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2 в соответствии с табл. 2;

C_{WV}, C_{WH} коэффициенты комбинации нагрузок в соответствии с главой 4, раздел 4, [2.2] для каждого варианта нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2 в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты комбинации нагрузок C_{SW}, C_{WV}, C_{WH}

Вариант нагрузки	Перегиб			Прогиб		
	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}
H1	Не применяется			-1	-1	0
H2	1	1	0	Не применяется		
F1	Не применяется			-1	-1	0
F2	1	1	0	Не применяется		
R1	1	0	$1{,}2 - T_{LC}/T_S$	-1	0	$1{,}2 - T_{LC}/T_S$
R2	1	0	$T_{LC}/T_S - 1{,}2$	-1	0	$T_{LC}/T_S - 1{,}2$
P1	1	$0{,}4 - T_{LC}/T_S$	0	-1	$0{,}4 - T_{LC}/T_S$	0
P2	1	$T_{LC}/T_S - 0{,}4$	0	-1	$T_{LC}/T_S - 0{,}4$	0

3.2 Критерии прочности для однопролетных обычных ребер жесткости, иных, чем бортовые шпангоуты навалочных судов с одинарными бортами

3.2.1 Граничные условия

Требования настоящего пункта применяются к обычным ребрам жесткости, рассматриваемым как заделанные по обоим концам.

Для других граничных условий расчет прочности в упругом состоянии должен рассматриваться в каждом конкретном случае.

3.2.2 Группы одинаковых обычных ребер жесткости

Если имеется группа одинаковых обычных ребер жесткости, то допускается, чтобы минимальный момент сопротивления сечения нетто в [3.2.3] – [3.2.7] рассчитывался как среднее из значений, требуемых для всех ребер жесткости этой группы, но это среднее значение должно приниматься не менее 90 % от максимального требуемого значения.

Это положение применимо также к минимальной площади нетто поперечного сечения.

3.2.3 Момент сопротивления сечения нетто и площадь нетто поперечного сечения однопролетных обычных ребер жесткости для судна в неповрежденном состоянии

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь нетто поперечного сечения A_{sh}, см^2, однопролетных обычных ребер жесткости, подвергнутых боковому давлению, должны быть не меньше значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{(p_S + p_W)\, s\, l^2}{m \lambda_S R_Y} 10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5\,(p_S + p_W)\, s\, l}{\tau_a \sin \phi},$$

где λ_S коэффициент, приведенный в табл.3;

ϕ угол, град, между стенкой ребра жесткости и листом наружной обшивки, измеренный по середине пролета ребра жесткости; если этот угол меньше 75°, то должна учитываться поправка.

Таблица 3

Коэффициент λ_S

Обычное ребро жесткости	Коэффициент λ_S
Продольное ребро жесткости, способствующее обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса	$1{,}2\left(1{,}0 - 0{,}85\left\|\frac{\sigma_x}{R_Y}\right\|\right)$, но не более 0,9
Другие ребра жесткости	0,9

3.2.4 Момент сопротивления сечения нетто гофрированной переборки балластного трюма для судов длиной менее 150 м

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, гофрированной переборки балластного трюма для судов длиной менее 150 м, подвергнутой боковому давлению, должен быть не менее значения, определяемого по следующей формуле:

$$w = K \frac{(p_S + p_W)\, s_C\, l^2}{m \lambda_S R_Y} 10^3,$$

где K коэффициент, приведенный в табл. 4 и 5 в соответствии с типом концевого соединения. Если $d_H < 2{,}5 d_0$, то должны быть рассчитаны момент сопротивления сечения на половину шпации гофрированной переборки и момент сопротивления сечения нижней опоры у второго дна;

s_C длина, м, половины шпации гофра согласно [2.1.1];

l длина, м, между опорами, как показано на рис. 6;

λ_S коэффициент, приведенный в табл. 3.

Таблица 4

Значения K, когда $d_H \geq 2{,}5 d_0$

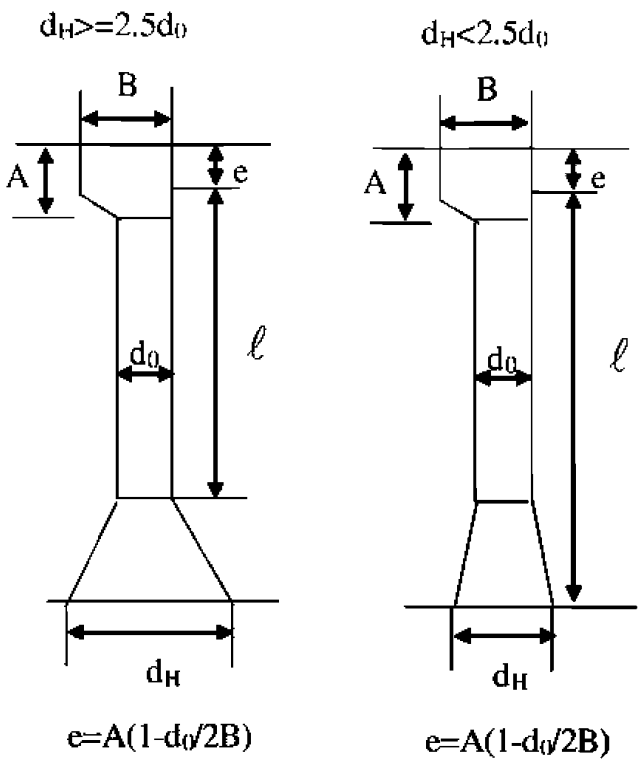
Нижний конец	Верхний конец		
	Опертый на балки	Приваренный непосредственно к палубе	Приваренный к опоре, надежно поддерживаемой судовой конструкцией
Опертый на балки или приваренный непосредственно к палубе или второму дну	0,83	1,25	1,25
Приваренный к опоре, надежно поддерживаемой судовой конструкцией	1,25	1,00	0,83

Таблица 5

Значения *K*, когда $d_H < 2{,}5d_0$

Опора верхнего конца	Опертый на балки	Соединение с палубой	Соединение с опорой
Момент сопротивления сечения гофрированной переборки	0,83	0,71	0,65
Момент сопротивления сечения опоры у второго дна	0,83	1,25	1,13

Рис. 6
Измерение *l*



3.2.5 Момент сопротивления сечения нетто и площадь нетто поперечного сечения однопролетных обычных ребер жесткости при затоплении, исключая гофры поперечной переборки с вертикальными гофрами, разделяющей грузовые трюмы

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь нетто поперечного сечения A_{sh}, см^2, однопролетных обычных ребер жесткости, исключая гофры поперечной переборки с вертикальными гофрами, разделяющей грузовые трюмы, подлежащие затоплению, должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{p_F s l^2}{16\,\alpha\lambda_S R_Y}\,10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5\,p_F s l}{\alpha\tau_a \sin\phi},$$

где λ_S, ϕ коэффициент и угол согласно [3.2.3], λ_S определяется, учитывая σ_X для судна в условиях затопления;

α коэффициент, принимаемый равным:

$\alpha = 0{,}95$ для обычных ребер жесткости таранной переборки;

$\alpha = 1{,}15$ для обычных ребер жесткости других водонепроницаемых границ отсеков, но при $\alpha\lambda_S$ не более 1,0.

3.2.6 Несущая способность по изгибу и сдвигу гофров поперечных водонепроницаемых переборок с вертикальными гофрами, разделяющих грузовые трюмы, для судна в условиях затопления

Несущая способность по изгибу и сдвигу гофров водонепроницаемых переборок, разделяющих грузовые трюмы, должны соответствовать следующим формулам:

$$0{,}5\,W_{LE} + W_M \geq \frac{M}{0{,}95R_{eH}}\,10^3;$$

$$\tau \leq \frac{R_{eH}}{2},$$

где M изгибающий момент в гофре, кНм, определяемый по следующей формуле:

$M = Fl_C/8$,

F результирующая сила, кН, рассчитываемая в соответствии с главой 4, раздел 6, [3.3.7];

l_C пролет гофров, м, определяемый в соответствии с главой 3, раздел 6, [10.4.4];

W_{LE} момент сопротивления сечения нетто, см^3, одной половины шпации гофра, рассчитываемый у нижнего конца гофров в соответствии с главой 3, раздел 6, [10.4.13], но не более значения, определяемого по следующей формуле:

$$W_{LE,M} = W_G + \left(\frac{Q\,h_G - 0{,}5\,h_G^2\,s_C\,p_G}{R_{eH}}\right)10^3,$$

W_G момент сопротивления сечения нетто, см^3, одной половины шпации гофра, рассчитываемый в районе верхнего конца шеддерного листа или гассетного листа, как применимо, в соответствии с главой 3, раздел 6, [10.4.14];

Q перерезывающая сила, действующая на гофр, кН, определяемая по следующей формуле:

$Q = 0{,}8F$;

h_G высота, м, шеддерного или гассетного листа, как применимо (см. главу 3, раздел 6, рис. 31-35);

p_G результирующее давление, кН/м^2, рассчитываемое в районе середины шеддерного или гассетного листа, как применимо, в соответствии с главой 4, раздел 6, [3.3.7];

s_C размер гофров, м, определяемый по рис. 2;

W_M момент сопротивления сечения нетто половины шпации гофра, см^3, рассчитываемый по середине пролета гофров в соответствии с главой 3, раздел 6, [10.4.14], но не более 1,15 W_{LE};

τ касательное напряжение в гофре, Н/мм^2, определяемое по следующей формуле:

$$\tau = 10\,\frac{Q}{A_{sh}},$$

A_{sh} площадь сдвига, см^2, рассчитываемая в соответствии с главой 3, раздел 6, [10.4.15].

3.2.7 Момент сопротивления сечения нетто и площадь нетто поперечного сечения однопролетных обычных ребер жесткости для судна в условиях проведения испытаний

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь нетто поперечного сечения A_{sh}, см^2, однопролетных обычных ребер жесткости, подвергнутых испытаниям, должны быть не меньше значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{p_T s\,l^2}{1{,}05\,m\,R_Y}\,10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5\,p_T s\,l}{1{,}05\,\tau_a \sin\phi},$$

где ϕ угол, град, согласно [3.2.3].

3.3 Критерии прочности для бортовых шпангоутов навалочных судов с одинарными бортами

3.3.1 Момент сопротивления сечения нетто и площадь нетто поперечного сечения шпангоутов

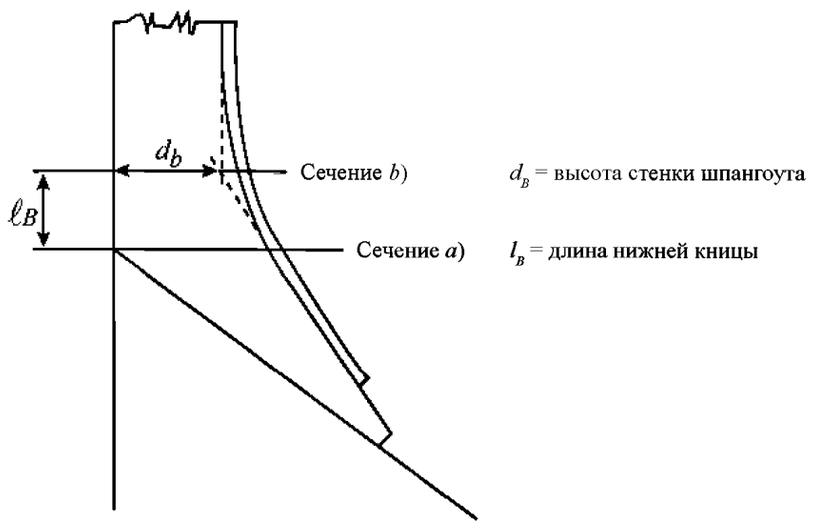
Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь нетто поперечного сечения A_{sh}, см^2, бортовых шпангоутов, подвергнутых боковому давлению, должны быть в районе середины пролета не меньше значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = 1{,}125\,\alpha_m\,\frac{(p_S + p_W)\,s\,l^2}{m\,\lambda_S R_Y}\,10^3;$$

$$A_{sh} = 1{,}1\,\alpha_S \frac{5\,(p_S + p_W)\,s\,l}{\tau_a \sin\phi}\left(\frac{l - 2\,l_B}{l}\right),$$

где α_m коэффициент, принимаемый равным:
$\alpha_m = 0{,}42$ для судов, имеющих в символе класса знак **ВС-А**;
$\alpha_m = 0{,}36$ для других судов;
λ_S коэффициент, принимаемый равным 0,9;
l пролет бортового шпангоута, м, как указано в главе 3, раздел 6, рис. 19, но не меньше $0{,}25D$;
α_S коэффициент, принимаемый равным:
$\alpha_S = 1{,}1$ для бортовых шпангоутов трюмов, предназначенных быть пустыми на судах, имеющих в символе класса знак **ВС-А**;
$\alpha_S = 1{,}0$ для других шпангоутов;
l_B длина нижней кницы, м, как показано на рис. 7.

Рис. 7
Длина нижней кницы бортового шпангоута



В дополнение к указанному выше, момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь нетто поперечного сечения A_{sh}, см^2, бортовых шпангоутов, подвергнутых боковому давлению в трюмах, предназначенных для приема водяного балласта, должны соответствовать [3.2.3].

3.3.2 Дополнительные требования к прочности

В дополнение к [3.3.1], момент инерции нетто, см^4, трех бортовых шпангоутов, расположенных непосредственно в корму от таранной переборки, должен быть не меньше значения, определяемого по следующей формуле:

$$I = 0{,}18\,\frac{(p_S + p_W)\,l^4}{N},$$

где l пролет бортового шпангоута, м;
n количество шпангоутов от переборки до рассматриваемого шпангоута, принимаемое равным 1, 2 или 3;
s шпация шпангоутов, м.

В качестве альтернативы, для поддержания непрерывности стрингеров форпика в пределах первого носового трюма, опорные конструкции, такие как горизонтальные стрингеры, должны быть установлены между таранной переборкой и бортовым шпангоутом, который находится в одной плоскости с поперечными рамными диафрагмами в подпалубных и скуловых цистернах.

3.3.3 Нижняя кница бортового шпангоута

Кроме того, на уровне нижней кницы, как показано в главе 3, раздел 6, рис. 19, фактический момент сопротивления шпангоута в опорном сечении с учетом попадающей в это сечение кницы и присоединенного пояска наружной обшивки должен быть не менее удвоенного требуемого момента сопротивления w в пролете шпангоута, определяемого согласно [3.3.1].

Толщина нетто t_{LB} шпангоутной кницы, мм, должна быть не менее толщины нетто стенки шпангоута + 1,5 мм.

Кроме того, толщина нетто t_{LB} шпангоутной кницы должна отвечать следующей формуле:

для симметричных профилей: $h_{LB} / t_{LB} \leq 87\sqrt{k}$;

для несимметричных профилей: $h_{LB} / t_{LB} \leq 73\sqrt{k}$.

Высота стенки нижней кницы h_{LB} может измеряться от пересечения наклонного листа скуловой цистерны с бортовой наружной обшивкой перпендикулярно пояску нижней кницы (см. главу 3, раздел 6, рис. 22).

Для трех бортовых шпангоутов, расположенных непосредственно в корму от таранной переборки, чьи размеры увеличиваются согласно [3.3.2] и, если $t_{LB} > 1{,}73t_w$, тогда толщина t_{LB} может приниматься равной значению t'_{LB}, определяемой по следующей формуле:

$$t'_{LB} = \left(\frac{t_{LB}^2}{t_w}\right)^{1/3},$$

где t_w толщина нетто стенки бортового шпангоута, мм, соответствующая A_{sh}, определяемой согласно [3.3.1].

Отношение ширины свободного пояска шпангоута (по одну сторону от стенки) к толщине свободного пояска не должно превышать $12k^{0,5}$.

3.3.4 Верхняя кница бортового шпангоута

Кроме того, на уровне верхней кницы, как показано в главе 3, раздел 6, рис. 19, момент сопротивления сечения нетто шпангоута и кницы или кницы как части наружной обшивкой должен быть не менее удвоенного момента сопротивления сечения нетто w, требуемого для района середины пролета шпангоута, определяемого согласно [3.3.1].

Толщина нетто t_{UB} верхней кницы шпангоута, мм, должна быть не менее толщины нетто стенки бортового шпангоута.

3.4 Верхнее и нижнее соединения бортовых шпангоутов навалочных судов с одинарными бортами

3.4.1 Моменты сопротивления сечения:

наружной бортовой обшивки и элементов продольного набора скуловой цистерны, которые поддерживают нижние соединяющие кницы,

наружной бортовой обшивки и элементов продольного набора подпалубной бортовой цистерны, которые поддерживают верхние соединяющие кницы,

должны быть такими, чтобы соотношение ниже выполнялось по отдельности для каждой нижней и верхней соединяющей кницы (см. также главу 3, раздел 6, рис. 22):

$$\sum_n w_i d_i \geq \alpha_T \frac{(p_S + p_W)\, l^2 l_1^2}{16 R_Y},$$

где n количество продольных ребер жесткости наружной бортовой обшивки и скуловой/подпалубной бортовой цистерны, которые поддерживают нижнюю/верхнюю концевую соединяющую кницу бортового шпангоута, как применимо;

w_i момент сопротивления сечения нетто, см^3, i-ого продольного ребра жесткости наружной бортовой обшивки или скуловой/подпалубной бортовой цистерны, которое поддерживает нижнюю/верхнюю концевую соединяющую кницу шпангоута, как применимо;

d_i расстояние, м, от i-ого продольного ребра жесткости до точки пересечения наружной бортовой обшивки и скуловой/подпалубной бортовой цистерны;

l_1 расстояние, м, между рамными диафрагмами в скуловой/подпалубной бортовой цистерне;

R_Y наименьшее значение эквивалентного предела текучести, Н/мм^2, для материалов продольных ребер жесткости наружной бортовой обшивки и скуловой/подпалубной бортовой цистерны, которые поддерживают нижнюю/верхнюю концевую соединяющую кницу бортового шпангоута;

α_T коэффициент, принимаемый равным:
$\alpha_T = 150$ для продольных ребер жесткости, поддерживающих нижние соединяющие кницы;
$\alpha_T = 75$ для продольных ребер жесткости, поддерживающих верхние соединяющие кницы;
l пролет бортового шпангоута, м, согласно [3.3.1].

3.4.2 Площадь соединения нетто A_i, см^2, кницы с i-ым продольным ребром жесткости, поддерживающим кницу, должна определяться по следующей формуле:

$$A_i = 0{,}4 \frac{w_i s}{l_1^2} \frac{k_{bkt}}{k_{lg,i}},$$

где w_i момент сопротивления сечения нетто, см^3, i-ого продольного ребра жесткости борта или наклонных балок, поддерживающих нижнюю или верхнюю концевую соединяющую кницу бортового шпангоута;
l_1 как указано в [3.4.1];
k_{bkt} коэффициент материала для кницы;
$k_{lg,i}$ коэффициент материала для i-ого продольного ребра жесткости.

3.5 Критерии прочности для многопролетных обычных ребер жесткости

3.5.1 Критерии проверки

Максимальное нормальное напряжение σ и касательное напряжение τ в многопролетном обычном ребре жесткости, рассчитанные согласно [3.5.2], должны отвечать формулам, приведенным в табл. 6.

Таблица 6

Критерии проверки для многопролетных обычных ребер жесткости

Состояние	Неповрежденное	При затоплении	При испытании
Нормальное напряжение	$\sigma \le \lambda_S R_Y$	$\sigma \le \alpha \lambda_S R_Y$	$\sigma \le 1{,}05 R_Y$
Касательное напряжение	$\tau \le \tau_a$	$\tau \le \alpha \tau_a$	$\tau \le 1{,}05 \tau_a$
Примечание 1: λ_S – см. [3.2.3], α – см. [3.2.4].			

3.5.2 Многопролетные обычные ребра жесткости

Максимальное нормальное напряжение σ и касательное напряжение τ в многопролетном обычном ребре жесткости должны определяться прямым расчетом, учитывая следующее:

распределение давления и сил на тихой воде и на волнении, если имеются;
количество и расположение промежуточных опор (палубы, балки и т.д.);
вид закрепления по концам ребра жесткости и на промежуточных опорах;
геометрические характеристики ребра жесткости на промежуточных пролетах.

4 Подкрепления стенок главных несущих элементов

4.1 Размеры нетто

4.1.1 Если подкрепления стенок главных несущих элементов привариваются к пояскам обычного ребра жесткости, то площадь поперечного сечения нетто в середине высоты подкрепления стенки должна быть не менее значения, см^2, определяемого по следующей формуле:

$$A = 0{,}1 k_1 p s l,$$

где k_1 коэффициент, зависящий от соединения стенки с обычным ребром жесткости, принимаемый равным:
$k_1 = 0{,}30$ для соединений без обделочной планки (см. главу 3, раздел 6, рис. 8);
$k_1 = 0{,}225$ для соединений с обделочной планкой (см. главу 3, раздел 6, рис. 9);
$k_1 = 0{,}20$ для соединений с одной или двумя большими обделочными планками (см. главу 3, раздел 6, рис. 10 и 11);
p давление, кН/м^2, действующее на обычное ребро жесткости.

4.1.2 Момент сопротивления сечения нетто подкрепления стенок непроницаемых главных несущих элементов должен быть не менее значения, см^3, определяемого по следующей формуле:

$$w = 2{,}5\, s^2\, t\, S_S^2,$$

где s длина подкрепления стенок, м;
t толщина нетто стенки главного несущего элемента, мм;
S_S шпация подкреплений стенок, м.

4.1.3 Соединения концов подкрепления стенок

Напряжение по концам подкрепления стенок главных несущих элементов в цистернах водяного балласта, Н/мм^2, должно соответствовать следующей формуле при отсутствии кницы:

$$\sigma \leq 175,$$

где $\sigma = 1{,}1\, K_{con} K_{longi} K_{stiff} \dfrac{\Delta\sigma}{\cos\theta}$

K_{con} коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений, принимаемый равным:
- $K_{con} = 3{,}5$ для подкреплений в двойном дне или пространстве двойного борта (см. рис. 8);
- $K_{con} = 4{,}0$ в других случаях (например, для скуловой цистерны, подпалубной бортовой цистерны и т.д.);

K_{longi} коэффициент, учитывающий форму площади поперечного сечения элементов продольного набора, принимаемый равным:
- $K_{longi} = 1{,}0$ для симметричного профиля ребра жесткости (например, тавровый, полосой профиль);
- $K_{longi} = 1{,}3$ для несимметричного профиля ребра жесткости (например, угловой, полособульбовый профиль);

K_{stiff} коэффициент, учитывающий форму конца ребра жесткости, принимаемый равным:
- $K_{stiff} = 1{,}0$ для стандартной формы конца ребра жесткости (см. рис. 9);
- $K_{stiff} = 0{,}8$ для улучшенной формы конца ребра жесткости (см. рис. 9);

θ как показано на рис. 10;

$\Delta\sigma$ диапазон напряжений, передаваемых с элементов продольного набора на конец подкрепления стенки, определяемой по следующей формуле:

$$\Delta\sigma = \frac{2W}{0{,}322\, h' \left[(A_{w1}/l_1) + (A_{w2}/l_2)\right] + A_{s0}}$$

W динамическая нагрузка, Н, определяемая по следующей формуле:
$W = 1000\,(l - 0{,}5\,s)\,s\,p$;

p максимальное инерционное давление вследствие перемещения жидкости в соответствии с главой 4, раздел 6, [2], кН/м^2, при уровне вероятности 10^{-4};

l пролет элемента продольного набора, м;

s шпация элементов продольного набора, м;

A_{s0}, A_{w1}, A_{w2} геометрические параметры, показанные на рис. 10, мм^2;

l_1, l_2 геометрические параметры, показанные на рис. 10, мм;

h' определяется, мм, по следующей формуле:
$h' = h_s + h_0'$,

h_s как показано на . рис. 10, мм;

h_0' определяется, мм, по следующей формуле:
- $h_0' = 0{,}636 b'$ при $b' \leq 150$;
- $h_0' = 0{,}216 b' + 63$ при $150 < b'$;

b' наименьшая ширина у конца подкрепления стенки, мм, как показано на рис. 10.

Рис. 8
Подкрепления стенок на главных несущих элемента

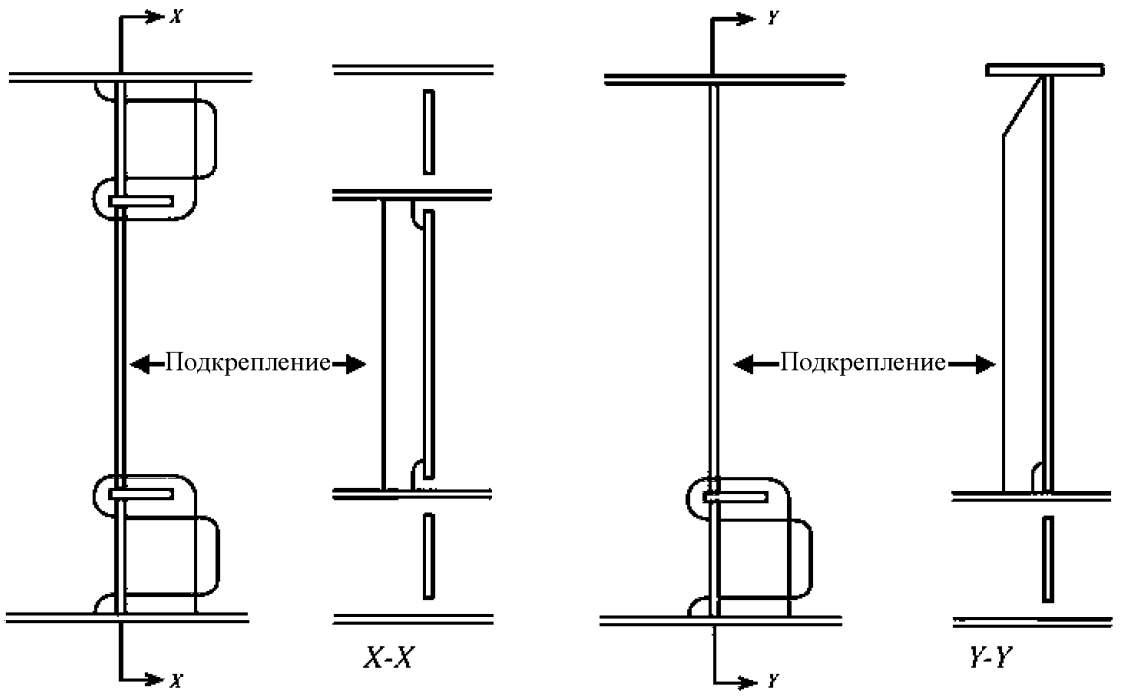
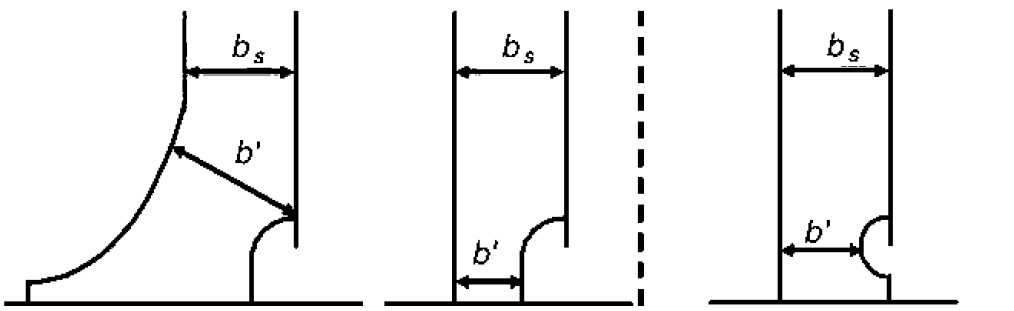


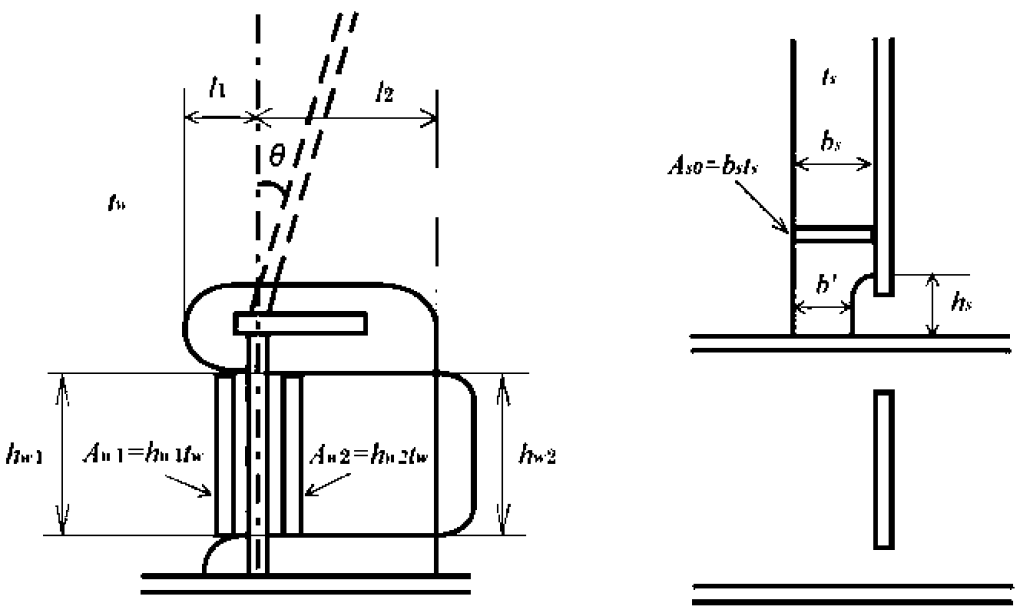
Рис. 9
Форма конца подкрепления стенки



Стандартные формы конца подкрепления

Форма конца подкрепления, учитывающая усталостную прочность, в сравнении со стандартной формой

Рис. 10
Определение геометрических параметров



РАЗДЕЛ 3. УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРЕДЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ОБЫЧНЫХ РЕБЕР ЖЕСТКОСТИ И ПОДКРЕПЛЕННЫХ ПАНЕЛЕЙ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.

В настоящем разделе сжимающие и касательные напряжения должны считаться положительными, а растягивающие напряжения – отрицательными.

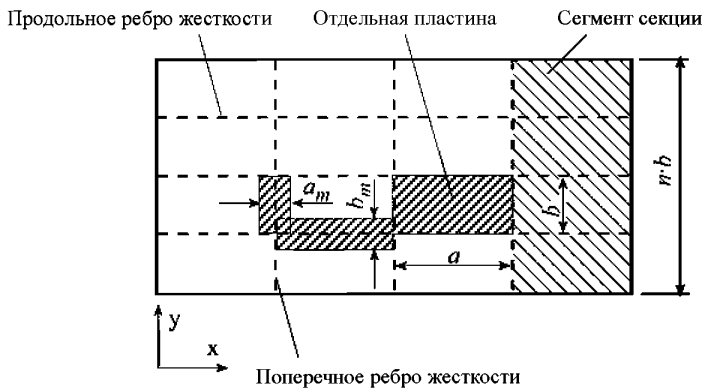
a длина пластины или ее части, мм;

b ширина элементарной пластины, мм;

α соотношение размеров элементарной пластины, принимаемое равным:
$\alpha = a/b$;

n количество значений ширины элементарной пластины в границах сегментов секций и целых панелей;

Рис. 1
Общее представление о панели



Продольное ребро жесткости – в направлении длины a
Поперечное ребро жесткости – в направлении ширины b

t толщина нетто листа, мм;

σ_n нормальное изгибающее напряжение эквивалентного бруса, Н/мм²;

τ_{SF} касательное напряжение, вызванное перерезывающими силами, как указано в [2.1.3], Н/мм²;

σ_x мембранное напряжение по оси x, Н/мм²;

σ_y мембранное напряжение по оси y, Н/мм²;

τ касательное напряжение в плоскости $x - y$, Н/мм²;

λ исходная степень гибкости, принимаемая равной:

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{eH}}{K\sigma_e}},$$

K коэффициент устойчивости, приведенный в табл. 2 и 3;

σ_e приведенное напряжение, принимаемое равным:

$$\sigma_e = 0{,}9E\left(\frac{t}{b}\right)^2;$$

ψ коэффициент неравномерности сжатия по кромкам пластины, принимаемое равным:
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$,

где σ_1 максимальное сжимающее напряжение;
σ_2 минимальное сжимающее или растягивающее напряжение;

S коэффициент запаса, принимаемый равным:
$S = 1,0$ кроме случая, указанного ниже;
$S = 1,1$ для конструкций, испытывающих только местные нагрузки (например, люковые крышки, фундаменты);
$S = 1,15$ для предельной прочности боковой устойчивости продольных и поперечных обычных ребер жесткости комингсов люков, наклонного листа подпалубных бортовых и скуловых цистерн, второго дна, внутреннего борта (если имеется), наружной бортовой обшивки при одинарной конструкции борта судна, верхней и нижней опор поперечных переборок, оцениваемых согласно [4.2].

Для конструкций из алюминиевых сплавов коэффициенты запаса должны увеличиваться в любом случае на 0,1.

F_1 поправочный коэффициент для граничных условий ребер жесткости на более длинной стороне элементарных пластин, приведенный в табл. 1. Если заделывание концов на продольных сторонах панели различно, то должно приниматься минимальное значение соответствующего параметра F_1.

Таблица 1

Поправочный коэффициент F_1

	F_1[2]	**Ребро жесткости, подкрепляющее кромку**
Ребра жесткости, срезанные на "ус" по обоим концам	1,0	
Руководящие значения, если оба конца ребра жесткости надежно соединены со смежными конструкциями[1]	1,05	Полосовой профиль
	1,10	Полособульбовый профиль
	1,20	Угловой или тавровый профиль
	1,30	Балки высокой жесткости (например, флоры)

[1] Точные значения можно определить прямым расчетом.
[2] Для пластин с разными ребрами жесткости, подкрепляющими кромку, должно использоваться среднее значение F_1.

1. Общие положения

1.1

1.1.1 Требования настоящего раздела применяются для расчета устойчивости конструктивных элементов, подвергнутых сжимающим напряжениям, касательным напряжениям и боковому давлению.

1.1.2 Расчеты устойчивости должны проводиться для следующих элементов:

а) в соответствии с требованиями [2], [3] и [4], и при всех вариантах нагрузки для судна в неповрежденном состоянии, как указано в главе 4, раздел 4:

для элементарных пластин и обычных ребер жесткости при анализе поперечного сечения корпуса судна;

для элементарных пластин, моделируемых при применении метода конечных элементов, в соответствии с требованиями главы 7;

б) в соответствии с требованиями [6] и только для судна в условиях затопления:

для поперечных водонепроницаемых переборок с вертикальными гофрами для судов, имеющих в символе класса знаки **ВС-А** и **ВС-В**.

1.1.3

Граничные условия для элементарных пластин должны рассматриваться как свободно опертые. Если граничные условия значительно отличается от свободной опоры, то могут быть приняты более подходящие граничные условия в соответствии с вариантами нагрузки, приведенными в графах 3, 4 и 7-10 табл. 2.

2 Область применения

2.1 Модель нагрузки при анализе поперечного сечения корпуса судна

2.1.1 Общие положения

Конструктивные элементы в рассматриваемом поперечном сечении корпуса судна должны проверяться по критериям устойчивости при комбинации следующих факторов:

нормального напряжения σ_n при изгибе эквивалентного бруса согласно [2.1.2];

касательного напряжения τ_{SF} согласно [2.1.3];

бокового давления для судна в неповрежденном состоянии, приложенного к конструктивным элементам, как применимо.

Боковые давления и нагрузки на эквивалентный брус должны рассчитываться при уровне вероятности 10^{-8} для взаимоисключающих вариантов нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, как указано в главе 4, раздел 4.

2.1.2 Нормальное напряжение σ_n

Нормальное напряжение σ_n, рассматриваемое для каждого из взаимоисключающих вариантов нагрузки согласно [2.1.1], – это максимальное сжимающее напряжение в рассматриваемом конструктивном элементе в соответствии с формулами, указанными в главе 6, раздел 1, [3.1.5] и в главе 6, раздел 2, [3.1.5] для элементарных пластин и обычных ребер жесткости, соответственно.

Для поперечных обычных ребер жесткости нормальное напряжение σ_n, рассматриваемое для каждого из взаимоисключающих вариантов нагрузки, – это максимальное сжимающее напряжение, рассчитываемое на каждом конце.

2.1.3 Касательное напряжение

Касательное напряжение τ_{SF}, рассматриваемое для каждого из взаимоисключающих вариантов нагрузки согласно [2.1.1], – это касательное напряжение, кН, вызваемое перерезывающими силами, равными:

$$Q = Q_{SW} + C_{QW} Q_{WV},$$

где Q_{SW} расчетная перерезывающая сила на тихой воде для судна в неповрежденном состоянии, кН, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса, как указано в главе 4, раздел 3, [2.3];

Q_{WV} вертикальная волновая перерезывающая сила для судна в неповрежденном состоянии, кН, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса, как указано в главе 4, раздел 3, [3.2];

C_{QW} коэффициент комбинации нагрузок, как указано в главе 4, раздел 4, табл. 3.

Если расчетная перерезывающая сила на тихой воде на стадии эскизного проектирования неизвестна, то можно использовать стандартное значение, кН, определяемое по следующей формуле:

$$Q_{SW0} = 30\,C\,L\,B\,(C_B + 0{,}7)\,10^{-2}.$$

2.1.4 Боковое давление

Боковое давление, рассматриваемое при расчете устойчивости, определяется, как указано в главе 6, раздел 1, [3.1] для криволинейной пластины и в главе 6, раздел 2, [3.1] для обычных ребер жесткости.

Точка расчета нагрузки для криволинейной пластины располагается на середине расстояния между краями криволинейной пластины вдоль кривой линии.

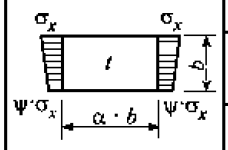
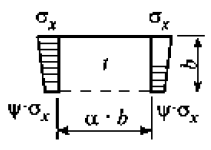
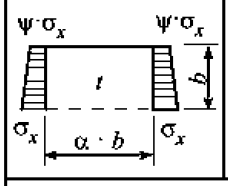
Точка расчета нагрузки для обычных ребер жесткости определяется, как указано в главе 6, раздел 2, [1.4].

2.2 Область применения

2.2.1. Область применения критериев устойчивости и предельной прочности указана в приложении 1.

Таблица 2

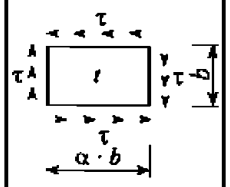
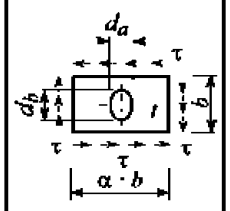
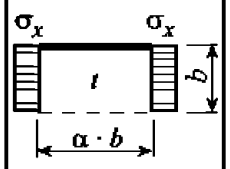
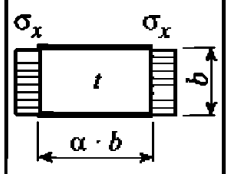
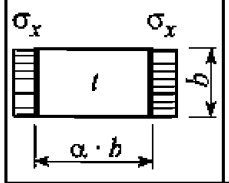
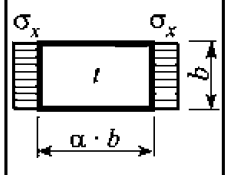
Коэффициент устойчивости и редукционный коэффициент для плоских элементарных пластин

Устойчивость пластины – Вариант нагрузки	**Коэффициент неравномерности сжатия по кромкам пластины ψ**	**Соотношение размеров α = *a*/*b***	**Коэффициент устойчивости *K***	**Редукционный коэффициент κ**
1  	$1 \ge \psi \ge 0$	$\alpha \ge 1$	$K = \dfrac{8{,}4}{\psi + 1{,}1}$	$\kappa_x = 1$ для $\lambda \le \lambda_c$ $\kappa_x = c\,(1/\lambda - 0{,}22/\lambda^2)$ для $\lambda > \lambda_c$ $c = (1{,}25 - 0{,}12\,\psi) \le 1{,}25$ $\lambda_c = \dfrac{c}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \dfrac{0{,}88}{c}}\right)$
	$0 > \psi > -1$		$K = 7{,}63 - \psi\,(6{,}26 - 10\,\psi)$	
	$\psi \le -1$		$K = (1 - \psi)^2 \cdot 5{,}975$	
2 	$1 \ge \psi \ge 0$	$\alpha \ge 1$	$K = F_1\left(1 + \dfrac{1}{\alpha^2}\right)^2 \dfrac{2{,}1}{(\psi + 1{,}1)}$	$\kappa_y = c\left(\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{R + F^2\,(H - R)}{\lambda^2}\right)$ $c = (1{,}25 - 0{,}12\,\psi) \le 1{,}25$ $R = \lambda\,(1 - \lambda/c)$ для $\lambda < \lambda_c$ $R = 0{,}22$ для $\lambda \ge \lambda_c$ $\lambda_c = \dfrac{c}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \dfrac{0{,}88}{c}}\right)$ $F = \left(1 - \dfrac{K/0{,}91 - 1}{\lambda_p^2}\right) \cdot c_1 \ge 0$ $\lambda_p^2 = \lambda^2 - 0{,}5$ для $1 \le \lambda_p^2 \le 3$ $c_1 = 1$, для σ_y вследствие прямых нагрузок $c_1 = (1 - F_1/\alpha) \ge 0$, для σ_y вследствие изгиба (в общем случае) $c_1 = 0$, для σ_y вследствие изгиба при предельных вариантах нагрузки (например, водонепроницаемые переборки) $H = \lambda - \dfrac{2\lambda}{c\left(T + \sqrt{T^2 - 4}\right)} \ge R$ $T = \lambda + \dfrac{14}{15\lambda} + \dfrac{1}{3}$
	$0 > \psi > -1$	$1 \le \alpha \le 1{,}5$	$K = F_1\left[\left(1 + \dfrac{1}{\alpha^2}\right)^2 \dfrac{2{,}1\,(1 + \psi)}{1{,}1} - \dfrac{\psi}{\alpha^2} \cdot (13{,}9 - 10\,\psi)\right]$	
		$\alpha > 1{,}5$	$K = F_1\left[\left(1 + \dfrac{1}{\alpha^2}\right)^2 \dfrac{2{,}1(1 + \psi)}{1{,}1} - \dfrac{\psi}{\alpha^2}(5{,}87 + 1{,}87\,\alpha^2 + \dfrac{8{,}6}{\alpha^2} - 10\,\psi)\right]$	
	$\psi \le -1$	$1 \le \alpha \le \dfrac{3\,(1 - \psi)}{4}$	$K = F_1\left(\dfrac{1 - \psi}{\alpha}\right)^2 \cdot 5{,}975$	
		$\alpha > \dfrac{3\,(1 - \psi)}{4}$	$K = F_1\left[\left(\dfrac{1 - \psi}{\alpha}\right)^2 \cdot 3{,}9675 + 0{,}5375 \cdot \left(\dfrac{1 - \psi}{\alpha}\right)^4 + 1{,}87\right]$	
3  	$1 \ge \psi \ge 0$	$\alpha > 0$	$K = \dfrac{4\,(0{,}425 + 1/\alpha^2)}{3\,\psi + 1}$	$\kappa_x = 1$ для $\lambda \le 0{,}7$ $\kappa_x = \dfrac{1}{\lambda^2 + 0{,}51}$ для $\lambda > 0{,}7$
	$0 > \psi > -1$		$K = 4\,(0{,}425 + 1/\alpha^2)\,(1 + \psi) - 5\psi\,(1 - 3{,}42\,\psi)$	
4  	$1 \ge \psi \ge -1$	$\alpha > 0$	$K = (0{,}425 + 1/\alpha^2)\,\dfrac{3 - \psi}{2}$	

Пояснения к граничным условиям:
- - - - - кромка пластины не закреплена
——— кромка пластины свободно оперта
——— кромка пластины жестко заделана

Примечание. Варианты нагрузки, перечисленные в табл. 2, являются общими случаями. Каждая составляющая напряжения (σ_x, σ_y) должна рассматриваться в местных координатах.

Продолжение табл. 2

5 	= = =		$K = K_\tau \sqrt{3}$	$\kappa_\tau = 1$ для $\lambda \le 0{,}84$ $\kappa_\tau = \dfrac{0{,}84}{\lambda}$ для $\lambda > 0{,}84$
		$\alpha \ge 1$	$K_\tau = \left[5{,}34 + \dfrac{4}{\alpha^2}\right]$	
		$1 < \alpha < 0$	$K_\tau = \left[4 + \dfrac{5{,}34}{\alpha^2}\right]$	
6 	= = =		$K = K'r$ K' = K в соответствии с вариантом нагрузки 5 r = редукционный коэффициент $r = (1 - d_a/a)(1 - d_b/b)$ при $d_a/a \le 0{,}7$ и $d_b/b \le 0{,}7$	
7 	= = =	$\alpha \ge 1{,}64$	$K = 1{,}28$	$\kappa_x = 1$ для $\lambda \le 0{,}7$ $\kappa_x = \dfrac{1}{\lambda^2 + 0{,}51}$ для $\lambda > 0{,}7$
		$\alpha < 1{,}64$	$K = 1/\alpha^2 + 0{,}56 + 0{,}13\,\alpha^2$	
8 	= = =		$K = 6{,}97$	
		$\alpha \ge 2/3$ $\alpha < 2/3$	$K = 1/\alpha^2 + 2{,}5 + 5\,\alpha^2$	
9 	= = =	$\alpha \ge 4$	$K = 4$	$\kappa_x = 1$ для $\lambda \le 0{,}83$ $\kappa_x = 1{,}13\left(\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{0{,}22}{\lambda^2}\right)$ для $\lambda > 0{,}83$
		$4 > \alpha > 1$	$K = 4 + \left[\dfrac{4-\alpha}{3}\right]^4 \cdot 2{,}74$	
		$\alpha \le 1$	$K = 4/\alpha^2 + 2{,}07 + 0{,}67\,\alpha^2$	
10 	= = =	$\alpha \ge 4$	$K = 6{,}97$	
		$4 > \alpha > 1$	$K = 6{,}97 + \left[\dfrac{4-\alpha}{3}\right]^4 \cdot 3{,}1$	
		$\alpha \le 1$	$K = 4/\alpha^2 + 2{,}07 + 4\,\alpha^2$	

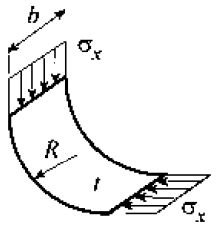
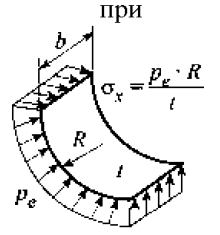
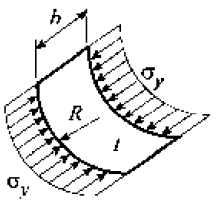
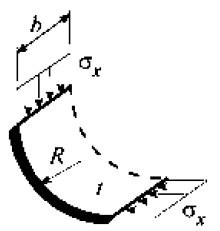
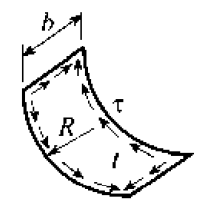
Пояснения к граничным условиям:

- - - - - кромка пластины не закреплена
——— кромка пластины свободно оперта
——— кромка пластины жестко заделана

Примечание. Варианты нагрузки, перечисленные в табл. 2, являются общими случаями. Каждая составляющая напряжения (σ_x, σ_y) должна рассматриваться в местных координатах.

Таблица 3

Коэффициент устойчивости и редукционный коэффициент для криволинейной пластины при $R/t \le 2500$[1]

Устойчивость пластины – Вариант нагрузки	Соотношение размеров b/R	Коэффициент устойчивости K	Редукционный коэффициент к
1а  	$\frac{b}{R} \le 1{,}63\sqrt{\frac{R}{t}}$	$K = \frac{b}{\sqrt{Rt}} + 3\frac{(Rt)^{0{,}175}}{b^{0{,}35}}$	$\kappa_x = 1$ для $\lambda \le 0{,}4$[2] $\kappa_x = 1{,}274 - 0{,}686\cdot\lambda$ для $0{,}4 < \lambda \le 1{,}2$ $\kappa_x = \frac{0{,}65}{\lambda^2}$ для $\lambda > 1{,}2$
1б при  p_e внешнее давление, Н/мм²	$\frac{b}{R} > 1{,}63\sqrt{\frac{R}{t}}$	$K = 0{,}3\frac{b^2}{R^2} + 2{,}25\left(\frac{R^2}{bt}\right)^2$	
2  	$\frac{b}{R} \le 0{,}5\sqrt{\frac{R}{t}}$	$K = 1 + \frac{2}{3}\frac{b^2}{Rt}$	$\kappa_y = 1$ для $\lambda \le 0{,}25$[2] $\kappa_y = 1{,}233 - 0{,}933\cdot\lambda$ для $0{,}25 < \lambda \le 1$ $\kappa_y = 0{,}3/\lambda^3$ для $1 < \lambda \le 1{,}5$ $\kappa_y = 0{,}2/\lambda^2$ для $\lambda > 1{,}5$
	$\frac{b}{R} > 0{,}5\sqrt{\frac{R}{t}}$	$K = 0{,}267\frac{b^2}{Rt}\left[3 - \frac{b}{R}\sqrt{\frac{t}{R}}\right] \ge 0{,}4\frac{b^2}{Rt}$	
3  	$\frac{b}{R} \le \sqrt{\frac{R}{t}}$	$K = \frac{0{,}6\cdot b}{\sqrt{Rt}} + \frac{\sqrt{Rt}}{b} - 0{,}3\frac{Rt}{b^2}$	Аналогично 1а
	$\frac{b}{R} > \sqrt{\frac{R}{t}}$	$K = 0{,}3\frac{b^2}{R^2} + 0{,}291\left(\frac{R^2}{bt}\right)^2$	
4  	$\frac{b}{R} \le 8{,}7\sqrt{\frac{R}{t}}$	$K = K_\tau\sqrt{3}$ $K_\tau = \left[28{,}3 + \frac{0{,}67\,b^3}{R^{1{,}5}t^{1{,}5}}\right]^{0{,}5}$	$\kappa_\tau = 1$ для $\lambda \le 0{,}4$ $\kappa_\tau = 1{,}274 - 0{,}686\cdot\lambda$ для $0{,}4 < \lambda \le 1{,}2$ $\kappa_\tau = \frac{0{,}65}{\lambda^2}$ для $\lambda > 1{,}2$
	$\frac{b}{R} > 8{,}7\sqrt{\frac{R}{t}}$	$K_\tau = 0{,}28\frac{b^2}{R\sqrt{Rt}}$	

Пояснения к граничным условиям:
- - - - - кромка пластины не закреплена
——— кромка пластины свободно оперта
——— кромка пластины жестко заделана

[1] Для криволинейных пластин очень большого радиуса значение к не может быть меньше, чем для расширенных плоских пластин.

[2] Для криволинейных отдельных пластин, например, скуловой пояс, которые находятся в пределах плоских сегментов секций или целых панелей, редукционный коэффициент к может определяться следующим образом:

Вариант нагрузки 1б: $\kappa_x = \frac{0{,}8}{\lambda^2} \le 1{,}0$ Вариант нагрузки 2: $\kappa_y = \frac{0{,}65}{\lambda^2} \le 1{,}0$

3 Критерии устойчивости элементарных пластин

3.1 Листы

3.1.1 Общие положения

Толщина нетто элементарной пластины должна соответствовать следующему:

$t \geq b/100$.

Проверка элементарной пластины при анализе поперечного сечения должна осуществляться согласно [3.1.2]. Она должна проводиться для двух различных комбинаций напряжений, а именно:

комбинация 1 : 100 % нормального напряжения согласно [2.1.2] и 70 % касательного напряжения согласно [2.1.3];

комбинация 2 : 70 % нормального напряжения согласно [2.1.2] и 100 % касательного напряжения согласно [2.1.3].

Проверка элементарной пластины при анализе методом конечных элементов должна осуществляться согласно [3.2].

3.1.2 Проверка элементарной пластины при анализе поперечного сечения

Каждая элементарная пластина должна соответствовать следующим критериям с учетом нагрузок, указанных в [2.1]:

листы с продольной системой набора:

$$\left(\frac{|\sigma_x| S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e1} + \left(\frac{|\tau| S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \leq 1{,}0 \quad \text{для комбинации напряжений 1 при } \sigma_x = \sigma_n \text{ и } \tau = 0{,}7\tau_{SF}$$

$$\left(\frac{|\sigma_x| S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e1} + \left(\frac{|\tau| S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \leq 1{,}0 \quad \text{для комбинации напряжений 2 при } \sigma_x = 0{,}7\sigma_n \text{ и } \tau = \tau_{SF}$$

листы с поперечной системой набора:

$$\left(\frac{|\sigma_y| S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e2} + \left(\frac{|\tau| S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \leq 1{,}0 \quad \text{для комбинации напряжений 1 при } \sigma_y = \sigma_n \text{ и } \tau = 0{,}7\tau_{SF}$$

$$\left(\frac{|\sigma_x| S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e2} + \left(\frac{|\tau| S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \leq 1{,}0 \quad \text{для комбинации напряжений 2 при } \sigma_y = 0{,}7\sigma_n \text{ и } \tau = \tau_{SF}$$

Каждое полученное выше значение должно быть меньше 1,0.

Редукционные коэффициенты κ_x и κ_y приведены в табл. 2 и/или в табл. 3.

Коэффициенты $e1$, $e2$ и $e3$ приведены в табл. 4.

3.2 Проверка элементарной пластины в рамках анализа методом конечных элементов

3.2.1 Общие положения

Расчет устойчивости элементарной пластины должен проводиться при нагрузках, указанных в [3.2.2], в соответствии с требованиями [3].

Определение коэффициентов устойчивости и редукционных коэффициентов выполняется для каждого соответствующего варианта нагрузки, приведенного в табл. 2, в соответствии с напряжениями, рассчитанными при нагрузке на рассматриваемую элементарную пластину согласно [3.2.2].

3.2.2 Напряжения

Для расчета устойчивости критические напряжения должны определяться по формулам табл. 2 и 3, включая соотношение напряжений ψ, для случаев загрузки, в соответствии с требованиями главы 4, раздел 7 и главы 7.

3.2.3 Эффект Пуассона

Напряжения, полученные с использованием суперпозиционного или прямого метода, должны быть уменьшены для оценки устойчивости из-за влияния эффекта Пуассона, который должен учитываться при обоих методах анализа. Корректировка должна проводиться после суммирования напряжений вследствие местных и общих нагрузок.

Оба напряжения σ_x^* и σ_y^* должны быть сжимающими, чтобы применить уменьшение напряжений согласно следующим формулам:

$$\sigma_x = (\sigma_x^* - 0{,}3\,\sigma_y^*)/0{,}91;$$

$$\sigma_y = (\sigma_y^* - 0{,}3\,\sigma_x^*)/0{,}91,$$

где σ_x^*, σ_y^* напряжения, включающие эффект Пуассона.

Если сжимающее напряжение отвечает условию $\sigma_y^* < 0{,}3\,\sigma_x^*$, то $\sigma_y = 0$ и $\sigma_x = \sigma_x^*$.

Если сжимающее напряжение отвечает условию $\sigma_x^* < 0{,}3\,\sigma_y^*$, то $\sigma_x = 0$ и $\sigma_y = \sigma_y^*$.

3.2.4 Критерии проверки

Каждая элементарная пластина должна соответствовать следующим критериям с учетом нагрузок, указанных в [2.1]:

$$\left(\frac{|\sigma_x|S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e1} + \left(\frac{|\sigma_y|S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e2} - B\left(\frac{\sigma_x \sigma_y S^2}{R_{eH}^2}\right) + \left(\frac{|\tau|S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \le 1{,}0.$$

Кроме того, каждое сжимающее напряжение σ_x и σ_y, а также касательное напряжение τ должны отвечать следующим формулам:

$$\left(\frac{|\sigma_x|S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e1} \le 1{,}0;$$

$$\left(\frac{|\sigma_y|S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e2} \le 1{,}0;$$

$$\left(\frac{|\tau|S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \le 1{,}0.$$

Редукционные коэффициенты κ_x, κ_y и κ_τ приведены в табл. 2 и/или в табл. 3:

где $\sigma_x \le 0$ (растягивающее напряжение), $\kappa_x = 1{,}0$;.

где $\sigma_y \le 0$ (растягивающее напряжение), $\kappa_y = 1{,}0$.

Коэффициенты $e1$, $e2$ и $e3$, а также коэффициент B приведены в табл. 4.

Таблица 4

Коэффициенты $e1$, $e2$, $e3$ и коэффициент B

Коэффициенты $e1$ – $e3$ и коэффициент B	**Пластина**	
	плоская	**криволинейная**
$e1$	$1 + \kappa_x^4$	1,25
$e2$	$1 + \kappa_y^4$	1,25
$e3$	$1 + \kappa_x \kappa_y \kappa_\tau^2$	2,0
B σ_x и σ_y положительные (сжимающее напряжение)	$(\kappa_x \kappa_y)^5$	0
B σ_x и σ_y отрицательные (растягивающее напряжение)	1	–

3.3 Стенки и фланцы

3.3.1 Для неподкрепленных стенок, сечений фланцев и балок согласно [3.1] должно быть представлено доказательство достаточной устойчивости в отношении элементарных пластин.

4 Критерии устойчивости сегментов секций или целых панелей

4.1 Продольные и поперечные ребра жесткости

4.1.1 При анализе поперечного сечения корпуса судна продольные и поперечные обычные ребра жесткости сегментов секций или целых панелей должны отвечать требованиям [4.2] и [4.3].

4.2 Предельная прочность при боковой устойчивости

4.2.1 Критерии проверки

Продольные и поперечные обычные ребра жесткости должны отвечать следующим критериям:

$$\frac{\sigma_a + \sigma_b}{R_{eH}} S \le 1,$$

где σ_a равномерно распределенное сжимающее напряжение, Н/мм², в направлении оси ребра жесткости;
$\sigma_a = \sigma_n$ для продольных ребер жесткости;
$\sigma_a = 0$ для поперечных ребер жесткости;
σ_b изгибающее напряжение, Н/мм², в ребре жесткости;
σ_b рассчитывается согласно [4.2.2] при $\sigma_x = \sigma_n$ и $\tau = \tau_{SF}$.

4.2.2 Оценка изгибающего напряжения σ_b

Изгибающее напряжение σ_b, Н/мм², в ребре жесткости должно быть равным:

$$\sigma_b = \frac{M_0 + M_1}{W_{st} 10^3},$$

где M_0 изгибающий момент, Н.мм, вследствие деформации ***w*** ребра жесткости, принимаемый равным:

$$M_0 = F_{Ki} \frac{p_z w}{c_f - p_z} \quad \text{при } (c_f - p_z) > 0;$$

M_1 изгибающий момент, Н.мм, вследствие поперечной нагрузки ***p***, принимаемый равным:

$$M_1 = \frac{p\, b\, a^2}{24 \cdot 10^3} \quad \text{для продольных ребер жесткости;}$$

$$M_1 = \frac{p\, a\, (n \cdot b)^2}{8\, c_S 10^3} \quad \text{для поперечных ребер жесткости; при } n = 1 \text{ для обычных поперечных ребер жесткости;}$$

W_{st} момент сопротивления сечения нетто ребра жесткости (продольного или поперечного), м³, включая ширину листа согласно [5], принимаемый равным:
если к ребру жесткости приложено боковое давление:
W_{st} момент сопротивления сечения нетто, рассчитанный на фланце, если боковое давление приложено с той же стороны, где находится ребро жесткости;
W_{st} момент сопротивления сечения нетто, рассчитанный на присоединенном пояске, если боковое давление приложено со стороны, противоположной ребру жесткости;
если боковое давление на ребро жесткости отсутствует:
W_{st} минимальный момент сопротивления сечения нетто, из рассчитанных на фланце и присоединенном пояске;

c_S коэффициент, учитывающий граничные условия поперечного ребра жесткости:
$c_S = 1{,}0$ для свободно опертых ребер жесткости;
$c_S = 2{,}0$ для ребер жесткости с частичным закреплением;

p поперечная нагрузка, кН/м², как указано в главе 4, разделы 5 и 6, рассчитанная в точке нагрузки согласно главе 6, раздел 2, [1.4.2];

F_{Ki} идеальная эйлерова сила, Н, ребра жесткости, принимаемая равной:

$$F_{Kix} = \frac{\pi^2}{a^2} E I_x 10^4 \quad \text{для продольных ребер жесткости;}$$

$$F_{Kiy} = \frac{\pi^2}{(n\,b)^2} E I_y\, 10^4$$ для поперечных ребер жесткости;

I_x, I_y моменты инерции сечения нетто, см^4, продольного или поперечного ребра жесткости, включая эффективную ширину присоединенного пояска согласно [5]. I_x и I_y должны отвечать следующим критериям:

$$I_x \geq \frac{b\,t^3}{12 \cdot 10^4};$$

$$I_y \geq \frac{a\,t^3}{12 \cdot 10^4};$$

p_z номинальная поперечная нагрузка, Н/мм^2, ребра жесткости, вызванная напряжениями σ_x, σ_y и τ;

$$p_{zx} = \frac{t_a}{b}\left(\sigma_{xl}\left(\frac{\pi\,b}{a}\right)^2 + 2\,c_y\sigma_y + \tau_1\sqrt{2}\right)$$ для продольных ребер жесткости;

$$p_{zy} = \frac{t_a}{a}\left(2\,c_x\sigma_{xl} + \sigma_y\left(\frac{\pi\,a}{n\,b}\right)^2\left(1 + \frac{A_y}{a\,t_a}\right) + \tau_1\sqrt{2}\right)$$ для поперечных ребер жесткости;

$$\sigma_{xl} = \sigma_x\left(1 + \frac{A_x}{b\,t_a}\right);$$

t_a полная предлагаемая толщина присоединенного пояска, мм;

c_x, c_y коэффициенты, учитывающие напряжения, приложенные вертикально к оси ребра жесткости и распределенные неравномерно вдоль его длины, принимаемые равными:

$0{,}5\,(1 + \psi)$ при $0 \leq \psi \leq 1$;

$0{,}5\,/\,(1 - \psi)$ при $\psi < 0$;

A_x, A_y площадь нетто поперечного сечения, мм^2, продольного или поперечного ребра жесткости, соответственно, без присоединенного пояска;

$$\tau_1 = \left[\tau - t\sqrt{R_{eH}E\left(\frac{m_1}{a^2} + \frac{m_2}{b^2}\right)}\right] \geq 0;$$

m_1, m_2 коэффициенты, принимаемые равными:

для продольных ребер жесткости:

$a/b \geq 2{,}0$: $m_1 = 1{,}47$ $m_2 = 0{,}49$;

$a/b < 2{,}0$: $m_1 = 1{,}96$ $m_2 = 0{,}37$;

$a/nb \geq 0{,}5$: $m_1 = 0{,}37$ $m_2 = 1{,}96/n^2$;

для поперечных ребер жесткости:

$a/nb < 0{,}5$: $m_1 = 0{,}49$ $m_2 = 1{,}47/n^2$;

$w = w_0 + w_1$;

w_0 принятый дефект на изготовление, мм, принимаемый равным:

$w_0 = \min\,(a/250,\ b/250,\ 10)$ для продольных ребер жесткости;

$w_0 = \min\,(a/250,\ nb/250,\ 10)$ для поперечных ребер жесткости.

Для ребер жесткости, срезанных на «ус» по обоим концам, w_0 не должно приниматься менее расстояния от середины присоединенного пояска до нейтральной оси ребра жесткости, рассчитанного с учетом ширины его присоединенного пояска;

w_1 деформация ребра жесткости, мм, в середине его пролета, вызванная поперечной нагрузкой p. В случае равномерного распределения нагрузки могут использоваться следующие значения для w_1:

$$w_1 = \frac{p\,b\,a^4}{384 \cdot 10^7 E I_x}$$ для продольных ребер жесткости;

$$w_1 = \frac{5\,a p\,(n\,b)^4}{384 \cdot 10^7 E I_y c_S^2}$$ для поперечных ребер жесткости;

c_f упругая опора, создаваемая ребром жесткости, Н/мм^2, принимаемая равной:

для продольных ребер жесткости:

$$c_f = F_{Kix}\frac{\pi^2}{a^2}(1 + c_{px});$$

$$c_{px} = \frac{1}{1 + \dfrac{0{,}91\left(\dfrac{12 \cdot 10^4 I_x}{t^3 b} - 1\right)}{c_{xa}}};$$

c_{xa} коэффициент, принимаемый равным:

$$c_{xa} = \left[\frac{a}{2\,b} + \frac{2\,b}{a}\right]^2$$ при $a \geq 2\,b$;

$$c_{xa} = \left[1 + \left(\frac{n\,b}{2\,b}\right)^2\right]^2 \quad \text{при } a < 2\,b;$$

для поперечных ребер жесткости:

$$c_f = c_S F_{Kiy} \frac{\pi^2}{(n \cdot b)^2}(1 + c_{py});$$

$$c_{py} = \frac{1}{1 + \dfrac{0{,}91\left(\dfrac{12 \cdot 10^4 I_y}{t^3 a} - 1\right)}{c_{ya}}};$$

c_{ya} коэффициент, принимаемый равным:

$$c_{ya} = \left[\frac{n\,b}{2\,a} + \frac{2\,a}{n\,b}\right]^2 \quad \text{при } n\,b \geq 2\,a;$$

$$c_{ya} = \left[1 + \left(\frac{n\,b}{2\,a}\right)^2\right]^2 \quad \text{при } n\,b < 2\,a.$$

4.2.3 Эквивалентные критерии для продольных и поперечных обычных ребер жесткости, не испытывающих бокового давления

Продольные и поперечные обычные ребра жесткости, не испытывающие бокового давления, считаются отвечающими требованиям [4.2.1], если их полные моменты инерции I_x и I_y, см^4, не менее значений, определяемых по следующим формулам:

для продольного ребра жесткости: $I_x = \dfrac{p_{zx} a^2}{\pi^2 10^4}\left(\dfrac{w_{0x} h_w}{R_{eH}/S - \sigma_x} + \dfrac{a^2}{\pi^2 E}\right)$;

для поперечного ребра жесткости: $I_y = \dfrac{p_{zy} (n\,b)^2}{\pi^2 10^4}\left(\dfrac{w_{0y} h_w}{R_{eH}/S - \sigma_y} + \dfrac{(n\,b)^2}{\pi^2 E}\right)$.

4.3 Боковая устойчивость

4.3.1 Продольные ребра жесткости

Продольные обычные ребра жесткости должны отвечать следующим критериям:

$$\frac{\sigma_x S}{\kappa_T R_{eH}} \leq 1{,}0,$$

κ_T коэффициент, принимаемый равным:

$\kappa_T = 1{,}0$ при $\lambda_T \leq 0{,}2$;

$$\kappa_T = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_T^2}} \quad \text{при } \lambda_T > 0{,}2;$$

$\Phi = 0{,}5\,(1 + 0{,}21\,(\lambda_T - 0{,}2) + \lambda_T^2)$;

λ_T исходная степень гибкости, принимаемая равной:

$$\lambda_T = \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{KiT}}};$$

$$\sigma_{KiT} = \frac{E}{I_P}\left(\frac{\pi^2 I_\omega 10^2}{a^2}\varepsilon + 0{,}358 I_T\right), \quad \text{Н/мм}^2;$$

I_P полярный момент инерции нетто ребра жесткости, см^4, приведенный в табл. 5 и показанный относительно точки C на рис. 2;

I_T момент инерции Сен-Венана нетто ребра жесткости, см^4, приведенный в табл. 5;

I_ω секториальный момент инерции нетто ребра жесткости, см^6, приведенный в табл. 5 и показанный относительно точки C на рис. 2;

ε степень закрепления, принимаемая равной:

$$\varepsilon = 1 + 10^{-3}\sqrt{\frac{a^4}{3/4\,\pi^4 I_w (b/t^3 + 4h_w/3t_w^3)}};$$

A_w площадь нетто стенки, принимаемая равной: $A_w = h_w t_w$;
A_f площадь нетто фланца, принимаемая равной: $A_f = b_f t_f$;
$e_f = h_w + t_f/2$, мм.

Рис. 2
Размеры ребер жесткости

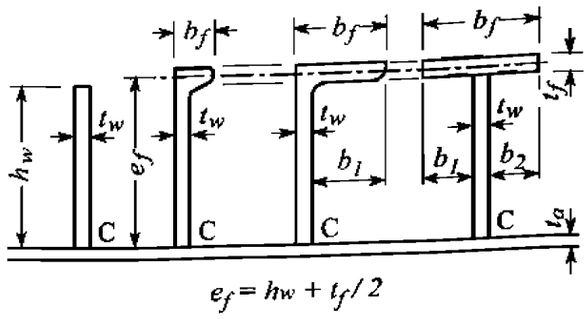


Таблица 5

Моменты инерции

Профиль	I_P	I_T	I_w
Полосовой профиль	$\frac{h_w^3 t_w}{3\cdot 10^4}$	$\frac{h_w t_w^3}{3\cdot 10^4}\left(1 - 0{,}63\frac{t_w}{h_w}\right)$	$\frac{h_w t_w^3}{36\cdot 10^6}$
Полособульбовый профиль или профиль с фланцем	$\left(\frac{A_w h_w^2}{3} + A_f e_f^2\right)10^{-4}$	$\frac{h_w t_w^3}{3\cdot 10^4}\left(1 - 0{,}63\frac{t_w}{h_w}\right) + \frac{b_f t_f^3}{3\cdot 10^4}\left(1 - 0{,}63\frac{t_f}{b_f}\right)$	для полособульбового и углового профиля: $\frac{A_f e_f^2 b_f^2}{12\cdot 10^6}\left(\frac{A_f + 2{,}6A_w}{A_f + A_w}\right)$ для таврового профиля: $\frac{b_f^3 t_f e_f^2}{12\cdot 10^6}$

4.3.2 Поперечные ребра жесткости

Поперечные ребра жесткости, находящиеся под воздействием осевых сжимающих напряжений, и не поддерживаемые продольными ребрами жесткости, должны также отвечать требованиям [4.3.1].

5 Эффективная ширина присоединенного пояска

5.1 Обычные ребра жесткости

5.1.1 Эффективная ширина присоединенного пояска обычных ребер жесткости определяется по следующим формулам (см. также рис. 1):

для продольных ребер жесткости: $b_m = \min(\kappa_x b, \kappa_s s)$;

для поперечных ребер жесткости: $a_m = \min(\kappa_y a, \kappa_s s)$;

где $\kappa_s = 0{,}0035(l_{eff}/s)^3 - 0{,}0673(l_{eff}/s)^2 + 0{,}4422(l_{eff}/s) - 0{,}0056$, но не более 1,0;

s расстояние между ребрами жесткости, мм;

l_{eff} значение, определяемое следующим образом:

для продольных ребер жесткости:

$l_{eff} = a$, если свободно оперты по обоим концам;

$l_{eff} = 0{,}6a$, если закреплены по обоим концам;

для продольных ребер жесткости:

$l_{eff} = b$, если свободно оперты по обоим концам;

$l_{eff} = 0{,}6b$, если закреплены по обоим концам.

5.2 Главные несущие элементы

Эффективная ширина e'_m подкрепленных фланцев главных несущих элементов может быть определена, как показано в *а)* и *б)* при следующих условных обозначениях:

e ширина подкрепленного пояска мм, измеренная между центрами смежных неподкрепленных участков;

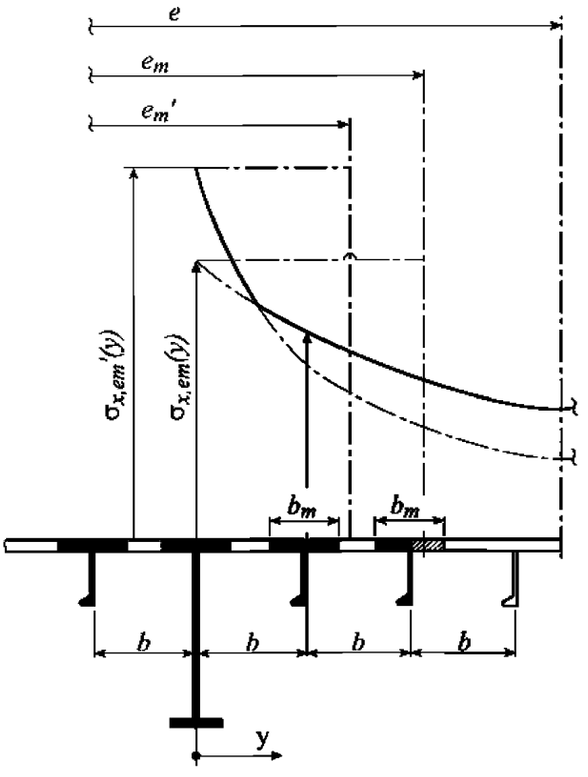
e_m эффективная ширина, мм, присоединенного пояска главного несущего элемента в соответствии с табл. 6 и с учетом типа загрузки (для определения ширины одностороннего или несимметричного фланца могут потребоваться специальные расчеты).

e_{m1} должна применяться, если к главным несущим элементам приложены равномерно распределенные нагрузки или не менее чем шесть эквидистантных сосредоточенных нагрузок,

e_{m2} должна применяться, если к главным несущим элементам приложены три или менее сосредоточенных нагрузки.

а) Подкрепление параллельное стенке главного несущего элемента (см. рис. 3):

Рис. 3
Подкрепление параллельное стенке главного несущего элемента



$b < e_m$;

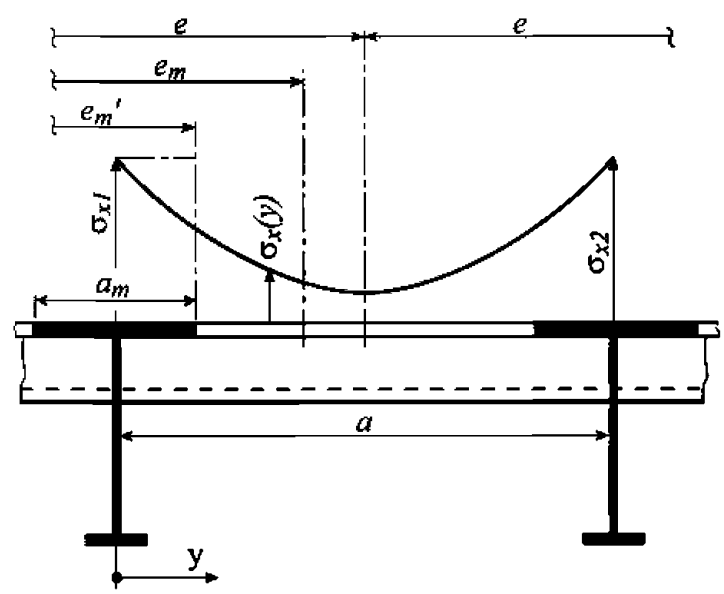
$e'_m = n b_m$;

n целое число, обозначающее расстояние между ребрами жесткости b в пределах эффективной ширины e_m, принимаемое равным:

$n = \text{int}\,(e_m / b)$.

б) Подкрепление перпендикулярное стенке главного несущего элемента (см. рис. 4):

Рис. 4
Подкрепление перпендикулярное стенке главного несущего элемента



$a \geq e_m$;

$e'_m = n\,a_m < e_m$;

$n = 2{,}7\ e_m / a$, но не более 1,0.

Если $b \geq e_m$ или $a < e_m$, то соответственно, b и a следует поменять местами.

Таблица 6

Эффективная ширина присоединенного пояска

l/e	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
e_{m1}/e	0	0,36	0,64	0,82	0,91	0,96	0,98	1,00	1,00
e_{m2}/e	0	0,20	0,37	0,52	0,65	0,75	0,84	0,89	0,90

Промежуточные значения могут определяться прямой интерполяцией.
l длина между нулевыми точками кривой изгибающих моментов, т.е. неподкрепленный пролет в случае свободно опертых балок, и 0,6 длины неподкрепленного пролета в случае закрепленной по обоим концам балки.

6 Поперечные водонепроницаемые переборки с вертикальными гофрами в условиях затопления для судов, имеющих в символе класса знаки ВС-А и ВС-В

6.1 Общие положения

6.1.1 Расчет устойчивости стенок гофров переборки по срезу

Касательное напряжение τ, рассчитываемое в соответствии с главой 6, раздел 2, [3.2.6], должно отвечать следующей формуле:

$\tau \le \tau_C$,

где τ_C критическое касательное напряжение устойчивости, Н/мм², определяемое по следующим формулам:

$$\tau_c = \tau_E \qquad \text{при } \tau_E \le \frac{R_{eH}}{2\sqrt{3}};$$

$$\tau_c = \frac{R_{eH}}{\sqrt{3}}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sqrt{3}\,\tau_E}\right) \qquad \text{при } \tau > \frac{R_{eH}}{2\sqrt{3}};$$

τ_E эйлерово касательное напряжение устойчивости, Н/мм², определяемое по следующей формуле:

$$\tau_E = 0{,}9\,k_t E\left(\frac{t_w}{10^3\,c}\right)^2;$$

k_t коэффициент, принимаемый равным 6,34;

t_w толщина нетто стенок гофра, мм;

c ширина стенок гофра, м (см. главу 6, раздел 2, рис. 2).

РАЗДЕЛ 4. ГЛАВНЫЕ НЕСУЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном разделе, см. главу 1, раздел 4.

L_2 длина L согласно Правил, но не более 300 м;

I_Y момент инерции нетто, м^4, поперечного сечения корпуса судна относительно его горизонтальной нейтральной оси, рассчитываемый в соответствии с главой 5, раздел 1, [1.5], основанный на предлагаемой полной толщине, уменьшенной на $0{,}5t_C$ для всех конструктивных элементов;

I_Z момент инерции нетто, м^4, поперечного сечения корпуса судна относительно его вертикальной нейтральной оси, рассчитываемый в соответствии с главой 5, раздел 1, [1.5], основанный на предлагаемой полной толщине, уменьшенной на $0{,}5t_C$ для всех конструктивных элементов;

N координата центра тяжести поперечного сечения нетто корпуса судна по оси Z, в соответствии с главой 5, раздел 1, [1.2], м, относительно системы координат, в соответствии с главой 1, раздел 4, [4] с учетом предлагаемой полной толщины, уменьшенной на $0{,}5t_C$ для всех конструктивных элементов;

p_S, p_W давление на тихой воде и волновое давление, кН/м^2, для судна в неповрежденном состоянии, как указано в [2.1.2];

σ_X нормальное напряжение, Н/мм^2, как указано в [2.1.5];

s расстояние, м, между главными несущими элементами;

l пролет, м, главных несущих элементов, измеряемый между конструктивными элементами, см. главу 3, раздел 6, [5.3];

h_w высота стенки, мм;

t_w толщина нетто стенки, мм;

b_f ширина свободного пояска, мм;

t_f толщина нетто свободного пояска, мм;

b_p ширина присоединенного к элементу пояска, м, для расчета прочности в упругом состоянии, как указано в главе 3, раздел 6, [4.3];

w момент сопротивления сечения нетто, см^3, элемента с присоединенным пояском шириной b_p, рассчитываемый как указано в главе 3, раздел 6, [4.4];

A_{sh} площадь нетто поперечного сечения, см^2, элемента, рассчитываемая как указано в главе 3, раздел 6, [5.5];

m коэффициент, принимаемый равным 10;

τ_a допустимое касательное напряжение, Н/мм^2, принимаемое равным:
$\tau_a = 0{,}4R_Y$

k коэффициент материала, как указано в главе 1, раздел 4, [2.2.1];

x, y, z координаты, м, расчетной точки по осям X, Y и Z относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4.

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Требования настоящего раздела применимы к расчету прочности пиллерсов и главных несущих элементов, испытывающих боковое давление и нормальные напряжения в эквивалентном брусе, и способствующие обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса.

Расчет прочности в упругом состоянии должен проводиться для элементов, испытывающих удельные нагрузки, такие как сосредоточенные нагрузки.

1.2 Главные несущие элементы для судов длиной менее 150 м

1.2.1 Для судов длиной менее 150 м расчет прочности главных несущих элементов должен проводиться в соответствии с положениями [2] и [4].

1.2.2 Не смотря на вышесказанное, расчет прочности таких элементов может осуществляться с помощью оценки прямой прочности при условии одобрения классификационным обществом.

1.3 Главные несущие элементы для судов длиной 150 м или более

1.3.1 Для судов длиной 150 м или более анализ прямой прочности главных несущих элементов должен проводиться в соответствии с положениями главы 7. Кроме того, для судов, имеющих в символе класса знаки **BC-A** и **BC-B**, главные несущие элементы должны отвечать требованиям, указанным в [3] и [4].

1.4 Размеры нетто

1.4.1 Как указано в главе 3, раздел 2, все размеры, встречающиеся в настоящем разделе, являются размерами нетто, т.е. они не включают какую-либо надбавку на коррозию.
Полные размеры определяются, как указано главе 3, раздел 2, [3].

1.5 Минимальные толщины нетто стенок главных несущих элементов

1.5.1 Толщина нетто стенки главных несущих элементов, мм, должна быть не менее $0{,}6\sqrt{L_2}$.

2 Размеры главных несущих элементов для судов длиной менее 150 м

2.1 Модель нагрузки

2.1.1 Общие положения

В зависимости от расположения рассматриваемых главных несущих элементов и типа, смежных с ними отсеков, для судна в неповрежденном состоянии, подлежат рассмотрению нагрузки на тихой воде и волновые поперечные нагрузки от воздействия моря, а также различных типов груза и балласта.
Должны быть рассчитаны волновые поперечные нагрузки и нагрузки на эквивалентный брус для уровня вероятности 10^{-8} во взаимоисключающих вариантах нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, как указано в главе 4, раздел 4.

2.1.2 Боковое давление для судна в неповрежденном состоянии

Боковое давление для судна в неповрежденном состоянии создается давлением на тихой воде и волновым давлением.
Давление на тихой воде p_S включает:
а) гидростатическое давление, как указано в главе 4, раздел 5, [1];
б) внутреннее давление на тихой воде, как указано в главе 4, раздел 6 для различных типов груза и для балласта.
Волновое давление p_W для каждого варианта нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2 включает:
в) гидродинамическое давление, как указано в главе 4, раздел 5, [1];
г) инерционное давление, как указано в главе 4, раздел 6 для различных типов груза и для балласта.

2.1.3 Элементы наружной обшивки

Боковое давление на тихой воде и волновое давление должны рассчитываться, рассматривая по отдельности:

внешнее давление на тихой воде и волновое давление;

внутреннее давление на тихой воде и волновое давление, рассматривая отсек, смежный с наружной обшивкой, как загруженный.

Если отсек, смежный с наружной обшивкой, не предназначен для перевозки жидкостей, то подлежит рассмотрению только внешнее давление со стороны моря.

2.1.4 Элементы, не относящиеся к наружной обшивке

Боковое давление на тихой воде и волновое давление, рассматриваемые как действующие на элемент, разделяющий два смежных отсека, – это давления, определяемые при двух отсеках, загруженных раздельно.

2.1.5 Нормальные напряжения

Нормальное напряжение, рассматриваемое при расчете прочности главных несущих элементов, способствующих обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса, – это максимальное значение σ_X, Н/мм², среди значений при прогибе и перегибе, если применимо, определяемое по следующей формуле:

$$\sigma_X = C_l \left[C_{SW} \left| \frac{M_{SW}}{I_Y} \right| (z - N) + C_{WV} \left| \frac{M_{WV}}{I_Y} \right| (z - N) - C_{WH} \left| \frac{M_{WH}}{I_Z} \right| y \right] 10^{-3},$$

где C_l коэффициент, принимаемый равным:
$C_l = x/0{,}3L$ при $0 \le x/L < 0{,}3$;
$C_l = 1{,}0$ при $0{,}3 \le x/L \le 0{,}7$;
$C_l = 1/0{,}3\,(1 - x/L)$ при $0{,}7 < x/L \le 1{,}0$;

M_{SW} допустимый изгибающий момент на тихой воде, кН.м, при перегибе или прогибе, как применимо;

M_{WV} вертикальный волновой изгибающий момент, кН.м, при перегибе или прогибе, если применимо, как указано в главе 4, раздел 3;

M_{WH} горизонтальный волновой изгибающий момент, кН.м, как указано в главе 4, раздел 3;

C_{SW} коэффициент комбинации нагрузок для каждого варианта нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, приведенный в табл. 1;

C_{WV}, C_{WH} коэффициенты комбинации нагрузок, указанные в главе 4, раздел 4, [2.2] для каждого варианта нагрузки H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 и P2, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты комбинации нагрузок C_{SW}, C_{WV} и C_{WH}

Вариант нагрузки	Перегиб			Прогиб		
	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}
H1	Не применяется			–1	–1	0
H2	1	1	0	Не применяется		
F1	Не применяется			–1	–1	0
F2	1	1	0	Не применяется		
R1	1	0	$1{,}2 - T_{LC}/T_S$	–1	0	$1{,}2 - T_{LC}/T_S$
R2	1	0	$T_{LC}/T_S - 1{,}2$	–1	0	$T_{LC}/T_S - 1{,}2$
P1	1	$0{,}4 - T_{LC}/T_S$	0	–1	$0{,}4 - T_{LC}/T_S$	0
P2	1	$T_{LC}/T_S - 0{,}4$	0	–1	$T_{LC}/T_S - 0{,}4$	0

2.2 Вертикальные кили и днищевые стрингеры

2.2.1 Толщина нетто стенки

Толщина нетто стрингеров в конструкции двойного дна, мм, должна быть не менее наибольшего из значений $t_1 - t_3$, согласно изложенному ниже, с учетом расположения каждого стрингера:

$$t_1 = C_1 \frac{pS\,|x - x_c|}{(d_0 - d_1)\,\tau_a} \left\{ 1 - 4 \left(\frac{y}{B_{DB}} \right)^2 \right\}, \text{ если } |x - x_c| < 0{,}25\,l_{DB}, \text{ то } |x - x_c| = 0{,}25\,l_{DB};$$

$$t_2 = 1{,}75 \sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C_1'}}\, t_1;$$

$$t_3 = \frac{C_1'' a}{\sqrt{k}},$$

где p перепад давления, кН/м², определяемый по следующей формуле:
$p = |(p_{S,IB} + p_{W,IB}) - (p_{S,BM} + p_{W,BM})|$;

$p_{S,IB}$ давление груза или балласта на настил второго дна на тихой воде, кН/м², рассчитанное в центре рассматриваемой конструкции двойного дна в соответствии с главой 4, раздел 6;

$p_{W,IB}$ давление груза или балласта на настил второго дна, вызванное инерцией, кН/м², рассчитанное в центре рассматриваемой конструкции двойного дна в соответствии с главой 4, раздел 6;

$p_{S,BM}$ внешнее давление со стороны моря и давление балласта на обшивку днища на тихой воде, кН/м², рассчитанное в центре рассматриваемой конструкции двойного дна в соответствии с главой 4, раздел 5 и раздел 6;

$p_{W,BM}$ внешнее давление со стороны моря и давление балласта на обшивку днища, вызванное инерцией, кН/м², рассчитанное в центре рассматриваемой конструкции двойного дна в соответствии с главой 4, раздел 5 и раздел 6;

S расстояние между центрами двух шпаций, смежных с рассматриваемым вертикальным килем или днищевым стрингером, м;

d_0 высота рассматриваемого вертикального киля или днищевого стрингера, м;

d_1 высота выреза, если имеется, в рассматриваемой точке, м;

l_{DB} длина двойного дна, м. При наличии опор поперечных переборок, l_{DB} может приниматься как расстояние между основаниями опор;

x_c координата, м, центра рассматриваемой конструкции двойного дна по оси X относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4;

B_{DB} расстояние между основаниями скуловых цистерн на миделе, м, см. рис. 3;

C_1 коэффициент, определяемый по табл. 2 в зависимости от отношения B_{DB}/l_{DB}. Для промежуточных значений B_{DB}/l_{DB}, значение C_1 должно определяться линейной интерполяцией;

a высота балок в рассматриваемой точке, м. Однако, если на балке установлены горизонтальные ребра жесткости, то a – это расстояние от рассматриваемого горизонтального ребра жесткости до наружной обшивки днища или настила второго дна, или – это расстояние между рассматриваемыми горизонтальными ребрами жесткости;

S_1 расстояние, м, между вертикальными обычными ребрами жесткости или флорами;

C_1' коэффициент, определяемый по табл. 3 в зависимости от отношения S_1/a. Для промежуточных значений отношения S_1/a, значение C_1' должно определяться линейной интерполяцией;

H значение, определяемое по следующим формулам:
если стрингер имеет неподкрепленный вырез: $H = 1 + 0{,}5\,\phi/\alpha$;
в других случаях: $H = 1{,}0$;

ϕ большой диаметр выреза, м;

α наибольшее из значений a или S_1, м;

C_1'' коэффициент, определяемый по табл. 4 в зависимости от отношения S_1/a. Для промежуточных значений отношения S_1/a, значение C_1'' должно определяться линейной интерполяцией.

Таблица 2

Коэффициент C_1

B_{DB}/l_{DB}	$\leq 0{,}4$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	$\geq 1{,}6$
C_1	0,5	0,71	0,83	0,88	0,95	0,98	1,00

Таблица 3

Коэффициент C_1'

S_1/a	$\leq 0{,}3$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	$\geq 1{,}4$
C_1'	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

Таблица 4

Коэффициент C_1''

S_1/a		$\leq 0{,}3$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	$\geq 1{,}6$
C_1''	Вертикальный киль	4,4	5,4	6,3	7,1	7,7	8,2	8,6	8,9	9,3	9,6	9,7
	Днищевой стрингер	3,6	4,4	5,1	5,8	6,3	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	8,0

2.3 Флоры

2.3.1 Толщина нетто стенки

Толщина нетто флоров в конструкции двойного дна, мм, должна быть не менее наибольшего из значений $t_1 - t_3$, согласно изложенному ниже, с учетом расположения каждого флора:

$$t_1 = C_2 \frac{pSB_{DB}}{(d_0 - d_1)\,\tau_a}\left(\frac{2|y|}{B'_{DB}}\right)\left\{1 - 2\left(\frac{x - x_c}{l_{DB}}\right)^2\right\},$$ если $|x - x_c| < 0{,}25\,l_{DB}$, то $|x - x_c| = 0{,}25\,l_{DB}$, и если $|y| < B'_{DB}/4$, то $|y| = b'/4$;

$$t_2 = 1{,}75\sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C'_2}}\,t_1;$$

$$t_3 = \frac{8{,}5\,S_2}{\sqrt{k}},$$

где S расстояние между сплошными флорами, м;

d_0 высота сплошного флора в рассматриваемой точке, м;

d_1 высота выреза, если имеется, в рассматриваемой точке, м;

B'_{DB} расстояние между основаниями скуловых цистерн в месте расположения рассматриваемого сплошного флора, м;

C_2 коэффициент, определяемый по табл. 5 в зависимости от отношения B_{DB}/l_{DB}. Для промежуточных значений отношения $B_{DB}/l_{D,B}$ значение C_2 должно определяться линейной интерполяцией;

p, B_{DB}, x_c, l_{DB} согласно [2.2.1];

a высота сплошного флора в рассматриваемой точке, м. Однако, если на флоре установлены горизонтальные ребра жесткости, то a – это расстояние от рассматриваемого горизонтального ребра жесткости до наружной обшивки днища или настила второго дна, или – это расстояние между рассматриваемыми горизонтальными ребрами жесткости;

S_1 расстояние, м, между вертикальными обычными ребрами жесткости или стрингерами;

C'_2 коэффициент, определяемый по табл. 6 в зависимости от отношения S_1/d_0. Для промежуточных значений отношения S_1/d_0, значение C'_2 должно определяться линейной интерполяцией.

H значение, получаемое по следующим формулам:

а) если сплошные флоры имеют вырезы с подкреплениями или, если вырезы отсутствуют:

1) при наличии прорезей без подкреплений:

$$H = \sqrt{4{,}0\,\frac{d_2}{S_1} - 1{,}0},$$ но не менее 1,0;

2) при наличии прорезей с подкреплениями: $H = 1{,}0$;

б) если сплошные флоры имеют вырезы без подкреплений:

1) при наличии прорезей без подкреплений:

$$H = \left(1 + 0{,}5\,\frac{\phi}{d_0}\right)\sqrt{4{,}0\,\frac{d_2}{S_1} - 1{,}0},$$ но не менее $1{,}0 + 0{,}5\,\frac{\phi}{d_0}$;

2) при наличии прорезей с подкреплениями:

$$H = \left(1 + 0{,}5\,\frac{\phi}{d_0}\right);$$

d_2 высота прорезей без подкреплений в верхней и нижней частях сплошных флоров, м, смотря, что больше;

ϕ большой диаметр выреза, м;

S_2 наименьшее значение из S_1 или a, м.

Таблица 5

Коэффициент C_2

B_{DB}/l_{DB}	$\le 0{,}4$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	$\ge 1{,}6$
C_2	0,48	0,47	0,45	0,43	0,40	0,37	0,34

Таблица 6

Коэффициент C'_2

S_1/d_0	$\le 0{,}3$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	$\ge 1{,}4$
C'_2	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

2.4 Стрингер конструкции двойного борта

2.4.1 Толщина нетто стенки

Толщина нетто стрингеров в конструкции двойного борта, мм, должна быть не менее наибольшего из значений $t_1 - t_3$, согласно изложенному ниже, с учетом расположения каждого стрингера:

$$t_1 = C_3 \frac{p S |x - x_c|}{(d_0 - d_1)\tau_a}, \text{ если } |x - x_c| < 0{,}25\, l_{DS}, \text{ то } |x - x_c| = 0{,}25\, l_{DS};$$

$$t_2 = 1{,}75 \sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C_3'}}\, t_1;$$

$$t_3 = \frac{8{,}5 S_2}{\sqrt{k}},$$

где p перепад давления, кН/м², определяемый по следующей формуле:
$p = |(p_{S,SS} + p_{W,SS}) - (p_{S,LB} + p_{W,LB})|$;

$p_{S,SS}$ внешнее давление со стороны моря и давление балласта на наружную бортовую обшивку на тихой воде, кН/м², измеренные по вертикали на уровне верхней границы скуловой цистерны, а в продольном направлении – на середине длины l_{DS}, как указано в главе 4, разделы 5 и 6;

$p_{W,SS}$ внешнее давление со стороны моря и давление балласта на наружную бортовую обшивку, вызванные инерцией, кН/м², измеренные по вертикали на уровне верхней границы скуловой цистерны, а в продольном направлении – на середине длины l_{DS}, как указано в главе 4, разделы 5 и 6;

$p_{S,LB}$ давление балласта на продольную переборку на тихой воде, кН/м², измеренное по вертикали на уровне верхней границы скуловой цистерны, а в продольном направлении – на середине длины l_{DS}, как указано в главе 4, раздел 6;

$p_{W,LB}$ давление балласта на продольную переборку, вызванное инерцией, кН/м², измеренное по вертикали на уровне верхней границы скуловой цистерны, а в продольном направлении – на середине длины l_{DS}, как указано в главе 4, раздел 6;

S ширина участка, имеющего опору на стрингере, м;

d_0 высота стрингера, м;

d_1 высота выреза, если имеется, в рассматриваемой точке, м;

x_c координата, м, центра рассматриваемой конструкции двойного борта по оси X относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4;

l_{DS} длина конструкции двойного борта между рассматриваемыми поперечными переборками, м;

h_{DS} высота конструкции двойного борта между верхней границей скуловой цистерны и нижней границей подпалубной бортовой цистерны, м;

C_3 коэффициент, определяемый по табл. 7 в зависимости от отношения h_{DS}/l_{DS}. Для промежуточных значений отношения h_{DS}/l_{DS}, значение C_3 должно определяться линейной интерполяцией;

a высота стрингера в рассматриваемой точке, м. Однако, если на стрингере установлены горизонтальные ребра жесткости, то a – это расстояние от рассматриваемого горизонтального ребра жесткости до наружной бортовой обшивки или продольной переборки конструкции двойного борта, или – это расстояние между рассматриваемыми горизонтальными ребрами жесткости;

S_1 расстояние, м, между поперечными обычными ребрами жесткости или рамными шпангоутами;

C_3' коэффициент, определяемый по табл. 8 в зависимости от отношения S_1/a. Для промежуточных значений отношения S_1/a, значение C_3' должно определяться линейной интерполяцией;

H значение, определяемое по следующим формулам:
если стрингер имеет неподкрепленный вырез: $H = 1 + 0{,}5\phi/\alpha$;
в других случаях: $H = 1{,}0$;

ϕ большой диаметр выреза, м;

α наибольшее из значений a или S_1, м;

S_2 наименьшее из значений S_1 или a, м.

Таблица 7

Коэффициент C_3

h_{DS}/l_{DS}	$\leq 0{,}5$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	$\geq 1{,}3$
C_3	0,16	0,23	0,30	0,36	0,41	0,44	0,47	0,50	0,54

Таблица 8

Коэффициент C_3'

S_1/a	$\leq 0{,}3$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	$\geq 1{,}4$
C_3'	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

2.5 Рамный шпангоут в конструкции двойного борта

2.5.1 Толщина нетто стенки

Толщина нетто рамных шпангоутов в конструкции двойного борта, мм, должна быть не менее наибольшего из значений $t_1 - t_3$, согласно изложенному ниже, с учетом расположения каждого рамного шпангоута:

$$t_1 = C_4 \frac{p S h_{Ds}}{(d_0 - d_1)\,\tau_a}\left(1 - 1{,}75\,\frac{z - z_{BH}}{h_{DS}}\right),\ \text{если } |z - z_{BH}| > 0{,}4\,h_{DS},\ \text{то } |z - z_{BH}| = 0{,}4\,h_{DS};$$

$$t_2 = 1{,}75\sqrt[3]{\frac{H^2\,a^2\,\tau_a}{C_4'}}\,t_1;$$

$$t_3 = \frac{8{,}5\,S_2}{\sqrt{k}},$$

где S ширина участка, имеющего опору на рамный шпангоут, м;
d_0 высота рамного шпангоута, м;
d_1 высота выреза в рассматриваемой точке, м;
C_4 коэффициент, определяемый по табл. 9 в зависимости от отношения h_{DS}/l_{DS}. Для промежуточных значений отношения h_{DS}/l_{DS} значение C_4 должно определяться линейной интерполяцией;
z_{BH} координата, м, верхней границы скуловой цистерны по оси Z относительно системы координат, как указано в главе 1, раздел 4;
p, h_{DS} и l_{DS} согласно [2.4.1];
a высота рамного шпангоута в рассматриваемой точке, м. Однако, если на рамном шпангоуте установлены вертикальные ребра жесткости, то a – это расстояние от рассматриваемого вертикального ребра жесткости до наружной бортовой обшивки или продольной переборки конструкции двойного борта, или – это расстояние между рассматриваемыми вертикальными ребрами жесткости;
S_1 расстояние между горизонтальными обычными ребрами жесткости или стрингерами, м;
C_4' коэффициент, определяемый по табл. 10 в зависимости от отношения S_1/a. Для промежуточных значений отношения S_1/a значение C_4' должно определяться линейной интерполяцией;
H значение, определяемое по следующим формулам:
если рамный шпангоут имеет неподкрепленный вырез: $H = 1 + 0{,}5\phi/\alpha$
в других случаях: $H = 1{,}0$;
ϕ большой диаметр выреза, м;
α наибольшее из значений a или S_1, м;
S_2 наименьшее из значений S_1 или a, м.

Таблица 9

Коэффициент C_4

h_{DS}/l_{DS}	$\leq 0{,}5$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	$\geq 1{,}3$
C_4	0,62	0,61	0,59	0,55	0,52	0,49	0,46	0,43	0,41

Таблица 10

Коэффициент C_4'

S_1/a	$\leq 0{,}3$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	$\geq 1{,}4$
C_4'	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

2.6 Главные несущие элементы в бортовых скуловых цистернах, подпалубных бортовых цистернах и других конструкциях

2.6.1 Точка расчета нагрузки

Для горизонтальных элементов боковое давление и напряжения в эквивалентном брусе, если таковые имеются, должны рассчитываться по середине пролета рассматриваемых главных несущих элементов, если не указано иное.

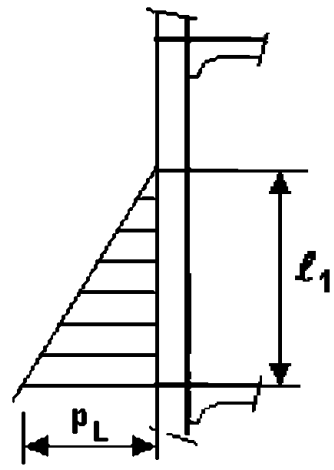
Для вертикальных элементов боковое давление p должно рассчитываться как максимальное из значений, полученных по середине пролета, и давления, определяемого по следующим формулам:

$$p = \frac{p_U + p_L}{2},$$ если верхний конец вертикального элемента ниже нижнего уровня нулевого давления;

$$p = \frac{l_1}{l}\,\frac{p_L}{2},$$ если верхний конец вертикального элемента выше нижнего уровня нулевого давления (см. рис. 1);

где l_1 расстояние, м, между нижним концом вертикального элемента и нижним уровнем нулевого давления;
p_U, p_L боковые давления у верхнего и нижнего концов пролета l вертикального элемента, соответственно.

Рис. 1
Определение давления для вертикальных элементов



2.6.2 Граничные условия

Требования настоящего пункта применимы к главным несущим элементам, считающимся жестко заделанными по обоим концам. Для граничных условий, отличных от вышеуказанных, расчет прочности в упругом состоянии должен рассматриваться в каждом конкретном случае.

2.6.3 Момент сопротивления сечения нетто, площадь нетто поперечного сечения и толщина нетто стенки для судна в неповрежденном состоянии

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, площадь нетто поперечного сечения A_{sh}, см^2, и толщина нетто стенки t_w, мм, подверженные боковому давлению, должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{(p_S + p_W)\, s\, l^2}{m \lambda_S R_Y} 10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5\,(p_S + p_W)\, s\, l}{\tau_a \sin\phi};$$

$$t_w = 1{,}75 \sqrt[3]{\frac{h_w \tau_a}{10\, C_5} A_{sh}},$$

где λ_S коэффициент, приведенный в табл. 11;
ϕ угол, град, между стенкой главного несущего элемента и листом обшивки, измеренный по середине пролета элемента, если $\phi < 75°$, должна применяться поправка;
C_5 коэффициент, определяемый по табл. 12 в зависимости от отношения s_1/d_0. Для промежуточных значений отношения s_1/d_0, значение C_5 должно определяться линейной интерполяцией;
s_1 расстояние между ребрами жесткости или горизонтальными бракетами, подкрепляющими стенку шпангоута, м;
d_0 расстояние между ребрами жесткости на стенке балки, параллельными листу, м.

Таблица 11

Коэффициент λ_S

Главные несущие элементы	Коэффициент λ_S
Продольные конструктивные элементы, способствующие обеспечению продольной прочности эквивалентного бруса	$1{,}1\left(1{,}0-0{,}85\left\|\frac{\sigma_x}{R_Y}\right\|\right)$, но не более 0,8
Другие конструктивные элементы	0,8

Таблица 12

Коэффициент C_5

s_1/d_0	$\leq 0{,}3$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	$\geq 2{,}0$
C_5	60,0	40,0	26,8	20,0	16,4	14,4	13,0	12,3	11,1	10,2

3 Дополнительные требования к главным несущим элементам судов, имеющих в символе класса знаки ВС-А и ВС-В

3.1 Оценка несущей способности двойного дна и допустимой загрузки трюмов для судна в условиях затопления

3.1.1 Несущая способность двойного дна по срезу

Несущая способность двойного дна по срезу должна рассчитываться как сумма пределов прочности по срезу на каждом конце:

всех флоров, закрепленных на обеих скуловых цистернах, за вычетом половины предельной прочности по срезу двух флоров, смежных с каждой опорой или поперечной переборкой, если указанная опора не установлена (см. рис. 2); предельная прочность флора по срезу должна рассчитываться согласно [3.1.2];

всех стрингеров двойного дна, закрепленных на обеих опорах или поперечных переборках, если указанная опора не установлена; предельная прочность балки по срезу должна рассчитываться согласно [3.1.3].

Если в трюмах, расположенных в оконечностях судна, стрингеры или флоры обрываются и непосредственно не закреплены на граничной опоре или на стрингере скуловой цистерны, то их прочность следует оценивать только для одного конца.

Флоры и стрингеры, рассматриваемые при расчете предельной прочности двойного дна по срезу, – это флоры и стрингеры, расположенные внутри границ трюма, образованные скуловыми цистернами и опорами (или поперечными переборками, если опоры не установлены). Не следует учитывать в расчете днищевых стрингеров скуловых цистерн и флоров, расположенных непосредственно под соединением опор (или поперечных переборок, если опоры не установлены) со вторым дном.

Если геометрия и/или конструкция двойного дна не соответствуют вышеуказанным положениям, то предельная прочность двойного дна по срезу должна определяться посредством прямого расчета в соответствии с требованиями, указанными в главе 7, как применимо.

3.1.2 Предельная прочность флора по срезу

Предельная прочность флора по срезу, кН, должна определяться по следующим формулам:

в районе панели флора, прилегающей к скуловой цистерне:

$$S_{f1} = A_f \frac{\tau_A}{\eta_1} 10^{-3};$$

в районе крайней панели флора с вырезами (т.е. панели с вырезами, ближайшей к скуловой цистерне):

$$S_{f2} = A_{f,h} \frac{\tau_A}{\eta_2} 10^{-3},$$

где A_f площадь нетто поперечного сечения, мм², панели флора, прилегающей к скуловой цистерне;

A_{fh} площадь нетто поперечного сечения, мм², крайней панели флора с вырезами (т.е. панели с вырезами, ближайшем к скуловой цистерне);

τ_A допустимое касательное напряжение, Н/мм², равное наименьшему из значений, определяемых по следующим формулам:

$$\tau_A = 0{,}645 \frac{R_{eH}^{0,6}}{(s/t_N)^{0,8}} \text{ и } \tau_A = \frac{R_{eH}}{\sqrt{3}};$$

t_N толщина нетто стенки флора, мм;

s шпация, м, подкрепляющих элементов рассматриваемой панели флора;

η_1 коэффициент, принимаемый равным 1,1;

η_2 коэффициент, принимаемый равным 1,2. Он может быть уменьшен до 1,1, если в районе крайних панелей с вырезами установлены соответствующие подкрепления, и является предметом рассмотрения классификационного общества в каждом конкретном случае.

3.1.3 Предельная прочность днищевого стрингера по срезу

Предельная прочность днищевого стрингера по срезу, кН, должна определяться по следующим формулам:

в районе панели днищевого стрингера, прилегающей к опоре (или поперечной переборке, если опора не установлена):

$$S_{g1} = A_g \frac{\tau_A}{\eta_1} 10^{-3};$$

в районе крайней панели стрингера с наибольшими вырезами (т.е. панели с вырезами, ближайшей к опоре или поперечной переборке, если опора не установлена):

$$S_{g2} = A_{g,h} \frac{\tau_A}{\eta_2} 10^{-3},$$

где A_g площадь поперечного сечения, мм², панели днищевого стрингера, прилегающего к опоре (или поперечной переборке, если опора не установлена);

$A_{g,h}$ площадь нетто поперечного сечения, мм², крайней панели днищевого стрингера с наибольшими вырезами (т.е. панели с вырезами, ближайшем к опоре или поперечной переборке, если опора не установлена);

τ_A допускаемое касательное напряжение, Н/мм², согласно [3.1.2], где t_N –толщина нетто стенки стрингера;

η_1 коэффициент, принимаемый равным 1,1;

η_2 коэффициент, принимаемый равным 1,15. Он может быть уменьшен до 1,1, если в районе крайней панели с наибольшими вырезами установлены соответствующие подкрепления, и является предметом рассмотрения классификационного общества в каждом конкретном случае.

3.1.4 Допустимая загрузка трюмов

Допустимая загрузка трюмов, т, должна определяться по следующей формуле:

$$W = \rho_C V \frac{1}{F},$$

где F коэффициент, принимаемый равным:

$F = 1{,}1$ для общих случаев загрузки;

$F = 1{,}05$ для стального проката;

V объем, м³, занимаемый грузом до уровня h_B;

h_B уровень груза, соответствующий заполнению трюма по высоте, м, определяемый по следующей формуле:

$$h_B = \frac{X}{\rho_C g};$$

X давление, кН/м², определяемое по следующей формуле:

для сухих навалочных грузов принимается наименьшая из величин:

$$X = \frac{Z + \rho g (z_F - 0{,}1 D_1 - h_F)}{1 + \rho / \rho_C (prem - 1)};$$

$$X = Z + \rho g (z_F - 0{,}1 D_1 - h_F perm);$$

для стального проката:

$$X = \frac{Z + \rho g\,(z_F - 0{,}1\,D_1 - h_F)}{1 - \rho / \rho_C};$$

D_1 расстояние, м, от основной линии до палубы надводного борта на миделе у борта;

h_f напор воды при затоплении, действующий на второе дно, – это расстояние, м, измеренное по вертикали в прямом положении судна от второго дна до уровня, расположенного на расстоянии z_F, м, от основной линии;

z_F уровень затопления, м, указанный в главе 4, раздел 6, [3.3.3];

perm коэффициент проницаемости груза, который не следует принимать более 0,3;

Z давление, принимаемое как наименьшее из значений, полученных по следующим формулам:

$$Z = \frac{C_H}{A_{DB,H}};$$

$$Z = \frac{C_E}{A_{DB,E}};$$

C_H несущая способность двойного дна по срезу, кН, рассчитываемая согласно [3.1.1], рассматривая для каждого флора наименьшее из значений предельной прочности по срезу S_{f1} и S_{f2} (см. [3.1.2]), а для каждого стрингера наименьшее из значений предельной прочности по срезу S_{g1} и S_{g2} (см. [3.1.3]);

C_E несущая способность двойного дна по срезу, кН, рассчитываемая согласно [3.1.1], рассматривая для каждого флора, предельную прочность по срезу S_{f1} (см. [3.1.2]), а для каждого стрингера наименьшее из значений предельной прочности по срезу S_{g1} и S_{g2} (см. [3.1.3]);

$$A_{DB,H} = \sum_{i=1}^{n} S_i B_{DB,i};$$

$$A_{DB,E} = \sum_{i=1}^{n} S_i (B_{DB,i} - s);$$

n количество флоров между опорами (или поперечными переборками, если опоры не установлены);

S_i шпация i-ого флора, м;

$B_{DB,i}$ длина, м, принимаемая равной:

$B_{DB,i} = B_{DB} - s$ для флоров, для которых $S_{f1} < S_{f2}$ (см. [3.1.2]);

$B_{DB,i} = B_{DB,h}$ для флоров, для которых $S_{f1} \geq S_{f2}$ (см. [3.1.2]);

B_{DB} ширина, м, двойного дна между скуловыми цистернами (см. рис. 3);

$B_{DB,h}$ расстояние, м, между двумя рассматриваемыми вырезами (см. рис. 3);

s шпация, м, продольных обычных ребер жесткости второго дна, прилегающих к бортовым скуловым цистернам.

Рис. 2
Конструкция двойного дна

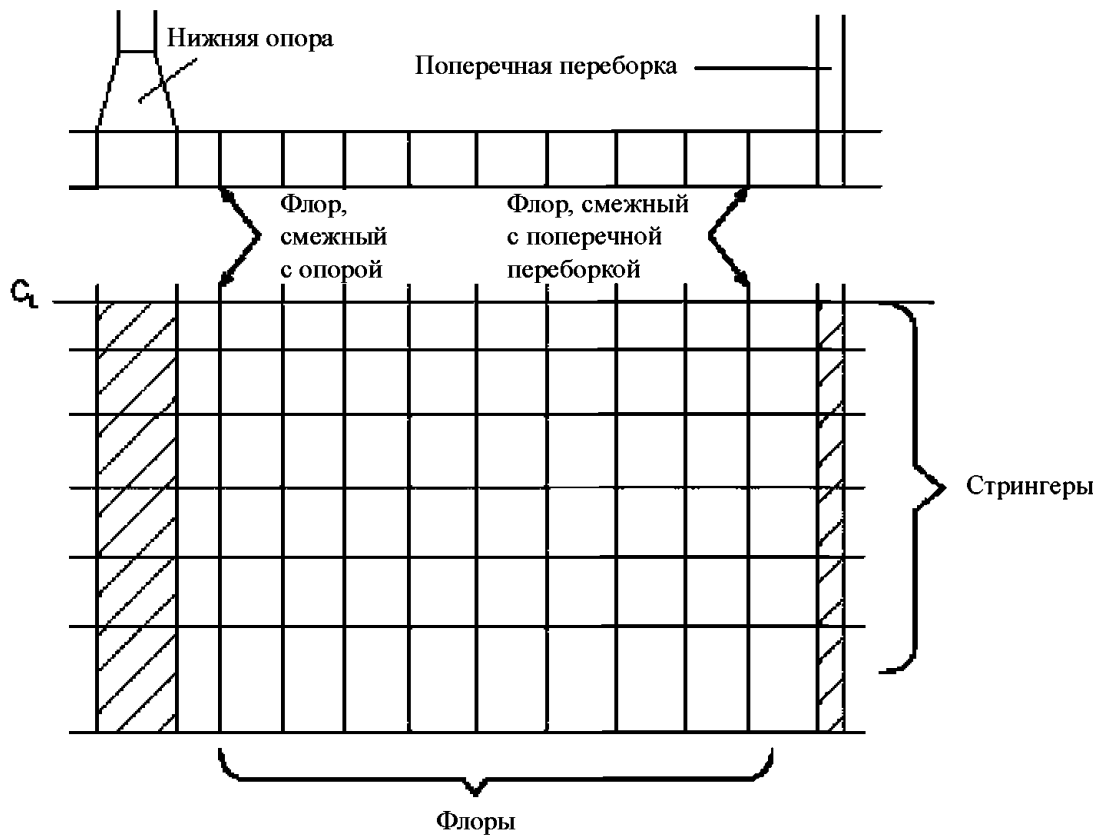
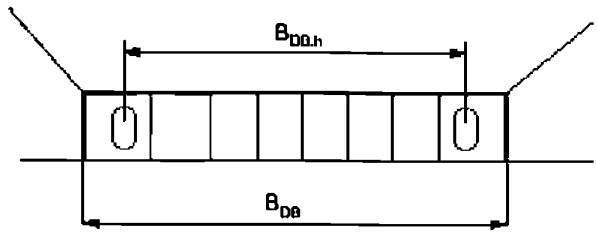


Рис. 3
Размеры B_{DB} и $B_{DB.h}$



4 Пиллерсы

4.1 Устойчивость пиллерсов под действием осевой сжимающей нагрузки

4.1.1 Общие положения

Подлежит проверке тот факт, что сжимающее напряжение пиллерсов не превышает критического напряжения осевой устойчивости, рассчитываемое согласно [4.1.2].

4.1.2 Критическое напряжение осевой устойчивости

Критическое напряжение осевой устойчивости применительно к пиллерсам, Н/мм², должно определяться по следующим формулам:

$$\sigma_{cB} = \sigma_{E1} \qquad \text{для } \sigma_{E1} \le \frac{R_{eH}}{2};$$

$$\sigma_{cB} = R_{eH}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sigma_{E1}}\right) \qquad \text{для } \sigma_{E1} \le \frac{R_{eH}}{2};$$

где σ_{E1} эйлерово напряжение осевой устойчивости, Н/мм², определяемое по следующей формуле:

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E \frac{I}{A(fl)^2} 10^{-4};$$

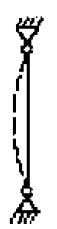
I минимальный момент инерции нетто пиллерса, см⁴;

A площадь нетто поперечного сечения пиллерса, см²;

f коэффициент, определяемый по табл. 13.

Таблица 13

Коэффициент *f*

Граничные условия пиллерса	***f***
Закреплены оба конца 	0,5
Один конец закреплен, другой – шарнирное соединение 	$\sqrt{2}/2$
Оба конца – шарнирные соединения 	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРЕДЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ

1 Область применения главы 6, раздел 3

1.1 Общие положения по области применения

1.1.1 Переменное касательное напряжение

Если касательные напряжения распределены неравномерно по ширине b элементарной пластины, то должно использоваться наибольшее из двух следующих значений:

среднее значение τ;

$0{,}5\,\tau_{max}$.

1.1.2 Изменение толщины в пределах элементарной пластины

Если толщина листа элементарной пластины меняется по ширине b, то расчет устойчивости может быть произведен для эквивалентной элементарной пластины $a \times b'$, имеющей толщину равную меньшей толщине листа t_1.

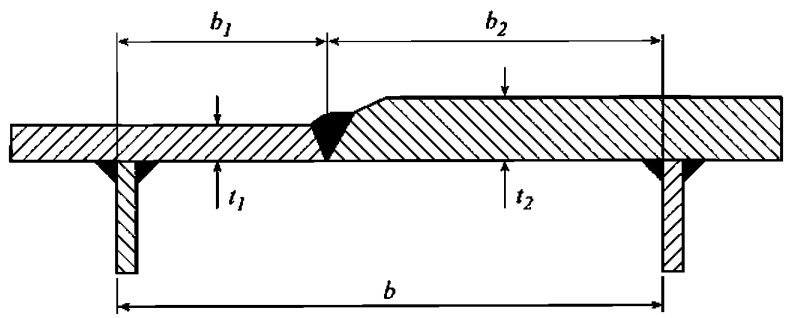
Ширина такой эквивалентной элементарной пластины определяется по следующей формуле:

$$b' = b_1 + b_2\left(\frac{t_1}{t_2}\right)^{1,5},$$

где b_1 ширина части элементарной пластины с меньшей толщиной t_1;

b_2 ширина части элементарной пластины с большей толщиной t_2.

Рис. 1
Изменение толщины листа в пределах ширины b



1.1.3 Оценка флоров или других балок с высокой стенкой, имеющих вырезы

Для оценки балок с высокой стенкой, имеющих вырезы, может использоваться следующая процедура:

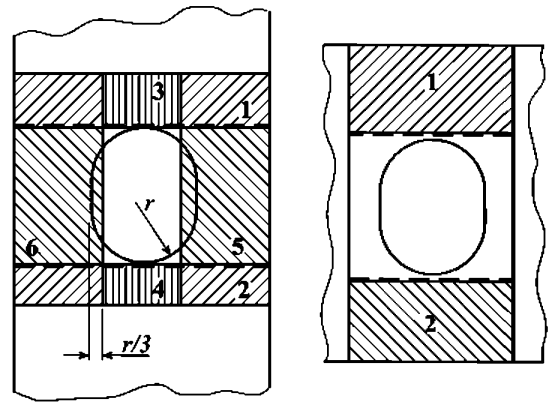
а) разделить поверхность листа элементарной пластины на участки в соответствии с рис. 2;

б) оценить элементарную пластину и все ее участки по отдельности при следующих граничных условиях:

для участков 1-4: все кромки свободно оперты (варианты нагрузки 1 и 2, указанные в главе 6, раздел 3, табл. 2);

для участков 5 и 6: свободно оперты, один край не закреплен (вариант нагрузки 3, указанный в главе 6, раздел 3, табл. 2).

Рис. 2
Элементарные пластины балок с высокой стенкой, имеющих вырезы



1.2 Применение в анализе поперечного сечения корпуса судна

1.2.1 Идеализация элементарных пластин

Расчет устойчивости элементарной пластины должен производиться при нагрузках, указанных в главе 6, раздел 3, [2.1] в соответствии с требованиями главы 6, раздел 3, [3].

Определение коэффициента устойчивости и редукционного коэффициента выполняется в соответствии с главой 6, раздел 3, табл. 2 для плоских пластин и в соответствии с главой 6, раздел 3, табл. 3 для криволинейных пластин.

Для определения коэффициента устойчивости и редукционного коэффициента, указанных в главе 6, раздел 3, табл. 2, в соответствии с типом напряжений и системой набора листовых конструкций должны использоваться следующие варианты нагрузки:

для нормального сжимающего напряжения:

вариант нагрузки 1 для листовых конструкций с системой продольного набора, при мембранном напряжении σ_x в направлении оси x, являющимся нормальным напряжением σ_n, как указано в главе 6, раздел 3, [2.1.2];

вариант нагрузки 2 для листовых конструкций с системой поперечного набора, при мембранном напряжении σ_y в направлении оси y, являющимся нормальным напряжением σ_n, как указано в главе 6, раздел 3, [2.1.2], а значения a и b меняются местами для получения значения $\alpha > 1$ согласно варианту нагрузки 2;

для касательного напряжения:

вариант нагрузки 5, где τ является касательным напряжением τ_{SF}, как указано в главе 6, раздел 3, [2.1.3].

1.2.2 Обычные ребра жесткости

Расчет устойчивости продольных и поперечных обычных ребер жесткости, их сегментов секций и целых панелей должен производиться при нагрузках, указанных в главе 6, раздел 3, [2.1], а также в соответствии с главой 6, раздел 3, [4] при следующих значениях напряжений:

σ_x = нормальное напряжение σ_n, указанное в главе 6, раздел 3, [2.1.2];

$\sigma_y = 0$.

Эффективная ширина присоединенного пояска ребер жесткости должна определяться в соответствии с главой 6, раздел 3, [5]. Постоянное напряжение должно приниматься, как соответствующее наибольшему из следующих значений:

напряжение на середине длины ребра жесткости;

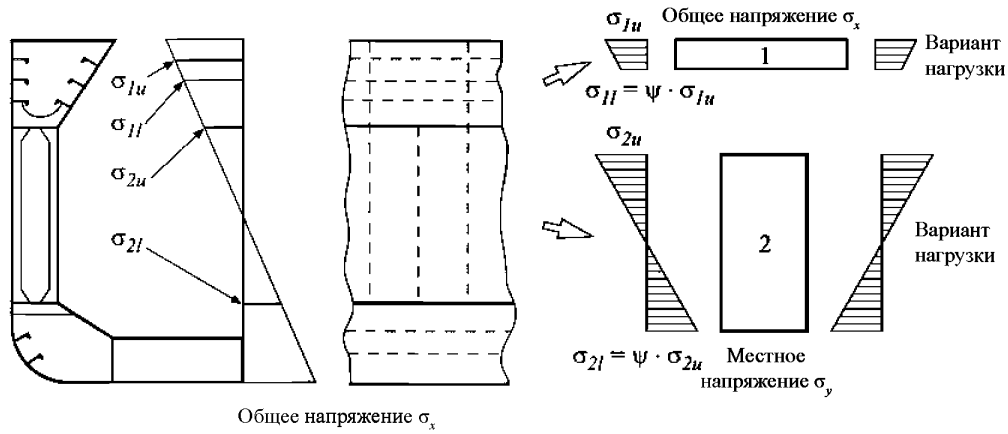
половина максимального сжимающего напряжения смежных элементарных пластин.

1.2.3 Главные несущие элементы с параллельными ребрами жесткости

Эффективная ширина присоединенного пояска главных несущих элементов должна определяться в соответствии с главой 6, раздел 3, [5.2].

Кроме того, если обычные ребра жесткости установлены на присоединенном пояске параллельно главным несущим элементам, то при расчете устойчивости следует рассмотреть момент инерции I_x с учетом моментов инерции параллельных обычных ребер жесткости, установленных на этой присоединенном пояске (см. главу 6, раздел 3, рис. 3).

Рис. 3
Идеализация элементарных пластин



1.2.4 Главные несущие элементы с ребрами жесткости перпендикулярными балке

Эффективная ширина присоединенного пояска главных несущих элементов должна определяться в соответствии с главой 6, раздел 3, [5.2].

Кроме того, если обычные ребра жесткости установлены на присоединенном пояске перпендикулярно главным несущим элементам, то при расчете устойчивости следует рассмотреть момент инерции I_x с учетом эффективной ширины в соответствии с главой 6, раздел 3, рис. 4.

1.3 Дополнительное применение в анализе методом конечных элементов

1.3.1 Неравномерно распределенное сжимающее напряжение по длине пластины при продольном изгибе

Если сжимающие напряжения неравномерно распределены по длине кромки ненагруженной пластины (например, в случае изгиба балок), то значение сжимающего напряжения должно приниматься на расстоянии $b/2$ от поперечной кромки пластины, испытывающей наибольшее сжимающее напряжение (см. рис. 4). Это значение не должно быть менее среднего значения сжимающего напряжения вдоль продольной кромки.

1.3.2 Расчет критического напряжения непрямоугольной элементарной пластины

а) Четырехугольные пластины.

В соответствии с рис. 5, определяются прямоугольники, которые полностью вмещают пластину неправильной формы, которая находится в состоянии продольного изгиба.

Среди возможных вариантов таких прямоугольников выбирается вариант с наименьшей площадью. Выбранный прямоугольник сжимается до площади первоначальной пластины с сохранением центра и соотношения сторон. В результате получается прямоугольная пластина с размерами a, b.

Рис. 4
Неравномерно распределенное сжимающее напряжение вдоль продольной кромки *a*

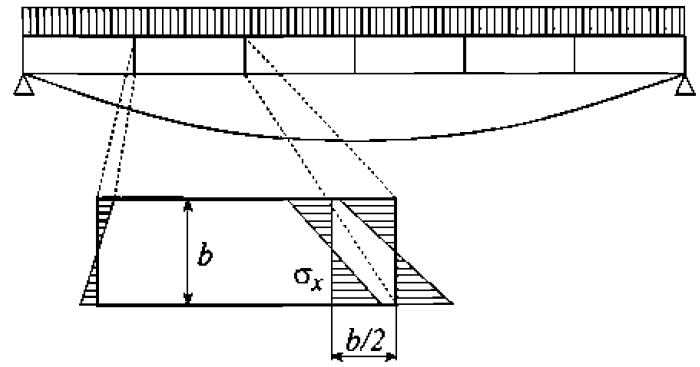
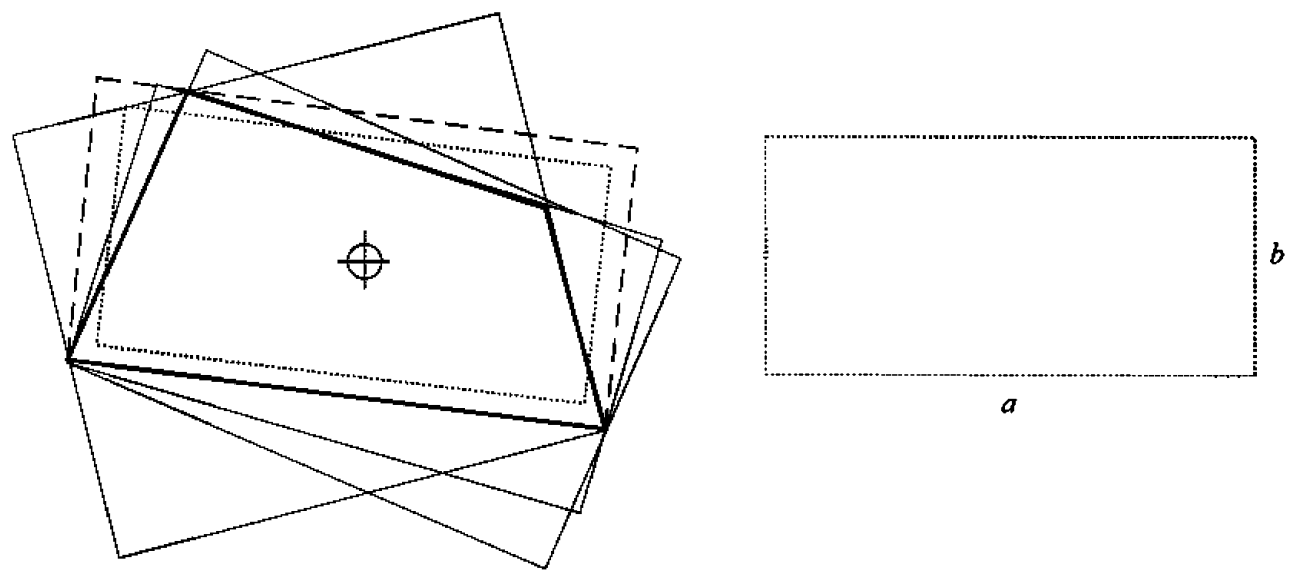
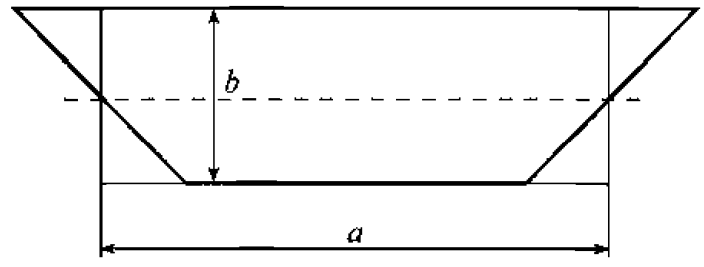


Рис. 5
Аппроксимация непрямоугольных элементарных пластин



б) Трапецеидальная элементарная пластина.
Получается прямоугольник, где a – это среднее значение оснований трапеции, а b – это высота первоначальной пластины.

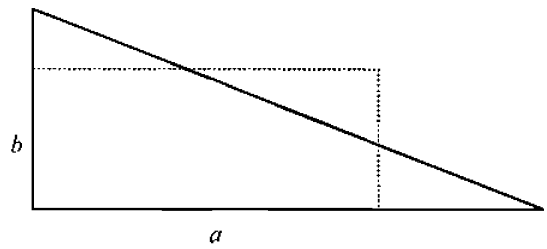
Рис. 6
Аппроксимация трапецеидальной элементарной пластины



в) Прямоугольный треугольник.

Для получения прямоугольника такой же площади и с таким же соотношением сторон катеты прямоугольного треугольника уменьшаются на величину $\sqrt{0,5}$.

Рис. 7
Аппроксимация прямоугольного треугольника



г) Обычный треугольник.

Обычный треугольник преобразуется аналогично случаю *а)*, указанному выше.

1.3.3 Оценка устойчивости листов бортовой обшивки

Для оценки критериев устойчивости бортовой наружной обшивки с вертикальными подкреплениями должны быть рассмотрены следующие варианты нагрузки:

для случая вертикальных и касательных напряжений постоянных по высоте элементарной пластины:

должны быть рассмотрены варианты нагрузки 1, 2 и 5 при потере устойчивости в соответствии с главой 6, раздел 3, табл. 2;

$\psi = f(\sigma_1, \sigma_2)$ для горизонтальных напряжений;

$\psi = 1,0$ для вертикальных напряжений;

$t = t_{min}$ (элементарная пластина);

для случая горизонтальных, вертикальных и касательных напряжений, распределенных по высоте элементарной пластины, должны быть рассмотрены по отдельности следующие варианты напряжений:

а) чисто вертикальное напряжение:

размер участка потери устойчивости рассматривается как b умноженный на b (b times b)($\alpha = 1$);

$\psi = 1,0$;

при использовании критериев должно рассматриваться максимальное вертикальное напряжение в элементарной пластине;

б) касательное напряжение, связанное с вертикальным напряжением:

размер участка потери устойчивости рассматривается как $2b$ умноженный на b ($\alpha = 2$);

$\psi = 1,0$;

подлежат рассмотрению две следующие комбинации напряжений:

максимальное вертикальное напряжение в элементарной пластине плюс касательное и продольное напряжение в месте возникновения максимального вертикального напряжения;

максимальное касательное напряжение в элементарной пластине плюс вертикальное и продольное напряжение в месте возникновения максимального касательного напряжения;

толщина рассматриваемой пластины t в месте возникновения максимального вертикального/касательного напряжения;

в) распределенное продольное напряжение, связанное с вертикальным и касательным напряжением:

должен использоваться фактический размер элементарной пластины ($\alpha = f(a, b)$);

для продольного напряжения должен использоваться фактический коэффициент ψ;

для вертикального и касательного напряжения должны использоваться средние значения;

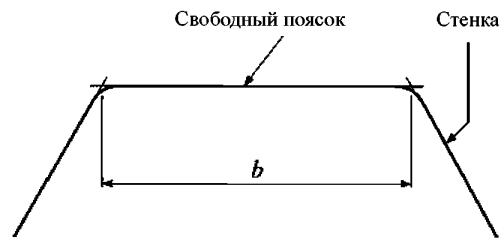
$t = t_{min}$ (элементарная пластина).

1.3.4 Оценка устойчивости гофрированных переборок

Поперечная элементарная пластина (свободный поясок) должна оцениваться с применением нормального напряжения, параллельного гофру. Наклонная элементарная пластина (стенка) должна оцениваться с применением комбинации нормального и касательного напряжений.

Ширина пластины b измеряется согласно Рис. 8.

Рис. 8
Измерение ширины b гофрированной переборки



а) Оценка свободного пояска:

должно использоваться равенство $F_1 = 1{,}1$;

должен использоваться вариант нагрузки 1 для оценки устойчивости в соответствии с главой 6, раздел 3, табл. 2;

размер участка потери устойчивости рассматривается как b умноженный на b ($\alpha = 1$);

$\psi = 1{,}0$;

подлежит рассмотрению максимальное вертикальное напряжение в элементарной пластине при использовании критериев;

рассматриваемая толщина пластины t – это толщина в месте возникновения максимального вертикального напряжения;

б) Оценка стенки:

должно использоваться равенство $F_1 = 1{,}1$;

должны использоваться варианты нагрузки 1 и 5 для оценки устойчивости в соответствии с главой 6, раздел 3, табл. 2;

размер рассматриваемого участка потери устойчивости – $2b$ умноженный на b ($\alpha = 2$);

$\psi = 1{,}0$;

подлежат рассмотрению две следующие комбинации напряжений:

максимальное вертикальное напряжение в элементарной пластине плюс касательное напряжение и продольное напряжение в месте возникновения максимального вертикального напряжения;

максимальное касательное напряжение в элементарной пластине плюс вертикальное напряжение и продольное напряжение в месте возникновения максимального касательного напряжения;

рассматриваемая толщина пластины t – это толщина в месте возникновения максимального вертикального/касательного напряжения.

Глава 7

Прямой анализ прочности

Раздел 1.	Прямая оценка прочности главных несущих элементов
Раздел 2.	Анализ общей прочности конструкции грузовых трюмов методом конечных элементов
Раздел 3.	Подробная оценка напряжений
Раздел 4.	Анализ напряжений в зоне концентрации напряжений для оценки усталостной прочности
Приложение 1.	Протяженность моделей для расчета методом конечных элементов в продольном направлении
Приложение 2.	Оценка устойчивости на основании смещения при анализе методом конечных элементов

РАЗДЕЛ 1. ПРЯМАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ГЛАВНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Прямая оценка прочности главных несущих элементов, основанная на трехмерном анализе методом конечных элементов, должна применяться к судам длиной $L \geq 150$ м.

1.1.2 В настоящей Главе представлены три процедуры анализа методом конечных элементов:

а) анализ общей прочности методом конечных элементов (первый этап анализа методом конечных элементов) для оценки общей прочности главных несущих элементов конструкции грузовых трюмов согласно разделу 2;
б) подробная оценка напряжений (второй этап анализа методом конечных элементов) для оценки зон высокого напряжения при помощи мелких сеток согласно разделу 3;
в) анализ напряжений в зонах концентрации напряжений (третий этап анализа методом конечных элементов) для расчета напряжений в зоне концентрации напряжений при помощи мелкой сетки оценки усталостной прочности согласно разделу 4.

Блок-схема процедуры анализа методом конечных элементов для прямой оценки прочности показана на рис. 1.

1.2 Компьютерная программа

1.2.1 Компьютерные программы для анализа методом конечных элементов должны соответствовать заданному анализу. Надежность программ, не имеющих одобрения, должна быть продемонстрирована для одобрения классификационным обществом до начала выполнения анализа.

1.3 Представление отчета о результатах анализа

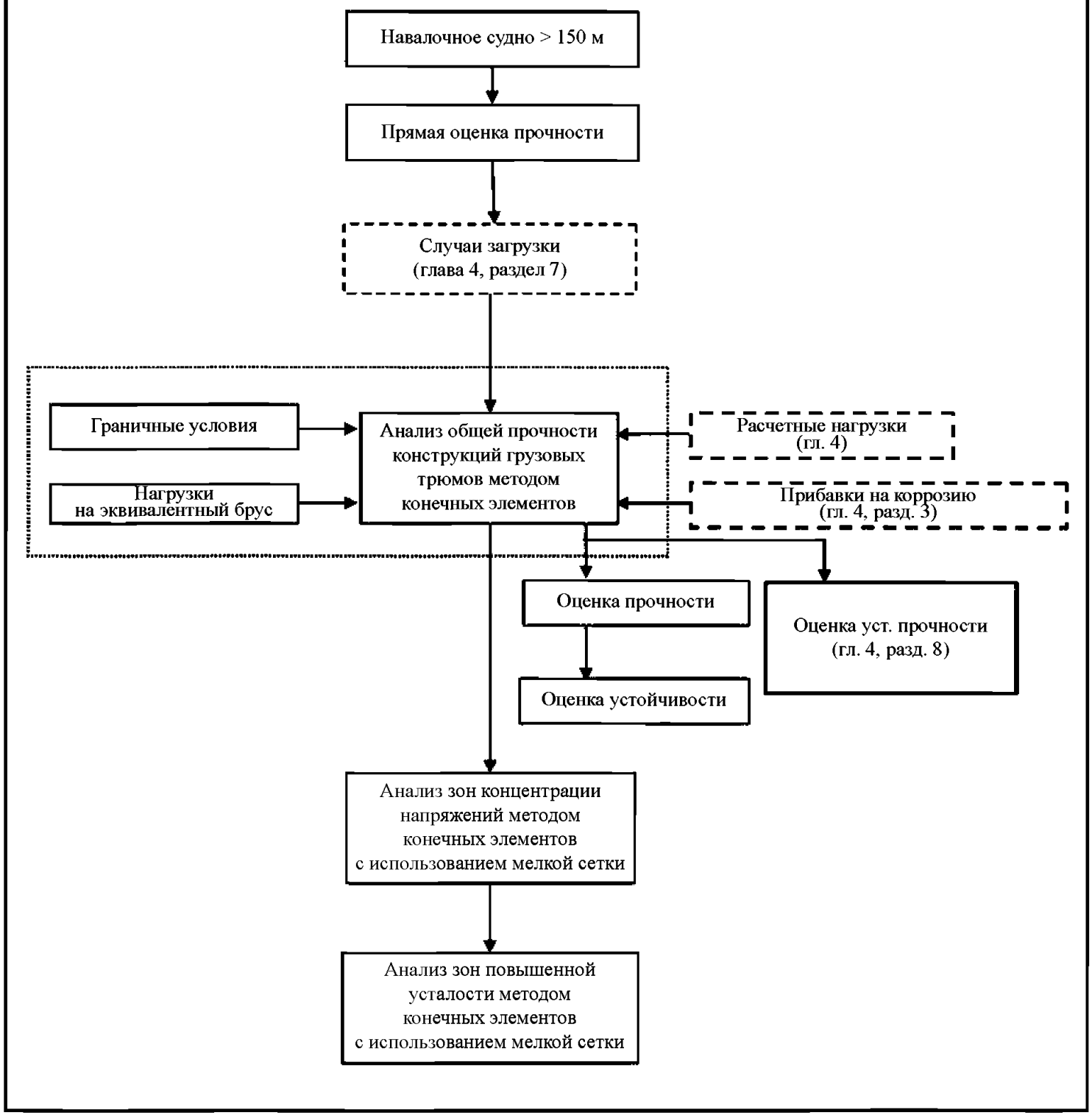
1.3.1 Должен быть представлен подробный отчет о результатах прямого анализа прочности методом конечных элементов, включающий основную информацию по анализу. Этот отчет должен содержать следующее:

а) перечень чертежей/схем, использованных при анализе, включая их варианты и даты;
б) подробное описание принципов конструктивного моделирования и любые отклонения в модели от фактических конструкций;
в) схемы модели конструкции;
г) свойства материалов, толщина листов и характеристики балок, использованных в модели;
д) подробное описание граничных условий;
е) все случаи загрузки, в отношении которых проводился анализ;
ж) данные по приложению нагрузок;
з) обобщенные результаты и схемы рассчитанных деформаций;
и) обобщенные результаты и схемы рассчитанных напряжений;
к) подробная оценка устойчивости при продольном изгибе;
л) результаты, сведенные в таблицу, показывающие соответствие расчетным критериям;
м) ссылка на компьютерную программу анализа методом конечных элементов, включая ее версию и дату.

1.4 Размеры связей корпуса нетто

1.4.1 Прямой анализ прочности должен основываться на подходе с использованием размеров связей корпуса нетто в соответствии с главой 3, раздел 2.

Рис. 1
Блок-схема процедуры анализа методом конечных элементов



1.5 Приложенные нагрузки

1.5.1 Расчетные нагрузки

Прямой анализ прочности должен выполняться при приложении расчетных нагрузок, приведенных в главе 4, при уровне вероятности 10^{-8}, исключая оценку усталостной прочности, где уровень вероятности 10^{-4}. К трехмерной модели для расчета методом конечных элементов должно прикладываться сочетание статической и динамической нагрузок, которое, вероятно, обеспечивает приложение варианта наибольшей нагрузки.

1.5.2 Вес конструкции

Влияние веса конструкции корпуса судна должно включаться в статические, а не в динамические нагрузки. Стандартная плотность стали должна приниматься равной 7,85 т/м³.

1.5.3 Случаи загрузки

При трехмерном анализе методом конечных элементов должны рассматриваться случаи загрузки, указанные в главе 4, раздел 7.

РАЗДЕЛ 2. АНАЛИЗ ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ГРУЗОВЫХ ТРЮМОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

M_{SW} расчетный вертикальный изгибающий момент, как указано в главе 4, раздел 7, табл. 2;

M_{WV} вертикальный волновой изгибающий момент при прогибе или перегибе, как указано в главе 4, раздел 3, [3.1.1];

M_{WH} горизонтальный волновой изгибающий момент, как указано в главе 4, раздел 3, [3.3.1];

Q_{SW} допустимая перерезывающая сила на тихой воде в месте расположения рассматриваемой переборки, как указано в главе 4, раздел 7, табл. 3;

Q_{WV} вертикальная волновая перерезывающая сила, как указано в главе 4, раздел 3, [3.2.1];

C_{WV}, C_{WH} коэффициенты сочетания нагрузок, как указано в главе 4, раздел 4, табл. 3.

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Процедура в настоящем Разделе посвящена прямому анализу прочности конструкций грузовых трюмов в средней части судна.

1.1.2 Анализ общей прочности конструкции грузовых трюмов методом конечных элементов предназначен для проверки соответствия следующих характеристик критериям приемлемости при приложении статических и динамических нагрузок:

а) уровень напряжений в эквивалентном брусе и главных несущих элементах;
б) устойчивость главных несущих элементов;
в) деформация главных несущих элементов.

2 Модель анализа

2.1 Протяженность модели

2.1.1 Протяженность модели для расчета методом конечных элементов в продольном направлении должна охватывать три грузовых трюма и четыре поперечные переборки. Поперечные переборки по концам протяженности модели должны включаться вместе с относящимися к ним опорами. Оба конца модели должны образовывать вертикальные плоскости и включать любые рамные шпангоуты, находящиеся в этих плоскостях, если имеются. Подробные сведения о протяженности модели приведены в приложении 1.

2.1.2 Модель для расчета методом конечных элементов должна включать обе стороны конструкций судна с учетом несимметричных нагрузок, вызванных волнением, в поперечном направлении.

2.1.3 В модели для расчета методом конечных элементов должны быть представлены все основные конструктивные элементы. Последние включают внутреннюю и наружную обшивки, системы флоров и стрингеров двойного дна, поперечные и вертикальные рамные шпангоуты, стрингеры, конструкции поперечных и продольных переборок. Подлежат моделированию все листы и ребра жесткости на этих конструктивных элементах.

2.2 Моделирование с помощью метода конечных элементов

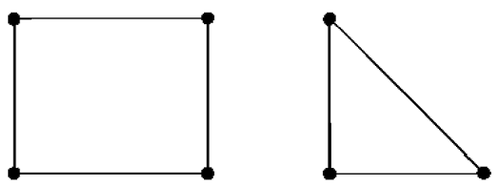
2.2.1 В модели для расчета методом конечных элементов должны быть представлены все основные конструктивные элементы (листы и ребра жесткости), подробно описанные в [2.1.3].

2.2.2 Границы сетки конечных элементов должны моделировать, насколько возможно, системы подкреплений реальных конструкций и должны соответствовать правильной геометрии пластин между ребрами жесткости.

2.2.3 Жесткость каждого конструктивного элемента должна быть правильно представлена путем использования надлежащего типа конструктивного элемента. Принцип отбора типа элемента указан ниже.

1) Ребра жесткости должны моделироваться при помощи балки или полосы, имеющих осевую жесткость, жесткость при кручении, двунаправленном сдвиге и изгибе. Однако ребра жесткости стенки и свободные пояски главных несущих элементов могут моделироваться при помощи стержня, имеющего только осевую жесткость и постоянную площадь поперечного сечения по всей длине.
2) Листы должны моделироваться при помощи элементов обшивки, имеющей боковую жесткость при изгибе в дополнение к двухосной и плоскостной жесткости. Однако мембрана, имеющая только двухосную и плоскостную жесткость, может использоваться для листов, которые не испытывают бокового давления.
   Для мембран и элементов обшивки должны применяться только линейные квадратные или треугольные элементы, как показано на рис. 1.

Рис. 1
Линейные квадратные и треугольные элементы для мембран и оболочечных элементов



По возможности следует избегать треугольных элементов, особенно в зонах с высоким напряжением и в подобных зонах вокруг вырезов, в местах соединений бракет и соединений наклонных листов, где следует ожидать значительного перепада напряжений.

3) Подкрепленные панели могут моделироваться при помощи двухмерных ортотропных элементов, которые могут надлежащим образом представить жесткость панелей.

2.2.4 Если ортотропные элементы не используются в модели для расчета методом конечных элементов:

шаг сетки должен быть равен или меньше характерного расстояния между продольными ребрами жесткости или бортовыми шпангоутами;
ребра жесткости должны моделироваться при помощи стержня и/или балки/полосы;
при наличии двойного корпуса стенки главных несущих элементов должны быть разделены по высоте, как минимум, на три элемента;
при отсутствии двойного корпуса шпангоуты наружной обшивки и их концевые бракеты должны моделироваться при помощи оболочечных элементов для стенки и элементов наружной обшивки/балки/стержня для свободного пояска. Стенки шпангоутов наружной обшивки делить по высоте не требуется;
соотношение сторон элементов не должно превышать 1:4.
Пример типовой сетки приведен в приложении 1.

2.2.5 Если ортотропные элементы используются в модели для расчета методом конечных элементов для подкрепленных панелей:

для элементов, таких как стрингеры или флоры двойного дна, высота элемента должна быть равна высоте двойного дна;
если ребро жесткости расположено вдоль кромки между двумя ортотропными элементами, оно должно моделироваться или при помощи балки/стержня, или виртуально, передавая жесткость ребра жесткости на два ортотропных элемента;
если ребро жесткости располагается вдоль кромки между ортотропным элементом и мембраной/оболочечным элементом, то оно должно моделироваться при помощи балки/ стержня;
если ребро жесткости располагается вдоль кромки между двумя мембранами/элементами обшивки, то оно должно моделироваться при помощи балки/стержня;
при наличии двойного корпуса стенка главных несущих элементов должна моделироваться с одним элементом по высоте;
при отсутствии двойного корпуса, как минимум, один из трех шпангоутов и связанные с ним концевые бракеты должны моделироваться при помощи оболочечных элементов для стенок и элементов обшивки/балок для фланцев;
соотношение сторон элементов не должно превышать 1:2.

2.3 Граничные условия

2.3.1 Оба конца модели должны иметь свободные опоры согласно табл. 1 и 2. Узлы на элементах продольного набора на обоих концевых участках должны быть жестко связаны с независимыми точками, находящимися на нейтральной оси в диаметральной плоскости, как показано в табл. 1. Независимые точки на обоих концах должны быть закреплены согласно табл. 2.

Таблица 1

Жесткая связь на обоих концах

Узлы на элементах продольного набора на обоих концах модели	Поступательное движение			Вращательное движение		
	Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz
Все элементы продольного набора	RL	RL	RL	–	–	–
RL означает жестко ограниченную степень свободы независимой точки						

Таблица 2

Схема крепления независимой точки

Местонахождение независимой точки	Поступательное движение			Вращательное движение		
	Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz
Независимая точка на кормовом конце модели	–	Fix	Fix	–	–	–
Независимая точка на носовом конце модели	Fix	Fix	Fix	Fix	–	–

2.4 Случаи загрузки

2.4.1 Общие положения

Для стандартных проектов судов случаи загрузки в сочетании с видами загрузки и вариантами нагрузки, как указано в главе 4, дополнение 2, должны рассматриваться как обязательные.

2.5 Рассмотрение нагрузок на эквивалентный брус

2.5.1 Общие положения

Каждый случай загрузки должен быть связан с соответствующими нагрузками на эквивалентный брус. Сочетание нагрузок должно рассматриваться с использованием коэффициентов сочетания нагрузок для вертикального и горизонтального волновых изгибающих моментов, вызванных волнением, и вертикальных перерезывающих сил, вызванных волнением, указанных в главе 4, раздел 4 для каждого варианта нагрузки.

2.5.2 Анализ вертикальных изгибающих моментов

Анализ вертикальных изгибающих моментов должен проводиться для вариантов нагрузки, указанных в главе 4, раздел 7, табл. 2. Необходимый минимум таких вариантов нагрузки перечислен в главе 4, приложение 2.

При анализе вертикальных изгибающих моментов расчетными нагрузками на эквивалентный брус являются максимальные вертикальные изгибающие моменты, которые могут возникать в центре среднего трюма в модели для расчета методом конечных элементов. Значения расчетных нагрузок на эквивалентный брус должны получаться в соответствии с табл. 3 с учетом вертикальных изгибающих моментов на тихой воде, согласно главе 4, раздел 7, табл. 2 и главе 4, приложение 2.

Таблица 3

Расчетные нагрузки для анализа вертикальных изгибающих моментов

Нагрузка на эквивалентный брус	На тихой воде	На волнении	Рассматриваемое местоположение
Вертикальный изгибающий момент	M_{SW}	$C_{WV}M_{WV}$	Центр среднего трюма
Вертикальная перерезывающая сила	0	0	Центр среднего трюма
Горизонтальный изгибающий момент	—	$C_{WH}M_{WH}$	Центр среднего трюма
Горизонтальная перерезывающая сила	—	0	Центр среднего трюма

2.5.3 Анализ вертикальной перерезывающей силы

Анализ вертикальной перерезывающей силы должен проводиться для вариантов нагрузки, указанных в главе 4, раздел 7, табл. 3. Необходимый минимум таких вариантов нагрузки перечислен в главе 4, приложение 2.

При анализе вертикальной перерезывающей силы расчетными нагрузками на эквивалентный брус являются максимальные вертикальные перерезывающие силы, которые могут возникать у одной из поперечных переборок среднего трюма в модели для расчета методом конечных элементов. Одновременно рассматриваются уменьшенные вертикальные изгибающие моменты. Значения расчетных нагрузок на эквивалентный брус должны получаться в соответствии с табл. 4 с учетом вертикальных изгибающих моментов и вертикальных перерезывающих сил на тихой воде согласно главе 4, раздел 7, табл. 2 и 3, и главе 4, приложение 2.

Таблица 4

Расчетные нагрузки для анализа вертикальной перерезывающей силы

Нагрузка на эквивалентный брус	На тихой воде	На волнении	Рассматриваемое местоположение
Вертикальный изгибающий момент	$0{,}8M_{SW}$	$0{,}65C_{WV}M_{WV}$	Поперечная переборка
Вертикальная перерезывающая сила	Q_{SW}	Q_{WV}	Поперечная переборка
Горизонтальный изгибающий момент	—	*0*	Поперечная переборка
Горизонтальная перерезывающая сила	—	0	Поперечная переборка

2.5.4 Влияние местных нагрузок

Распределение перерезывающих сил и изгибающих моментов, действующих на эквивалентный брус, вызванных местными нагрузками, приложенными к модели, должно рассчитываться с использованием простой балочной теории применительно к эквивалентному брусу.

Реактивные силы, действующие на обоих концах модели и распределения перерезывающих сил и изгибающих моментов, вызванных местными нагрузками, можно определить по следующим формулам:

$$R_{V_fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft})\vec{f}_i \cdot \vec{z}}{x_{fore} - x_{aft}} \qquad R_{V_aft} = \sum_i \vec{f}_i \cdot \vec{z} + R_{V_fore};$$

$$R_{H_fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft})\vec{f}_i \cdot \vec{y}}{x_{fore} - x_{aft}} \qquad R_{H_aft} = \sum_i \vec{f}_i \cdot \vec{y} + R_{H_fore};$$

$$Q_{V_FEM}(x) = R_{V_aft} - \sum_i \vec{f}_i \cdot \vec{z} \qquad \text{при } x_i < x;$$

$$Q_{H_FEM}(x) = R_{H_aft} + \sum_i \vec{f}_i \cdot \vec{y} \qquad \text{при } x_i < x;$$

$$M_{V_FEM}(x) = (x - x_{aft})R_{V_aft} - \sum_i (x - x_i)\vec{f}_i \cdot \vec{z} \qquad \text{при } x_i < x;$$

$$M_{H_FEM}(x) = (x - x_{aft})R_{H_aft} + \sum_i (x - x_i)\vec{f}_i \cdot \vec{y} \qquad \text{при } x_i < x\ ,$$

где x_{aft} местоположение кормового конца опоры;
x_{fore} местоположение носового конца опоры;
x рассматриваемое местоположение;
R_{V_aft}, R_{V_fore}, R_{H_aft}, R_{H_fore} вертикальные и горизонтальные реактивные силы, действующие на кормовом и носовом концах, соответственно;
Q_{V_FEM}, Q_{H_FEM}, M_{V_FEM}, M_{H_FEM} вертикальные и горизонтальные перерезывающие силы и изгибающие моменты, вызванные местными нагрузками, приложенными к модели для расчета методом конечных элементов, соответственно;
f_i сила, приложенная к узловой точке i в результате всех местных нагрузок;
x_i координата узла i на продольной оси.

2.5.5 Методы учета нагрузок на эквивалентный брус

Для анализа изгибающего момента для учета нагрузок/напряжений на эквивалентном брусе при оценке главных несущих элементов могут использоваться два альтернативных метода:

а) добавление нагрузок на эквивалентный брус непосредственно к модели для расчета методом конечных элементов (прямой метод); или
б) перенесение напряжений в эквивалентном брусе по отдельности на напряжения, полученные в результате анализа конструкции, с использованием боковых нагрузок (метод совмещения).

Для анализа перерезывающих сил должен использоваться прямой метод.

2.5.6 Прямой метод

При прямом методе результат нагрузок на эквивалентный брус рассматривается непосредственно в трехмерной модели для расчета методом конечных элементов. Для учета нагрузок на эквивалентный брус, как указано в [2.5.2] и [2.5.3], и влияния местных нагрузок, как указано [2.5.4], на обоих концах модели должны быть приложены равновесные нагрузки.

Для контроля перерезывающих сил в расчетных положениях на обоих концах модели прикладываются две группы вынужденных моментов. Эти моменты рассчитываются по следующим формулам:

$$M_{Y_aft_SF} = M_{Y_fore_SF} = \frac{(x_{fore} - x_{aft})}{2}[Q_{V_T}(x_{eq}) - Q_{V_FEM}(x_{eq})];$$

$$M_{Z_aft_SF} = M_{Z_fore_SF} = \frac{(x_{fore} - x_{aft})}{2}[Q_{H_T}(x_{eq}) - Q_{H_FEM}(x_{eq})].$$

Для контроля изгибающих моментов в расчетных положениях на обоих концах модели прикладываются другие две группы вынужденных моментов. Эти моменты рассчитываются по следующим формулам:

$$M_{Y_aft_BM} = -M_{Y_fore_BM} = -\left[M_{V_T}(x_{eq}) - M_{V_FEM}(x_{eq}) - M_{Y_aft_SF}\left(2\frac{x_{eq} - x_{aft}}{x_{fore} - x_{aft}} - 1\right)\right];$$

$$M_{Z_aft_BM} = -M_{Z_fore_BM} = -\left[M_{H_T}(x_{eq}) - M_{H_FEM}(x_{eq}) - M_{Z_aft_SF}\left(2\,\frac{x_{eq} - x_{aft}}{x_{fore} - x_{aft}} - 1\right)\right],$$

где x_{eq} рассматриваемое местоположение для оценки нагрузок на эквивалентный брус;

$Q_{V_FEM}, Q_{H_FEM}, M_{V_FEM}, M_{H_FEM}$ как указано в [2.5.4];

$Q_{V_T}, Q_{H_T}, M_{V_T}, M_{H_T}$ расчетные вертикальные и горизонтальные перерезывающие силы и изгибающие моменты, как указано в табл. 3 или 4 в местоположении x_{eq};

$M_{Y_aft_SF}, M_{Y_fore_SF}, M_{Y_aft_BM}, M_{Y_fore_BM}$ вынужденные моменты, прилагаемые на кормовом и носовом концах модели для контроля вертикальных перерезывающих сил и изгибающих моментов, имеют положительные значения в направлении по часовой стрелке относительно оси *y*;

$M_{Z_aft_SF}, M_{Z_fore_SF}, M_{Z_aft_BM}, M_{Z_fore_BM}$ вынужденные моменты, прилагаемые на кормовом и носовом концах модели для контроля горизонтальных перерезывающих сил и изгибающих моментов, имеют положительные значения в направлении по часовой стрелке относительно оси *z*.

Вынужденные моменты по концам модели могут создаваться одним из следующих методов:
приложением распределенных сил на концевом участке модели с равнодействующей силой, равной нулю, и результирующим моментом, равным вынужденному моменту. Распределенные силы прикладываются в узлах на элементах продольного набора, где граничные условия приведены согласно табл. 1. Распределенные силы должны определяться при помощи теории тонкостенных балок;
приложением сосредоточенных моментов в независимых точках, как указано в [2.3.1].

2.5.7 Метод совмещения

Для анализа вертикальных изгибающих моментов по методу совмещения напряжение, определенное по формуле приведенной ниже, должно совмещаться с продольным напряжением каждого элемента продольной связи, полученным при помощи трехмерного анализа методом конечных элементов. Анализ вертикальных перерезывающих сил должен проводиться в соответствии с [2.5.6].

$$\sigma_{SIM} = \frac{M_{V_T}}{I_Y/(z-N)} - \frac{M_{H_T}}{I_Z/y},$$

где M_{V_T}, M_{H_T} расчетные вертикальные и горизонтальные изгибающие моменты в рассматриваемом сечении, соответственно, с поправкой на местные нагрузки, принимаемые равными:
$M_{V_T} = M_{SW} + C_{WV} \cdot M_{WV} - M_{V_FEM}$;
$M_{H_T} = C_{WH} \cdot M_{WH} - M_{H_FEM}$;

I_Y вертикальный момент инерции сечения относительно горизонтальной нейтральной оси, рассчитанный согласно главе 3, раздел 2, [3.2.1];

I_Z горизонтальный момент инерции сечения, рассчитанный согласно главе 3, раздел 2, [3.2.1];

N координата центра тяжести поперечного сечения корпуса судна по оси Z согласно главе 5, раздел 1;

y координата элемента по оси Y;

z координата элемента по оси Z.

3 Критерии анализа

3.1 Общие положения

3.1.1 Расчетные трюмы

Все главные несущие элементы в среднем трюме модели для расчета методом конечных элементов, состоящей из трех трюмов (1+1+1), включая переборки, должны оцениваться при помощи трехмерного анализа методом конечных элементов.

3.1.2 Результаты конструктивного анализа должны удовлетворять критериям по предельной прочности, устойчивости и деформации главных несущих элементов.

3.2 Оценка прочности

3.2.1 Эталонные напряжения

Эталонное напряжение – эквивалентное напряжение по Мизесу в центре плоского элемента (оболочечного элемента или мембраны) или осевое напряжение линейного элемента (полосы, балки или стержня), полученное при помощи анализа методом конечных элементов с учетом нагрузок на эквивалентный брус согласно [2.5.4] или [2.5.5].

Если влияние вырезов в модели для расчета методом конечных элементов не учитывается, то эталонные напряжения в районе вырезов должны быть надлежащим образом скорректированы путем согласования касательных напряжений пропорционально отношению высоты стенки к высоте выреза.

3.2.2 Эквивалентное напряжение

Эквивалентное напряжение по Мизесу определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2},$$

где σ_x σ_y, нормальные напряжения элемента, Н/мм²;
τ_{xy} касательное напряжение элемента, Н/мм².

По методу совмещения напряжение σ_{SIM}, как указано в [2.5.7], должно совмещаться с продольным напряжением элемента.

3.2.3 Допустимое напряжение

Эталонные напряжения в модели для расчета методом конечных элементов, которая не включает ортотропные элементы, как указано в [2.2.4], не должны превышать $235/k$ Н/мм², где k – коэффициент материала согласно главе 3, раздел 1.

Эталонные напряжения в модели для расчета методом конечных элементов, которая включает ортотропные элементы, как указано в [2.2.5], не должны превышать $205/k$ Н/мм², где k – коэффициент материала согласно главе 3, раздел 1.

3.3 Оценка устойчивости и предельной прочности

3.3.1 Общие положения

Оценка устойчивости и предельной прочности должна проводиться для пластин на главных несущих элементах согласно главе 6, раздел 3.

3.3.2 Напряжения в пластине

Напряжения в каждой пластине должны определяться согласно следующим процедурам:

1) если конечно-элементная сетка отличается от геометрии элементарной пластины, напряжения σ_x, σ_y и τ, действующие на элементарную пластину, должны оцениваться экстраполяцией и/или интерполяцией окружающих сеток, используя напряжения в элементах или метод смещения, описанный в приложении 2;
2) напряжения, полученные методом совмещения или прямым методом, должны быть уменьшены для оценки устойчивости из-за эффекта Пуассона, который учитывается при анализе обоими методами. Поправка должна вводиться после суммирования напряжений от местных и общих нагрузок.

Если оба напряжения σ_x^* и σ_y^* являются напряжениями сжатия, то уменьшение напряжений должно осуществляться согласно следующим формулам:

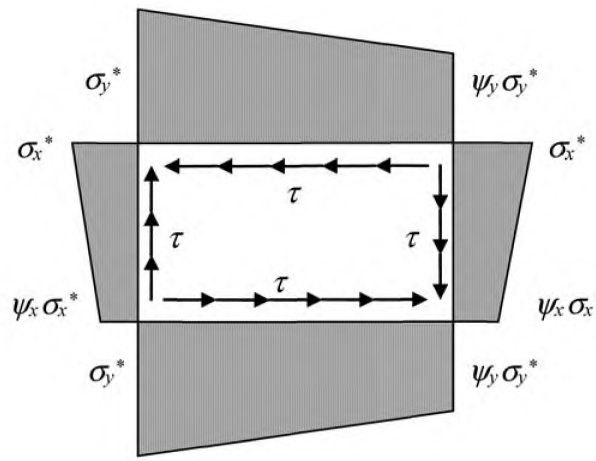
$$\sigma_x = (\sigma_x^* - 0{,}3\,\sigma_y^*)/0{,}91;$$

$\sigma_y = (\sigma_y^* - 0{,}3\,\sigma_x^*)/0{,}91;$

Если напряжения сжатия удовлетворяют условию $\sigma_y^* < 0{,}3\,\sigma_x^*$, тогда $\sigma_y = 0$ и $\sigma_x = \sigma_x^*$.
Если напряжения сжатия удовлетворяют условию $\sigma_x^* < 0{,}3\,\sigma_y^*$, тогда $\sigma_x = 0$ и $\sigma_y = \sigma_y^*$.
σ_x^*, σ_y^* – напряжения, включающие эффект Пуассона;

3) определить распределения напряжений по кромке рассматриваемой пластины в условиях устойчивости путем введения надлежащей линейной аппроксимации согласно рис. 2;
4) рассчитать коэффициент напряжений по краям пластины ψ согласно главе 6, раздел 3.

Рис. 2
Напряжения в пластине для оценки устойчивости



3.3.3 Граничные условия

Варианты нагрузки 1, 2, 5 или 6 в главе 6, раздел 3, табл. 2 для оценки устойчивости должны применяться к рассматриваемой пластине в зависимости от распределения напряжений и геометрии вырезов.
Если фактические граничные условия значительно отличаются от свободной опоры, то может применяться другой вариант нагрузки, указанный в главе 6, раздел 3, табл.2.

3.3.4 Коэффициент запаса прочности

Коэффициент запаса прочности для оценки устойчивости и предела прочности пластины должен приниматься равным 1,0.

3.4 Отклонение главных несущих элементов

Максимальное относительное отклонение между двойным дном и носовой (или кормовой) поперечной переборкой, полученное при помощи анализа методом конечных элементов, не должно превышать следующего критерия:

$\delta_{max} \le l_i/150,$

где δ_{max} максимальное относительное отклонение между двойным дном и носовой (или кормовой) поперечной переборкой, мм;
l_i длина или ширина плоской части двойного дна, мм, смотря по тому, что меньше.

РАЗДЕЛ 3. ПОДРОБНАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Настоящий Раздел описывает процедуру подробной оценки напряжений с использованием мелкой сетки для зон с высоким напряжением главных несущих элементов.

2 Модель анализа

2.1 Участки, подлежащие моделированию при помощи мелкой сетки

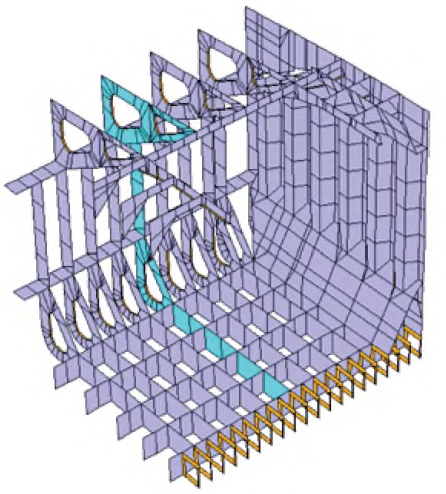
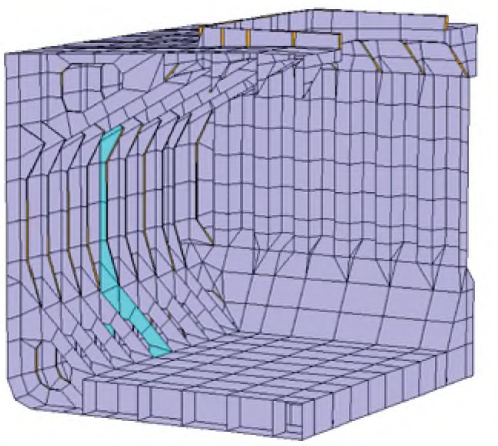
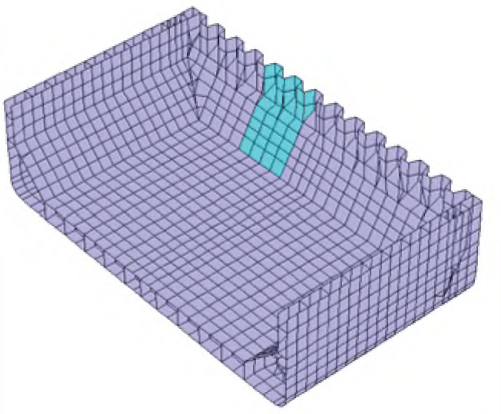
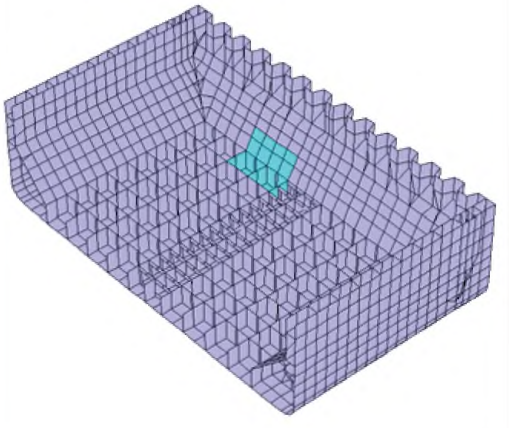
2.1.1 Если общий анализ конструкции грузового трюма в разделе 2 осуществляется с использованием модели, соответствующей критерию моделирования, указанному в разделе 2, [2.2.4], зоны с высоким напряжением, указанные в табл. 1, должны моделироваться при помощи мелкой сетки в местах, где расчетные напряжения превышают 95 % от допустимого напряжения согласно разделу 2, [3.2.3].

2.1.2 Если общий анализ конструкции грузового трюма в разделе 2 осуществляется с использованием модели, соответствующей критерию моделирования, указанному в разделе 2, [2.2.5], моделированию при помощи мелкой сетки подлежат все зоны с высоким напряжением, перечисленные ниже:

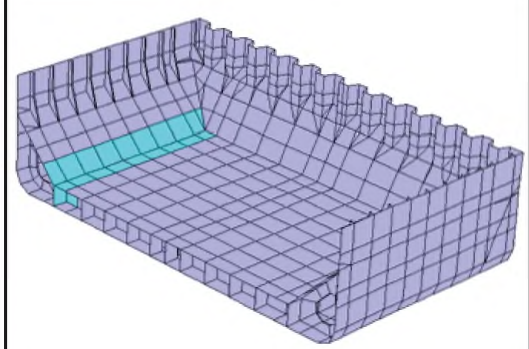
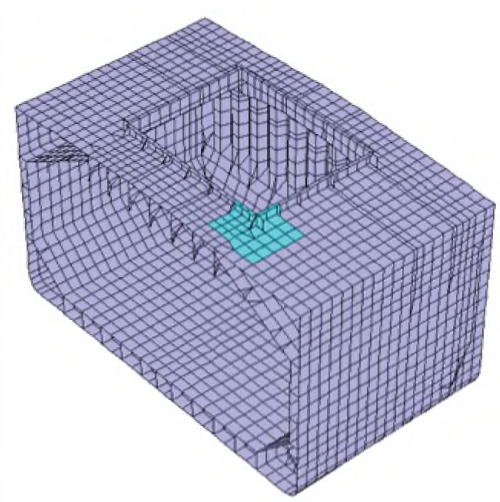
зоны, где расчетные напряжения превышают 85 % от допустимого напряжения согласно разделу 2, [3.2.3];
типовые детали главных несущих элементов согласно табл. 1;
типовые детали поперечных переборок рассматриваемого трюма согласно табл. 1.

Таблица 1

Типовые детали, подлежащие моделированию при помощи мелкой сетки

Конструктивный элемент	**Рассматриваемая зона**	**Дополнительные требования**	**Описание**
1	2	3	4
Главный несущий элемент	Наиболее напряженный главный несущий элемент поперечной связи для навалочных судов с двойными бортами	Моделирование при помощи мелкой сетки наиболее напряженных главных несущих элементов поперечной связи, расположенных в: двойном дне; скуловой цистерне; пространстве двойного борта; бортовой подпалубной цистерне	
	Наиболее напряженный главный несущий элемент поперечной связи для навалочных судов с одинарными бортами	Моделирование при помощи мелкой сетки наиболее напряженных главных несущих элементов поперечной связи, расположенных в: двойном дне; скуловой цистерне; бортовой подпалубной цистерне; и шпангоутов наружной обшивки с концевыми бракетами и соединениями со скуловой цистерной и подпалубной цистерной	
Поперечная переборка и относящаяся к ней нижняя опора	Наиболее напряженное соединение гофров с нижней опорой	Подлежат моделированию наиболее напряженные элементы, включая диафрагмы нижней опоры	
	Наиболее напряженное соединение нижней опоры со вторым дном	Подлежат моделированию наиболее напряженные элементы	

Продолжение табл. 1

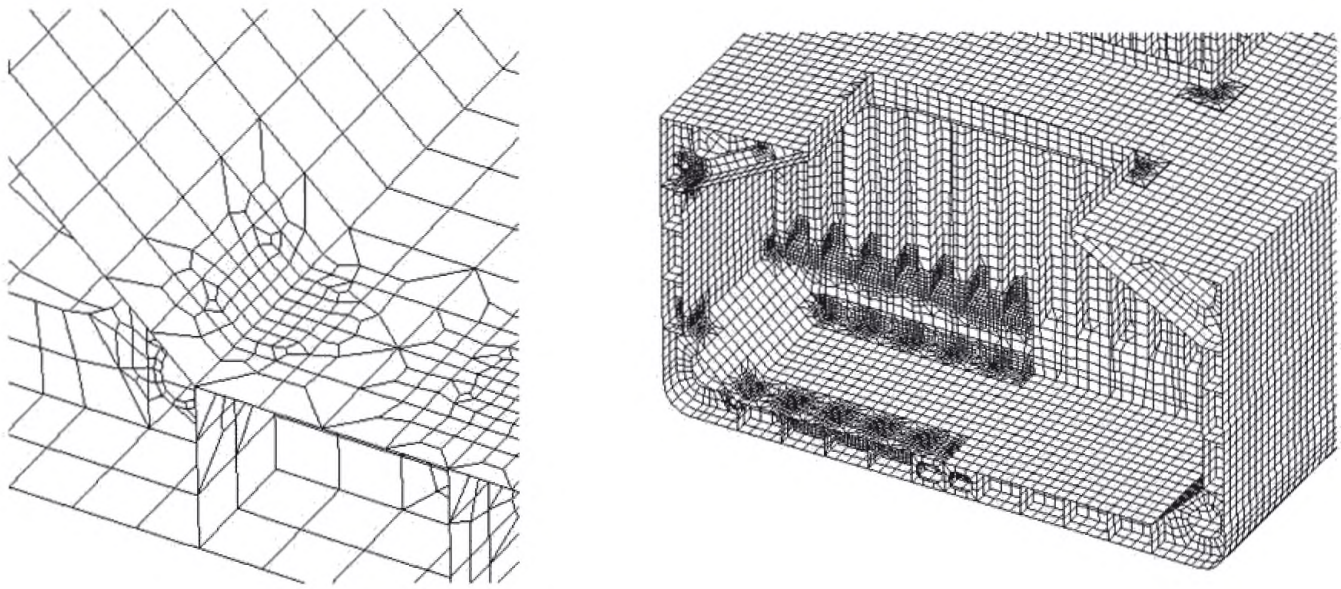
1	2	3	4
Второе дно и наклонные листы скуловой цистерны и относящиеся к ним несущие элементы	Наиболее напряженное соединение второго дна с наклонным листом скуловой цистерны	Моделирование при помощи мелкой сетки следующих наиболее напряженных элементов: второе дно; наклонный лист скуловой цистерны; флор; стрингер	
Палубный настил	Палубный настил в районе наиболее напряженных углов люка	Подлежат моделированию наиболее напряженные элементы	

2.2 Метод моделирования при помощи мелкой сетки

2.2.1 Для моделирования при помощи мелкой сетки зон с высоким напряжением могут использоваться два метода:

зоны, подлежащие моделированию при помощи мелкой сетки, могут быть непосредственно включены в модель расчета методом конечных элементов, используемую для общего анализа конструкции грузового трюма согласно главе 7, раздел 2 (см. рис. 1);

Рис. 1
Прямое моделирование при помощи мелкой сетки



подробный анализ напряжений в зонах, подлежащих моделированию при помощи мелкой сетки, может быть выполнен с использованием отдельных подмоделей.

2.3 Моделирование

2.3.1 Тип элемента

Каждый конструктивный элемент должен моделироваться с использованием надлежащего типа элемента для конструкции в соответствии с принципом, указанным в разделе 2, [2.2.3]. В зонах, подлежащих моделированию при помощи мелкой сетки, ортотропные элементы использоваться не должны.

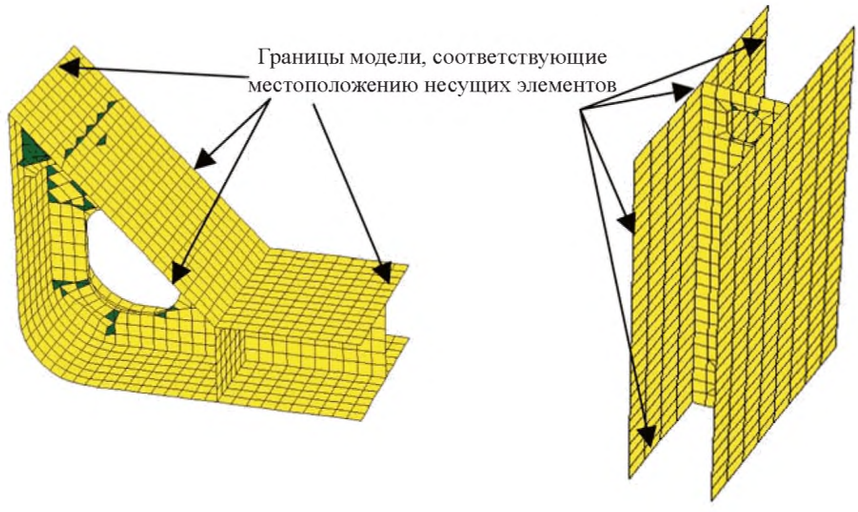
2.3.2 Сетка

Размер элемента в зонах, подлежащих моделированию при помощи мелкой сетки, должен составлять примерно четверть характерного расстояния между обычными ребрами жесткости в соответствующей зоне, т.е. шаг сетки 200 × 200 мм для конструкций, у которых расстояние между обычными ребрами жесткости составляет 800 мм.
Кроме того, высота стенки главных несущих элементов и рамных шпангоутов навалочных судов с одинарными бортами должна быть разделена, как минимум, на три элемента.
Соотношение размеров элемента не должно превышать 3. Четырехугольные элементы должны иметь углы, по возможности, равные 90° или находящиеся в диапазоне 45° – 135°.

2.3.3 Протяженность подмодели

Минимальная протяженность подмодели должна быть такой, чтобы ее границы соответствовали местоположению смежных несущих элементов (см. рис. 2).

Рис. 2
Границы подмоделей



2.4 Случаи загрузки

2.4.1 Случаи загрузки, которые применяются к трехмерной модели для расчета методом конечных элементов, для общего анализа конструкции грузового трюма согласно разделу 2 и которые вызывают напряжения в рассматриваемых местах, превышающие критерии, указанные в [2.1], должны учитываться при подробной оценке напряжения.

2.5 Граничные условия

2.5.1 Граничные условия, как указано в разделе 2, [2.3.1], должны применяться к общей модели грузового трюма с мелкой сеткой для расчета методом конечных элементов.

2.5.2 К подмоделям должны применяться силы, приложенные к узлам, или смещения узлов, полученные из общего анализа конструкции грузового трюма согласно разделу 2. Если силы, приложенные к узлам, заданы, несущие элементы, расположенные на границах подмодели, должны быть включены в подмодель. Если смещения узлов заданы, и в подмоделях предусмотрены дополнительные узлы, смещения узлов для дополнительных узлов должны определяться надлежащей интерполяцией.

3 Критерии анализа

3.1 Допустимое напряжение

3.1.1 Эквивалентные напряжения по Мизесу в пластинах и осевые напряжения в линейных элементах в пределах зон, подлежащих моделированию при помощи мелкой сетки, не должны превышать $280/k$ Н/мм², где k – коэффициент материала, как указано в главе 3, раздел 1.

В случае применения элементов, значительно меньших, чем размер, указанный в [2.3.2], этот критерий применяется к среднему напряжению всех элементов, включенных в зону, соответствующий отдельному элементу с размером, указанным в [2.3.2].

РАЗДЕЛ 4. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗОНЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Настоящий Раздел описывает процедуру расчета напряжений в зоне концентрации напряжений для оценки усталостной прочности в каждом месте, указанном в главе 8, раздел 1, табл. 1 при помощи метода конечных элементов.

1.1.2 Для анализа напряжений в зоне концентрации напряжений должны рассматриваться случаи загрузки и варианты нагрузки, указанные в [2.2].

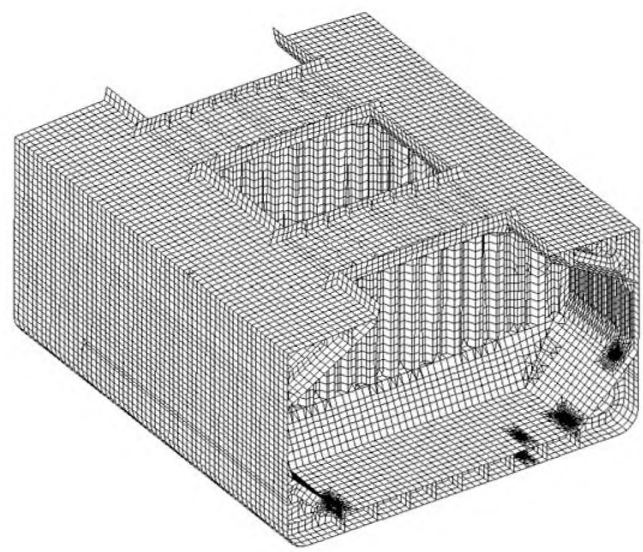
2 Модель анализа

2.1 Моделирование

2.1.1 Напряжения в зоне концентрации напряжений для оценки усталостной прочности должны определяться с использованием общих моделей грузовых трюмов, где зоны для оценки усталостной прочности моделируются при помощи очень мелкой сетки, как показано на рис. 1.
В качестве альтернативы, напряжения в зоне концентрации напряжений могут быть определены при помощи подмоделей с использованием аналогичных процедур, указанных в разделе 3, [2].

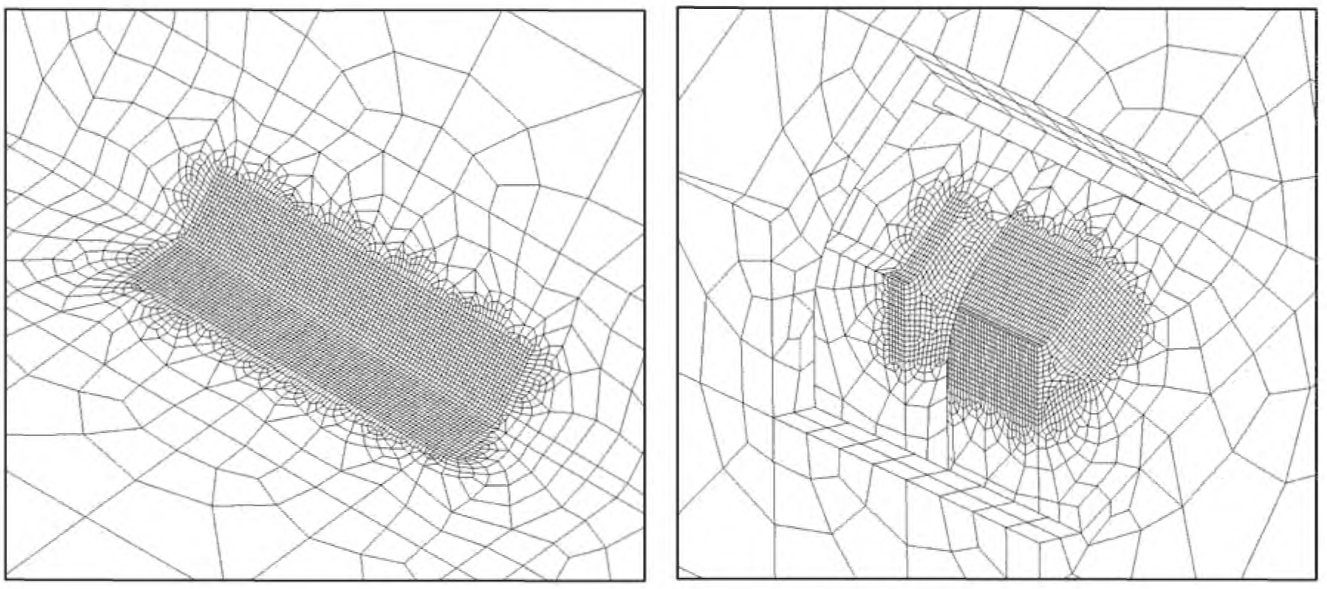
2.1.2 Зоны в пределах, по крайней мере, четверти шпации шпангоутов во всех направлениях от жестких точек должны моделироваться при помощи очень мелкой сетки. Размер элемента в зонах с очень мелкой сеткой должен быть примерно равным репрезентативной толщине нетто в оцениваемых зонах и иметь соотношение сторон элементов близкое к 1.

Рис. 1
Пример модели с очень мелкой сеткой

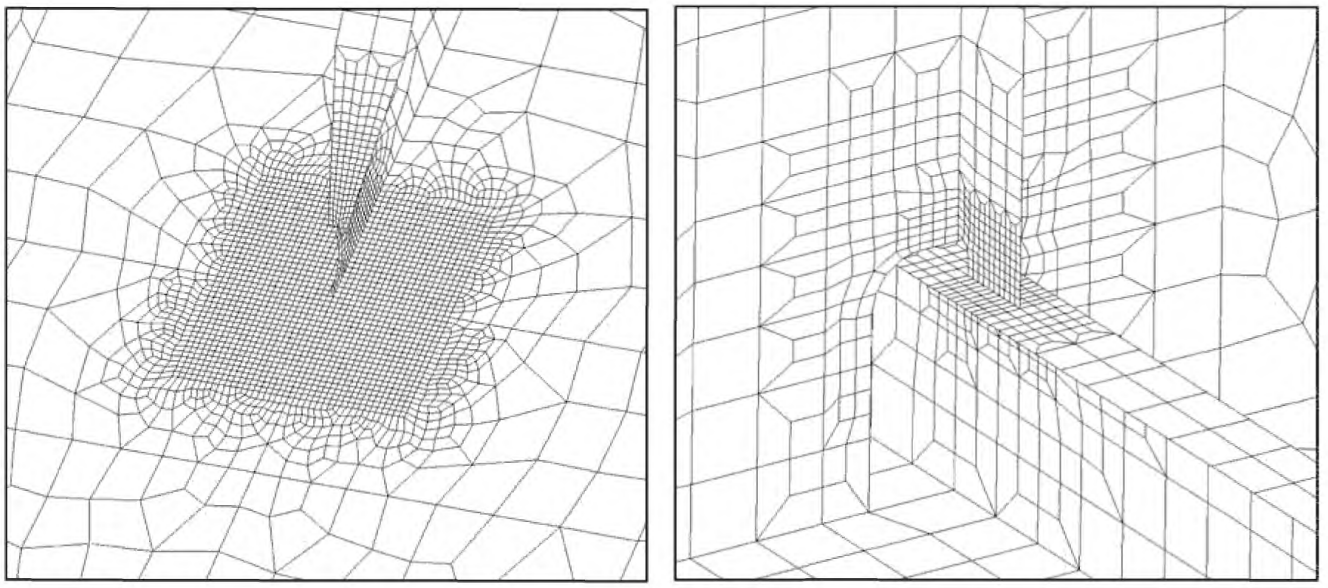


a) Часть общей модели грузового трюма с очень мелкой сеткой

Рис. 1
Пример модели с очень мелкой сеткой



б) Часть излома наклонного листа скулы



в) Окончание трюмного шпангоута

г) Элемент продольной связи

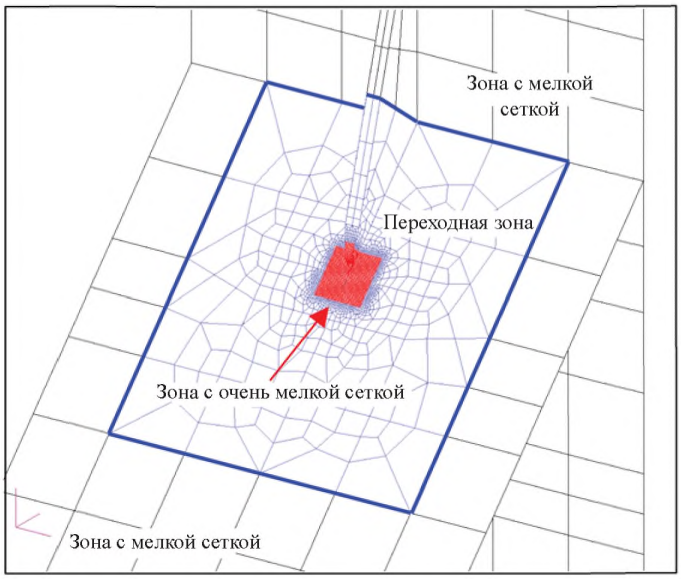
2.1.3 Шаг сетки должен постепенно меняться от очень мелкого до мелкого через переходные зоны, как показано на рис. 2. Все конструктивные элементы, включая кницы, ребра жесткости, элементы продольного набора и пояски поперечных рам и т.д. в пределах переходных зон, должны моделироваться при помощи элементов обшивки, обладающих свойствами мембраны и склонными к изгибу. Геометрические размеры сварных швов не требуют моделирования.

2.2 Случаи загрузки

2.2.1 Подлежат рассмотрению случаи загрузки, указанные в главе 8, раздел 1, табл. 2 и показанные в главе 4, дополнение 3.

2.2.2 Для расчета расчетных нагрузок должен использоваться уровень вероятности 10^{-4}.

Рис. 2
Зона с очень мелкой сеткой, переходная зона и зона с мелкой сеткой



2.3 Граничные условия

2.3.1 Граничные условия, указанные в разделе 2, [2.3.1], должны применяться к модели грузового трюма с локализованными очень мелкими сетками или к исходной модели для подмоделей. При использовании подмоделей смещения узлов или силы, определенные по исходной модели, должны применяться к подмоделям.

3 Напряжение в зоне концентрации напряжений

3.1 Определение

3.1.1 Напряжение в зоне концентрации напряжений определяется как поверхностное напряжение в жесткой точке, определяемое геометрией конструкции.

3.1.2 Напряжения в зоне концентрации напряжений, полученные методом совмещения, должны изменяться согласно главе 8, раздел 3, [2.2] и [3.2].

3.2 Оценка напряжения в зоне концентрации напряжений

3.2.1 Напряжение в зоне концентрации напряжений при моделировании при помощи очень мелкой сетки должно определяться с использованием линейной экстраполяции. Напряжения на границе 0,5 и 1,5 толщины листа нетто должны экстраполироваться в зоне концентрации напряжений, как показано на рис. 3 и 4.
Главное напряжение в жесткой точке, образующее угол с предполагаемой усталостной трещиной более 45°, должно рассматриваться как напряжение в зоне концентрации напряжений.

3.2.2 Напряжение в зоне концентрации напряжений на пересечении двух листов, согласно [3.2.1], должно умножаться на поправочный коэффициент λ , указанный ниже, с учетом разницы между фактическим положением жесткой точки и предполагаемым положением, и разницы градиента напряжений в зависимости от угла θ, град., между двумя листами под углом 0° – 90 °:

Рис. 3
Определение напряжения в зоне концентрации напряжений на пересечении двух листов

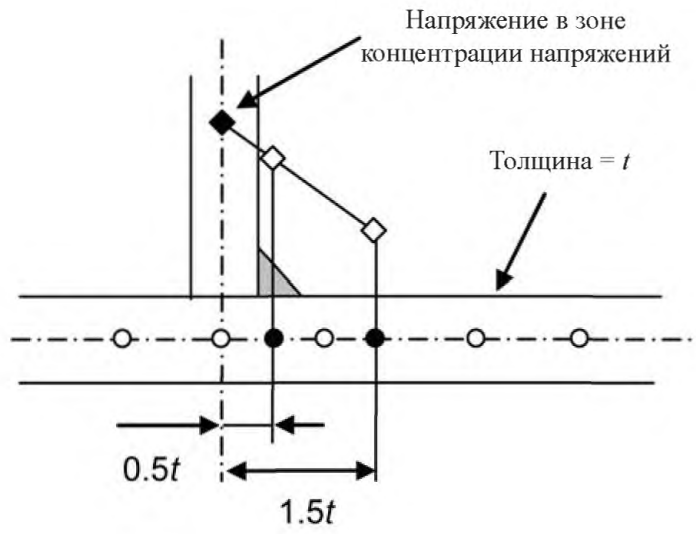
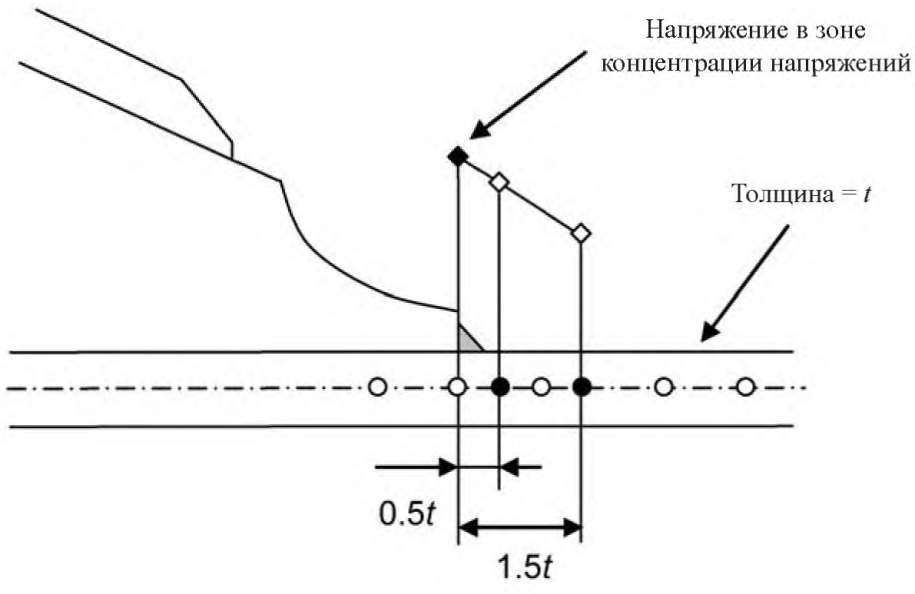


Рис. 4
Определение напряжения в зоне концентрации напряжений на пересечении обшивки и бракеты

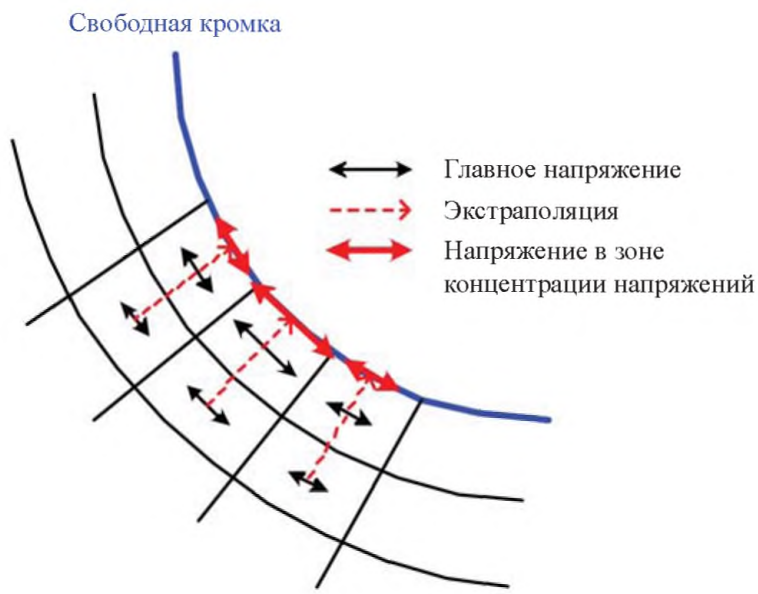


сварное соединение в месте пересечения двух плоских листов: $\lambda = \begin{cases} 0{,}8 & : \theta \le 75; \\ 0{,}8 - \dfrac{0{,}2}{15}(\theta - 75) & : 75 < \theta; \end{cases}$

сварное соединение в месте пересечения изогнутого и плоского листов: $\lambda = 0{,}7$ (например, часть излома наклонного листа скулы, полученного путем изгиба).

3.2.3 Напряжение в зоне концентрации напряжений в зонах свободных от сварки или вдоль свободной кромки должно определяться экстраполяцией главных напряжений двух смежных элементов, как показано на рис. 5.

Рис. 5
Определение напряжения в зоне концентрации напряжений вдоль свободной кромки



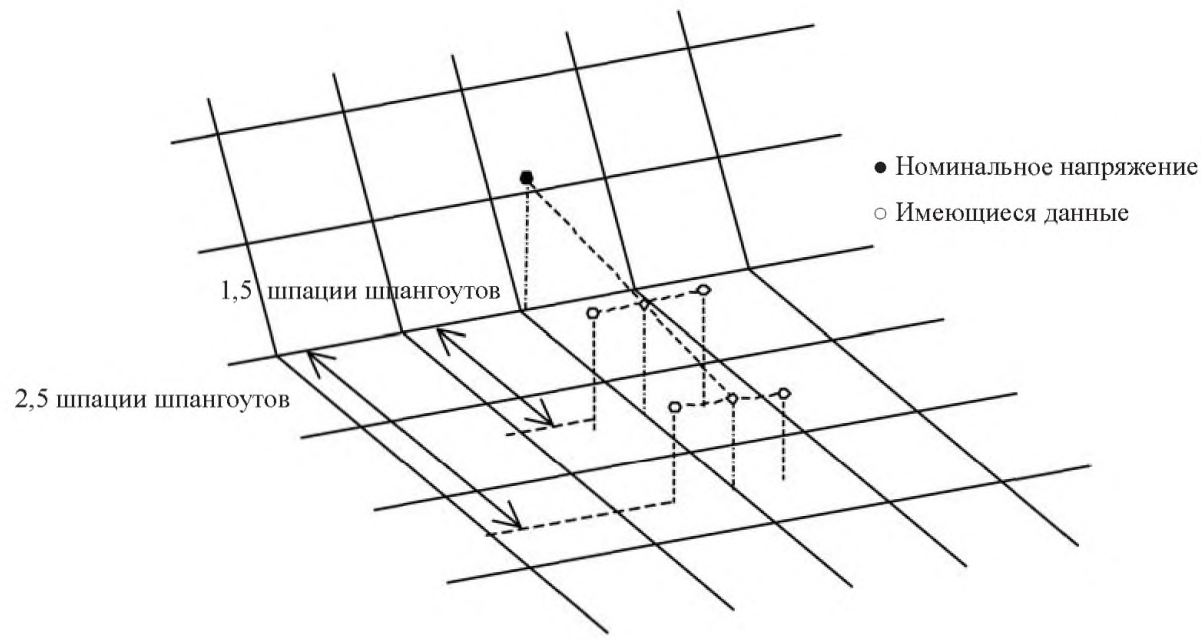
3.3 Упрощенный метод для части излома наклонного листа скулы

3.3.1 В районе излома наклонного листа скулы напряжения в зоне концентрации напряжений $\sigma_{hotspot}$ могут определяться умножением номинального напряжения $\sigma_{nominal}$ на коэффициент концентрации напряжений K_{gl}, как указано в [3.3.3].

$$\sigma_{hotspot} = K_{gl}\,\sigma_{nominal}.$$

3.3.2 Номинальное напряжение в жесткой точке определяется экстраполяцией мембранных напряжений в месте 1,5 и 2,5 шпации шпангоутов от жесткой точки, как показано на рис. 6.

Рис. 6
Определение номинального напряжения на части излома наклонного листа скулы



3.3.3 Теоретический коэффициент концентрации напряжений K_{gl} для части излома наклонного листа скулы определяется следующим равенством:

$$K_{gl} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4,$$

где K_0 коэффициент концентрации напряжений, зависящий от размеров рассматриваемой конструкции, как указано в табл. 1;

K_1 поправочный коэффициент, зависящий от типа соединения в изломе, как указано в табл. 2;

K_2 поправочный коэффициент, зависящий от приращения толщины стенки поперечной связи, как указано в табл. 2, или принимаемый равным 1,0 при отсутствии приращения толщины;

K_3 поправочный коэффициент, зависящий от наличия горизонтальной кницы или продольного ребра (см. рис. 7), как указано в табл. 2, или принимаемый равным 1,0 при отсутствии указанных кницы или ребра;

K_4 поправочный коэффициент, зависящий от наличия поперечного ребра, как указано в табл. 2 (см. рис. 8), или принимаемый равным 1,0 при отсутствии указанного ребра.

Таблица 1

Коэффициент концентрации напряжений K_0

Толщина листа t (мм)	**Угол наклона листа скулы к горизонтальной плоскости θ (град)**			
	40	**45**	**50**	**90**
16	3,0	3,2	3,4	4,2
18	2,9	3,1	3,3	4,0
20	2,8	3,0	3,2	3,8
22	2,7	2,9	3,1	3,6
24	2,6	2,8	3,0	3,5
26	2,6	2,7	2,9	3,4
28	2,5	2,7	2,8	3,3
30	2,4	2,6	2,7	3,2

Примечание. В качестве альтернативы, K_0 можно определить по следующей формуле:

$$K_0 = \frac{0{,}14\theta(1{,}15 - 0{,}0033\theta)}{(0{,}5t)^{(0{,}2 + 0{,}0028\theta)}}.$$

Таблица 2

Поправочные коэффициенты

Тип излома	**K_1**	**K_2**	**K_3**	**K_4**
Сварной	1,7	0,9	0,9	0,9
Путем изгиба	1,75 ; $R/t < 4$ 2,80 ; $R/t > 8$		0,85 ; $R/t < 4$ 0,55 ; $R/t > 8$	

Примечания:

(1) Линейная интерполяция применяется в диапазоне $4 \le R/t \le 8$.
"R" обозначает радиус изогнутой части, "t" обозначает толщину листа.

(2) При использовании поправочного коэффициента K_2 конструктивные элементы следует размещать таким образом, чтобы эффективно гасить деформацию скругленной части при изгибе.

(3) Увеличение толщины стенки принимается на основании толщины листа обшивки второго дна.

Рис. 7
Пример вставки горизонтальной кницы или продольного ребра

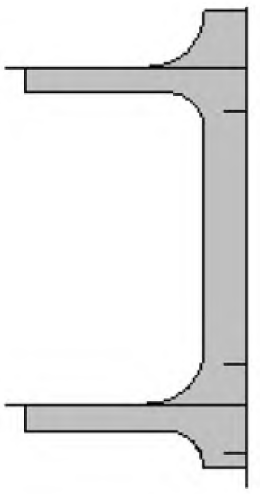
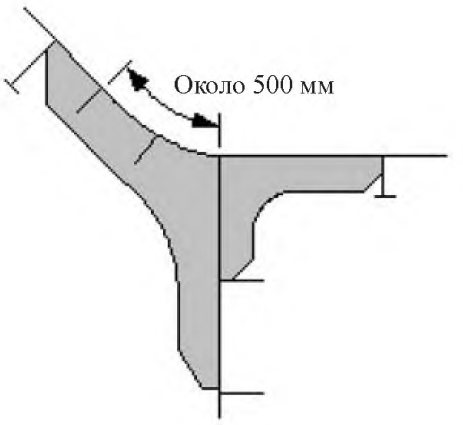


Рис. 8
Пример вставки поперечного ребра



ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРОТЯЖЕННОСТЬ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОДОЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ

1 Протяженность в продольном направлении

Для анализа рекомендуется модель для расчета методом конечных элементов на длине трех трюмов, причем оценка выполняется по среднему трюму.

Модель для расчета методом конечных элементов на длине трех трюмов уменьшает до минимума отрицательное влияние граничных условий в среднем трюме, по которому выполняется оценка.

Рис. 1
Протяженность модели для расчета методом конечных элементов

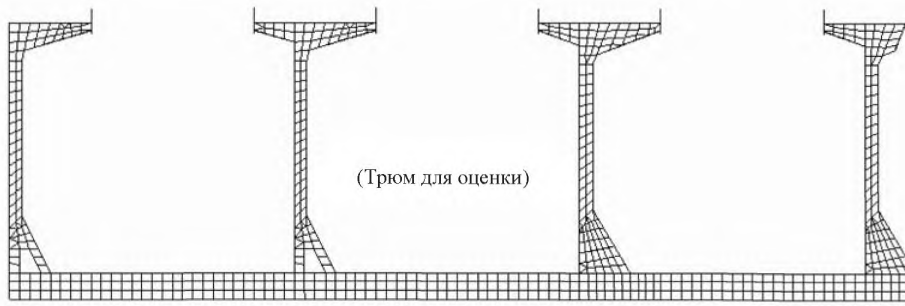
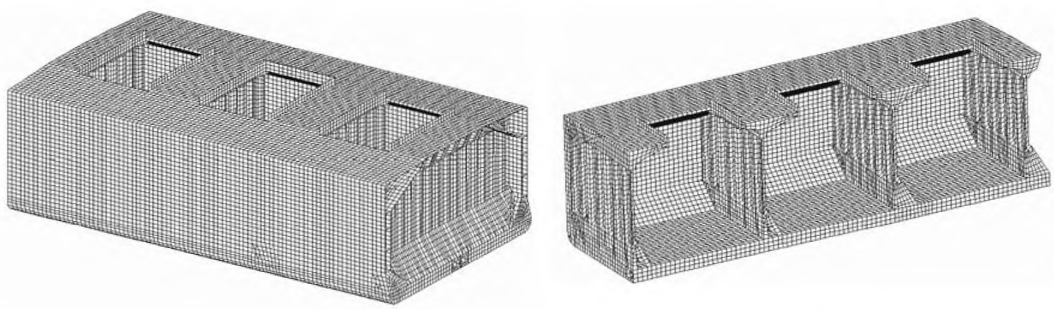
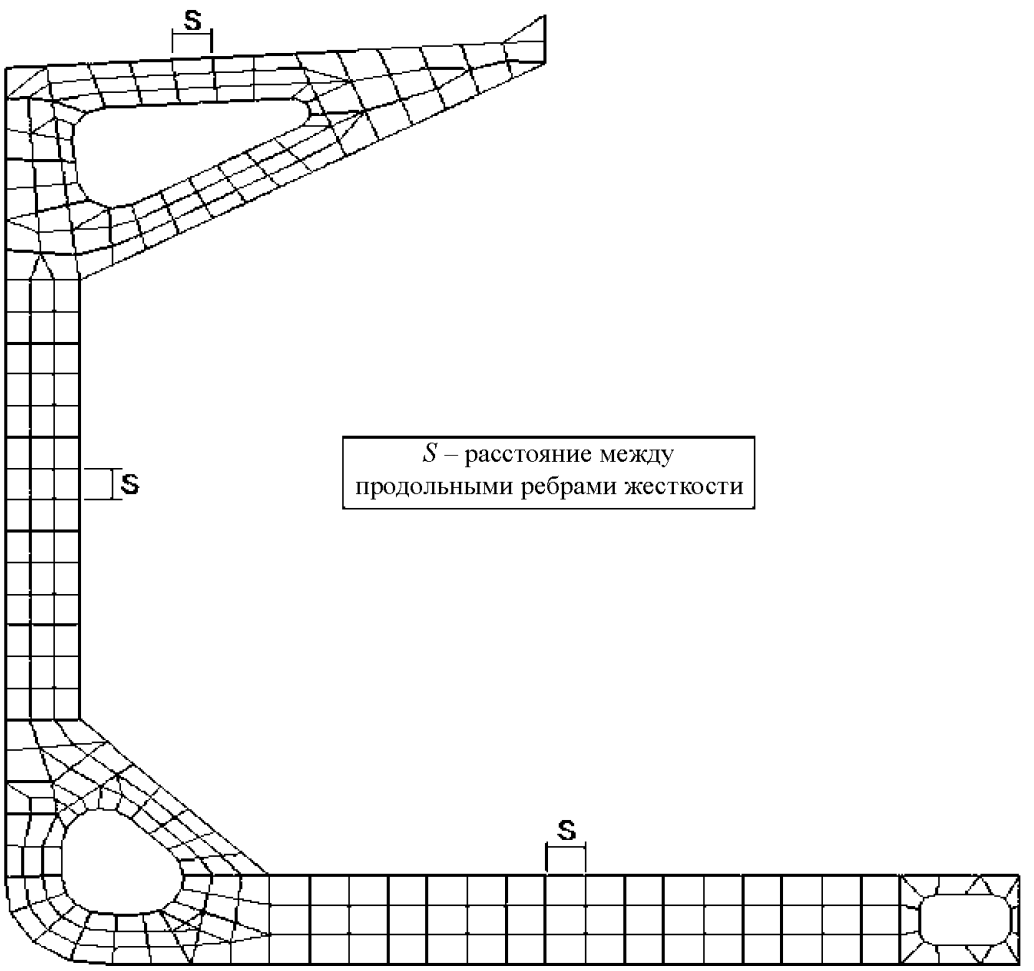


Рис. 2
Пример модели для расчета методом конечных элементов



2 Типовая сетка

Рис. 3
Типовая сетка рамного шпангоута



ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ НА ОСНОВАНИИ СМЕЩЕНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

a длина более длинной стороны пластины;

b длина более короткой стороны пластины;

x направление, параллельное стороне a, принятое за продольное направление;

y направление, параллельное стороне b, принятое за поперечное направление;

C коэффициент, принимаемый равным:

$$C = \frac{E}{2(1 - \nu^2)};$$

ν коэффициент Пуассона;

m коэффициент, принимаемый равным:

$m = 1 - \nu$.

1 Введение

1.1

1.1.1 Настоящее Приложение предоставляет метод определения напряжения при потере устойчивости и соотношений напряжений на контуре пластины для элементарной пластины при расчете методом конечных элементов. Этот метод называется «методом смещения».

2 Метод смещения

2.1 Общие положения

2.1.1 Поскольку сетка конечных элементов, как правило, не соответствует пластинам в условиях потери устойчивости, узловые точки элементарной пластины могут быть нанесены на сетку конечных элементов, и смещения данных узловых точек могут быть получены при помощи расчета методом конечных элементов.

Каждый раз при выполнении действий по смещениям должна использоваться полная численная точность смещений.

2.1.2 Четырехузловые и восьмиузловые пластины

Если соотношение размеров сторон элементарной пластины менее трех и изменение продольных напряжений в продольном направлении элементарной пластины незначительное, может использоваться четырехузловая пластина. В ином случае должна использоваться восьмиузловая пластина.

2.1.3 Расчет смещений узловых точек

Возможны три различных местоположения узлов:

если узел пластины в условиях потери устойчивости располагается в узле конечных элементов, смещения могут передаваться непосредственно;

если узел пластины в условиях потери устойчивости располагается на кромке элемента в плосконапряженном состоянии, смещения могут подвергаться линейной интерполяции между узлами на кромке;

если узел пластины в условиях потери устойчивости располагается внутри элемента, смещения могут быть получены путем билинейной интерполяции всех узлов элемента.

2.1.4 Преобразование в местную систему

Преобразование смещений узлов от общей системы конечных элементов в местную систему пластины в условиях потери устойчивости осуществляется по следующей формуле:

$(u) = [\lambda]\cdot(u_g)$,

где (u) локальный вектор смещения;
(u_g) общий вектор смещения;
$[\lambda]$ матрица преобразований (2×3) направляющих косинусов углов, образованных между двумя системами осей.

2.2 Расчет напряжений при потере устойчивости и соотношений напряжений по краям пластины

2.2.1 Смещения, полученные на углах элементарной пластины, должны рассматриваться как входные данные, по которым определяются напряжения в определенных точках концентрации напряжений. В четырехузловой пластине в условиях потери устойчивости эти точки идентичны, но в восьмиузловой пластине они различны. Местоположения и правило нумерации могут быть приняты по рис. 1 и 2.

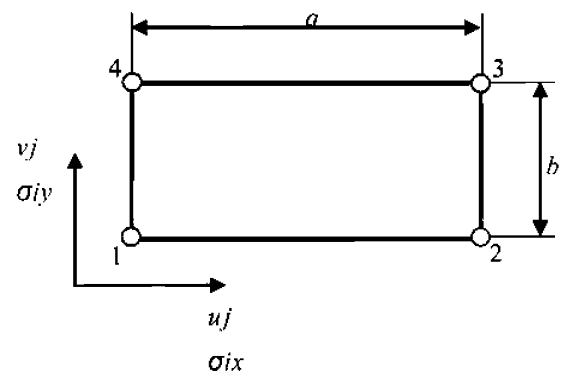
Напряжения, полученные в узловых точках по углам элементарной пластины, могут использоваться непосредственно как входные данные для оценки устойчивости согласно главе 6, раздел 3.

Варианты нагрузки при потере устойчивости, которые должны учитываться при оценке устойчивости методом конечных элементов и определены в главе 7, являются вариантами нагрузки при потере устойчивости 1, 2 и 5, указанными в главе 6, раздел 3, табл. 2, и вариантами нагрузки при потере устойчивости 1а, 1б, 2 и 4, указанными в главе 6, раздел 3, табл. 3. В особых случаях для оценки устойчивости путем расчетов вручную могут использоваться другие варианты нагрузки в условиях потери устойчивости.

2.2.2 Четырехузловая пластина в условиях потери устойчивости

Зависимость «напряжение-смещение» для четырехузловой пластины в условиях потери устойчивости (напряжения при сжатии имеют положительные значения).

Рис. 1
Четырехузловая пластина в условиях потери устойчивости



По смещениям узловых точек по углам элементарной пластины напряжения в этих узловых точках могут быть получены при помощи следующих формул:

$$\begin{Vmatrix}\sigma_{1x}^*\\ \sigma_{1y}^*\\ \tau_1\\ \sigma_{2x}^*\\ \sigma_{2x}^*\\ \tau_2\\ \sigma_{3x}^*\\ \sigma_{3y}^*\\ \tau_3\\ \sigma_{4x}^*\\ \sigma_{4y}^*\\ \tau_4\end{Vmatrix} = -C\cdot\begin{Vmatrix} -2/a & -2\nu/b & 2/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\nu/b\\ -2\nu/a & -2/b & 2\nu/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 2/b\\ -m/b & -m/a & 0 & m/a & 0 & 0 & m/b & 0\\ -2/a & 0 & 2/a & -2\nu/b & 0 & 2\nu/b & 0 & 0\\ -2\nu/a & 0 & 2\nu/a & -2/b & 0 & 2/b & 0 & 0\\ 0 & -m/a & -m/b & m/a & m/b & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & -2\nu/b & 2/a & 2\nu/b & -2/a & 0\\ 0 & 0 & 0 & -2/b & 2\nu/a & 2/b & -2\nu/a & 0\\ 0 & 0 & -m/b & 0 & m/b & m/a & 0 & -m/a\\ 0 & -2\nu/b & 0 & 0 & 2/a & 0 & -2/a & 2\nu/b\\ 0 & -2/b & 0 & 0 & 2\nu/a & 0 & -2\nu/a & 2/b\\ -m/b & 0 & 0 & 0 & 0 & m/a & m/b & -m/a\end{Vmatrix}\begin{Vmatrix}u_1\\ v_1\\ u_2\\ v_2\\ u_3\\ v_3\\ u_4\\ v_4\end{Vmatrix},$$

где $(\sigma_{1x}^*, \sigma_{1y}^*, \tau_1, ..., \sigma_{4x}^*, \sigma_{4y}^*, \tau_4)^T = (\sigma^*)$ вектор напряжений элемента;
$(u_1, v_1, ..., u_4, v_4)^T = (u)$ локальный вектор смещения узла.

Если σ_x^* и σ_y^* являются напряжениями сжатия, то напряжения σ_x и σ_y должны определяться следующим образом:

$$\sigma_x = (\sigma_x^* - 0{,}3\sigma_y^*)/0{,}91;$$

$$\sigma_y = (\sigma_y^* - 0{,}3\sigma_x^*)/0{,}91.$$

Если напряжения сжатия удовлетворяют условию $\sigma_y^* < 0{,}3\sigma_x^*$, то $\sigma_y = 0$ и $\sigma_x = \sigma_x^*$.
Если напряжения сжатия удовлетворяют условию $\sigma_x^* < 0{,}3\sigma_y^*$, то $\sigma_x = 0$ и $\sigma_y = \sigma_y^*$.
Это приводит к следующему вектору напряжений:

$$(\sigma) = (\sigma_{1x}, \sigma_{1y}, \tau_1, ..., \sigma_{4x}, \sigma_{4y}, \tau_4)^T.$$

В конечном счете, соответствующие напряжения при потере устойчивости и соотношения напряжений по краям пластины могут быть получены следующим образом:

случай загрузки 1: продольное сжатие

$$\sigma_l = \max\left(\frac{\sigma_{1x} + \sigma_{4x}}{2}, \frac{\sigma_{2x} + \sigma_{3x}}{2}\right);$$

$$\Delta\sigma_l = \frac{1}{2}(-\sigma_{1x} + \sigma_{4x} - \sigma_{2x} + \sigma_{3x});$$

$$\sigma_x = \sigma_l + 0{,}5|\Delta\sigma_l|;$$

$$\psi_x = 1 - |\Delta\sigma_l|/\sigma_x;$$

случай загрузки 2: поперечное сжатие

$$\sigma_t = 0{,}25\sum_{i=1}^{4}\sigma_{iy};$$

$$\Delta\sigma_t = \frac{1}{2}(-\sigma_{1y} + \sigma_{4y} - \sigma_{2y} + \sigma_{3y});$$

$$\sigma_y = \sigma_t + 0{,}5|\Delta\sigma_t|;$$

$$\psi_y = 1 - |\Delta\sigma_t|/\sigma_y;$$

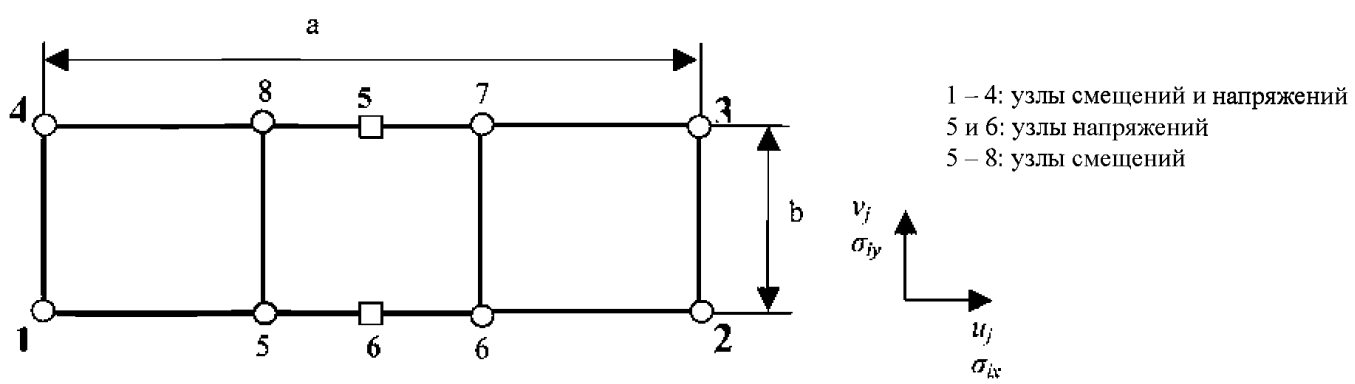
случай загрузки 3: сдвиг

$$\tau = 0{,}25\sum_{i=1}^{4}|\tau_i|.$$

2.2.3 Восьмиузловая пластина в условиях потери устойчивости

По смещениям узловых точек по углам элементарной пластины напряжения в этих узловых точках и в средних точках могут быть получены при помощи следующих формул:

Рис. 2
Восьмиузловая пластина в условиях потери устойчивости



Зависимость «напряжение-смещение» для восьмиузловой пластины в условиях потери устойчивости (напряжения сжатия имеют положительные значения)

$$\begin{pmatrix}\sigma^*_{1x}\\ \sigma^*_{1y}\\ \tau_1\\ \sigma^*_{2x}\\ \sigma^*_{2y}\\ \tau_2\\ \sigma^*_{3x}\\ \sigma^*_{3y}\\ \tau_3\\ \sigma^*_{4x}\\ \sigma^*_{4y}\\ \tau_4\\ \sigma^*_{5x}\\ \sigma^*_{5y}\\ \tau_5\\ \sigma^*_{6x}\\ \sigma^*_{6y}\\ \tau_6\end{pmatrix} = C\cdot\begin{pmatrix} -12/a & -4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4\nu/b & 12/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ -12\nu/a & -4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4/b & 12\nu/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ -2m/b & -6m/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 2m/b & 0 & 0 & 6m/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 12/a & -4\nu/b & 0 & 4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & -12/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 12\nu/a & -4/b & 0 & 4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & -12\nu/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -2m/b & 6m/a & 2m/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -6m/a & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & -4\nu/b & 12/a & 4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -12/a & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & -4/b & 12\nu/a & 4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -12\nu/a & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -2m/b & 0 & 2m/b & 6m/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -6m/a & 0 & 0\\ 0 & -4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & -12/a & 4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12/a & 0\\ 0 & -4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & -12\nu/a & 4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12\nu/a & 0\\ -2m/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2m/b & -6m/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6m/a\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -12/a & -2\nu/b & 12/a & -2\nu/b & 0 & 2\nu/b & 0 & 2\nu/b\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -12\nu/a & -2/b & 12\nu/a & -2/b & 0 & 2/b & 0 & 2/b\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -m/b & -6m/a & -m/b & 6m/b & m/b & 0 & m/b & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2\nu/b & 0 & -2\nu/b & 12/a & 2\nu/b & -12/a & 2\nu/b\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2/b & 0 & -2/b & 12\nu/a & 2/b & -12\nu/a & 2/b\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -m/b & 0 & -m/b & 0 & m/b & 6m/a & m/b & -6m/a\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}u_1\\ v_1\\ u_2\\ v_2\\ u_3\\ v_3\\ u_4\\ v_4\\ u_5\\ v_5\\ u_6\\ v_6\\ u_7\\ v_7\\ u_8\\ v_8\end{pmatrix},$$

где $(\sigma^*) = (\sigma_{1x}^*, \sigma_{1y}^*, \tau_1, \ldots, \sigma_{6x}^*, \sigma_{6y}^*, \tau_6)^T$;
$(u) = (u_{1x}, v_{1y}, \ldots, u_{8x}, v_{8y})^T$.

Если σ_x^* и σ_y^* являются напряжениями сжатия, то напряжения σ_x и σ_y должны определяться следующим образом:

$$\sigma_x = (\sigma_x^* - 0{,}3\sigma_y^*)/0{,}91;$$

$$\sigma_y = (\sigma_y^* - 0{,}3\sigma_x^*)/0{,}91;$$

Если напряжения сжатия удовлетворяют условию $\sigma_y^* < 0{,}3\sigma_x^*$, то $\sigma_y = 0$ и $\sigma_x = \sigma_x^*$.
Если напряжения сжатия удовлетворяют условию $\sigma_x^* < 0{,}3\sigma_y^*$, то $\sigma_x = 0$ и $\sigma_y = \sigma_y^*$.

Это приводит к следующему вектору напряжений:

$$(\sigma) = (\sigma_{1x}, \sigma_{1y}, \tau_1, ..., \sigma_{6x}, \sigma_{6y}, \tau_6)^T.$$

Соответствующие напряжения при потере устойчивости могут быть получены следующим образом:

случай загрузки 1: продольное сжатие

$$\sigma_l = \max\left(\frac{\sigma_{1x} + \sigma_{4x}}{2}, \frac{\sigma_{6x} + \sigma_{5x}}{2}, \frac{\sigma_{2x} + \sigma_{3x}}{2}\right);$$

$$\Delta\sigma_l = \frac{1}{3}(\sigma_{4x} - \sigma_{1x} + \sigma_{5x} - \sigma_{6x} + \sigma_{3x} - \sigma_{2x});$$

$$\sigma_x = \sigma_l + 0{,}5\,|\Delta\sigma_l|;$$

$$\psi_x = 1 - |\Delta\sigma_l|/\sigma_x;$$

случай загрузки 2: поперечное сжатие

$$\sigma_t = \frac{1}{6}\sum_{i=1}^{6}\sigma_{iy};$$

$$\Delta\sigma_t = \frac{1}{2}(-\sigma_{1y} - \sigma_{4y} + \sigma_{2y} + \sigma_{3y});$$

$$\sigma_y = \sigma_t + 0{,}5\,|\Delta\sigma_t|;$$

$$\psi_y = 1 - |\Delta\sigma_t|/\sigma_y;$$

случай загрузки 5: сдвиг

$$\tau = \frac{1}{6}\sum_{i=1}^{6}|\tau_i|.$$

Глава 8

Проверка деталей конструкции на усталостную прочность

Раздел 1. Общие положения

Раздел 2. Оценка усталостной прочности

Раздел 3. Оценка напряжений главных несущих элементов

Раздел 4. Оценка напряжений ребер жесткости

Раздел 5. Оценка напряжений углов люков

Приложение 1. Свойства поперечного сечения для кручения

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Требования данной Главы должны применяться к судам длиной L, равной 150 м или более, которые предназначены для эксплуатации в Северной Атлантике со сроком службы 25 лет.

1.1.2 Требования данной Главы применяются к циклам усталости, вызванным волновыми нагрузками. Усталость, вызванная вибрацией, нагрузками с малым циклом или ударными нагрузками, такими как слемминг, находятся вне области применения данной Главы.

1.1.3 Требования данной Главы применяются к изделиям из стали с минимальным пределом текучести менее 400 Н/мм^2.

1.2 Размеры связей корпуса нетто

1.2.1 Все рассматриваемые в данной Главе размеры и напряжения являются размерами связей корпуса нетто, полученными в соответствии с главой 3, раздел 2.

1.3 Рассматриваемые элементы

1.3.1 В рассматриваемых районах грузовых трюмов для элементов, указанных в табл. 1, должна производиться оценка усталостной прочности.

Таблица 1

Оценка усталостной прочности элементов и их местоположения

Элементы	Подробности
Настил второго дна	Соединение с наклонным и/или вертикальным листом нижней опоры
	Соединение с наклонным листом скуловой цистерны
Обшивка внутреннего борта	Соединение с наклонным листом скуловой цистерны
Поперечная переборка	Соединение с наклонным листом нижней опоры
	Соединение с наклонным листом верхней опоры
Шпангоуты грузовых трюмов навалочных судов с одинарными бортами	Соединение с верхней и нижней бортовыми цистернами
Обычные ребра жесткости в междубортном пространстве	Соединение продольных ребер жесткости с рамными шпангоутами и поперечной переборкой
	Соединение поперечных ребер жесткости со стрингерами или аналогичными элементами
Обычные ребра жесткости в верхней и нижней бортовых цистернах	Соединение продольных ребер жесткости с рамными шпангоутами и поперечной переборкой
Обычные ребра жесткости двойного дна	Соединение продольных ребер жесткости с флорами в районе поперечной переборки
Углы люков	Свободные кромки углов люков

2 Определения

2.1 Жесткая точка

2.1.1 Жесткой точкой называется место возможного возникновения усталостной трещины.

2.2 Номинальное напряжение

2.2.1 Номинальным напряжением является напряжение в элементе конструкции с учетом макро-геометрического влияния, но без учета концентрации напряжения, вызванного нарушением непрерывности конструкции и наличием сварных швов. Номинальные напряжения получаются путем анализа методом конечных элементов при помощи грубой сетки, как указано в главе 7, раздел 4, или по упрощенной процедуре, указанной в разделе 4.

2.3 Напряжение в жесткой точке

2.3.1 Напряжение в жесткой точке определяется как местное напряжение в жесткой точке. Напряжение в жесткой точке учитывает влияние нарушения непрерывности конструкции, вызванное геометрией соединения, но не учитывает влияние наличия сварных швов. Напряжение в жесткой точке получается или путем анализа методом конечных элементов при помощи очень тонкой сетки, как указано в главе 7, раздел 4, или путем умножения значения номинального напряжения на коэффициент концентрации напряжения, как указано в разделе 4.

2.4 Напряжение в надрезе

2.4.1 Напряжение в надрезе определяется как пиковое напряжение в месте приварки с учетом концентрации напряжений, вызванных влиянием геометрии конструкции, а также наличием сварных швов.

Напряжение в надрезе получается путем умножения напряжения в жесткой точке на коэффициент снижения усталостной прочности при надрезе, как указано в разделе 2, [2.3.1], табл. 1.

3 Загрузка

3.1 Случай загрузки

3.1.1 Рассматриваемые случаи загрузки указаны в табл. 2 в зависимости от типа судна.

Таблица 2

Случаи загрузки

Тип судна	Случай загрузки судна в полном грузу		Случай загрузки судна в балласте	
	Равномерная	Чередующаяся	Нормальный балласт	Тяжелый балласт
BC-A				
BC-B		–		
BC-C		–		

3.2 Вариант нагрузки

3.2.1 Варианты нагрузки

Для каждого случая загрузки рассматриваемые варианты нагрузки, как указано в главе 4, раздел 4, [2], будут следующими:

(а) "H1" и "H2," соответствующие эквивалентной расчетной волне "H" (встречное волнение);
(б) "F1" и "F2," соответствующие эквивалентной расчетной волне "F" (попутное волнение);

(в) "R1" и "R2," соответствующие эквивалентной расчетной волне "R" (боковое волнение);
(г) "P1" и "P2," соответствующие эквивалентной расчетной волне "P" (боковое волнение).

3.2.2 В случае оценки усталостной прочности углов люков следует рассматривать косое волнение, принимая во внимание волновые скручивающие моменты, указанные в главе 4, раздел 3, [3.4].

3.2.3 Преобладающий вариант нагрузки

Исходя из вышеназванных вариантов нагрузки и для каждого случая загрузки, вариант нагрузки, при котором диапазон полных напряжений является максимальным, является преобладающим вариантом нагрузки.

РАЗДЕЛ 2. ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

i индекс, обозначающий вариант нагрузки "H", "F", "R" или "P", как указано в главе 4, раздел 4;
"i1" обозначает вариант нагрузки "H1", "F1", "R1" или "P1" и "i2" обозначает вариант нагрузки "H2", "F2", "R2" или "P2" ;

(k) индекс, обозначающий случаи загрузки, такие как "равномерная загрузка", "чередующаяся загрузка", "загрузка в нормальном балласте" или "загрузка в тяжелом балласте", как указано в разделе 1, табл. 2;

$\Delta\sigma_{W,\,i(k)}$ диапазон напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, для варианта нагрузки "i" в случае загрузки "(k)";

$\sigma_{mean,\,i(k)}$ среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, для варианта нагрузки "i" в случае загрузки "(k)".

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 В данном Разделе приводится процедура оценки усталостной прочности на основе линейных суммарных повреждений.

1.1.2 Оценка усталостной прочности производится на основании диапазона суммарных напряжений в надрезе, полученного путем умножения диапазона суммарных напряжений в жесткой точке на коэффициент снижения усталостной прочности при надрезе.

1.1.3 Оценка диапазона напряжений в жесткой точке и средних напряжений в жесткой точке элементов основного набора, соединений продольных ребер жесткости и углов люков должна производиться согласно разделу 3, разделу 4 и разделу 5, соответственно.

1.1.4 Соединения элементов основного набора и продольных ребер жесткости
Преобладающие варианты нагрузки и "случай загрузки 1" должны получаться из [2.1] и [2.2], соответственно. Диапазоны напряжений в жесткой точке, рассчитанные в разделе 3 или разделе 4, которые соответствуют преобладающему варианту нагрузки для каждого случая загрузки, следует использовать в [2.3.2] для расчета диапазона суммарных напряжений в жесткой точке.

1.1.5 Углы люков
Диапазон напряжений в жесткой точке, рассчитанный в разделе 5, следует использовать в [2.3.2] для расчета диапазона суммарных напряжений в жесткой точке.

2 Диапазон суммарных напряжений в надрезе

2.1 Преобладающий вариант нагрузки

2.1.1 Преобладающий вариант нагрузки "I" при оценке усталостной прочности для каждого случая загрузки является вариантом нагрузки, при котором диапазон суммарных напряжений рассматриваемого элемента имеет максимальное значение по сравнению с вариантами нагрузки "H", "F", "R" и "P" , указанными в разделе 1, [3.2.1].

$$\Delta\sigma_{W,\,I(k)} = \max_{i}(\Delta\sigma_{W,\,i(k)}),$$

где $\Delta\sigma_{W,i(k)}$ диапазон суммарных напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, указанный или в разделе 3, [2.1.1], [2.2.1] или в разделе 4, [2.3.1];

I индекс, обозначающий выбранный преобладающий вариант нагрузки в случае загрузки "(k)".

2.2 "Случай загрузки 1"

2.2.1 "Случай загрузки 1" является таким случаем, при котором максимальное напряжение, рассчитанное по приведенному ниже уравнению для рассматриваемого элемента, имеет наибольшее значение на стороне растяжения при таких случаях загрузки, как "равномерная загрузка", "чередующаяся загрузка", "загрузка в нормальном балласте" и "загрузка в тяжелом балласте", как указано в разделе 1, табл. 2.

$$\sigma_{\max,\,1} = \max_{i}\left(\sigma_{mean,\,I(k)} + \frac{\Delta\sigma_{W,\,I(k)}}{2}\right),$$

где $\sigma_{mean,\,I(k)}$ напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, для преобладающего варианта нагрузки в случае загрузки "(k)", указанном в [2.1.1];

$\sigma_{W,\,I(k)}$ диапазон напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, для преобладающего варианта нагрузки в случае загрузки "(k)", указанном в [2.1.1].

2.2.2 Далее для определения "случая загрузки 1", согласно [2.2.1], соответствующий случай загрузки должен иметь индекс "j", равный 1.

2.3 Диапазон суммарных напряжений в надрезе

2.3.1 Диапазон суммарных напряжений в надрезе

Диапазон суммарных напряжений в надрезе, Н/мм^2, для каждого случая загрузки должен рассчитываться по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{eq,\,j} + K_f\Delta\sigma_{equiv,\,j},$$

где $\Delta\sigma_{equiv,\,j}$ диапазон суммарных напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, в случае загрузки "j", полученном из [2.3.2].

K_f коэффициент снижения усталостной прочности при надрезе, как указано в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты снижения усталостной прочности при надрезе K_f

Объект	K_f
Стыковое сварное соединение	1,25
Угловое сварное соединение	1,30
Несварная деталь	1,00

2.3.2 Диапазон суммарных напряжений в жесткой точке

Диапазон суммарных напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, для каждого случая загрузки должен рассчитываться по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{equiv,\,j} = f_{mean,\,j}\,\Delta\sigma_{W,\,j},$$

где $f_{mean,\,j}$ поправочный коэффициент для среднего напряжения:

для углов люков $f_{mean,\,j} = 0{,}77$;

для соединений элементов основного набора и продольных ребер жесткости, $f_{mean,\,j}$, соответствующий случаю загрузки "j", принимается равным:

$$f_{mean,\,j} = \max\left\{0{,}4\left[\max\left(0,\frac{1}{2} + \frac{-\ln(10^{-4})}{4}\,\frac{\sigma_{m,\,j}}{\Delta\sigma_{W,\,j}}\right)\right]^{0{,}25}\right\};$$

$\sigma_{m,j}$ местное среднее напряжение в жесткой точке, Н/мм², в случае загрузки "*j*", рассчитанное по следующим формулам:

$$\sigma_{m,1} = \begin{cases} R_{eH} - 0{,}6\,\Delta\sigma_{W,1} & \text{для } \sigma_{res} + \sigma_{mean,1} + 0{,}6\,\Delta\sigma_{W,1} > R_{eH}; \\ \sigma_{mean,1} + \sigma_{res} & \text{для } \sigma_{res} + \sigma_{mean,1} + 0{,}6\,\Delta\sigma_{W,1} \le R_{eH}; \\ -0{,}18\,\Delta\sigma_{W,1} & \text{для } 0{,}6\,\Delta\sigma_{W,1} \ge R_{eH}; \end{cases}$$

$$\sigma_{m,j(j\neq 1)} = \begin{cases} \sigma_{m,1} - \sigma_{mean,1} + \sigma_{mean,j} & \text{для } \sigma_{m,1} - \sigma_{mean,1} + \sigma_{mean,j} - 0{,}24\,\Delta\sigma_{W,1} > -R_{eH}; \\ -R_{eH} + 0{,}24\,\Delta\sigma_{W,j} & \text{для } \sigma_{m,1} - \sigma_{mean,1} + \sigma_{mean,j} - 0{,}24\,\Delta\sigma_{W,1} \le -R_{eH}; \\ -0{,}18\,\Delta\sigma_{W,j} & \text{для } 0{,}6\,\Delta\sigma_{W,j} \ge R_{eH}; \end{cases}$$

$\sigma_{mean,j}$ среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм², соответствующее случаю загрузки "*j*" ;

σ_{res} остаточное напряжение, Н/мм², рассчитанное по следующим формулам:

$$\sigma_{res} = \max\{\sigma_{res,j}, j = 1,2,3,4\};$$

$$\sigma_{res,j} = \begin{cases} \max[-R_{eH}, \min\{R_{eH}, \sigma_{res0} + \sigma_{mean,j} + 0{,}6\,\Delta\sigma_{W,j}\} - \sigma_{mean,j} - 0{,}6\,\Delta\sigma_{W,j}] & \text{для } \sigma_{mean,j} \ge 0; \\ \min[R_{eH}, \max\{-R_{eH}, \sigma_{res0} + \sigma_{mean,j} - 0{,}24\,\Delta\sigma_{W,j}\} - \sigma_{mean,j} + 0{,}24\,\Delta\sigma_{W,j}] & \text{для } \sigma_{mean,j} < 0; \end{cases}$$

$$\sigma_{res0} = \begin{cases} 0{,}25\,R_{eH} & \text{для сварного соединения;} \\ 0 & \text{для для несварной детали.} \end{cases}$$

3 Расчет усталостных повреждений

3.1 Изменение диапазона суммарных напряжений в надрезе с учетом поправки

3.1.1 Диапазон суммарных напряжений в надрезе изменяется с учетом поправки по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{E,j} = f_{coat} f_{material} f_{thick}\,\Delta\sigma_{eq,j},$$

где f_{coat} поправочный коэффициент для коррозионной среды, принимаемый равным:

$f_{coat} = 1{,}05$ для цистерн водяного балласта и топливной цистерны;

$f_{coat} = 1{,}03$ для грузовых трюмов и пустых пространств сухих навалочных грузов;

$f_{material}$ поправочный коэффициент для материала, принимаемый равным:

$$f_{material} = \frac{1200}{965 + R_{eH}};$$

f_{thick} поправочный коэффициент для толщины листа принимается равным 1,0 для углов люков, балок полосового профиля или ребер жесткости полособульбового профиля, а для остальных элементов принимается равным:

$f_{thick} = \left(\frac{t}{22}\right)^{0.25}$ для $t \ge 22$ мм;

$f_{thick} = 1{,}0$ для $t < 22$ мм;

t толщина нетто, мм, рассматриваемого элемента, принимаемого в качестве фланца в случае применения ребер жесткости;

$\Delta\sigma_{eq,j}$ диапазон суммарных напряжений в надрезе, Н/мм², как указано в [2.3.1].

3.2 Долговременное распределение диапазона напряжений

3.2.1 Функция плотности суммарной вероятности долговременного распределения диапазона суммарных напряжений в надрезе принимается за двухпараметровое распределение Вейбулла:

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\Delta\sigma_{W,j}}\right)^{\xi}(\ln N_R)^{1/\xi}\right],$$

где ξ параметр формы Вейбулла, принимаемый равным 1,0;

N_R количество циклов, принимаемое равным 10^4.

3.3 Элементарное усталостное повреждение

3.3.1 Элементарное усталостное повреждение для каждого случая загрузки рассчитывается по следующей формуле:

$$D_j = \frac{\alpha_j N_L}{K}\frac{\Delta\sigma_{E,j}^4}{(\ln N_R)^{4/\xi}}\left[\Gamma\left(\frac{4}{\xi}+1,\nu\right) + \nu^{-3/\xi}\gamma\left(\frac{7}{\xi}+1,\nu\right)\right],$$

где K параметр кривой S-N, принимаемый равным $1{,}014 \times 10^{15}$;

α_j коэффициент, принимаемый равным 1,0 для оценки углов люков и зависящий от случая загрузки, указанного в табл. 2 для соединений главных несущих элементов и продольных ребер жесткости;

N_L общее количество циклов за расчетный срок службы судна, принимаемый равным:

$$N_L = \frac{0{,}85\,T_L}{4\log L};$$

T_L проектный срок, с, соответствующий 25 годам эксплуатации судна, принимаемый равным $7{,}884 \times 10^8$;

$$\nu = \left(\frac{100{,}3}{\Delta\sigma_{E.j}}\right)^{\xi} \ln N_R;$$

Γ неполная гамма-функция типа 2;

γ неполная гамма-функция типа 1.

Таблица 2

Коэффициент α_j зависящий от случая загрузки

	Случаи загрузки	**BC-A**	**BC-B, BC-C**
$L < 200$ м	Равномерная загрузка	0,6	0,7
	Чередующаяся загрузка	0,1	–
	Загрузка в нормальном балласте	0,15	0,15
	Загрузка в тяжелом балласте	0,15	0,15
$L \geq 200$ м	Равномерная загрузка	0,25	0,5
	Чередующаяся загрузка	0,25	–
	Загрузка в нормальном балласте	0,2	0,2
	Загрузка в тяжелом балласте	0,3	0,3

4 Критерий усталостной прочности

4.1 Суммарное усталостное повреждение

4.1.1 Суммарное усталостное повреждение D, рассчитанное для общего суммарного напряжения должно соответствовать следующему критерию:

$$D = \sum_j D_j \leq 1{,}0,$$

где D_j элементарное усталостное повреждение для каждого случая загрузки "j".

РАЗДЕЛ 3. ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ ГЛАВНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

i индекс, обозначающий вариант нагрузки "H", "F", "R" или "P", как указано в главе 4, раздел 4;
"i1" обозначает вариант нагрузки "H1", "F1", "R1" или "P1" и "i2" обозначает вариант нагрузки "H2", "F2", "R2" или "P2";

(k) индекс, обозначающий случаи загрузки, такие как "равномерная загрузка", "чередующаяся загрузка", "загрузка в нормальном балласте" или "загрузка в тяжелом балласте", как указано в разделе 1, табл. 2;

$\Delta\sigma_{W,\,i(k)}$ диапазон напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, для варианта нагрузки "i" в случае загрузки "(k)";

$\Delta\sigma_{mean,\,i(k)}$ среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, для варианта нагрузки "i" в случае загрузки "(k)".

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Оценка диапазона напряжений в жесткой точке и средних напряжений в жесткой точке главных несущих элементов конструкции должна производиться в соответствии с требованиями, указанными в данном Разделе и в главе 7, раздел 4.

2 Диапазон напряжений в жесткой точке

2.1 Диапазон напряжений согласно прямому методу расчета

2.1.1 Диапазон напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, для варианта нагрузки "i" в случае загрузки "(k)" определяется по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{W,\,i(k)} = |\sigma_{W,\,i1(k)} - \sigma_{W,\,i2(k)}|,$$

где $\sigma_{W,\,i1(k)}$, $\sigma_{W,\,i2(k)}$ напряжение в жесткой точке, Н/мм^2, для вариантов нагрузки "i1" и "i2" в случае загрузки "(k)", полученное прямым анализом методом конечных элементов путем моделирования при помощи мелкой сетки, как указано в главе 7, раздел 4.

2.2 Диапазон напряжений согласно методу совмещения

2.2.1 Диапазон напряжений в жесткой точке

Диапазон напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, для варианта нагрузки "i" в случае загрузки "(k)" определяется по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{W,\,i(k)} = |(\sigma_{GW,\,i1(k)} + \sigma_{LW,\,i1(k)}) - (\sigma_{GW,\,i2(k)} + \sigma_{LW,\,i2(k)})|,$$

где $\sigma_{LW,\,i1(k)}$, $\sigma_{LW,\,i2(k)}$ напряжение в жесткой точке, Н/мм^2, вызванное местными нагрузками для вариантов нагрузки "i1" и "i2" в случае загрузки "(k)", полученное прямым анализом методом конечных элементов путем моделирования при помощи мелкой сетки, как указано в главе 7, раздел 4;

$\sigma_{GW,\,i1(k)}$, $\sigma_{GW,\,i2(k)}$ напряжение в жесткой точке, в Н/мм^2, вызванное моментами эквивалентного бруса для вариантов нагрузки "i1" и "i2" в случае загрузки "(k)", как указано в [2.2.2].

2.2.2 Напряжения, вызванные моментами эквивалентного бруса

Напряжение в жесткой точке эквивалентного бруса, Н/мм^2, для вариантов нагрузки "i1" и "i2" в случае загрузки "(k)", определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{GW,\,i(k)} = C_{WV,\,ij} - C_{WH,\,ij}\,\sigma_{WH,\,(k)} \quad (j = 1, 2),$$

где $C_{WV,\,i1}$, $C_{WV,\,i2}$, $C_{WH,\,i1}$, $C_{WH,\,i2}$ коэффициенты сочетания нагрузок для каждого варианта нагрузки, как указано в главе 4, раздел 4, [2.2];

$\sigma_{WV,\,i1}$ номинальное напряжение эквивалентного бруса, Н/мм^2, при прогибе, вызванном вертикальным волновым изгибающим моментом;

$$\sigma_{WV,\,i1} = \frac{M_{WV,\,S}(z - N)}{I_Y}\,10^{-3};$$

$\sigma_{WV,\,i2}$ номинальное напряжение эквивалентного бруса, Н/мм^2, при перегибе, вызванном вертикальным волновым изгибающим моментом;

$$\sigma_{WV,\,i2} = \frac{M_{WV,\,H}(z - N)}{I_Y}\,10^{-3};$$

$M_{WV,\,H}$, $M_{WV,\,S}$ вертикальные волновые изгибающие моменты, кНм, при прогибе и перегибе, как указано в главе 4, раздел 3, [3.1.1], при $f_p = 0{,}5$;

N координата по оси Z, м, нейтральной оси, как указано в главе 5, раздел 1;

z координата по оси Z, м, рассматриваемой точки;

$\sigma_{WH,\,(k)}$ номинальное напряжение эквивалентного бруса, Н/мм^2, вызванное горизонтальным волновым изгибающим моментом;

$M_{WH,\,(k)}$ горизонтальный волновой изгибающий момент, кНм, в случае загрузки "(*k*)", как указано в главе 4, раздел 3, [3.3.1], при $f_p = 0{,}5$;

y координата по оси Y, м, рассматриваемой точки, принимается положительной по левому борту и отрицательной по правому борту;

I_Y, I_Z моменты инерции нетто поперечного сечения корпуса, м^4, в поперечной и продольной осях соответственно, как указано в главе 5, раздел 1.

3 Среднее напряжение в жесткой точке

3.1 Среднее напряжение согласно прямому методу расчета

3.1.1 Среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, для варианта нагрузки "*i*" в случае загрузки "(*k*)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{mean,\,i(k)} = \frac{\sigma_{W,\,i1(k)} + \sigma_{W,\,i2(k)}}{2}.$$

3.2 Среднее напряжение согласно методу совмещения

3.2.1 Средние напряжения в жесткой точке

Среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, для варианта нагрузки "*i*" в случае загрузки "(*k*)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{mean,\,i(k)} = \sigma_{GS,\,(k)} + \frac{\sigma_{LW,\,i1(k)} + \sigma_{LW,\,i2(k)}}{2},$$

где $\sigma_{GS,\,(k)}$ среднее напряжение в жесткой точке, Н/мм^2, вызванное моментом эквивалентного бруса на тихой воде в случае загрузки "(*k*)", как указано в [3.2.2];

$\sigma_{LW,\,i1(k)}$, $\sigma_{LW,\,i2(k)}$ как указано в 2.2.1.

3.2.2 Напряжение, вызванное моментом эквивалентного бруса на тихой воде

Среднее напряжение в жесткой точке, Н/мм^2, вызванное изгибающим моментом на тихой воде в случае загрузки "(*k*)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{GS,\,(k)} = \frac{M_{S,\,(k)}(z - N)}{I_Y}\,10^{-3},$$

где $M_{S,(k)}$ вертикальный изгибающий момент на тихой воде, кНм, зависящий от случая загрузки, как указано в главе 4, раздел 3, [2.2]. Если расчетные вертикальные изгибающие моменты на тихой воде не определены на стадии подготовки эскизного проекта, то вертикальный изгибающий момент на тихой воде в каждом случае загрузки можно определить по следующим формулам:

равномерная загрузка; $M_{S,(1)} = -0{,}5\,F_{MS} M_{SW,S}$;

чередующаяся загрузка; $M_{S,(2)} = F_{MS} M_{SW,H}$;

загрузка в нормальном балласте; $M_{S,(3)} = F_{MS} M_{SW,H}$;

$$M_{S,(4)} = \begin{cases} 2{,}66 \cdot x/L \cdot M_{SW,H}; & 0 < x \le 0{,}15L; \\ 2{,}66\,(0{,}3 - x/L)\,M_{SW,H}; & 0{,}15L < x \le 0{,}3L; \\ -3{,}5\,(x/L - 0{,}3)\,M_{SW,S}; & 0{,}3L < x \le 0{,}5L; \\ -3{,}5\,(0{,}7 - x/L)\,M_{SW,S}; & 0{,}5L < x \le 0{,}7L; \\ 2{,}66\,(x/L - 0{,}7)\,M_{SW,H}; & 0{,}7L < x \le 0{,}85L; \\ 2{,}66\,(1 - x/L)\,M_{SW,H}. & 0{,}85L < x \le 0L. \end{cases}$$

$M_{SW,H}$, $M_{SW,S}$ допустимый изгибающий момент на тихой воде, кНм, при прогибе и перегибе;

F_{MS} коэффициент распределения, как указано в главе 4, раздел 3, рис. 2.

РАЗДЕЛ 4. ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ РЕБЕР ЖЕСТКОСТИ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

i индекс, обозначающий вариант нагрузки "H", "F", "R" или "P", как указано в главе 4, раздел 4; "i1" обозначает вариант нагрузки "H1", "F1", "R1" или "P1" и "i2" обозначает вариант нагрузки "H2", "F2", "R2" или "P2" ;

(k) индекс, обозначающий случаи загрузки, такие как "равномерная загрузка", "чередующаяся загрузка", "загрузка в нормальном балласте" или "загрузка в тяжелом балласте", как указано в разделе 1, табл. 2;

$\Delta\sigma_{W,\,i(k)}$ диапазон напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, для варианта нагрузки "i" в случае загрузки "(k)";

$\sigma_{W,\,i(k)}$ среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, для варианта нагрузки "i" в случае загрузки "(k)".

Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Оценка диапазонов напряжений в жесткой точке и средних напряжений в жесткой точке конструкции продольных ребер жесткости должна производиться в соответствии с требованиями, указанными в данном Разделе.

2 Диапазон напряжений в жесткой точке

2.1 Диапазон напряжений согласно прямому методу расчета

2.1.1 Диапазоны напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, рассчитанные прямым методом расчета для каждого варианта нагрузки "H", "F", "R" и "P" в каждом случае загрузки, определяются, как указано в разделе 3, [2.1].

2.2 Диапазон напряжений согласно методу совмещения

2.2.1 Диапазоны напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, для каждого варианта нагрузки "H", "F", "R" и "P" в каждом случае загрузки согласно методу совмещения определяются, как указано в разделе 3, [2.2].

2.3 Диапазон напряжений согласно упрощенной процедуре расчета

2.3.1 Диапазоны напряжений в жесткой точке

Диапазон напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, вызванных динамическими нагрузками, для варианта нагрузки "i" в случае загрузки "(k)" определяются по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{W,\,i(k)} = |(\sigma_{GW,\,i1(k)} + \sigma_{W1,\,i1(k)} - \sigma_{W2,\,i1(k)} + \sigma_{d,\,i1(k)}) - (\sigma_{GW,\,i2(k)} + \sigma_{W1,\,i2(k)} - \sigma_{W2,\,i2(k)} + \sigma_{d,\,i2(k)})|,$$

где $\sigma_{GW,\,i1(k)}$, $\sigma_{GW,\,i2(k)}$ напряжение, вызванное моментом эквивалентного бруса, как указано в [2.3.2];

$\sigma_{W1,\,i1(k)}$, $\sigma_{W1,\,i2(k)}$ напряжение, $\sigma_{LW,\,ij(k)}$, $\sigma_{CW,\,ij(k)}$ и $\sigma_{LCW,\,ij(k)}$, вызванное гидродинамическим или инерционным давлением, когда давление приложено на той же стороне, что и сторона расположения обычного ребра жесткости, в зависимости от рассматриваемого случая;

$\sigma_{W2,\,i1(k)}$, $\sigma_{W2,\,i2(k)}$ напряжение $\sigma_{LW,\,ij(k)}$, $\sigma_{CW,\,ij(k)}$ и $\sigma_{LCW,\,ij(k)}$ напряжение, вызванное гидродинамическим или инерционным давлением, когда давление приложено на стороне, противоположной стороне расположения обычного ребра жесткости, в зависимости от рассматриваемого случая;

$\sigma_{LW,\,i1(k)}$, $\sigma_{LW,\,i2(k)}$ напряжение, вызванное волновым давлением, как указано в [2.3.3];

$\sigma_{CW,\,i1(k)}$, $\sigma_{CW,\,i2(k)}$ напряжение, вызванное давлением жидкости, как указано в [2.3.4];

$\sigma_{LCW,\,i1(k)}$, $\sigma_{LCW,\,i2(k)}$ напряжение, вызванное давлением сухого навалочного груза, как указано в [2.3.5];

$\sigma_{d,\,i1(k)}$, $\sigma_{d,\,i2(k)}$ напряжение, вызванное относительным смещением поперечной переборки, как указано в [2.3.6].

2.3.2 Напряжение, вызванное моментами эквивалентного бруса

Напряжение в жесткой точке эквивалентного бруса, Н/мм^2, для вариантов нагрузки "$i1$" и "$i2$" в случае загрузки "(k)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{GW,\,ij(k)} = K_{gh} \cdot (C_{WV,\,ij}\,\sigma_{WV,\,ij} - C_{WH,\,ij}\,\sigma_{WH,\,(k)}) \quad (j = 1, 2),$$

где K_{gh} теоретический коэффициент концентрации напряжений для номинального напряжения эквивалентного бруса, в зависимости от деталей конечного соединения, как указано в табл. 1;

$C_{WV,\,i1}$, $C_{WV,\,i2}$, $C_{WH,\,i1}$, $C_{WH,\,i2}$ коэффициенты сочетания нагрузок для каждого варианта нагрузки, как указано в главе 4, раздел 4, [2.2];

$\sigma_{WV,\,i1}$, $\sigma_{WV,\,i2}$, $\sigma_{WH,\,(k)}$ номинальные напряжения эквивалентного бруса, Н/мм^2, как указано в разделе 3, [2.2.2].

2.3.3 Напряжение, вызванное волновым давлением

Напряжение в жесткой точке, Н/мм^2, вызванное волновым давлением, для вариантов нагрузки "$i1$" и "$i2$" в случае загрузки "(k)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{LW,\,ij(k)} = \frac{K_{gl} K_s C_{NE,\,ij(k)}\, p_{W,\,ij(k)}\, s\, l^2 \left(1 - \dfrac{6x_f}{l} + \dfrac{6x_f^2}{l^2}\right)}{12\,w} 10^3 \quad (j = 1,2),$$

где $p_{W,\,ij(k)}$ гидродинамическое давление, кН/м^2, как указано в главе 4, раздел 5, [1.3], [1.4] и [1.5], при $f_p = 0{,}5$, для вариантов нагрузки "$i1$" и "$i2$" в случае загрузки "(k)". Если рассматриваемый элемент находится выше ватерлинии, гидродинамическое давление принимается как давление на ватерлинии;

K_{gl} теоретический коэффициент концентрации напряжений для напряжения, вызванного боковым давлением, в зависимости от деталей конечного соединения, согласно табл. 1. Концентрацию напряжений можно оценить напрямую с помощью анализа методом конечных элементов, если детали конечного соединения в табл. 1 не приводятся;

Ks теоретический коэффициент концентрации напряжений, вызванных геометрией ребра жесткости

$$K_s = 1 + \left[\frac{t_f(a^2 - b^2)}{2\,w_b}\right]\left[1 - \frac{b}{b_f}\left(1 + \frac{w_b}{w_a}\right)\right] 10^{-3};$$

a, b эксцентриситет, мм, свободного пояска, как показано на рис. 1. Для уголкового профиля "b" принимается за половину толщины нетто стенки;

w_a, w_b момент сопротивления сечения нетто в точках A и B соответственно, (см. рис. 1), см^3, ребра жесткости по оси Z без присоединенной обшивки;

$C_{NE,\,i\,j(k)}$ поправочный коэффициент для нелинейного распределения волнового диапазона давления для вариантов нагрузки "$i1$" и "$i2$" в случае загрузки "(k)";

$$C_{NE,\,ij(k)} = \begin{cases} \exp\left[-\left(\dfrac{z - T_{LC\,(k)} + \dfrac{|p_{W,\,ij(k),\,WL}|}{\rho g}}{\dfrac{|p_{W,\,ij(k),\,WL}|}{\rho g}(-\ln 0{,}5)^{-1/2{,}5}}\right)^{2{,}5}\right] & \text{для } z > T_{LC\,(k)} - |p_{W,\,ij(k),\,WL}|/\rho g; \\ 1{,}0 & \text{для } z \le T_{LC\,(k)} - |p_{W,\,ij(k),\,WL}|/\rho g; \end{cases}$$

$T_{LC(k)}$ осадка, м, в рассматриваемом случае загрузки "(k)";

$p_{W,\,ij(k),\,WL}$ гидродинамическое давление, кН/м^2, на ватерлинии для вариантов нагрузки "$i1$" и "$i2$" в случае загрузки "(k)";

z координата по оси Z, м, рассматриваемой точки;

s расстояние между ребрами жесткости, м;

l пролет, м, следует измерять, как показано на рис. 2. Конечные точки пролета принимаются в точках, в которых высота концевой кницы, измеренная от свободного пояска ребра жесткости, равна половине высоты ребра жесткости;

x_f расстояние, м, до жесткой точки от ближайшего конца пролета l (см. рис. 2);

w момент сопротивления сечения нетто, см^3, рассматриваемого ребра жесткости. Момент сопротивления сечения w должен рассчитываться с учетом эффективной ширины s_e, м, присоединенной обшивки, определенной по следующим формулам:

$$s_e = \begin{cases} 0{,}67\,s \cdot \sin\left[\dfrac{\pi}{6}\left(\dfrac{l(1 - 1/\sqrt{3})}{2s}\right)\right] & \text{для } \dfrac{l}{s} \le \dfrac{6}{1 - 1\sqrt{3}}; \\ 0{,}67\,s & \text{для } \dfrac{l}{s} > \dfrac{6}{1 - 1\sqrt{3}}. \end{cases}$$

Рис. 1
Параметры сечения ребра жесткости

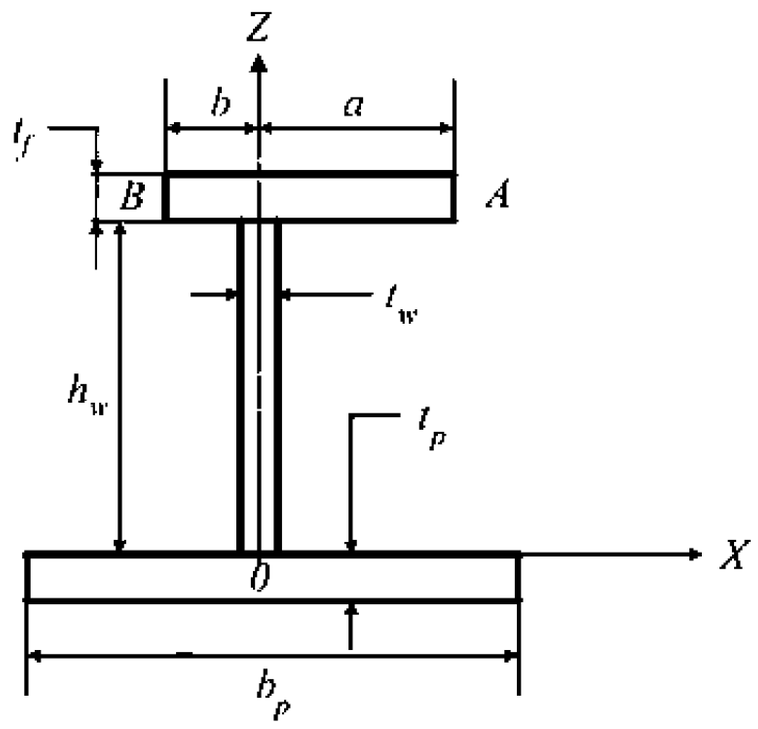
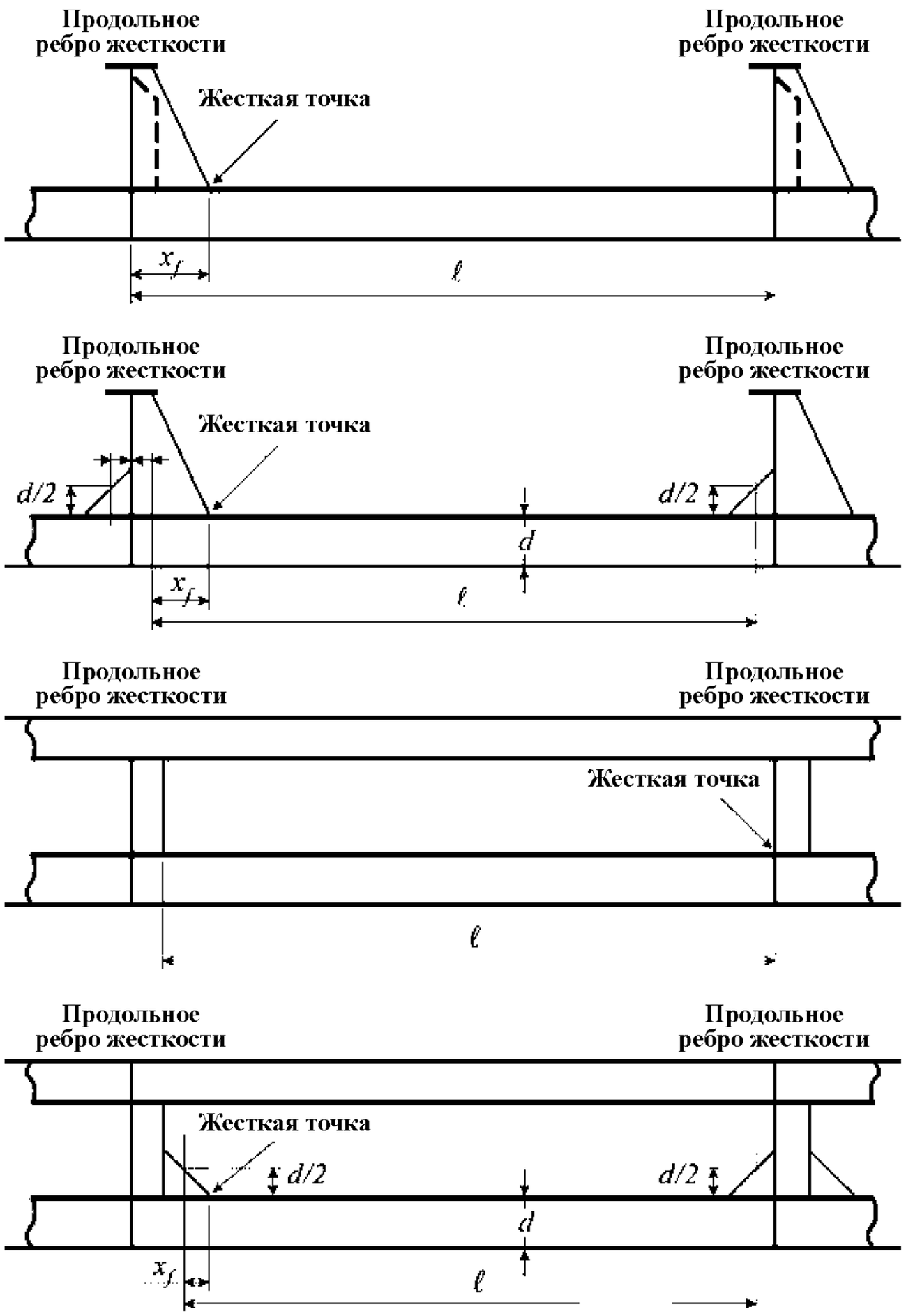


Рис. 2
Пролет и жесткая точка продольных ребер жесткости



2.3.4 Напряжение, вызванное давлением жидкости

Напряжение в жесткой точке, Н/мм^2, вызванное давлением жидкости, для вариантов нагрузки "*i*1" и "*i*2" в случае загрузки "(*k*)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{LW,\,i\,j(k)} = \frac{K_{gl} K_s C_{NI,\,i\,j(k)}\, p_{BW,\,i\,j(k)}\, s\, l^2 \left(1 - \dfrac{6 x_f}{l} + \dfrac{6 x_f^2}{l^2}\right)}{12\, w}\, 10^3 \quad (j = 1,2),$$

где $p_{BW,\,i\,j(k)}$ инерционное давление, кН/м^2, вызванное давлением жидкости , как указано в главе 4, раздел 6, [2.2] при f_p = 0,5, для вариантов нагрузки "*i*1" и "*i*2" в случае загрузки "(*k*)";

$C_{NI,\,i\,j(k)}$ поправочный коэффициент для нелинейного распределения диапазона инерционного давления, вызванного давлением жидкости, для вариантов нагрузки "*i*1" и "*i*2" в случае загрузки "(*k*)";

$$C_{NI,\,i\,j(k)} = \begin{cases} \exp\left[-\left(\dfrac{z - z_{SF} + \dfrac{|p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}|}{\rho g}}{\dfrac{|p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}|}{\rho g} (-\ln 0{,}5)^{-1/2{,}5}} \right)^{2{,}5} \right] & \text{для } z > z_{SF} - |p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}| / \rho g; \\ 1{,}0 & \text{для } z \le z_{SF} - |p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}| / \rho g; \end{cases}$$

z_{SF} координата по оси *Z*, м, поверхности жидкости. Обычно принимается как расстояние до верха цистерны. В случае с топливной цистерной может быть принята за расстояние до половины высоты цистерны;

z координата по оси *Z*, м, рассматриваемой точки;

$p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}$ инерционное давление, кН/м^2, вызванное давлением жидкости, взятое на поверхности жидкости, для вариантов нагрузки "*i*1" и "*i*2" в случае загрузки "(*k*)".

2.3.5 Напряжение, вызванное давлением сухого навалочного груза

Напряжение в жесткой точке, Н/мм^2, вызванное давлением сухого навалочного груза для вариантов нагрузки "*i*1" и "*i*2" в случае загрузки "(*k*)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{LCW,\,i\,j(k)} = \frac{K_{gl} K_s\, p_{CW,\,i\,j(k)}\, s\, l^2 \left(1 - \dfrac{6 x_f}{l} + \dfrac{6 x_f^2}{l^2}\right)}{12\, w}\, 10^3 \quad (j = 1,2),$$

где $p_{CW,\,i\,j(k)}$ инерционное давление, кН/м^2, вызванное давлением сухого навалочного груза, как указано в главе 4, раздел 6, [1.3], при f_p = 0,5, для вариантов нагрузки "*i*1" и "*i*2" в случае загрузки "(*k*)".

2.3.6 Напряжение, вызванное относительным смещением поперечной переборки

Дополнительное напряжение в жесткой точке, Н/мм^2, вызванное относительным смещением в поперечном направлении между поперечной переборкой и соседней поперечной стенкой или флором, для вариантов нагрузки "*i*1" и "*i*2" в случае загрузки "(*k*)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{d,\,i\,j(k)} = \begin{cases} K_{dF-a}\,\sigma_{dF-a,\,i\,j(k)} + K_{dA-a}\,\sigma_{dA-a,\,i\,j(k)} & \text{для точки "}a\text{"} \\ K_{dF-f}\,\sigma_{dF-f,\,i\,j(k)} + K_{dA-f}\,\sigma_{dA-f,\,i\,j(k)} & \text{для точки "}f\text{"} \end{cases} \quad (j = 1,2),$$

где a, f индекс, определяющий рассматриваемое место, как указано в табл. 1;

A, F индекс, определяющий направление, вперед (*F*) и назад (*A*), поперечной стенки или флора, при возникновении относительного смещения, как указано в табл. 1, (см. рис. 3);

$\sigma_{dF\text{-}a,\,i\,j(k)}$, $\sigma_{dA\text{-}a,\,i\,j(k)}$, $\sigma_{dF\text{-}f,\,i\,j(k)}$, $\sigma_{dA\text{-}f,\,i\,j(k)}$ дополнительное напряжение в точке "*a*" и "*f*", Н/мм^2, вызванное относительным смещением между поперечной переборкой и передней (*F*) и задней (*A*) поперечными стенками или флором, соответственно, для вариантов нагрузки "*i*1" и "*i*2" в случае загрузки "(*k*)";

$$\sigma_{dF-a,\,i\,j(k)} = \frac{3{,}9\,\delta_{F,\,i\,j(k)} E I_A I_F}{w_A l_F (l_A I_F + l_F I_A)} \left(1 - 1{,}15 \frac{|x_{fA}|}{l_A}\right) 10^{-5};$$

$$\sigma_{dA-a,\,i\,j(k)} = \left[\frac{3{,}9\,\delta_{A,\,i\,j(k)} E I_A I_F}{w_A l_A (l_A I_F + l_F I_A)} \left(1 - 1{,}15 \frac{|x_{fA}|}{l_A}\right) - \frac{0{,}9\,\delta_{A,\,i\,j(k)} E I_A |x_{fA}|}{w_A l_A^3} \right] 10^{-5};$$

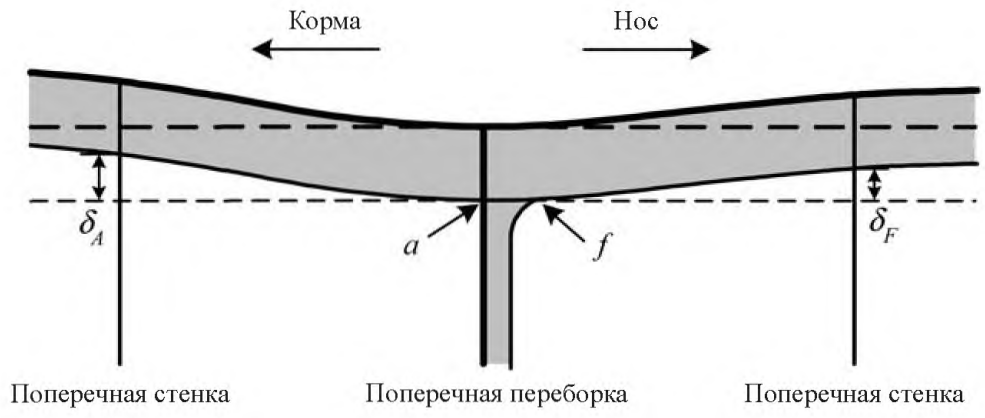
$$\sigma_{dF-a,\,i\,j(k)} = \left[\frac{3{,}9\,\delta_{F,\,i\,j(k)} E I_A I_F}{w_F l_F (l_A I_F + l_F I_A)} \left(1 - 1{,}15 \frac{|x_{fF}|}{l_F}\right) - \frac{0{,}9\,\delta_{F,\,i\,j(k)} E I_F |x_{fF}|}{w_F l_F^3} \right] 10^{-5};$$

$$\sigma_{dA\text{-}f,\,i\,j(k)} = \frac{3{,}9\,\delta_{A,\,i\,j(k)}\,EI_A I_F}{w_F l_A (l_A I_F + l_F I_A)} \left(1 - 1{,}15\,\frac{|x_{fF}|}{l_A}\right) 10^{-5};$$

$\delta_{F,\,i\,j(k)}$, $\delta_{A,\,i\,j(k)}$ относительное смещение, мм, в поперечном направлении между поперечной переборкой и передней (F) и задней (A) поперечными стенками или флором, соответственно, для вариантов нагрузки "$i1$" и "$i2$" в случае загрузки "(k)" (см. рис. 3).

I_F, I_A момент инерции нетто, см^4, переднего (F) и заднего (A) элемента продольного набора;

Рис. 3
Относительное смещение между поперечной переборкой и поперечной стенкой или флором



$K_{dF\text{-}a}$, $K_{dA\text{-}a}$, $K_{dF\text{-}f}$, $K_{dA\text{-}f}$ коэффициент концентрации напряжения концевого соединения ребра жесткости в точках "a" и "f" в зависимости от относительного смещения между поперечной переборкой и передней (F) и задней (A) поперечными стенками, как указано в табл. 1. Оценка концентрация напряжения может производиться путем прямого анализа методом конечных элементов, если деталь концевого соединения не указана в табл. 1;

l_F, l_A пролет, м, между передним (F) и задним (A) элементами продольного набора должен измеряться, как показано на рис. 2;

x_{fF}, x_{fA} расстояние, м, до жесткой точки от ближайшего конца l_F и l_A соответственно, (см. рис. 2).

3 Среднее напряжение в жесткой точке

3.1 Среднее напряжение согласно прямому методу расчета

3.1.1 Среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, для каждого случая загрузки, рассчитанное путем прямого метода расчета, должно получаться, как указано в разделе 3, [3.1].

3.2 Среднее напряжение согласно методу совмещения

3.2.1 Среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, для каждого случая загрузки, рассчитанное путем метода совмещения, должно получаться, как указано в разделе 3, [3.2].

3.3 Среднее напряжение согласно упрощенной процедуре расчета

3.3.1 Средние напряжения в жесткой точке

Среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, для случая загрузки "(k)", независимо от варианта нагрузки "i", определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{mean,\,(k)} = \sigma_{GS,\,(k)} + \sigma_{S1,\,(k)} - \sigma_{S2,\,(k)} + \sigma_{dS,\,(k)},$$

где $\sigma_{GS,\,(k)}$ напряжение, вызванное моментом эквивалентного бруса на тихой воде, как указано в [3.3.2];

$\sigma_{S1,\,(k)}$ напряжение, вызванное статическим давлением, когда давление приложено на ту же сторону, что и сторона расположения обычного ребра жесткости, в зависимости от рассматриваемого случая;

$\sigma_{S2,\,(k)}$ напряжение, вызванное статическим давлением, когда давление приложено на сторону, противоположную стороне расположения обычного ребра жесткости, в зависимости от рассматриваемого случая;

$\sigma_{LS,(k)}$ напряжение, вызванное гидростатическим давлением, как указано в [3.3.3];
$\sigma_{CS,(k)}$ напряжение, вызванное давлением жидкости на тихой воде, как указано в [3.3.4];
$\sigma_{LCS,(k)}$ напряжение, вызванное давлением сухого навалочного груза на тихой воде, как указано в [3.3.5];
$\sigma_{dS,(k)}$ напряжение, вызванное относительным смещением поперечной переборки на тихой воде, как указано в [3.3.6].

3.3.2 Напряжение, вызванное моментом эквивалентного бруса на тихой воде

Напряжение в жесткой точке, вызванное изгибающим моментом на тихой воде, Н/мм^2, в случае загрузки "(k)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{GS,(k)} = K_{gh} \frac{M_{S,(k)}(z - N)}{I_Y} 10^{-3},$$

где $M_{S,(k)}$ вертикальный изгибающий момент на тихой воде, кНм, как указано в разделе 3, [3.2.1].

3.3.3 Напряжение, вызванное гидростатическим давлением

Напряжение в жесткой точке, вызванное гидростатическим давлением, Н/мм^2, в случае загрузки "(k)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{LS,(k)} = \frac{K_{gl} K_s p_{S,(k)} s l^2 \left(1 - \frac{6x_f}{l} + \frac{6x_f^2}{l^2}\right)}{12w} 10^3,$$

где $p_{S,(k)}$ гидростатическое давление, кН/м^2, в случае загрузки "(k)", как указано в главе 4, раздел 5, [1.2].

3.3.4 Напряжение, вызванное давлением жидкости на тихой воде

Среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, вызванное давлением жидкости на тихой воде, в случае загрузки "(k)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{CS,(k)} = \frac{K_{gl} K_s p_{CS,(k)} s l^2 \left(1 - \frac{6x_f}{l} + \frac{6x_f^2}{l^2}\right)}{12w} 10^3,$$

где $p_{CS,(k)}$ давление жидкости на тихой воде, кН/м^2, в случае загрузки "(k)", как указано в главе 4, раздел 6 [2.1].

3.3.5 Напряжение, вызванное давлением сухого навалочного груза на тихой воде

Среднее напряжение в жесткой точке конструкции, Н/мм^2, вызванное давлением сухого навалочного груза на тихой воде, в случае загрузки "(k)" определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{LCS,(k)} = \frac{K_{gl} K_s p_{CS,(k)} s l^2 \left(1 - \frac{6x_f}{l} + \frac{6x_f^2}{l^2}\right)}{12w} 10^3,$$

где $p_{CS,(k)}$ давление сухого навалочного груза на тихой воде, кН/м^2, в случае загрузки "(k)", как указано в главе 4, раздел 6, [1.2].

3.3.6 Напряжение, вызванное относительным смещением поперечной переборки на тихой воде

Дополнительное среднее напряжение в жесткой точке, Н/мм^2, вызванное относительным смещением в поперечном направлении между поперечной переборкой и соседней поперечной стенкой или флором в случае загрузки "(k)", определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{dS,(k)} = \begin{cases} K_{dF-a}\sigma_{dSF-a,(k)} + K_{dA-a}\sigma_{dSA-a,(k)} & \text{для точки "}a\text{";} \\ K_{dF-f}\sigma_{dSF-f,(k)} + K_{dA-f}\sigma_{dSA-f,(k)} & \text{для точки "}f\text{",} \end{cases}$$

где $\sigma_{dSF-a,(k)}$, $\sigma_{dSA-a,(k)}$, $\sigma_{dSF-f,(k)}$, $\sigma_{dSA-f,(k)}$ дополнительное напряжение в точках "*a*" и "*f*", Н/мм^2, вызванное относительным смещением между поперечной переборкой и передней (*F*) и задней (*A*) поперечными стенками или флором, соответственно, в случае загрузки "(*k*)";

$$\sigma_{dSF-a,(k)} = \frac{3{,}9\,\delta_{SF,(k)} EI_A I_F}{w_A l_F (l_A I_F + l_F I_A)} \left(1 - 1{,}15\,\frac{|x_{fA}|}{l_A}\right) 10^{-5};$$

$$\sigma_{dSA-a,(k)} = \left[\frac{3{,}9\,\delta_{SA,(k)} EI_A I_F}{w_A l_A (l_A I_F + l_F I_A)} \left(1 - 1{,}15\,\frac{|x_{fA}|}{l_A}\right) - \frac{0{,}9\,\delta_{SA,(k)} EI_A |x_{fA}|}{w_A l_A^3}\right] 10^{-5};$$

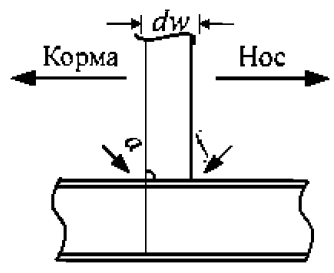
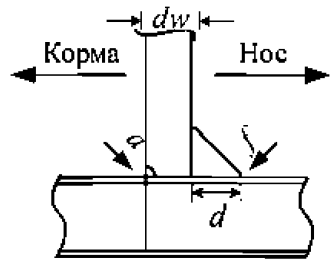
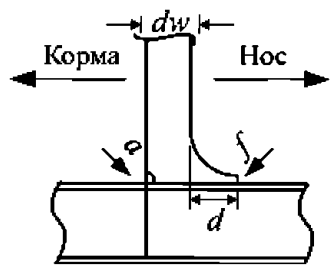
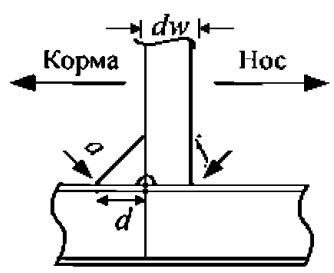
$$\sigma_{dSF-a,(k)} = \left[\frac{3{,}9\,\delta_{SF,(k)} EI_A I_F}{w_F l_F (l_A I_F + l_F I_A)} \left(1 - 1{,}15\,\frac{|x_{fF}|}{l_F}\right) - \frac{0{,}9\,\delta_{SF,(k)} EI_F |x_{fF}|}{w_F l_F^3}\right] 10^{-5};$$

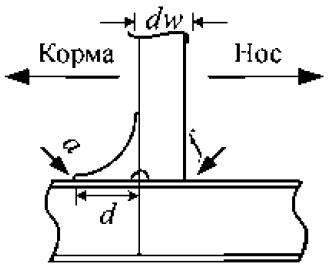
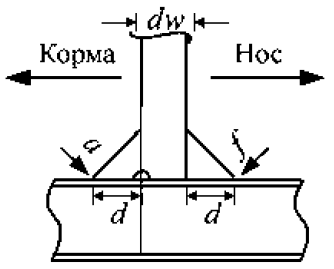
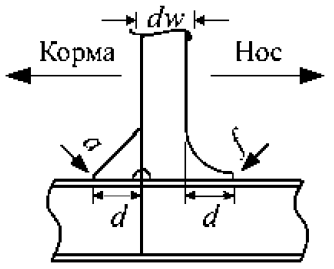
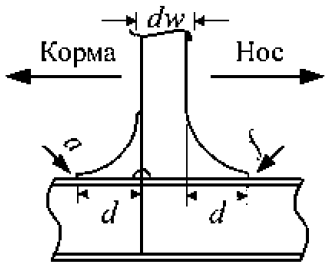
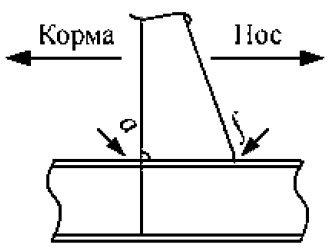
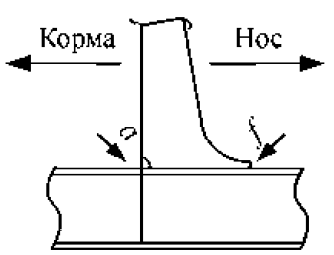
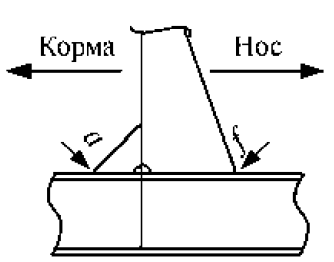
$$\sigma_{dSA-f,(k)} = \frac{3{,}9\,\delta_{SA,(k)} EI_A I_F}{w_F l_A (l_A I_F + l_F I_A)} \left(1 - 1{,}15\,\frac{|x_{fF}|}{l_A}\right) 10^{-5};$$

$\delta_{SF,(k)}$, $\delta_{SA,(k)}$ относительное смещение, мм, на тихой воде в поперечном направлении между поперечной переборкой и передней (*F*) и задней (*A*) поперечными стенками или флором, соответственно, в случае загрузки "(*k*)".

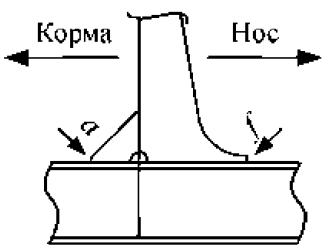
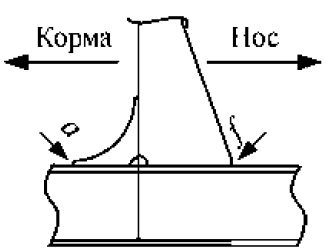
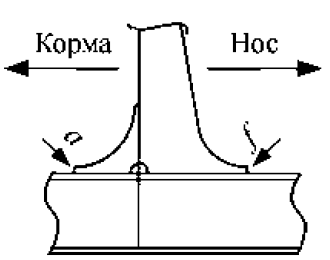
Таблица 1

Коэффициенты концентрации напряжений для концевых соединений ребра жесткости

Тип конструкции	Точка оценки	Планка	Размер бракеты	Коэффициенты концентрации напряжений			
				K_{gl}	K_{gh}	K_{dF}	K_{dA}
1	2	3	4	5	6	7	8
	*a*	водонепроницаемая	—	1,5	1,1	1,15	1,5
		водопроницаемая	—	1,65	1,1	—	—
	f	водонепроницаемая	—	1,1	1,05	1,55	1,05
	*a*	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,45	1,1	1,15	1,4
			$1{,}5dw \le d$	1,4	1,05	1,15	1,35
		водопроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,55	1,1	—	—
			$1{,}5dw \le d$	1,5	1,05	—	—
	f	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,1	1,05	1,15	1,1
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,1	1,05
	*a*	водонепроницаемая	$dw \le d < 1.5dw$	1,4	1,1	1.1	1.35
			$1.5dw \le d$	1.35	1.05	1.05	1.3
		водопроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,5	1,1	—	—
			$1{,}5dw \le d$	1,45	1,05	—	—
	f	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,05	1,05	1,1	1,05
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,05	1,05
	*a*	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,1	1,05	1,05	1,25
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,05	1,2
	f	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,3	1,1	1,35	1,05
			$1{,}5dw \le d$	1,3	1,05	1,3	1,05
		водопроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,4	1,1	—	—
			$1{,}5dw \le d$	1,4	1,05	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8
	*a*	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,1	1,05	1,05	1,2
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,05	1,15
	f	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,3	1,1	1,55	1,1
			$1{,}5dw \le d$	1,3	1,05	1,5	1,05
		водопроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,35	1,1	—	—
			$1{,}5dw \le d$	1,35	1,05	—	—
	*a*	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,1	1,05	1,05	1,1
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,05	1,05
		водопроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,15	1,05	—	—
			$1{,}5dw \le d$	1,1	1,05	—	—
	f	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,05	1,05	1,1	1,05
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,05	1,05
	*a*	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,1	1,05	1,05	1,2
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,05	1,15
		водопроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,15	1,05	—	—
			$1{,}5dw \le d$	1,1	1,05	—	—
	f	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,05	1,05	1,05	1,05
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,05	1,05
	*a*	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,1	1,1	1,05	1,15
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,05	1,1
		водопроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,1	1,1	—	—
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	—	—
	f	водонепроницаемая	$dw \le d < 1{,}5dw$	1,05	1,05	1,1	1,05
			$1{,}5dw \le d$	1,05	1,05	1,05	1,05
	*a*	водонепроницаемая	—	1,4	1,05	1,05	1,75
	f	водонепроницаемая	—	1,6	1,05	1,7	1,05
	*a*	водонепроницаемая	—	1,3	1,05	1,05	1,75
	f	водонепроницаемая	—	1,55	1,05	1,3	1,05
	*a*	водонепроницаемая	—	1,1	1,05	1,05	1,2
	f	водонепроницаемая	—	1,75	1,05	1,4	1,05

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
	*a*	водонепро-ницаемая	—	1,1	1,05	1,05	1,2
	f	водонепро-ницаемая	—	1,3	1,05	1,05	1,05
	*a*	водонепро-ницаемая	—	1,05	1,05	1,05	1,15
	f	водонепро-ницаемая	—	1,95	1,05	1,55	1,05
	*a*	водонепро-ницаемая	—	1,05	1,05	1,05	1,15
	f	водонепро-ницаемая	—	1,7	1,05	1,15	1,05

РАЗДЕЛ 5. ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ УГЛОВ ЛЮКОВ

1 Общие положения

1.1 Область распространения

1.1.1 Оценка диапазонов напряжений в жесткой точке и средних напряжений в жесткой точке конструкции углов люков, рассчитанных по упрощенной процедуре, должна производиться в соответствии с требованиями данного Раздела.

2 Диапазон номинальных напряжений

2.1 Диапазон номинальных напряжений, вызванных волновым крутящим моментом

2.1.1 Диапазон номинальных напряжений, Н/мм^2, под влиянием поперечного изгибания палубы, вызванных волновыми крутящими моментами, определяется по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{WT} = \frac{2}{1000} F_S F_L \frac{Q \cdot B_H}{W_Q},$$

где $Q = \dfrac{1000\,u}{\dfrac{(B_H + b_s)^3}{12EI_Q} + \dfrac{2{,}6B_H}{EA_Q}}$;

u смещение угла люка в продольном направлении, м, принимаемое равным:

$$u = \frac{31{,}2}{1000} \frac{M_{WT}\omega}{I_T EDOC};$$

DOC коэффициент открытия палубы, принимаемый равным:

$$DOC = \frac{L_C B}{\sum_{i=1}^{n} L_{H,i} B_{H,i}};$$

M_{WT} максимальный волновой крутящий момент, кНм, как указано в главе 4, раздел 3, [3.4.1], при f_p = 0,5;

F_S поправочный коэффициент напряжения, принимаемый равным:

F_S = 5;

F_L поправочный коэффициент для продольного расположения угла люка, принимаемого равным:

$F_L = 1{,}75 \dfrac{x}{L}$ для $0{,}57 \le x/L \le 0{,}85$;

F_L = 1,0 для $x/L < 0{,}57$ и $x/L > 0{,}85$;

B_H ширина выреза люка, м;

W_Q момент сопротивления поперечного сечения палубы, м^3, включая верхнюю опору рядом с углом люка (см. рис. 2);

I_Q момент инерции поперечной палубы, м^4, включая верхнюю опору рядом с углом люка, (см. рис. 2);

A_Q площадь сдвига поперечной палубы, м^2, включая верхнюю опору рядом с углом люка (см. рис. 2);

b_S ширина оставшейся полосы палубы, м, за вырезом люка;

I_T крутящий момент инерции поперечного сечения судна, м^4, рассчитываемый в пределах поперечной палубы, без учета верхней и нижней опор переборки (см. рис 1). Данное значение рассчитывается согласно приложению 1;

ω координата сектора, м^2, рассчитанная по такому же поперечному сечению I_T, в точках расположения угла люка по осям Y и Z (см. рис. 1). Данное значение рассчитывается согласно приложению 1;

LC длина района грузовых танков, м, являющаяся расстоянием между переборкой машинного отделения и таранной переборкой;

$B_{H,i}$ ширина выреза люка для люка i, м;

$L_{H,i}$ длина выреза люка для люка i, м;

n количество люков.

2.2 Среднее номинальное напряжение

2.2.1 Среднее напряжение, вызванное изгибающим моментом на тихой воде в пределах поперечной палубы, принимается равным 0.

Рис. 1
Поперечное сечение для определения I_T и ω

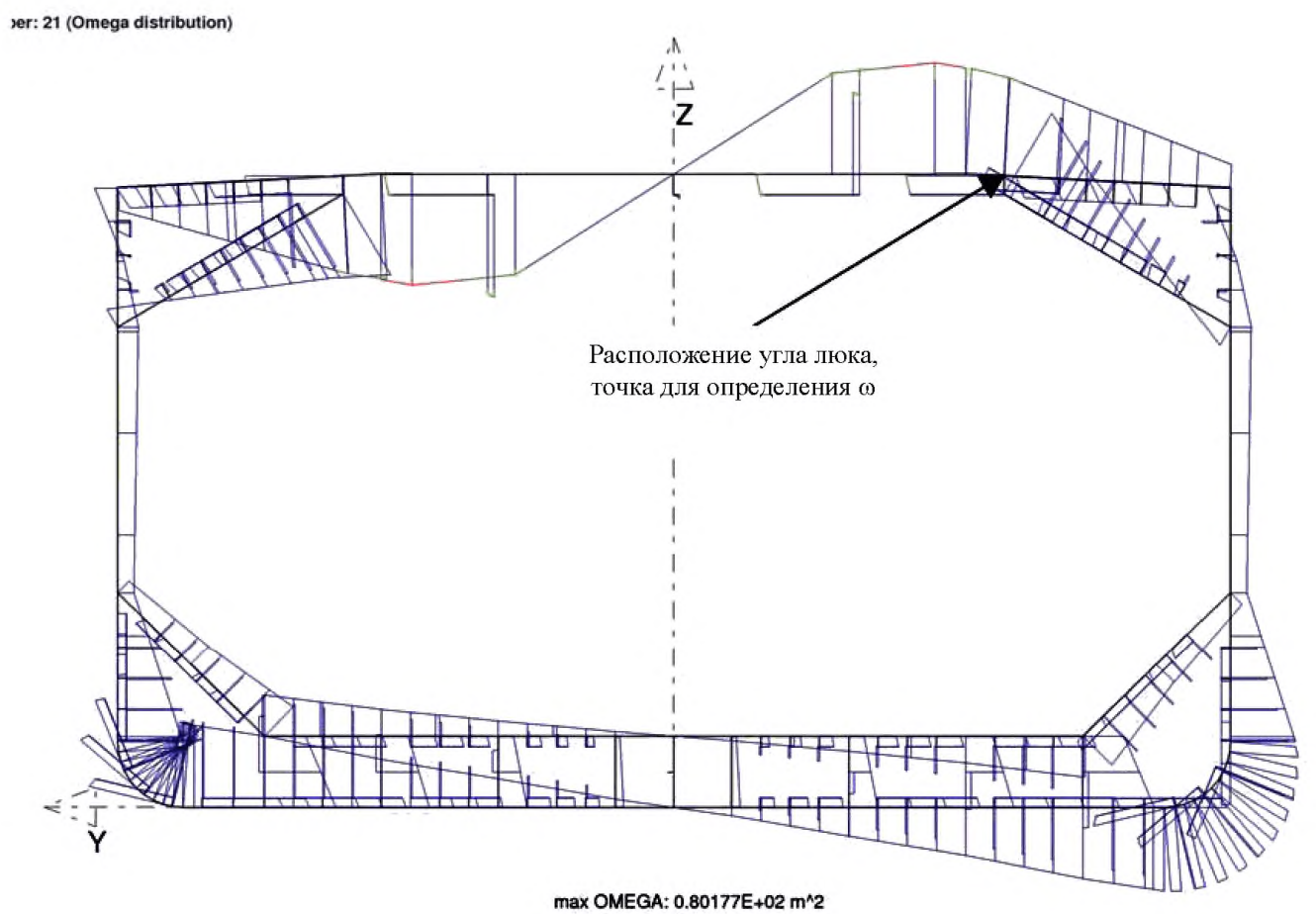
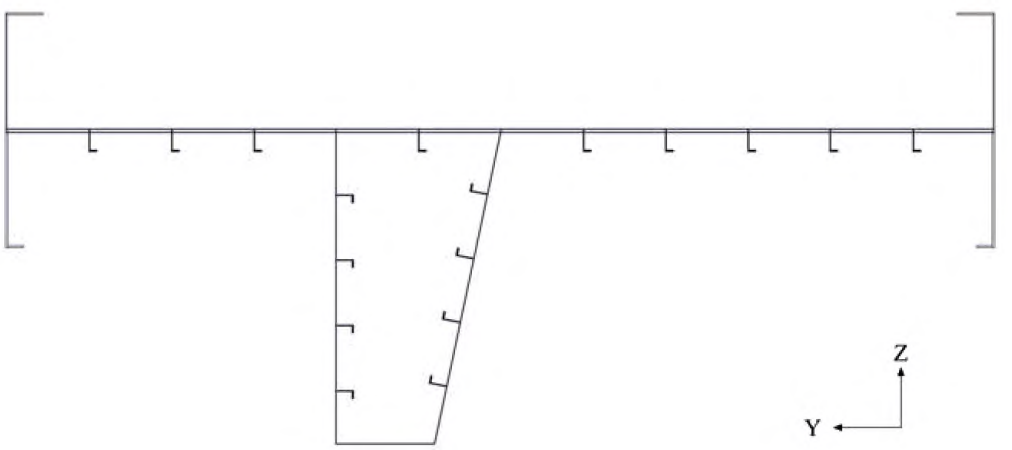


Рис. 2
Рассматриваемые элементы для определения A_Q, W_Q и I_Q



3 Напряжение в жесткой точке

3.1 Диапазон напряжений в жесткой точке

3.1.1 Диапазон напряжений в жесткой точке, Н/мм^2, определяется по формуле:

$$\Delta\sigma_W = K_{gh} \cdot \Delta\sigma_{WT},$$

где K_{gh} коэффициент концентрации напряжений для угла люка, принимаемый равным:

$$K_{qh} = \frac{r_a + 2\,r_b}{3\,r_a}\left[1 + \left(\frac{b}{1{,}23\,l_{CD} + 0{,}8\,b}\,\frac{0{,}22\,l_{CD}}{r_a}\right)^{0{,}65}\right]$$, должен приниматься не менее 1,0;

r_a радиус, м, главной оси;

r_b радиус, м, вспомогательной оси (если угол имеет форму дуги окружности, r_b, он должен быть равен r_a);

l_{CD} длина поперечной палубы, м, в продольном направлении;

b расстояние, м, от кромки выреза люка до борта судна.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СВОЙСТВА ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ДЛЯ КРУЧЕНИЯ

1 Расчетные формулы

1.1 Функция кручения *Ф*

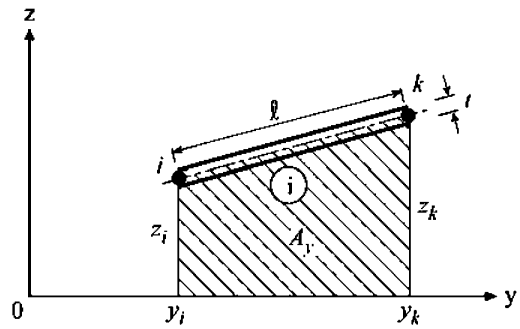
1.1.1 Для частичной площади закрытых отсеков должен быть произведен расчет следующих геометрических фигур и соотношений:

$A_y = 1/2\ (z_i + z_k)\ (y_k - y_i)$;

$l = \sqrt{(y_k - y_i)^2 + (z_k + z_i)^2}$;

$s/t = l/t$.

Рис. 1



В зависимости от типа сечения можно применить следующие три варианта алгоритмов:

Вариант А: Асимметричные открытые поперечные сечения, как показано на рис. 2.

Вариант В: Симметричные поперечные сечения с конкретными закрытыми отсеками (закрытые отсеки без общих стенок), как показано на рис.3. В этом случае функция кручения может быть рассчитана для каждого отсека отдельно.

$$\Phi_0 = \frac{2\sum_{Cell\,0} A_y}{\sum_{Cell\,0} s/t}; \quad \Phi_2 = \frac{2\sum_{Cell\,2} A_y}{\sum_{Cell\,0} s/t}.$$

Вариант С: Симметричные поперечные сечения с множеством закрытых отсеков, (закрытые отсеки с общими стенками), как показано на рис. 4. В этом случае функция кручения может быть рассчитана для каждого отсека *i* путем решения линейной системы уравнений с учетом общих стенок.

$$\Phi_0 \sum_{Cell\,0} s/t + \Phi_1 (s/t)_{Common\ Wall} = 2A_{Cell\,0};$$

$$\Phi_1 \sum_{Cell\,0} s/t + \Phi_0 (s/t)_{Common\ Wall} = 2A_{Cell\,1}.$$

Из данной системы уравнений можно получить функции кручения Φ_0 и Φ_1.

1.2 Система координат, текущая координата *s*

1.2.1 Следует использовать двухмерную декартовую систему координат. Выбор точки начала отсчета О (начало системы координат) является свободным, но для симметричных поперечных сечений предпочтительнее, чтобы точка начала отсчета была размещена на оси симметрии поперечного сечения. Текущая координата *s* берет начало внутри симметричных поперечных сечений на пересечении оси симметрии с геометрией поперечного сечения, например, в поперечных сечениях

корпуса судна на пересечении с диаметральной плоскостью и обшивкой одинарного или двойного дна, как обозначено "0" на рис. 2 – 4. Ориентация s, также как и направление интеграции в пределах закрытых отсеков, рассматривается с учетом алгебраических знаков и подбора системы уравнений функции кручения.

1.3 Вычисление некоторых свойств каждой части поперечного сечения

1.3.1 $\omega_i = \omega_k$ предшествующей частичной площади или предшествующей точки бифуркации (устанавливается равной нулю в начале вычислений);

$\omega_k = \omega_i + y_i z_k - y_k z_i - \Phi \dfrac{l_i}{t_i}$ при $\Phi \dfrac{l_i}{t_i}$ внутри закрытых отсеков;

	Суммирование
$l = \sqrt{(y_k - y_i)^2 + (z_k + z_i)^2}$;	
$A = l\,t$	$\sum A$
$S_y = A/2\,(z_i + z_k)$	$\sum S_y$
$S_z = A/2\,(y_i + y_k)$	$\sum S_z$
$S_\omega = A/2\,(\omega_i + \omega_k)$	$\sum S_\omega$
$I_y = A/3\,(z_i^2 + z_i z_k + z_k^2)$	$\sum I_y$
$I_z = A/3\,(y_i^2 + y_i y_k + y_k^2)$	$\sum I_y$
$I_{yz} = A/6\,[(2y_k + y_i) z_k + (2y_i + y_k) z_i]$	$\sum I_{yz}$
$I_\omega = A/3\,(\omega_i^2 + \omega_i \omega_k + \omega_k^2)$	$\sum I_\omega$
$I_{\omega y} = A/6\,[(2y_k + y_i)\omega_k + (2y_i + y_k)\omega_i]$	$\sum I_{\omega y}$
$I_{\omega z} = A/6\,[(2z_k + z_i)\omega_k + (2z_i + z_k)\omega_i]$	$\sum I_{\omega z}$
$s\,t^3 = l\,t^3$	$\sum s \cdot t^3$.

1.4 Вычисление свойств поперечного сечения для полного поперечного сечения

Асимметричное поперечное сечение:	**Симметричное сечение, (моделируется только половина сечения)**
$A = \sum A$	$A = 2\sum A$
$y_s = \sum S_z / \sum A$	
$z_s = \sum S_y / \sum A$	$z_s = \sum S_y / \sum A$
$I_y = \sum I_y - \sum A z_s^2$	$I_y = 2(\sum I_y - \sum A z_s^2)$
$I_z = \sum I_z - \sum A y_s^2$	$I_z = 2(\sum I_z - \sum A y)_s^2$
$I_{yz} = \sum I_{yz} - \sum A y_s z_s$	
$I_T = \sum \dfrac{s t^3}{3}$	$I_T = 2\left[\sum \dfrac{s t^3}{3} + \sum (2 A_{yi} \Phi_i)\right]$
$\omega_0 = \sum S_\omega / \sum A$	
$I_{\omega y} = \sum I_{\omega y} - \sum A y_s \omega_0$	$I_{\omega y} = 2\sum I_{\omega y}$
$I_{\omega z} = \sum I_{\omega z} - \sum A z_s \omega_0$	
$y_M = \dfrac{I_{\omega z} I_z - I_{\omega y} I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2}$	
$z_M = \dfrac{I_{\omega z} I_{yz} - I_{\omega y} I_y}{I_y I_z - I_{yz}^2}$	$z_M = -I_{\omega y} / I_z$
$I_\omega = \sum I_\omega - \sum A \omega_0^2 + z_m I_{\omega y} - y_m I_{\omega z}$	$I_\omega = 2\sum I_\omega + z_m I_{\omega y}$

I_y, I_z, I_{yz} должны рассчитываться относительно центра тяжести;
S, I_ω должны рассчитываться относительно центра кручения M.
Координата сектора ω должна изменяться относительно центра кручения M. Для поперечных сечений типа **A** значение ω_0 следует прибавить к каждому значению ω_i и ω_k, как указано в [1.3].
Для поперечных сечений типа **B и C** значение $\Delta\omega$ может быть рассчитано следующим образом:

$$\Delta\omega_i = \omega - \omega_O = z_M(y_i) - z_M(z_i),$$

где ω_O рассчитанная координата сектора относительно центра системы координат (O), выбранной для расчетов, согласно формулам вычисления ω_k, указанным в [1.3];
ω измененная координата сектора относительно центра срезывания M y_M;
z_M расстояние между центром кручения M и центром системы координат B.

Измененные значения ω могут быть получены путем прибавления значения $\Delta\omega$ к значениям ω_O, полученным по формулам, указанным в [1.3].
Измененное значение ω должно быть равно нулю в местах пересечения поперечного сечения с осью симметрии (диаметральной плоскостью для сечений судна).

Рис. 2
Поперечные сечения типа A

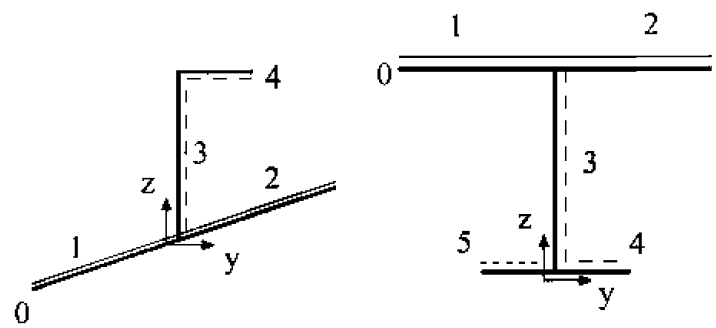


Рис. 3
Поперечные сечения типа B

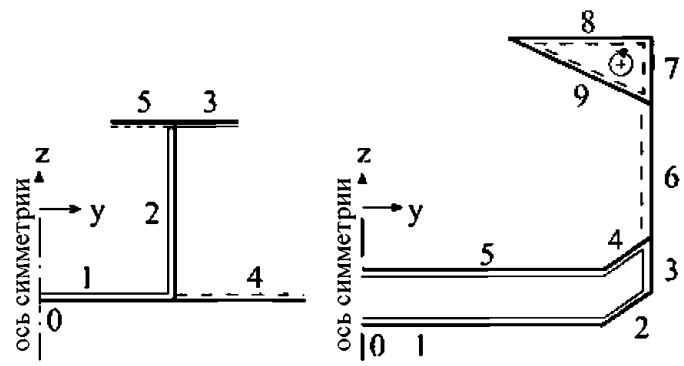
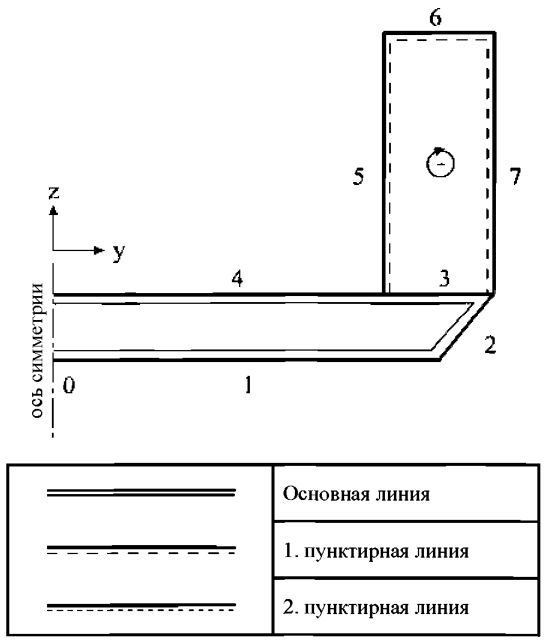


Рис. 4
Поперечное сечение типа С



Обозначение типов линий (номеров в конкретных частях поперечных сечений) устанавливает последовательность вычислений для этих конкретных частей и, соответственно, направление текущей координаты *s*.

2 Примерный расчет поперечного сечения корпуса судна с одинарными бортами

2.1 Данные поперечного сечения

2.1.1 Поперечное сечение показано на рис. 5. Координаты узловых точек, отмеченных черными кружками на рис. 5, указаны в табл. 1, а толщины листов обшивки и сегменты линии (отмеченные кружками на рис. 5) поперечного сечения указаны в табл. 2.

Рис. 5
Поперечное сечение корпуса судна с одинарными бортами

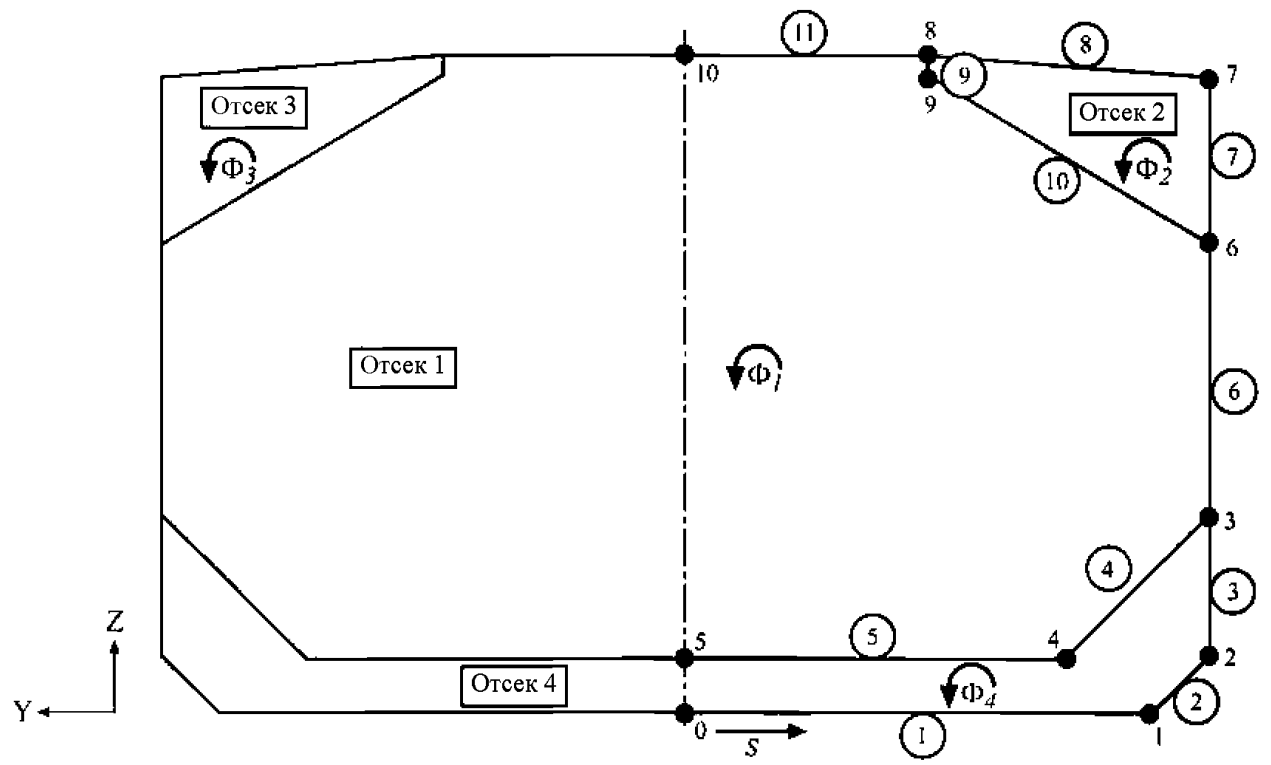


Таблица 1

Узловые координаты сечения

Номер узла	Координата по оси *Y*	Координата по оси *Z*
0	0,00	0,00
1	14,42	0,00
2	16,13	1,72
3	16,13	6,11
4	11,70	1,68
5	0,00	1,68
6	16,13	14.15
7	16,13	19,6
8	7,50	20,25
9	7,50	19.63
10	0,00	20,25

2.2 Определение функции кручения *Ф*

2.2.1 Первым шагом является построение линейной системы уравнений для определения функции кручения *Ф* каждого закрытого отсека. Поперечное сечение и отсеки показаны на рис. 5.

Таблица 2

Размеры и узлы сегментов линии поперечного сечения

Линия №	Узел i	Узел k	y_i	z_i	y_k	z_k	Длина	Толщина
1	0	1	0,00	0,00	14,42	0,00	14,42	0,017
2	1	2	14,42	0,00	16,13	1,72	2,43	0,017
3	2	3	16,13	1,72	16,13	6,11	4,39	0,018
4	3	4	16,13	6,11	11,70	1,68	6,26	0,019
5	4	5	11,70	1,68	0,00	1,68	11,70	0,021
6	3	6	16,13	6,11	16,13	14,15	8,04	0,018
7	6	7	16,13	14,15	16,13	19,6	5,45	0,021
8	7	8	16,13	19,60	7,50	20,25	8,65	0,024
9	8	9	7,50	20,25	7,50	19,63	0,62	0,024
10	9	6	7,50	19,63	16,13	14,15	10,22	0,015
11	8	10	7,50	20,25	0,00	20,25	7,50	0,012

Для рассматриваемых 4 отсеков (отмеченных прямоугольниками на рис. 5) поперечного сечения можно разработать следующую систему уравнений для определения функции кручения Φ. Необходимо отметить, что следует учитывать направление вращения (направления вращения для функций кручения Φ_i должны указывать одно и то же направление для всех значений функций Φ_i для создания системы уравнений).

$$\begin{aligned}
&\sum_{1} s/t\,\Phi_1 && -\sum_{1-2} s/t\,\Phi_2 && -\sum_{1-3} s/t\,\Phi_3 && -\sum_{1-4} s/t\,\Phi_4 && = 2\sum_{1} A;\\
&-\sum_{1-2} s/t\,\Phi_1 && +\sum_{2} s/t\,\Phi_2 && && && = 2\sum_{2} A;\\
&-\sum_{1-3} s/t\,\Phi_1 && && +\sum_{3} s/t\,\Phi_3 && && = 2\sum_{3} A;\\
&-\sum_{1-4} s/t\,\Phi_1 && && && +\sum_{4} s/t\,\Phi_4 && = 2\sum_{4} A;
\end{aligned}$$

Коэффициенты матрицы могут быть рассчитаны следующим образом:

$$\sum_{1} s/t = \frac{2\cdot 11700}{21} + \frac{2\cdot 6265}{19} + \frac{2\cdot 8040}{18} + \frac{2\cdot 10223}{15} + \frac{2\cdot 620}{24} + \frac{2\cdot 7500}{12} = 5331{,}81;$$

$$\sum_{2} s/t = \frac{10223}{15} + \frac{5450}{21} + \frac{620}{24} + \frac{8654}{24} = 1327{,}48;$$

$$\sum_{3} s/t = 1327{,}48;$$

$$\sum_{4} s/t = \frac{2\cdot 14420}{17} + \frac{2\cdot 11700}{21} + \frac{2\cdot 6265}{19} + \frac{2\cdot 2425}{17} + \frac{2\cdot 4390}{18} = 4243{,}34;$$

$$\sum_{1-2} s/t = \frac{10223}{15} + \frac{620}{24} = 707{,}36;$$

$$\sum_{1-3} s/t = 707{,}36;$$

$$\sum_{1-4} s/t = \frac{2\cdot 11700}{21} + \frac{2\cdot 6265}{19} = 1773{,}76.$$

Площади отсеков могут быть рассчитаны следующим образом:

$2 \sum_{1} A = 2 \cdot 2 \cdot 260{,}72 = 1042{,}90$ м^2;

$2 \sum_{2} A = 2 \cdot 26{,}19 = 52{,}38$ м^2;

$2 \sum_{3} A = 52{,}38$ м^2;

$2 \sum_{4} A = 2 \cdot 2 \cdot 35{,}44 = 141{,}76$ м^2.

С этими результатами матрица коэффициентов принимает вид:

$$
\begin{array}{lllll}
5331{,}81\,\Phi_1 & -707{,}360\,\Phi_2 & -707{,}36\,\Phi_3 & -1773{,}76\,\Phi_4 & = 1042{,}90; \\
-707{,}36\,\Phi_1 & +1327{,}48\,\Phi_2 & & & = 52{,}38; \\
-707{,}36\,\Phi_1 & & +1327{,}48\,\Phi_3 & & = 52{,}38; \\
-1773{,}76\,\Phi_1 & & & +4243{,}34\,\Phi_4 & = 141{,}76;
\end{array}
$$

Решение системы уравнений дает значения:

$\Phi_1 = 0{,}3018$;
$\Phi_2 = 0{,}2003$;
$\Phi_3 = 0{,}2003$;
$\Phi_4 = 0{,}1596$.

2.3 Определение свойств сегмента линии

2.3.1 Следующим шагом является определение значения ω_k по формулам, указанным в [1.3]. "*s*" начинается в точке 0 (рис. 5) при $\omega_i = 0$ и продолжается от точки 0 до точек 1, 2, 3, 4 и далее до точки 5. Следует отметить, что член уравнения $\Phi\,(l_i/t_i)$ относится к сегментам линии от 1 до 3 (между точками 0 и 3), рассчитанный как $\Phi_4\,(l_{1\ldots3}/t_{1\ldots3})$, в то время как для сегментов линии 4 и 5 данный член уравнения приобретает вид $(\Phi_4 - \Phi_1)\,(l_{4\ldots5}/t_{4\ldots5})$, так как сегменты линии 4 и 5 являются общими стенками отсека 4 и отсека 1. Направление вращения для функций кручения вместе с направлением интеграции (направление пути, которому необходимо следовать в процессе расчетов), определяет алгебраический знак для данного члена уравнения.

Для сегмента линии 6 ω_i получает значение в точке 3 и $\Phi\,(l_i/t_i) = \Phi_1\,(l_6/t_6)$. "*s*" следует по пути от точки 6 к точкам 7, 8, 9 и обратно к точке 6. Общая стенка между отсеком 2 и отсеком 1 должна учитываться для членов уравнения, которые включают функцию кручения *Ф*. Для сегмента линии 11 между точками 8 и 10 ω_i получает значение в точке 8. Остальные свойства сегментов линии могут быть рассчитаны по формулам, указанным в [1.3].

2.4 Определение свойств поперечного сечения

2.4.1 После суммирования свойств сегментов линии можно рассчитать свойства поперечного сечения, как указано в [1.4].

Координата сектора должна быть изменена относительно центра кручения, как указано в [1.4].

В результате вычислений получаются координаты сектора, как указано в табл. 3.

Таблица 3

Координаты сектора для поперечного сечения, показанного на рис. 5

Точка *i*	$\omega_{O,i}$	$\Delta\omega_i$	ω_i
0	0,00	0,00	0,00
1	-135,97	84,99	-50,98
2	-134,04	95,07	-38,97
3	-102,32	95,07	-7,25
4	-99,49	68,96	-30,53
5	-0,06	0,00	-0,06
6	-108,20	95,07	-13,13
7	-72,30	95,07	22,77
8	35,07	44,21	79,27
9	33,08	44,21	77,28
10	-2,75	0,00	-2,75

2.5 Примечания

2.5.1 Для навалочного судна с одинарными бортами поперечное сечение корпуса обычно упрощается сечением с четырьмя отсеками прямоугольной формы (отсек 1 – грузовой трюм, отсеки 2 и 3 – бортовые цистерны и отсек 4 – скуловые цистерны и двойное дно, как показано в примере для вычислений), в то время, как поперечное сечение корпуса навалочного судна с двойными бортами можно упростить до поперечного сечения только с двумя закрытыми отсеками (отсек 1 – грузовой трюм, отсек 2 – двойной корпус). Для толщины листа элементов линии с переменной толщиной может использоваться суммарная толщина листов обшивки, которая рассчитывается по следующим формулам:

$$t_{eq} = \frac{t_1 l_1 + t_2 l_2 + ... + t_i l_i + ... + t_k l_k}{\sum_{i=1}^{k} l_i}.$$

Вследствие упрощения значение координаты сектора ω может быть отличным от 0 на пересечении поперечного сечения и диаметральной плоскости. Разница между значением координаты сектора ω и значением крутящего момента инерции I_T для упрощенного поперечного сечения в обычных случаях составляет менее 3 % по сравнению со значениями исходного поперечного сечения.

Глава 9

Другие конструкции

Раздел 1. Носовая часть

Раздел 2. Кормовая часть

Раздел 3. Машинное помещение

Раздел 4. Надстройки и рубки

Раздел 5. Крышки люков

Раздел 6. Устройство отверстий в корпусе и надстройке

РАЗДЕЛ 1. НОСОВАЯ ЧАСТЬ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

L_2 длина согласно Правилам, L, принимается не более 300 м;

T_B минимальная осадка в балласте, м, для судна в нормальном балласте;

k коэффициент материала, как указано в главе 3, раздел 1, [2.2];

m коэффициент, принимаемый равным:

m = 10 – для вертикальных ребер жесткости;

m = 12 – для прочих ребер жесткости;

τ_a допустимое касательное напряжение, Н/мм^2, принимается равным:

$$\tau_a = \frac{R_Y}{\sqrt{3}};$$

s расстояние между обычными ребрами жесткости, м, измеренное по среднему пролету хорды;

l пролет обычных ребер жесткости, м, измеренный по хорде между главными несущими элементами, см. главу 3, раздел 6, [4.2];

c_a соотношение геометрических размеров панели, равное:

$$c_a = 1{,}21\sqrt{1 + 0{,}33\left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0{,}69\frac{s}{l}, \text{ но не более } 1{,}0;$$

c_r коэффициент кривизны панели, равный:

$$c_r = 1 - 0{,}5\frac{s}{r}, \text{ но не менее } 0{,}4;$$

r радиус кривизны, м.

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Требования данного Раздела применяются к следующим конструкциям:

- конструкциям, расположенным в нос от таранной переборки, а именно:
  - к конструкциям форпика;
  - к форштевню;
- подкреплениям в носовом районе развала бортов, в соответствии с [4.1];
- подкреплениям носового района плоского днища, в соответствии с [5.1].

1.2 Толщины нетто

1.2.1 Как указано в главе 3, раздел 2, все толщины, на которые имеются ссылки в данном Разделе, являются толщинами нетто, т.е. в них отсутствуют прибавки на коррозию. Полные толщины указаны в главе 3, раздел 2, [3].

2 Расположение

2.1 Принципы расположения конструкций

2.1.1 Общие положения

Размеры связей наружной обшивки корпуса, верхней палубы и второго дна, если имеются, должны сужаться в направлении носовой оконечности.

Особого рассмотрения требует непрерывность конструкции главных элементов продольного набора, чтобы избежать внезапных изменений сечения.

Конструкции, находящиеся в пределах форпика, такие как платформы, палубы, горизонтальные кольцевые шпангоуты или бортовые стрингеры должны опоясывать конструкции в корму, входя в грузовой трюм.

Если конструкция внутреннего корпуса заканчивается на таранной переборке, непрерывность конструкции должна быть обеспечена в нос после таранной переборки путем установки соответствующей конструкции с сужающимися кницами.

Продольные ребра жесткости настила палубы, днищевой и бортовой обшивок должны быть продолжены вперед в нос, насколько это практически возможно.

Все шпангоуты наружной обшивки и ребра жесткости границ цистерн должны быть непрерывными или иметь на концах кницы.

При установке книц для обеспечения непрерывности конструкции от носовой оконечности до 0,15L в корму от носового перпендикуляра должны использоваться кницы с фланцами.

2.1.2 Конструкции в цистернах

Если пики используются как цистерны, стенки стрингеров должны иметь пояски или на их внутренних кромках должен быть установлен полосовой профиль.

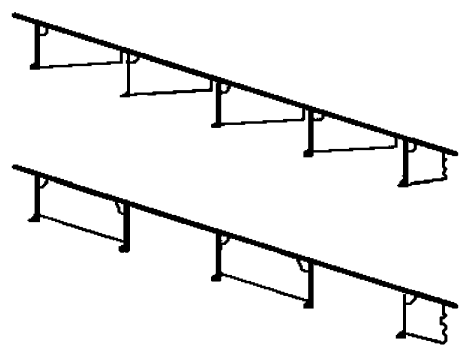
Стрингеры должны входить в таранную переборку так, чтобы передавать нагрузки надлежащим образом.

2.2 Подкрепляющие бракеты

2.2.1 Для пиковых и иных танков, расположенных в нос от таранной переборки с элементами системы поперечного набора, между главными несущими элементами, палубами и/или платформами должны быть установлены подкрепляющие бракеты, находящиеся друг от друга на расстоянии не более 2,6 м по вертикали, как показано на рис. 1,

Построечная толщина подкрепляющих бракет должна быть не менее построечной толщины стенок боковых шпангоутов, к которым они присоединяются.

Рис. 1
Подкрепляющие бракеты



2.3 Флоры и днищевые стрингеры

2.3.1 В случае отсутствия переборки в диаметральной плоскости должен быть установлен центральный днищевой стрингер.

Как правило, минимальная высота флора в диаметральной плоскости и вертикального киля должна быть не менее требуемой высоты двойного дна носового грузового трюма.

2.3.2 Сплошные флоры

В случае установки поперечной системы набора, сплошные флоры должны быть установлены на каждом шпангоуте.

В случае установки продольной системы набора расстояние между сплошными флорами должно быть не более 3,5 м или четырех шпаций поперечных шпангоутов, в зависимости от того, что меньше.

2.3.3 Днищевые стрингеры

В случае установки поперечной системы набора расстояние между днищевыми стрингерами не должно превышать 2,5 м.

В случае установки продольной системы набора расстояние между днищевыми стрингерами не должно превышать 3,5 м.

3 Модель нагрузки

3.1 Точка приложения нагрузки

3.1.1 Если не указано иное, боковое давление рассчитывается в точках приложения нагрузки согласно:

главе 6, раздел 1, [1.5] – для обшивки;

главе 6, раздел 2, [1.4] – для ребер жесткости.

3.2 Давление в районе носа

3.2.1 Боковое давление для неповрежденного судна

Давление в районе носа, кН/м^2, принимается равным $(p_S + p_W)$,

где p_S, p_W гидростатическое давление и максимальное гидродинамическое давление для вариантов нагрузки “H”, “F”, “R” и “P” согласно главе 4, раздел 5.

3.2.2 Боковое давление при проведении испытаний

Боковое давление p_T при проведении испытаний указано в главе 4, раздел 6, [4].

3.2.3 Элементы наружной обшивки

Боковое давление на тихой воде и волновое боковое давление должны вычисляться, отдельно учитывая:

внешнее давление на тихой воде и внешнее волновое давление;

давление на тихой воде и внутреннее волновое давление, рассматривая отсек, примыкающий к наружной обшивке, как загруженный отсек. Если отсек, примыкающей к наружной обшивке, предназначен для перевозки жидкостей, давление на тихой воде и внутреннее волновое давление должны быть уменьшены в соответствии с внешним давлением на тихой воде и внешним волновым давлением.

3.2.4 Элементы, не являющиеся элементами наружной обшивки

Боковое давление на тихой воде и боковое волновое давление, которые рассматриваются как оказывающие действие на элемент, разделяющий два смежных отсека, определяются с учетом того, что каждый из этих двух смежных отсеков заполнен.

3.3 Давление в носовом районе развала бортов

3.3.1 Давление в носу p_{FB}, кН/м^2, должно определяться согласно главе 4, раздел 5, [4.1].

3.4 Давление днищевого слемминга

3.4.1 Давление днищевого слемминга p_{SL}, кН/м^2, в носовом районе плоского днища определяется согласно главе 4, раздел 5, [4.2].

4 Размеры связей

4.1 Подкрепление в носовом районе развала бортов

4.1.1 Носовой район развала бортов, который должен быть подкреплен, продолжается в нос от $0{,}9L$ от кормовой оконечности и выше нормальной балластной ватерлинии в соответствии с применимыми требованиями [4.2] – [4.4].

4.2 Листовые элементы

4.2.1 Толщина нетто обшивки должна быть не менее толщины, определенной по формулам, указанным в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Минимальная толщина нетто обшивки

Минимальная толщина нетто, мм	
Днище	$5{,}5 + 0{,}03L$
Борт	$0{,}85L^{1/2}$
Второе дно	$5{,}5 + 0{,}03L$
Расчетная палуба	$4{,}5 + 0{,}02L$
Платформа и отбойная переборка	6,5

Таблица 2

Толщина нетто обшивки

Толщина нетто, мм	
Неповрежденное судно	$t = 15{,}8 c_a c_r s \sqrt{\frac{p_s + p_w}{0{,}7R_y}}$
Носовой район развала бортов	$t = 15{,}8 c_a c_r s \sqrt{\frac{p_{FB}}{0{,}7R_y}}$
При проведении испытаний	$t = 15{,}8 c_a c_r s \sqrt{\frac{p_T}{1{,}05R_y}}$

4.3 Обычные ребра жесткости

4.3.1 Общие положения

Требования данного подпункта применимы к обычным ребрам жесткости, которые рассматриваются, как имеющие с обоих концов зажимы. Для других граничных условий должен производиться расчет прочности в зависимости от конкретного случая.

4.3.2 Размеры нетто обычных ребер жесткости должны соответствовать требованиям главы 6, раздел 2, [2.3].

4.3.3 Толщина нетто стенки обычного ребра жесткости, мм, должна быть не менее большего из нижеуказанных значений:

$t = 3{,}0 + 0{,}015L_2$;

40 % предложенной толщины нетто присоединенной обшивки;

и должна быть менее удвоенной предложенной толщины нетто присоединенной обшивки.

4.3.4 Размеры связей нетто однопролетных обычных ребер жесткости должны быть не менее значений, определенных по формулам, указанным в табл. 3.

Таблица 3

Размеры связей нетто однопролетных обычных ребер жесткости

Тип ребра жесткости	**Момент сопротивления сечения нетто w, см^3**	**Площадь среза сечения нетто A_{sh}, см^2**
Однопролетные обычные ребра жесткости под боковым давлением	$w = \dfrac{(p_S + p_W)\, s l^2}{0{,}9\, m R_Y} 10^3$	$A_{sh} = \dfrac{5 (p_S + p_W)\, s l}{\tau_a \sin \phi}$
Однопролетные обычные ребра жесткости, расположенные в носовом районе развала бортов	$w = \dfrac{p_{FB}\, s l^2}{0{,}9\, m R_Y} 10^3$	$A_{sh} = \dfrac{5 p_{FB}\, s l}{\tau_a \sin \phi}$
Однопролетные обычные ребра жесткости под испытательным давлением	$w = \dfrac{p_T s l^2}{1{,}05\, m R_Y} 10^3$	$A_{sh} = \dfrac{5 p_T s l}{10{,}5\, \tau_a \sin \phi}$
где ϕ угол, град, между стенкой ребра жесткости и листом наружной обшивки, измеренный в середине пролета ребра жесткости. Если ϕ менее 75, должны быть внесены поправки.		

4.3.5 Максимальное нормальное напряжение σ и касательное напряжение τ многопролетного обычного ребра жесткости должны соответствовать формулам, указанным в табл. 4.

Максимальное нормальное напряжение σ и касательное напряжение τ многопролетного обычного ребра жесткости определяются при помощи прямого расчета с учетом следующих факторов:

распределения давления на тихой воде и волновых давления и сил, если имеются;

количества и расположения промежуточных опор (палубы, балки и т.п.);

состояния крепления концов ребер жесткости и промежуточных опор;

геометрических характеристик ребра жесткости промежуточного пролета.

Таблица 4

Критерии проверки многопролетных обычных ребер жесткости

Состояние	**Неповрежденное судно**	**При проведении испытаний**
Нормальное напряжение	$\sigma \le 0{,}9 R_Y$	$\sigma \le 1{,}05 R_Y$
Касательное напряжение	$\tau \le \tau_a$	$\tau \le 1{,}05\, \tau_a$

4.4 Главные несущие элементы

4.4.1 Минимальная толщина

Толщина нетто стенки главных несущих элементов, мм, должна быть не менее значения, определяемого по следующей формуле:

$$t = 0{,}7 \sqrt{L_2}.$$

4.4.2 Поперечные бортовые балки

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3 , и площадь среза сечения нетто A_{sh}, см^2 , поперечных бортовых балок должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{(p_S + p_W)\, s l^2}{0{,}9\, m R_Y} 10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5 (p_S + p_W)\, s l}{\tau_a \sin \phi}.$$

Дополнительно момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь среза сечения нетто A_{sh}, см^2, поперечных бортовых балок, расположенных в пределах носового района развала бортов, должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{p_{FB} s l^2}{0{,}9 m R_Y} 10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5 p_{FB} s l}{\tau_a \sin\phi}.$$

4.4.3 Днищевые стрингеры

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь среза сечения нетто A_{sh}, см^2, днищевых стрингеров должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{(p_S + p_W) s l^2}{0{,}9 m R_Y} 10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5 (p_S + p_W) s l}{\tau_a \sin\phi}.$$

Дополнительно момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь среза сечения нетто A_{sh}, см^2, днищевых стрингеров, расположенных в пределах носового района развала бортов, должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{p_{FB} s l^2}{0{,}9 m R_Y} 10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5 p_{FB} s l}{\tau_a \sin\phi}.$$

4.4.4 Главные несущие элементы палубы

Размеры сечения главных несущих элементов палубы должны соответствовать главе 6, раздел 4, с учетом нагрузок, указанных в [3.2] и [3.3].

5 Подкрепление носового района плоского днища

5.1 Область применения

5.1.1 Носовой район плоского днища, который должен иметь подкрепление, представляет собой плоскую часть днища судна, продолжающуюся в нос от $0{,}2 V\sqrt{L_2}$ от конца носового перпендикуляра до высоты $0{,}05T_B$ или 0,3 м выше основной линии, в зависимости от того, что меньше.

5.2 Днищевая обшивка

5.2.1 Толщина нетто, мм, носового района плоского днища должна быть не менее:

$$t = 15{,}8 C_a C_r s \sqrt{\frac{C_s P_{SL}}{R_{eH}}},$$

где C_s коэффициент, относящийся к участку нагрузки ударного давления, принимаемый равным:
C_s = 1,0, если между обычными ребрами жесткости не предусмотрены промежуточные элементы продольного набора;
C_s = 1,3, если между обычными ребрами жесткости предусмотрены промежуточные элементы продольного набора.

5.2.2 Для судов с повышением флора подкрепленная обшивка должна продолжаться, как минимум, до обвода скулы.

5.3 Обычные ребра жесткости

5.3.1 Момент сопротивления сечения нетто, см^3, обычных ребер жесткости поперечной или продольной системы набора носового района плоского днища должен быть не менее:

$$w = \frac{C_s P_{SL} s l^2}{16 R_{eH}} 10^3,$$

где C_s коэффициент, как указано в [5.2.1].

5.3.2 Площадь среза нетто, см^3, обычных ребер жесткости поперечной или продольной системы набора носового района плоского днища должна быть не менее:

$$A = \frac{5\sqrt{3}\, P_{SL} s (l - 0{,}5 s)}{R_{eH} \sin \phi}.$$

Площадь сварных соединений должна быть, как минимум, в два раза больше данного значения.

5.4 Главные несущие элементы

5.4.1 Стрингеры

Толщина нетто стрингеров в носовом районе двойного дна, мм, должна быть не менее наибольшего значения $t_1 - t_3$, определяемого по следующим формулам для каждого расположения:

$$t_1 = \frac{c_a p_{SL} S l}{2 (d_0 - d_1) \tau_a};$$

$$t_2 = 1{,}75 \sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C_1'}}\, t_1;$$

$$t_3 = \frac{C_1'' a}{\sqrt{k}},$$

где c_A коэффициент, принимаемый равным:
$c_A = 3/A$ при $0{,}3 \le c_A \le 1{,}0$;
A площадь нагружения, м^2, между опорами рассматриваемой конструкции;
p_{SL} как указано в [3.4];
S шпация рассматриваемых стрингеров, м;
l расстояние между рассматриваемыми флорами, м.
d_0 высота рассматриваемых вертикального киля или днищевого стрингера,м;
d_1 глубина выреза, если имеется, в рассматриваемой точке, м;
H значение, определяемое по следующим формулам:

(а) если в балке имеется вырез без подкрепления: $H = 1 + 0{,}5 \frac{\phi}{\alpha}$;

(б) в остальных случаях: $H = 1{,}0$;

ϕ основной диаметр выреза, м;
α наибольшее из значений a или S_1, м;
a высота балок в рассматриваемой точке, м. Однако, если на балке установлены горизонтальные ребра жесткости, a является расстоянием от рассматриваемого горизонтального ребра жесткости до наружной днищевой обшивки или обшивки второго дна, или расстоянием между рассматриваемыми горизонтальными ребрами жесткости;
S_1 расстояние, м, между рассматриваемыми вертикальными обычными ребрами жесткости или флорами;
C_1' коэффициент, полученный из табл. 5 в зависимости от S_1/a. Для промежуточных значений S_1/a, C_1' определяется линейной интерполяцией;
C_1'' коэффициент, полученный из табл. 6 в зависимости от S_1/a. Для промежуточных значений S_1/a, C_1'' определяется линейной интерполяцией.

Таблица 5

Коэффициент C_1'

$\frac{S_1}{a}$	0,3 и менее	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4 и более
C_1'	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

Таблица 6

Коэффициент C_1''

$\frac{S_1}{a}$		0,3 и менее	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6 и более
C_1''	Вертикальный киль	4,4	5,4	6,3	7,1	7,7	8,2	8,6	8,9	9,3	9,6	9,7
	Днищевой стрингер	3,6	4,4	5,1	5,8	6,3	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	8,0

5.4.2 Флоры

Толщина нетто флоров в носовом районе двойного дна должна быть не менее наибольшего значения $t_1 - t_3$, определяемого по следующим формулам для каждого расположения:

$$t_1 = \frac{c_A p_{SL} S l}{2(d_0 - d_1)\tau_a};$$

$$t_2 = 1{,}75\sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C_2'}}\, t_1;$$

$$t_3 = \frac{8{,}5 S_2}{\sqrt{k}},$$

где c_A как указано в [5.4.1];

p_{SL} как указано в [3.4];

S расстояние между рассматриваемыми сплошными флорами, м;

l расстояние между рассматриваемыми балками, м;

d_0 высота сплошного флора в рассматриваемой точке, м;

d_1 глубина выреза, если имеется, в рассматриваемой точке, м;

H значение, определяемое по следующим формулам:

а) если в сплошных флорах имеется вырез с подкреплением или отсутствуют вырезы:

1) если имеются прорези без подкрепления:

$$H = \sqrt{4{,}0\frac{d_2}{S_1}} - 1{,}0, \text{ но не менее } 1{,}0;$$

2) если имеются прорези с подкреплением: H =1,0;

б) если в сплошных флорах имеется вырез без подкрепления:

1) если имеются прорези без подкрепления:

$$H = (1 + 0{,}5\frac{\phi}{d_0})\sqrt{4{,}0\frac{d_2}{S_1}} - 1{,}0, \text{ но не менее } 1 + 0{,}5\frac{\phi}{d_0};$$

2) если имеются прорези с подкреплением:

$$H = 1 + 0{,}5\frac{\phi}{d_0};$$

d_2 глубина прорезей без подкрепления в верхних и нижних частях сплошных флоров, м, в зависимости от того, что больше;

S_1 расстояние, м, между рассматриваемыми вертикальными обычными ребрами жесткости или балками;

ϕ основной диаметр выреза, м;

a высота сплошного флора в рассматриваемой точке, м. Однако, если на флоре установлены горизонтальные ребра жесткости, a является расстоянием от рассматриваемого горизонтального ребра жесткости до наружной днищевой обшивки или обшивки второго дна, или расстоянием между рассматриваемыми горизонтальными ребрами жесткости;

S_2 наименьшее значение S_1 или a, м;

C_2' коэффициент, указанный в табл. 7 в зависимости от S_1/d_0. Для промежуточных значений S_1/d_0, C_2' определяется линейной интерполяцией.

Таблица 7

Коэффициент C_2'

$\frac{S_1}{d_0}$	0,3 и менее	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4 и более
C_2'	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

6 Форштевень

6.1 Брусковый форштевень

6.1.1 Полная площадь сечения, см^2, брускового форштевня ниже грузовой ватерлинии должна быть не менее:

$A_b = 1{,}25L.$

6.1.2 Начиная от грузовой ватерлинии, площадь сечения брускового форштевня может быть уменьшена по направлению к верхнему концу до $0{,}75A_b$.

6.2 Листовой форштевень и бульбообразные обводы носовой оконечности

6.2.1 Полная толщина, мм, должна быть не менее значений, определяемых по следующей формуле:

$t = (0{,}6 + 0{,}4\,s_B)\,(0{,}08\,L + 6)\,\sqrt{k}$, но не более $22\sqrt{k}$,

где s_B расстояние, м, между горизонтальными стрингерами (частичными или полными), брештуками или аналогичными горизонтальными элементами подкрепляющего набора. Полная толщина листа обшивки должна быть не менее толщины нетто, полученной согласно [4.2], плюс прибавка на коррозию t_C согласно главе 3, раздел 3.

Размеры сечения обычных ребер жесткости определяются согласно [4.3].

6.2.2 Начиная с 0,6 м выше грузовой ватерлинии до $T + C$, полная толщина может быть постепенно уменьшена до $0{,}8t$, где t является полной толщиной, как указано в [6.2.1].

6.2.3 Листовые форштевни и бульбообразные обводы носовой оконечности должны подкрепляться брештуками и/или шпангоутами.

7 Бак

7.1 Общие положения

7.1.1 Закрытый бак должен устанавливаться на палубе надводного борта.

Кормовая переборка закрытого бака должна устанавливаться в районе или в корму от носовой переборки носового грузового трюма, как показано на рис. 3.

7.1.2 Высота бака H_F над главной палубой должна быть не менее наибольшего из следующих значений:

стандартной высоты надстройки, как указано в главе 1, раздел 4, [3.18];

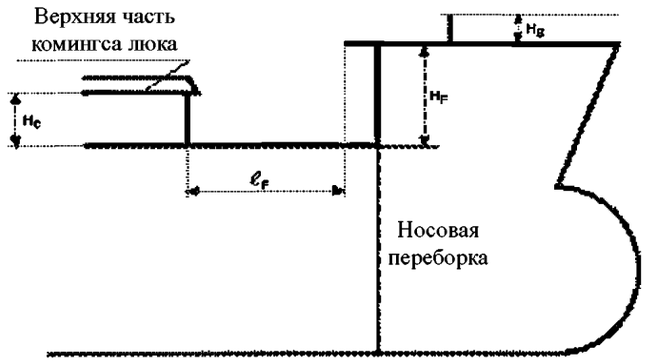
H_C + 0,5 м, где H_C является высотой поперечного носового комингса люка носового грузового трюма, т.е. грузового трюма №.1.

7.1.3 Все точки кормовой кромки палубы бака должны располагаться на расстоянии менее или равном l_F:

$l_F = 5\sqrt{H_F - H_C}$

от стенки комингса люка для передачи уменьшенной нагрузки на поперечный носовой комингс люка грузового трюма №.1 и крышку люка грузового трюма №.1 в соответствии с главой 9, раздел 5, [6.2.2] и главой 9, раздел 5, [7.3.8].

Рис. 2
Бак



7.1.4 Установка волнореза на палубе бака для защиты комингса люка или крышки люка не допускается. В случае необходимости установки для иных целей, волнорез должен располагаться таким образом, чтобы отстояние его верхней кромки в диаметральной плоскости было не менее значения H_B/tan20° в нос от кормовой кромки палубы бака, где H_B является высотой волнореза выше бака (см. рис. 2).

РАЗДЕЛ 2. КОРМОВАЯ ЧАСТЬ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

L_1 длина согласно Правилам, L, принимается не более 200 м;

L_2 длина согласно Правилам, L, принимается не более 300 м;

k коэффициент материала, как указано в главе 3, раздел 1, [2.2];

Z_{TOP} координата по оси Z, м, верхней точки цистерны;

m коэффициент, принимаемый равным:

$m = 10$ – для вертикальных ребер жесткости;

$m = 12$ – для прочих ребер жесткости;

τ_α допустимое касательное напряжение, Н/мм^2, принимается равным:

$$\tau_\alpha = \frac{R_Y}{\sqrt{3}};$$

s расстояние между обычными ребрами жесткости, м, измеренное по среднему пролету хорды;

l пролет обычных ребер жесткости, м, измеренный по хорде между главными несущими элементами, см. главу 3, раздел 6, [4.2];

c_a соотношение геометрических размеров панели, равное:

$$c_a = 1{,}21\sqrt{1 + 0{,}33\left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0{,}69\frac{s}{l},$$ но не более 1,0;

c_r коэффициент кривизны панели, равный:

$$c_r = 1 - 0{,}5\frac{s}{r},$$ но не менее 0,4;

r радиус кривизны, м.

1 Общие положения

1.1 Введение

1.1.1 Требования данного Раздела применяются к размерам конструктивных связей, расположенных в корму от переборки ахтерпика и к подкреплениям кормового района плоского днища.

1.1.2 Конструкции ахтерпика, которые образуют границу между пространствами, не предназначенными для перевозки жидкостей и, которые не принадлежат к наружной обшивке, должны подвергаться боковому давлению при затоплении судна. Размеры конструктивных связей должны определяться согласно соответствующим критериям, указанным в главе 6.

1.2 Соединения кормовой части с конструкциями, расположенными в нос от переборки ахтерпика

1.2.1 Сужение

Должно быть обеспечено достаточное сужение размеров связей в кормовой части и связей, расположенных в нос от переборки ахтерпика.

Сужение должно быть таким, чтобы требования к размерам связей для обоих районов были соблюдены.

1.3 Размеры нетто

1.3.1 Как указано в главе 3, раздел 2, все толщины, на которые имеются ссылки в данном Разделе, являются толщинами нетто, т.е. в них отсутствуют прибавки на коррозию. Значения полной толщины указаны в главе 3, раздел 2, [3].

2 Модель нагрузки

2.1 Точка приложения нагрузки

2.1.1 Если не указано иное, боковое давление должно рассчитываться в точках приложения нагрузки согласно:
главе 6, раздел 1, [1.5] – для обшивки;
главе 6, раздел 2, [1.4] – для ребер жесткости.

2.2 Боковое давление

2.2.1 Боковое давление для неповрежденного судна
Давление в носовой части, кН/м^2, принимается равным $(p_S + p_W)$,

где p_S, p_W гидростатическое давление и максимальное гидродинамическое давление для случаев нагрузки "H", "F", "R" и "P" согласно главе 4, раздел 5.

2.2.2 Боковое давление при проведении испытаний
Боковое давление p_T при проведении испытаний определяется согласно главе 4, раздел 6, [4].

2.2.3 Элементы наружной обшивки
Боковое давление на тихой воде и боковое волновое давление должны вычисляться, отдельно учитывая:
внешнее давление на тихой воде и внешнее волновое давление;
давление на тихой воде и внутреннее волновое давление, рассматривая отсек, примыкающий к наружной обшивке, как загруженный отсек. Если отсек, примыкающей к наружной обшивке, предназначен для перевозки жидкостей, давление на тихой воде и внутреннее волновое давление должны быть уменьшены в соответствии с внешним давлением на тихой воде и внешним волновым давлением.

2.2.4 Элементы, не являющиеся элементами наружной обшивки
Боковое давление на тихой воде и боковое волновое давление, которые рассматриваются как оказывающие действие на элемент, разделяющий два смежных отсека, определяются с учетом того, что каждый из этих двух смежных отсеков заполнен.

3 Ахтерпик

3.1 Расположение

3.1.1 Общие положения
Обычно ахтерпик должен иметь поперечную систему набора.

3.1.2 Флоры
Сплошные флоры должны устанавливаться между каждым шпангоутом.
Высота флора должна соответствовать форме обводов корпуса. Если установлено дейдвудное устройство, высота флора должна продолжаться над дейдвудным устройством. Если обводы корпуса не позволяют продолжить флор до такой степени, то выше дейдвудного устройства должны устанавливаться листы надлежащей высоты с подкрепленными верхними и нижними кромками, прочно прикрепленными к шпангоутам.
В районе и рядом с рудерпостом, старнпостом и кронштейном руля флоры должны быть продолжены до верхней части цистерн пиков и должны быть увеличены по толщине. Увеличение толщины является предметом рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае, в зависимости от предлагаемого устройства.
Флоры должны иметь ребра жесткости, расположенные на расстоянии друг от друга не более 800 мм.

3.1.3 Бортовые шпангоуты

Бортовые шпангоуты должны продолжаться до палубы, расположенной выше полной грузовой ватерлинии.

Бортовые шпангоуты должны подкрепляться одной из следующих типов конструкций:
проницаемыми платформами с вырезами общей площадью не менее 10 % площади платформ;
днищевыми стрингерами, подкрепленными главными несущими элементами борта, соединенными с палубными поперечными связями.

3.1.4 Платформы и днищевые стрингеры

Платформы и днищевые стрингеры в пределах пика должны быть расположены в одной плоскости с элементами, расположенными непосредственно в носовом районе.

Если подобное расположение невозможно из-за обводов корпуса или требований доступа, непрерывность конструкции между пиком и конструкциями, расположенными непосредственно в носовом районе, должна обеспечиваться установкой широких сужающихся книц.

Если ахтерпик примыкает к машинному помещению, которое имеет продольную систему набора борта, днищевые стрингеры ахтерпика должны иметь сужающиеся кницы.

3.1.5 Продольные переборки

Продольные проницаемые переборки должны устанавливаться в диаметральной плоскости судна, обычно, в верхней части пика и подкрепляться ребрами жесткости между каждым шпангоутом.

Если свес кормы очень велик или максимальная ширина помещения, разделенного водонепроницаемыми и водоотбойными переборками, составляет более 20 м, может потребоваться установка дополнительных продольных водоотбойных переборок.

4 Размеры связей

4.1 Бортовая обшивка

4.1.1 Толщина нетто обшивки должна быть не менее толщины, определяемой по формулам, указанным в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Минимальная толщина нетто обшивки

Минимальная толщина нетто, мм	
Днище	$5,5 + 0,03L$
Борт	$0,85L^{1/2}$
Второе дно	$5,5 + 0,03L$
Расчетная палуба	$4,5 + 0,02L$
Платформа и отбойная переборка	6,5

Таблица 2

Толщина нетто обшивки

Толщина нетто, мм	
Неповрежденное судно	$t = 15,8 c_a c_r s \sqrt{\frac{p_s + p_w}{0,7 R_y}}$
При проведении испытаний	$t = 15,8 c_a c_r s \sqrt{\frac{p_T}{1,05 R_y}}$

4.2 Обычные ребра жесткости

4.2.1 Общие положения

Требования данного подпункта применимы к обычным ребрам жесткости, которые рассматриваются, как имеющие с обоих концов зажимы. Для других граничных условий должен производиться расчет прочности в зависимости от конкретного случая.

4.2.2 Размеры нетто обычных ребер жесткости должны соответствовать требованиям главы 6, раздел 2, [2.3].

4.2.3 Толщина нетто стенки обычного ребра жесткости, мм, должна быть не менее большего из нижеуказанных значений:

$t = 3{,}0 + 0{,}015L_2$;

40 % предложенной толщины нетто присоединенной обшивки;
и должна быть менее удвоенной предложенной толщины нетто присоединенной обшивки.

4.2.4 Размеры связей нетто однопролетных обычных ребер жесткости должны быть не менее значений, определяемых по формулам, указанным в табл. 3.

Таблица 3

Размеры связей однопролетных обычных ребер жесткости

Тип ребра жесткости	Момент сопротивления сечения нетто w, см^3	Площадь среза сечения нетто A_{sh}, см^2
Однопролетные обычные ребра жесткости под боковым давлением	$w = \dfrac{(p_S + p_W)\, s l^2}{0{,}9\, m R_Y} 10^3$	$A_{sh} = \dfrac{5(p_S + p_W)\, s l}{\tau_a \sin\phi}$
Однопролетные обычные ребра жесткости под испытательным давлением	$w = \dfrac{p_T s l^2}{1{,}05\, m R_Y} 10^3$	$A_{sh} = \dfrac{5 p_T s l}{1{,}05\, \tau_a \sin\phi}$
где ϕ угол, град, между стенкой ребра жесткости и листом наружной обшивки, измеренный в середине пролета ребра жесткости. Следует внести поправки, если ϕ менее 75.		

4.2.5 Максимальное нормальное напряжение σ и касательное напряжение τ многопролетного обычного ребра жесткости должны соответствовать формулам, указанным в табл. 4.
Максимальное нормальное напряжение σ и касательное напряжение τ многопролетного обычного ребра жесткости определяются прямым расчетом с учетом следующих факторов:
распределения давления на тихой воде и волновых давления и сил, если имеются;
количества и расположения промежуточных опор (палубы, балки и т.п.);
состояния крепления концов ребер жесткости и промежуточных опор;
геометрических характеристик ребра жесткости промежуточного пролета.

Таблица 4

Критерии проверки многопролетных обычных ребер жесткости

Состояние	Неповрежденное судно	При проведении испытаний
Нормальное напряжение	$\sigma \le 0{,}9 R_Y$	$\sigma \le 1{,}05 R_Y$
Касательное напряжение	$\tau \le \tau_a$	$\tau \le 1{,}05\, \tau_a$

4.3 Главные несущие элементы

4.3.1 Флоры

Толщина нетто флоров, мм, должна быть не менее толщины, определяемой по следующей формуле:

$t = 0{,}7\sqrt{L_2}$.

4.3.2 Поперечные бортовые балки

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3 , и площадь среза сечения нетто A_{sh}, см^2 , поперечных бортовых балок должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{(p_S + p_W)\, s l^2}{0{,}9\, m R_Y} 10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5\,(p_S + p_W)\, s l}{\tau_a \sin\phi}.$$

4.3.3 Днищевые стрингеры

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь среза сечения нетто A_{sh}, см^2, днищевых стрингеров должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{p_{FB} s l^2}{0{,}9\, m R_Y} 10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5 p_{FB} s l}{\tau_a \sin\phi}.$$

4.3.4 Главные несущие элементы палубы

Размеры сечения главных несущих элементов палубы должны соответствовать главе 6, раздел 4, с учетом нагрузок, указанных в [2.2].

5 Соединение конструкций корпуса с кронштейном руля

5.1 Соединение конструкций ахтерпика с кронштейном руля

5.1.1 Общие положения

Требования данного подпункта применяются к соединениям конструкции ахтерпика с кронштейном руля при ахтерштевне открытого типа с установленным кронштейном руля.

5.1.2 Кронштейн руля

Конструкция кронштейна руля должна обеспечить достаточный доступ для проведения сварочных работ и осмотра.

Размеры связей кронштейна руля, которые должны соответствовать главе 10, раздел 1, [9.2], могут постепенно сужаться внутри корпуса.

Соединение, выполненное сваркой через прорези, не допускается.

5.1.3 Конструкции корпуса

В месте пересечения кронштейна руля с наружной обшивкой и верхней частью цистерны пика вертикальное продолжение конструкций корпуса должно быть не менее высоты кронштейна руля, определяемое, как расстояние от пересечения кронштейна руля с наружной обшивкой до средней точки петли руля на кронштейне.

Толщина конструкций, примыкающих к кронштейну руля, таких как наружная обшивка, флоры, платформы и днищевые стрингеры, диаметральная переборка и любые другие конструкции, должна быть увеличена соответственно размерам связей кронштейна руля.

5.2 Устройство конструкций, расположенных над ахтерпиком

5.2.1 Поперечные бортовые балки

При установке кронштейна руля поперечные бортовые балки, соединенные с подпалубными бимсами, должны располагаться между платформой, образующей верхнюю часть цистерны ахтерпи-

ка и верхнюю открытую палубу. Расстояние между поперечными бортовыми балками должно быть не более:

2 шпаций шпангоутов в районе кронштейна руля;

4 шпаций шпангоутов в нос и корму от кронштейна руля;

6 шпаций шпангоутов в районе, примыкающем к переборке ахтерпика.

Поперечные бортовые балки должны устанавливаться с концевыми бракетами и располагаться в пределах юта. При отсутствии юта размеры связей поперечных бортовых балок, находящихся ниже верхней открытой палубы, должны быть увеличены соответственно размерам связей, полученным по формулам, указанным в [4.3.2].

5.2.2 Днищевые стрингеры

Если высота от верхней части цистерны пика до верхней палубы составляет более 2,6 м, а борт имеет систему поперечного набора, должны быть установлены один или более днищевых стрингеров, желательно в одной плоскости с аналогичными конструкциями, установленными в носу.

6 Ахтерштевни

6.1 Общие положения

6.1.1 Ахтерштевни могут быть выполнены из литой или кованой стали с пустым профилем, или изготавливаться из листа.

6.1.2 Ахтерштевни, выполненные из литой стали или изготовленные из листа, должны подкрепляться горизонтальными листами, установленными на достаточном расстоянии друг от друга.

Следует избегать резких изменений сечения отливок; у всех сечений должен быть достаточный радиус сужения.

6.2 Соединения

6.2.1 Соединение с конструкцией корпуса

Ахтерштевни должны иметь эффективное соединение с кормовой конструкцией, а нижняя часть ахтерштевня должна продолжаться в нос от рудерпоста на длину не менее $1500 + 6L$ мм для обеспечения эффективного соединения с килем. Однако не требуется, чтобы ахтерштевнь продолжался за пределы переборки ахтерпика.

Толщина нетто наружной обшивки, мм, соединенной с ахтерштевнем, должна быть не менее толщины, мм, определяемой по следующей формуле:

$$t = 8{,}5 + 0{,}045L.$$

6.2.2 Соединение с килем

Толщина нижней части ахтерштевней должна постепенно уменьшаться до толщины сплошного брускового киля или горизонтального киля.

Если установлен горизонтальный киль, нижняя часть ахтерштевня должна иметь конструкцию, обеспечивающую эффективное соединение с килем.

6.2.3 Соединение с траицевыми флорами

Рудерпосты и старнпосты должны соединяться с траицевыми флорами, имеющими высоту не менее высоты двойного дна и толщину нетто, мм, не менее толщины, определяемой по следующей формуле:

$$t = 9 + 0{,}023L_1.$$

6.2.4 Соединение с центральным кильсоном

Если ахтерштевнь выполнен из литой стали, на нижней части ахтерштевня должна быть установлена, насколько это практически возможно, стенка балки для соединения с центральным кильсоном.

6.3 Старнпосты

6.3.1 Полные размеры связей

Согласно главе 3, раздел 2 все размеры связей и размеры, указанные в [6.3.2] – [6.3.4], являются полными, т.е. включающими прибавку на коррозию.

6.3.2 Полные размеры связей старнпостов

Полные размеры связей старнпостов должны быть не менее размеров, определяемых по формулам, указанным в табл. 5 для одновинтовых судов и табл. 6 для двухвинтовых судов.

Размеры связей и пропорции старнпоста, отличающиеся от приведенных выше, могут считаться приемлемыми при условии, что момент сопротивления сечения старнпоста по продольной оси не менее момента сопротивления, рассчитанного по размерам связей старнпостов, указанных в табл. 5 или табл. 6, если применимо.

6.3.3 Момент сопротивления сечения ниже выкружки гребного вала

Если установлен старнпост без подошвы, момент сопротивления сечения старнпоста может быть постепенно уменьшен ниже выкружки гребного вала до 85 % значения, рассчитанного по размерам связей старнпостов, указанных в табл. 5 или табл. 6, если применимо.

В любом случае, толщины старнпостов должны быть не менее толщин, определяемых по формулам, указанным в таблицах.

6.3.4 Сварка сборного старнпоста с выкружкой гребного вала

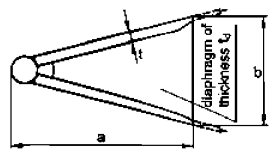
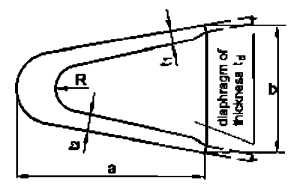
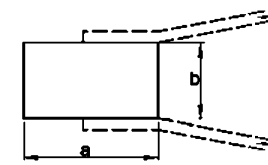
Сварка сборного старнпоста с выкружкой гребного вала производится согласно главе 11, раздел 2.

6.4 Выкружка гребного вала

6.4.1 У одновинтовых судов толщина выкружки гребного вала, включая старнпост, должна быть не менее 60 % размера b в соответствии с требованиями [6.3.2] для брусковых старнпостов прямоугольного сечения.

Таблица 5

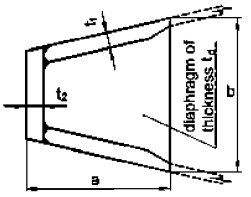
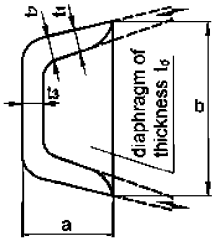
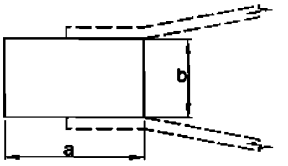
Одновинтовые суда – Полные размеры связей старнпостов

Полные размеры связей старнпостов, мм	Сборный старнпост	Литой старнпост	Литой или кованый старнпост прямоугольного сечения
			
a	$50\,L^{1/2}$	$33\,L^{1/2}$	$10\sqrt{7{,}2L - 256}$
b	$35\,L^{1/2}$	$23\,L^{1/2}$	$10\sqrt{4{,}6L - 164}$
t_1 (1)	$2{,}5\,L^{1/2}$	$3{,}2\,L^{1/2}$ принимается не менее 19 мм	–
t_2 (1)	–	$4{,}4\,L^{1/2}$ принимается не менее 19 мм	–
t_D	$1{,}3\,L^{1/2}$	$2{,}0\,L^{1/2}$	–
R	–	$50\,L^{1/2}$	–

(1) Толщины старнпоста t_1, и t_2, в любом случае, должны быть не менее $(0{,}05\,L + 9{,}5)$ мм.

Таблица 6

Двухвинтовые суда – Полные размеры связей старнпостов

Полные размеры связей старнпостов, мм	**Сборный старнпост**	**Литой старнпост**	**Литой или кованый старнпост прямоугольного сечения**
			
a	$25\,L^{1/2}$	$12{,}5\,L^{1/2}$	$2{,}4L + 6$
b	$25\,L^{1/2}$	$25\,L^{1/2}$	$0{,}8L + 2$
t_1 (1)	$2{,}5\,L^{1/2}$	$2{,}5\,L^{1/2}$	–
t_2 (1)	$3{,}2\,L^{1/2}$	$3{,}2\,L^{1/2}$	–
t_3	–	$4{,}4\,L^{1/2}$	–
t_D	$1{,}3\,L^{1/2}$	$2{,}0\,L^{1/2}$	–
(1) Толщины старнпоста t_1, t_2 и t_3, в любом случае, должны быть не менее $(0{,}05\,L + 9{,}5)$ мм.			

6.5 Дейдвудные устройства

6.5.1 Дейдвудные устройства

Толщина дейдвудных устройств является предметом рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае. Однако, ни в коем случае, она не может быть менее толщины бортовой обшивки, смежной с ахтерштевнем.

Если применяются различные материалы для дейдвудных устройств и бортовой обшивки, смежной с ахтерштевнем, толщина дейдвудного устройства должна быть, как минимум, равна толщине обшивки.

РАЗДЕЛ 3. МАШИННОЕ ПОМЕЩЕНИЕ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

k коэффициент материала, указанный в главе 3, раздел 1, [2.2];

P максимальная мощность, кВт, двигателя при непрерывной работе;

n_r количество оборотов в минуту вала двигателя при мощности, равной P;

L_E длина, м, фундаментная плита двигателя, необходимая для крепления двигателя болтами к фундаменту согласно требованиям изготовителя двигателя.

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Требования данного Раздела применяются к устройству и размерам связей конструкций машинного помещения в отношении общей прочности. Они не заменяют требования изготовителя двигателя, которым должна соответствовать деятельность, осуществляемая на верфи.

1.2 Размеры связей

1.2.1 Размеры связей нетто

Как указано в главе 3, раздел 2, все размеры связей, указанные в данном Разделе, являются размерами нетто, т.е. не включают прибавку на коррозию.

Полные размеры связей получаются, как указано в главе 3, раздел 3.

1.2.2 Общие положения

Если не указано иное в данном Разделе, размеры связей обшивки, обычных ребер жесткости и главных несущих элементов в машинном помещении должны определяться согласно соответствующим критериям, указанным в главе 6. Дополнительно применяются требования к минимальной толщине, указанные в данном Разделе.

1.2.3 Главные несущие элементы

Проектировщик может предложить устройство и размеры связей, альтернативные требованиям данного Раздела, которые получены на основании прямых расчетов и должны быть представлены для проверки в классификационное общество в каждом конкретном случае. Классификационное общество может также потребовать выполнение таких прямых расчетов, когда сочтет это необходимым.

1.3 Соединения машинного помещения с конструкциями, расположенными в нос и корму

1.3.1 Сужение

Следует обеспечить достаточное уменьшение размеров связей машинного помещения и конструкций, находящихся в корму и нос. Сужение должно быть таким, чтобы соответствовать требованиям к размерам связей для всех районов.

1.3.2 Переходный участок между машинным отделением и районом грузовых танков

На переходном участке между машинным отделением и кормовым грузовым трюмом должно уделяться внимание надлежащему сужению основных элементов продольного набора в пределах машинного отделения, таких как настилов, палуб, горизонтальных колец или днищевых стрингеров в грузовой трюм, а продольных переборок (второго борта, верхних и нижних бортовых цистерн) – в машинное отделение.

Если такая конструкция находится в одной плоскости с элементами продольного набора в корму или нос от переборки грузового трюма, достаточное сужение достигается установкой крупных сужающихся книц внутри бортовых цистерн или машинного отделения.

1.3.3 Прерывание палуб

Палубы, которые прерываются в машинном помещении, должны сужаться по борту при помощи горизонтальных книц.

2 Двойное дно

2.1 Расположение

2.1.1 Общие положения

Если машинное помещение находится непосредственно в нос от ахтерпика, в двойном дне должен быть установлен поперечный набор. Во всех остальных случаях может быть установлен поперечный или продольный набор.

2.1.2 Высота двойного дна

Высота двойного дна в диаметральной плоскости, независимо от расположения машинного помещения, должна быть не менее высоты, указнной в главе 3, раздел 6, [6.1]. Может потребоваться значительное увеличение данной высоты оносительно типа и глубины посадки главных механизмов.

Данная высота должна увеличиваться на верфи, если машинное помещение очень велико или если имеется значительная разница в осадке между положением судна в легком балласте или в полном грузу.

Если высота двойного дна в машинном помещении отличается от смежных помещений, непрерывность конструкции элементов продольного набора должна обеспечиваться наклоном второго дна над соответствующим продолжением элемента продольного набора. Сломы в наклонах второго дна должны располагаться в районе флоров.

2.1.3 Вертикальный киль

Как правило, вертикальный киль может выполняться без отверстий. В любом случае, отверстия в вертикальном киле допускаются только в крайнем случае для доступа и техобслуживания двойного дна, при этом требуется местное подкрепление.

2.1.4 Днищевые стрингеры

В машинном помещении количество днищевых стрингеров должно быть соответственно увеличено относительно смежных районов для обеспечения достаточной жесткости конструкции. Днищевые стрингеры должны быть продолжением любых продольных днищевых балок в смежных с машинным помещением районах и должны находиться на расстоянии не более утроенного расстояния между продольными связями и, в любом случае, на расстоянии не более 3 м.

2.1.5 Днищевые стрингеры в районе фундаментов механизмов

В районе фундаментов механизмов должны быть установлены дополнительные днищевые стрингеры.

Днищевые стрингеры, установленные в районе фундаментов главных механизмов, должны продолжаться по всей длине машинного помещения.

Днищевые стрингеры должны продолжаться в корму, настолько это практически возможно, относительно обводов днища и должны подкрепляться на концах флорами и главными несущими элементами борта.

В нос от передней переборки машинного помещения днищевые стрингеры должны сужаться на расстояние, как минимум, трех шпаций шпангоутов и должны надежно крепиться к конструкции корпуса.

2.1.6 Флоры двойного дна с продольным набором

При продольном наборе двойного дна расстояние между флорами должно быть не более:

1 шпации шпангоута в районе главного двигателя и упорного подшипника;

2 шпаций шпангоута в других районах машинного помещения.

Дополнительные флоры должны быть установлены в районе других ответственных механизмов.

2.1.7 Флоры двойного дна с поперечным набором

При поперечном наборе двойного дна машинного помещения флоры должны устанавливаться на каждом шпангоуте. Более того, дополнительные флоры должны устанавливаться в районе фундаментов котлов или других ответственных механизмов.

2.1.8 Ребра жесткости флоров

В дополнение к требованиям главы 3, раздел 6, флоры должны иметь ребра жесткости стенки, концы которых срезаны "на ус" и которые находятся друг от друга на расстоянии не более 1 м.

Момент сопротивления сечения ребер жесткости стенок должен быть не менее 1,2 момента сопротивления сечения, указанного в главе 6, раздел 2, [4].

2.1.9 Вырезы и колодцы

Количество и размеры вырезов во флорах, расположенных в районе фундаментов и смежных районах, должны быть минимально необходимыми для обеспечения доступа и техобслуживания двойного дна.

Глубина вырезов, обычно, должна быть не более 40 % местной высоты флора, и, в любом случае, не более 750 мм, а их ширина должна быть приблизительно равна 400 мм.

Как правило, кромки выреза должны быть подкреплены фланцами; при невозможности выполнения этого требования лист флора должен быть соответствующим образом подкреплен полосами по сторонам выреза.

Вырезы со съемными перфорированными листами должны быть установлены во втором дне около колодцев, расположенных близко к кормовой переборке машинного отделения.

Дренаж туннеля должен осуществляться через колодец, расположенный в кормовой оконечности туннеля.

2.2 Минимальная толщина

2.2.1 Толщины нетто второго дна, флора и стенок балки должны быть не менее значений, указанных в табл. 1.

Таблица 1

Двойное дно – Минимальные толщины нетто второго дна, флора и стенок балки

Элемент	Минимальная толщина нетто, мм
Второе дно	$6,6 + 0,024L$ Классификационное общество может потребовать увеличения толщины второго дна в районе фундаментов под механизмы и упорные подшипники в каждом конкретном случае
Междудонный лист	$0,9L^{1/2} + 1$
Вертикальный киль	$1,55L^{1/3} + 3,5$
Флоры и днищевые стрингеры	$1,7L^{1/3} + 1$
Балка, ограничивающая туннельный киль	$0,8L^{1/2} + 2,5$, принимается не менее минимальной толщины нетто для вертикального киля

3 Борт

3.1 Расположение

3.1.1 Общие положения

Тип бортового набора в машинных помещениях, как правило, должен быть таким же, как и в смежных районах.

3.1.2 Продолжение продольного набора корпуса внутри машинного помещения

Для судов с расположением машинного помещения в корме и продольным набором борта желательно, чтобы продольный набор продолжался по всей длине машинного помещения.

В любом случае, продольный набор должен иметь длину не менее 0,3 длины машинного помещения, рассчитанного от его передней переборки, при этом следует избегать нарушения непрерывности конструкции между конструкциями с продольным и поперечным набором.

3.1.3 Поперечные бортовые балки

Поперечные бортовые балки должны располагаться в одной плоскости с флорами. Одну из балок желательно расположить в районе носовой оконечности, а вторую – в районе кормового окончания машинной шахты.

Для бортов с продольным набором расстояние между поперечными бортовыми балками должно быть не более 4 шпаций шпангоутов.

Для бортов с поперечным набором расстояние между поперечными бортовыми балками должно быть не более 5 шпаций шпангоутов. Высота стенки должна быть не менее удвоенной высоты смежных шпангоутов, а момент сопротивления сечения должен быть не менее четырехкратной высоты смежных шпангоутов.

Расстояние между поперечными бортовыми балками большее, чем указано выше, может быть принято при условии, что размеры связей обычных шпангоутов увеличены в соответствии с требованиями классификационного общества, устанавливаемыми в каждом конкретном случае.

4 Платформы

4.1 Расположение

4.1.1 Общие положения

Расположение и продолжение платформ в машинных помещениях должны быть такими, чтобы платформы были продолжением конструкции системы продольного набора, это касается также платформ и днищевых стрингеров, расположенных в смежных районах корпуса.

4.1.2 Элементы поперечного набора платформ

Обычно элементы поперечного набора платформ должны располагаться в районе поперечного набора продольной переборки.

Для платформ с продольным набором расстояние между элементами поперечного набора платформы должно быть не больше 4 шпаций шпангоутов.

4.2 Минимальная толщина

4.2.1 Толщина нетто платформ должна быть не менее 6,5 мм.

5 Пиллерсы

5.1 Расположение

5.1.1 Общие положения

Расположение пиллерсов в машинных помещениях должно учитывать сосредоточенные нагрузки от механизмов и надстроек, а также положение главных механизмов и вспомогательных двигателей.

5.1.2 Пиллерсы

Пиллерсы должны устанавливаться в следующих местах:

в районе углов машинных шахт и углов больших отверстий в платформах; в качестве альтернативы, два пиллерса могут быть установлены в диаметральной плоскости (по одному в каждом конце отверстия);

в районе пересечения элементов поперечного набора платформы и балок;

в районе поперечных и продольных переборок надстройки.
Обычно на концах пиллерсов должны быть установлены кницы.

5.1.3 Поддерживающие переборки

Обычно поддерживающие переборки, установленные в твиндеках ниже верхней палубы, должны располагаться в районе несущих переборок надстроек.
Продольные поддерживающие переборки должны быть продолжением конструкций продольного набора корпуса в смежных помещениях в нос и корму от машинного помещения.
Размеры связей поддерживающих переборок должны быть не менее размеров связей, указанных в [6.3] для переборок машинной шахты.

6 Машинная шахта

6.1 Расположение

6.1.1 Расстояние между обычными ребрами жесткости

Обычные ребра жесткости должны располагаться:
на каждом шпангоуте в продольных переборках;
на расстоянии приблизительно 750 мм в поперечных переборках.
Расстояние между обычными ребрами жесткости в тех частях шахты, которые особенно подвержены волновому воздействию, должны рассматриваться классификационным обществом в каждом конкретном случае.

6.2 Отверстия

6.2.1 Общие положения

Все отверстия в машинном помещении, соответствующие требованиям раздела 6, [6], должны быть выгорожены стальным кожухом, ведущим на самую верхнюю открытую палубу. Кожухи должны на концах подкрепляться бимсами и балками, прикрепленными к пиллерсам.
Если имеются большие отверстия, может потребоваться установка распорок в качестве продолжения бимсов. Световые люки с отверстиями для света и воздуха должны иметь комингсы высотой не менее:
900 мм в районе 1;
760 мм в районе 2.

6.2.2 Входные двери

Входные двери в шахты должны соответствовать разделу 6, [6.2].

6.3 Размеры связей

6.3.1 Обшивка и обычные ребра жесткости

Размеры связей нетто обшивки и обычных ребер жесткости должны быть не менее размеров, полученных в соответствии с применимыми требованиями главы 9, раздел 4.

6.3.2 Минимальные толщины

Толщина нетто переборок должна быть не менее:
5,5 мм для переборок в районе грузовых трюмов;
4 мм для переборок в районе жилых помещений.

7 Фундамент под главные механизмы

7.1 Расположение

7.1.1 Общие положения

Размеры связей фундаментов под главные механизмы и фундаментов под упорные подшипники должны соответствовать весу и мощности двигателей, а также статическим и динамическим силам, передаваемым силовой установкой.

7.1.2 Поддерживающая конструкция фундамента

Поперечные и продольные элементы, поддерживающие фундаменты, должны быть расположены в одной плоскости с флорами и балками двойного или одинарного дна, соответственно.

Они должны быть расположены таким образом, чтобы избежать нарушения непрерывности конструкции и обеспечить достаточный доступ для сварки соединений, а также для проведения освидетельствования и выполнения ремонта.

7.1.3 Фундаменты, являющиеся частью конструкции двойного дна

При установке мощных двигателей внутреннего сгорания или турбин фундаменты должны являться неотъемлемой частью конструкции двойного дна. Балки, поддерживающие фундаментные рамы в районе фундаментов, должны находиться в одной плоскости с балками двойного дна и должны продолжаться в корму для создания балок упорных подшипников.

Балки в районе фундаментов должны быть непрерывными от фундаментных рам до днищевой обшивки.

7.1.4 Фундаменты, расположенные над обшивкой двойного дна

Если фундаменты расположены над обшивкой двойного дна, на балках в районе фундаментов должны быть установлены кницы с фланцами, обычно расположенные на каждом шпангоуте и продолжающиеся в направлении центра судна и бортов.

Продолжение фундаментов над обшивкой второго дна должно ограничиваться практическими соображениями, при этом должно оставаться достаточное пространство для установки болтов фундаментных рам. Отверстия для болтов должны быть расположены таким образом, чтобы они не мешали конструкциям фундамента.

7.1.5 Фундаменты в конструкции одинарного дна

На судах с конструкцией одинарного дна в районе машинного помещения фундаменты должны располагаться над флорами и должны крепиться соответствующим образом к этим флорам и балкам, расположенным под фундаментами.

7.1.6 Количество балок в районе фундаментов под двигатели

Как минимум, две балки должны быть установлены в районе фундаментов под главные механизмы.

Одна балка может устаналиваться только в случае соответствия следующим формулам:

$L < 150$ м;
$P < 7100$ кВт;
$P < 2{,}3\, n_r\, L_E$.

7.2 Минимальные размеры связей

7.2.1 Размеры связей нетто конструктивных элементов в районе фундаментов под двигатель внутреннего сгорания определяются по формулам, указанным в табл. 2.

Таблица 2

Минимальные размеры связей конструктивных элементов в районе фундаментов под механизмы

Минимальные размеры связей	Минимальные размеры связей
Площадь поперечного сечения, см^2, каждой фундаментной рамы фундаментов	$40 + 70\frac{P}{n_r L_E}$
Толщина нетто фундаментной рамы, м	Фундаментные рамы, поддерживаемые двумя или более балками $\sqrt{240 + 175\frac{P}{n_r L_E}}$ Фундаментные рамы, поддерживаемые одной балкой $5 + \sqrt{240 + 175\frac{P}{n_r L_E}}$
Суммарная толщина нетто стенки, мм, балок, установленных в районе фундаментов под механизмы	Фундаментные рамы, поддерживаемые двумя или более балками $\sqrt{320 + 215\frac{P}{n_r L_E}}$ Фундаментные рамы, поддерживаемые одной балкой $\sqrt{95 + 65\frac{P}{n_r L_E}}$
Суммарная толщина нетто стенки, мм, флоров, установленных в районе фундаментов под механизмы	$\sqrt{55 + 40\frac{P}{n_r L_E}}$

РАЗДЕЛ 4. НАДСТРОЙКИ И РУБКИ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

L_2 длина согласно Правилам L, но не более 300 м;

p_D боковое давление для палуб, кН/м^2, как указано в [3.2.1];

p_{SI} боковое давление для бортов надстроек, кН/м^2, как указано в [3.2.3];

k коэффициент материала, как указано в главе 3, раздел 1, [2.2];

s расстояние между обычными ребрами жесткости, м, измеренное по среднему пролету хорды;

l пролет между обычными ребрами жесткости, м, измеренный по хорде между главными несущими элементами, см. главу 3, раздел 6, [4.2];

t_C прибавка на коррозию, согласн как указано в главе 3, раздел 3;

c коэффициент, принимаемый равным:

$c = 0{,}75$ для бимсов, балок и элементов поперечного набора, которые имеют простые опоры на одном или обоих концах;

$c = 0{,}55$ в других случаях;

m_a коэффициент, принимаемый равным:

$$m_a = 0{,}204\,\frac{s}{l}\left[4 - \left(\frac{s}{l}\right)^2\right], \quad \text{при } \frac{s}{l} \le 1.$$

1 Общие положения

1.1 Определения

1.1.1 Надстройка

См. главу 1, раздел 4, [3.12.1].

1.1.2 Рубка

См. главу 1, раздел 4, [3.15.1].

1.1.3 Длинная рубка

Длинной рубкой является рубка, длина которой в пределах $0{,}4L$ миделя превышает $0{,}2L$ или 12 м, в зависимости от того, что больше. Прочность длинной рубки является предметом специального рассмотрения.

1.1.4 Короткая рубка

Короткой рубкой является рубка, которая не попадает под определение, указанное в [1.1.3].

1.1.5 Неэффективная надстройка

В целях данного Раздела все надстройки, расположенные за пределами $0{,}4L$ миделя, или имеющие длину менее $0{,}15L$ или меньше 12 м, считаются неэффективными надстройками.

1.1.6 Изолированная труба

Размеры связей изолированных труб должны определяться так же, как и для рубок.

1.2 Полные размеры связей

1.2.1 Как указано в главе 3, раздел 2, все размеры связей и габаритные размеры, упоминаемые в [4] и [5], являются полными, т.е. они включают прибавку на коррозию.

2 Расположение

2.1 Подкрепление на концах надстроек

2.1.1 В районе концевых переборок надстроек, расположенных в пределах 0,4*L* миделя, толщина прочной палубы по ширине, равной 0,1*B* от борта, толщина ширстрека и толщина бортовой обшивки надстройки должны быть увеличены на величину подкрепления в процентах, указанную в табл. 1. Подкрепление должно продолжаться в районе от 4 шпаций шпангоутов в корму от концевой переборки и на 4 шпации шпангоутов в нос от концевой переборки.

Таблица 1

Величина подкрепления в процентах

Тип надстройки	Прочная палуба и ширстрек	Бортовая обшивка надстройки
Эффективная	30 %	20 %
Неэффективная	20 %	10 %

2.1.2 Под прочной палубой в районе 0,6*L* миделя должны быть установлены балки в одной плоскости с продольными стенками, которые должны продолжаться на расстояние равное, как минимум, 3 шпациям шпангоутов за пределы конечных точек продольных стенок. Балки должны перекрывать продольные стенки на расстояние равное, как минимум, 2 шпациям шпангоутов.

2.2 Крепление элементов подкрепляющего набора

2.2.1 Крепление бимсов

Поперечные бимсы должны присоединяться к шпангоутам при помощи книц, как указано в главе 3, раздел 6.

Бимсы, пересекающие продольные стенки и балки, могут крепиться к ребрам жесткости продольных стенок и стенкам балок, соответственно, при помощи сварки, без книц.

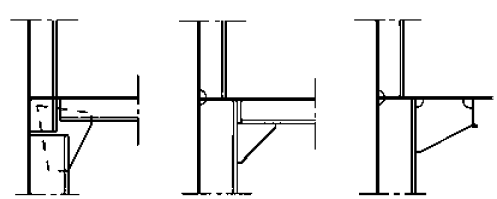
2.2.2 Крепление карлингсов и элементов поперечного набора

Крепления концов балок к переборкам должны иметь такие размеры, чтобы передавать изгибающие моменты и перерезывающие силы. Ребра жесткости переборок под балками должны иметь достаточные размеры, чтобы подкреплять балки. Свободные пояски должны иметь подкрепляющие бракеты, как указано в главе 3, раздел 6. На балках симметричного сечения подкрепляющие бракеты должны устанавливаться поочередно с обеих сторон стенки.

2.2.3 Крепление концов шпангоутов надстройки

Шпангоуты надстройки должны крепиться к находящимся ниже основным шпангоутам или к палубе. Крепление концов может быть выполнено согласно рис. 1.

Рис. 1
Крепление концов шпангоутов надстройки



2.3 Конструкция поперечного набора надстроек и рубок

2.3.1 Конструкция поперечного набора надстроек и рубок должна иметь достаточные размеры за счет надлежащего расположения концевых переборок, рамных шпангоутов, стальных стен кают и шахт или за счет использования других способов.

2.4 Отверстия в закрытых надстройках

2.4.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 12(1)).*
Все отверстия для доступа в концевых переборках закрытых надстроек должны иметь двери, непроницаемые при воздействии моря, постоянно прикрепленные к переборке, имеющие окантовку, подкрепленные и устроенные таким образом, чтобы вся конструкция имела прочность, равную прочности переборки, не имеющей отверстий. Двери должны быть устроены таким образом, чтобы они могли открываться, закрываться и задраиваться с обеих сторон переборки.

2.4.2 *См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 12(3)).*
Высота комингсов отверстий для доступа в концевых переборках закрытых надстроек должна быть не менее 380 мм над палубой.

2.4.3 Любой проем в палубе надстройки или палубе рубки непосредственно над палубой надводного борта (сходы вокруг палубной рубки) должен быть защищен исправными закрытиями, непроницаемыми при воздействии моря.

3 Модель нагрузки

3.1 Точка расчета нагрузки

3.1.1 Если не указано иное, боковое давление должно рассчитываться по точкам расчета нагрузки, указанным в:
главе 6, раздел 1, [1.5] для обшивки;
глава 6, раздел 2, [1.4] для обычных ребер жесткости и главных несущих элементов.

3.2 Нагрузки

3.2.1 Боковое давление, действующее на палубы
Боковое давление на палубы надстройки и рубки, кН/м^2, принимается равным внешней нагрузке p_D, указанной в главе 4, раздел 5, [2.1].

3.2.2 Боковое давление, действующее на открытый верх рулевой рубки
Боковое давление p на открытый верх рулевой рубки, кН/м^2, определяется, как указано в главе 4, раздел 5, [3.2].

3.2.3 Боковое давление, действующее на борты надстроек
Боковое давление p_{SI} для бортов надстроек, кН/м^2, определяется, как указано в главе 4, раздел 5 [3.3].

4 Размеры связей

4.1 Бортовая обшивка неэффективных надстроек

4.1.1 Толщина, мм, бортовой обшивки неэффективной надстройки должна быть не менее наибольшего из приведенных значений:

$t = 1{,}21 S\sqrt{kp_{SI}} + t_C$;

$t = 0{,}8\sqrt{kL}$.

4.2 Настил палубы неэффективной надстройки

4.2.1 Толщина, мм, настила палубы неэффективной надстройки должна быть не менее наибольшего из приведенных значений:

$t = 1{,}21 S\sqrt{kp_D} + t_C$;

$t = (5{,}5 + 0{,}02L)\sqrt{k}$,

где L принимается не более 200 м.

4.2.2 При наличии дополнительных надстроек на неэффективных надстройках, расположенных на палубе надводного борта, толщина, требуемая [4.2.1], может быть уменьшена на 10 %.

4.2.3 Если палубы имеют защитный настил, толщина настила палубы, согласно [4.2.1] и [4.2.2], может быть уменьшена на величину t_C. Однако такой настил пулубы должен быть не менее 5 мм.

При применении настила иного, чем дерево, следует обратить внимание на то, чтобы настил не влиял на сталь.

Настил должен эффективно крепиться к палубе.

4.3 Бимсы и поддерживающая палубная конструкция

4.3.1 Поперечные бимсы и продольные обычные ребра жесткости палубы

Момент сопротивления сечения w, см^3, и площадь среза A_{sh}, см^2, поперечных бимсов и продольных обычных ребер жесткости должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$w = c k p_D s l^2$;

$A_{sh} = 0{,}05\ (1 - 0{,}817 m_a)\ k p_D s l$.

2.2.2 Карлингсы и рамные бимсы

Момент сопротивления сечения w, см^3, и площадь среза A_{sh}, см^2, карлингсов и рапмных бимсов должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$w = c k p_D e l^2$;

$A_{sh} = 0{,}05 k p_D e l$,

где e ширина площади под нагрузкой, м, неподкрепленной соседней области обшивки, измеренной от середины каждого листа обшивки до середины противоположного листа обшивки.

Высота карлингса должна быть не менее $l/25$. Высота стенки карлингса с вырезом под непрерывные бимсы должна быть не менее 1,5 высоты бимсов.

Если карлингс имеет неодинаковый момент сопротивления сечения по всей длине, над поддерживающими конструкциями должны быть установлены размеры связей большего размера с постепенным понижением к размерам связей меньшего размера.

4.4 Шпангоуты надстройки

4.4.1 Момент сопротивления сечения и площадь среза

Момент сопротивления сечения w, см^3, и площадь среза A_{sh}, см^2, шпангоутов надстройки должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$w = 0{,}55 k p_{SI} s l^2$;

$$A_{sh} = 0{,}05\,(1 - 0{,}817 m_a)\, k p_{SI} s\, l.$$

4.4.2 В местах, где шпангоуты подкрепляются палубой с продольной системой набора, шпангоуты, установленные между рамными шпангоутами, должны крепиться к соседним продольным обычным ребрам жесткости при помощи книц. Размер книц определяется, как указано в главе 3, раздел 6 на основании момента сопротивления сечения шпангоутов.

4.4.3 В местах, где на надстройке расположены дополнительные надстройки или рулевые рубки, может потребоваться подкрепление шпангоутов помещения, находящегося внизу.

4.5 Палубы коротких рулевых рубок

4.5.1 Настил

Толщина настила, мм, верхней открытой палубы короткой рулевой рубки должна быть не менее:

$$t = 8 s \sqrt{k} + t_C.$$

Для верхней открытой палубы короткой рулевой рубки, имеющей защитный настил, и для палубы в пределах рулевой рубки, толщина может быть уменьшена на t_C. Однако такой настил палубы должен быть не менее 5 мм.

4.5.2 Бимсы

Размеры связей бимсов и подкрепляющей палубной конструкции определяются, как указано в [4.3].

5 Концевые переборки надстройки и стенки рулевой рубки

5.1 Область применения

5.1.1 Требования, указанные в [5.2] и [5.3], применяются к концевым переборкам надстройки и стенкам рулевой рубки, образующим единственную защиту отверстий, в соответствии с положениями Международной конвенции о грузовой марке, с Поправками, и для жилых помещений.

5.2 Нагрузки

5.2.1 Расчетная нагрузка p_A, кН/м², для определения размера связей должна получаться, как указано в главе 4, раздел 5, [3.4].

5.3 Размеры связей

5.3.1 Ребра жесткости

Момент сопротивления сечения w, см³, и площадь среза A_{sh}, см², ребер жесткости должны быть не менее значений, определяемых по следующей формуле:

$$w = 0{,}35 k p_A s l^2.$$

Данное требование предполагает, что стенки нижнего яруса ребер жесткости надежно приварены к палубе. Размеры связей других типов концевых соединений могут быть предметом специального рассмотрения.

Момент сопротивления сечения ребер жесткости стенок рулевой рубки должен быть не более, чем у шпангоутов палубы, находящейся непосредственно под рубкой, учитывая расстояние s и пролет l.

5.3.2 Толщина обшивки

Толщина обшивки, мм, должна быть не менее наибольшего из значений, определяемых по следующим формулам:

$t = 0{,}9\sqrt{kp_A} + t_C$;

$t_{\min} = \left(5{,}0 + \frac{L_2}{100}\right)\sqrt{k}$, для самого нижнего яруса;

$t_{\min} = \left(4{,}0 + \frac{L_2}{100}\right)\sqrt{k}$, для верхних ярусов, но не менее 5,0 мм.

РАЗДЕЛ 5. КРЫШКИ ЛЮКОВ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.

p_S давление на тихой воде, кН/м^2, как указано в [4.1];

p_W волновое давление, кН/м^2, как указано в [4.1];

p_C давление, действующее на комингс люка, кН/м^2, как указано в [6.2];

F_S, F_W коэффициенты, принимаемые равными:

$F_S = 0$ и $F_W = 0{,}9$ для крышек люков грузового балластного трюма;

$F_S = 1{,}0$ и $F_W = 1{,}0$ для других случаев;

s длина, м, короткой стороны простой пластины;

l длина, м, длинной стороны простой пластины;

b_p ширина, м, обшивки, присоединенной к обычному ребру жесткости или главному несущему элементу, как указано в [3];

w момент сопротивления сечения нетто, см^3, обычного ребра жесткости или главного несущего элемента с присоединенной обшивкой, имеющей ширину b_p;

A_{sh} площадь сечения среза нетто, см^2, обычного ребра жесткости или главного несущего элемента;

m граничный коэффициент для обычных ребер жесткости или главных несущих элементов, принимаемый равным:

$m = 8$ для обычных ребер жесткости или главных несущих элементов, имеющих простую опору на обоих концах или одном конце, а на втором конце – зажим;

$m = 12$ для обычных ребер жесткости или главных несущих элементов, имеющих зажимы на обоих концах;

t_C полная прибавка на коррозию, мм, как указано в [1.4];

σ_a, τ_a допустимое напряжение, Н/мм^2, как указано в [1.5].

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Требования, указанные в [1] – [8], применяются к стальным крышкам люков в районе 1 и 2 на верхних открытых палубах, как указано в главе 1, раздел 4, [3.20].

Требования, указанные в [9], применяются к стальным крышкам люков малого размера, установленных на открытой палубе в носу в пределах $0{,}25L$ в нос.

1.2 Материалы

1.2.1 Сталь

Формулы для размеров связей, указанные в [5], применяются к стальным крышкам люков.

Материалы, используемые для изготовления стальных крышек люков, должны соответствовать требованиям классификационного общества.

1.2.2 Другие материалы

Применение материалов иных, чем сталь, являются предметом рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае, путем проверки того, что критерии, принятые для размеров связей, обеспечивают прочность и жесткость, аналогичные прочности и жесткости стальных крышек люков.

1.3 Размеры связей нетто

1.3.1 Все размеры связей, указанные в данном Разделе, если не указано иное, являются размерами связей нетто, т.е. в них не включена прибавка на коррозию.

При расчете напряжений σ и τ, указанных в [5.3] и [5.4], следует применять размеры связей нетто.

Полные значения размеров связей получаются, как указано в главе 3, раздел 2.

Прибавки на коррозию указаны в [1.4].

1.4 Прибавки на коррозию

1.4.1 Полная прибавка на коррозию для обеих сторон детали должна учитываться для обшивки и внутренних элементов крышек люков, и должна быть равна значению, указанному в табл. 1.

Прибавка на коррозию для комингсов люков и стоек комингсов определяется, как указано в главе 3, раздел 3.

Таблица 1

Прибавка на коррозию t_C для крышек люков

Прибавка на коррозию t_C, мм, для обеих сторон	
Обшивка и ребра жесткости крышки люка конструкции одинарного борта	2,0
Верхняя и нижняя обшивка крышки люка конструкции двойного борта	2,0
Внутренние конструкции крышки люка конструкции двойного борта	1,5

1.5 Допустимые напряжения

1.5.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правила 15(6) и 16(5)).*

Допустимые напряжения σ_a и τ_a, Н/мм^2, должны получаться из табл. 2.

Таблица 2

Допустимые напряжения, Н/мм^2

Элемент	**Подвергается**	**σ_a, Н/мм^2**	**τ_a, Н/мм^2**
Крышки люка, непроницаемые при воздействии моря	Внешнему давлению, как указано в главе 4, раздел 5, [2]	0,80 R_{eH}	0,46 R_{eH}
Коробчатые крышки люка		0,68 R_{eH}	0,39 R_{eH}
Крышки люка, непроницаемые при воздействии моря, и коробчатые крышки люка	Другим нагрузкам	0,90 R_{eH}	0,51 R_{eH}

2 Расположение

2.1 Высота комингсов люков

2.1.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 14 (1, 1)).*

Высота комингсов люка над палубой должна быть не менее:

600 мм в районе 1;

450 тт в районе 2.

2.1.2 *См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 14 (1, 2)).*

Высота комингсов люков, закрытых стальными крышками с уплотнениями и зажимными приспособлениями, расположенных в районах 1 и 2, может быть уменьшена согласно вышеуказанным значениям или комингсы люков могут отсутствовать, при условии, что Администрация убедится в том, что безопасность судна не ухудшится при любом состоянии моря.

В таких случаях размеры крышек, их уплотнений, зажимных приспособлений и сливных отверстий палубы являются предметом специального рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае.

2.1.3 Независимо от типа принятого средства закрытия, комингсы могут иметь уменьшенную высоту или могут вообще не устанавливаться в районе открытий закрытых надстроек.

2.2 Крышки люков

2.2.1 Крышки люков верхних открытых палуб должны быть непроницаемыми при воздействии моря. Крышки люков в закрытых надстройках могут быть проницаемыми.
Однако крышки люков, установленные в районе балластных цистерн, топливных или других цистерн, должны быть водонепроницаемыми.

2.2.2 Обычные ребра жесткости и главные несущие элементы крышек люков должны быть непрерывными по всей ширине и длине крышек люков, насколько это практически ворзможно. Если это практически невозможно, соединения со срезанными "на ус" концами использоваться не должны, а должны иметься соответствующие устройства для обеспечения достаточной несущей способности.

2.2.3 Расстояние между главными несущими элементами, установленными параллельно направлению обычных ребер жесткости, должно быть не более 1/3 пролета главных несущих элементов.

2.2.4 Для неподкрепленных с боков основных опорных балок с пролетом более 3 м, ширина свободного пояска главных несущих элементов должна быть не менее 40 % высоты балки. Подкрепляющие бракеты, присоединенные к свободному пояску, могут считаться боковыми опорами главных несущих элементов.
Ширина свободного пояска главного несущего элемента, измеренная от стенки опорной балки, не должна превышать 15-кратной полной толщины свободного пояска.

2.2.5 Крышки люков должны оборудоваться эффективными стопорами, предотвращающими смещение крышек под действием на них продольных и поперечных сил со стороны грузов, если имеются. Эти стопоры должны устанавливаться в районе боковых книц комингса люка.

2.2.6 Ширина каждой несущей поверхности крышек люков должна быть не менее 65 мм.

2.3 Комингсы люков

2.3.1 Комингсы, ребра жесткости и кницы должны быть способны выдержать местные нагрузки в районе средств крепления и приспособлений, необходимых для задраивания и перемещения крышек люков, а также выдержать нагрузки со стороны груза, перевозимого на крышках люков.

2.3.2 Следует обратить особое внимание на прочность носового поперечного комингса носового люка и размеры средств закрытия крышки люка на этом комингсе.

2.3.3 Продольные комингсы должны продолжаться, по крайней мере, до нижней кромки бимсов.
Если они не являются частью непрерывных карлингсов, нижняя кромка продольных комингсов должна продолжаться на расстояние, как минимум, две шпации шпангоутов за пределы отверстия.
Если продольные комингсы являются частью карлингсов, их размеры связей должны соответствовать главе 6, раздел 4.

2.3.4 Рамный шпангоут или аналогичная конструкция должны устанавливаться под палубой в одной плоскости с поперечным комингсом. Поперечные комингсы должны продолжаться под палубой и соединяться с рамными шпангоутами.

2.4 Грузовые люки малого размера

2.4.1 Высота комингсов грузового люка малого размера должна быть не менее 600 мм в районе 1 и 450 мм в районе 2.

Если средства закрытия представляют собой навесные стальные крышки на петлях и болтах с уплотнениями, непроницаемыми при воздействии моря, высота комингсов может быть уменьшена или комингс может вообще отсутствовать.

2.4.2 Крышки люков малого размера должны иметь такую же прочность, как и основные крышки люков и должны изготавливаться из стали, быть непроницаемыми при воздействии моря и, как правило, навесными.

Средства крепления и подкрепление кромок крышки люка должны обеспечить непроницаемость при любом состоянии моря.

На каждой стороне должно быть установлено, как минимум, одно средство крепления. Круглые петли считаются аналогичными средствам крепления.

2.4.3 Доступы к трюмам на открытой палубе оборудуются водонепроницаемыми металлическими крышками люков, если они не защищены закрытой надстройкой. Такое же требование применяется к доступам, расположенным на палубе бака, ведущей непосредственно к сухогрузным трюмам через шахту.

2.4.4 Доступы к кофердамам и балластным цистернам должны быть в виде лазов, оборудованных водонепроницаемыми крышками на болтах, расположенных достаточно близко друг от друга.

2.4.5 Грузовые люки специальной конструкции являются предметом рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае.

3 Ширина присоединенной обшивки

3.1 Обычные ребра жесткости

3.1.1 Ширина присоединенного пояска должна рассматриваться с целью проверки обычных ребер жесткости, м, и определяется по следующим формулам:

если присоединенный поясок продолжается с двух сторон ребра жесткости:

$$b_p = s;$$

если присоединенный поясок продолжается с одной стороны ребра жесткости:

$$b_p = 0{,}5\,s.$$

3.2 Главные несущие элементы

3.2.1 Эффективная ширина присоединенного пояска, применяющаяся при выполнении расчетов прочности и устойчивости главных несущих элементов при помощи модели расчета балок или перекрытий, м, определяется по следующим формулам:

если поясок продолжается с обеих сторон главного несущего элемента:

$$b_p = b_{p,1} + b_{p,2};$$

если поясок продолжается с одной стороны главного несущего элемента:

$$b_p = b_{p,1},$$

где

$b_{p,1} = \min(0{,}16\,l_p, S_{p,1})$;

$b_{p,2} = \min(0{,}16\,l_p, S_{p,2})$;

l_p пролет, м, рассматриваемых главных несущих элементов;

$S_{p,1}$, $S_{p,2}$ половина расстояния, м, между рассматриваемым главным несущим элементом и соседними элементами, $S_{p,1}$ для одной стороны, $S_{p,2}$ для другой стороны.

При расчете балок или перекрытий площади обычных ребер жесткости не должны включаться в присоединенный поясок главных несущих элементов.

4 Модель нагрузки

4.1 Боковые давления и силы

4.1.1 Общие положения

Боковые давления и силы, действующие на крышки люков, указаны в [4.1.2] – [4.1.6].

Если две или более панелей соединены при помощи петель, каждая панель должна рассматриваться отдельно. В любом случае, волновые давления, указанные в [4.1.2], должны рассматриваться для крышек люков, расположенных на верхних открытых палубах. Кроме того, если крышка люка предназначена для перевозки на ней однородных грузов, особых грузов или контейнеров, давления и силы, указанные в [4.1.3] – [4.1.6], должны рассматриваться отдельно от волновых давлений.

4.1.2 Волновые давления

Должны рассматриваться давление на тихой воде и боковые волновые давления, принимаемые равными:

давление на тихой воде: $p_S = 0$;

волновое давление p_W, как указано в главе 4, раздел 5 [2.2].

4.1.3 Внутренние давления, возникающие под действием балластной воды

Если применимо, должны рассматриваться давление на тихой воде и боковые волновые давления, как указано в главе 4, раздел 6, [2].

4.1.4 Давления, возникающие под действием однородных грузов

Если применимо, должны рассматриваться статическое и динамическое давления, как указано в главе 4, раздел 5, [2.4.1].

4.1.5 Давления или силы, возникающие под действием особых грузов

Если на крышках люков перевозятся особые грузы (например, трубы и т.п.), которые могут временно удерживать воду во время плавания, действующие боковые давления или силы должны рассматриваться классификационным обществом в каждом конкретном случае.

4.1.6 Силы, возникающие под действием контейнеров

Если на крышках люков перевозятся контейнеры, сосредоточенные нагрузки под углами контейнеров определяются в соответствии с применимыми требованиями классификационного общества.

4.2 Точка приложения нагрузки

4.2.1 Волновое боковое давление, действующее на крышки люков на верхних открытых палубах

Боковое волновое давление, рассматриваемое как действующее на каждую крышку люка, должно рассчитываться в точке, расположенной:

продольно, на середине длины крышки люка;

поперек, в продольной плоскости симметрии судна;

вертикально, в верхней части комингса люка.

4.2.2 Боковые давления, отличные от волнового давления

Боковое давление должно рассчитываться:

для обшивки – в районе геометрического центра тяжести листа пластины;

для обычных ребер жесткости и главных несущих элементов – в середине пролета.

5 Расчет прочности

5.1 Общие положения

5.1.1 Область применения

Расчет прочности производится для прямоугольных крышек люков, на которые действует равномерное давление. У данных крышек главные несущие элементы устанавливаются в одном направлении или выполняются перекрытия из поперечных и продольных главных несущих элементов. В последнем случае напряжения главных несущих элементов должны определяться при помощи расчета перекрытия или анализа методом конечных элементов.

Следует произвести расчеты, подтверждающие, что напряжения, вызванные сосредоточенными нагрузками, соответствуют критериям, указанным в [5.4.4].

5.1.2 Крышки люков, на которые устанавливаются контейнеры

Размеры крышек люков, на которые устанавливаются контейнеры, должны соответствовать условиям, определенным классификационным обществом.

5.1.3 Крышки люков, на которые устанавливаются особые грузы

Для крышек люков, на которые устанавливаются особые грузы, как правило, производится прямой расчет главных несущих элементов и обычных ребер жесткости, принимая во внимание устройство ребер жесткости и их относительную инерцию. Следует произвести расчеты, подтверждающие, что напряжения, вызванные действием особых грузов, соответствуют критериям, указанным в [5.4.4].

5.1.4 Крышки грузовых люков малого размера

Полная толщина крышек должна быть не менее 8 мм. Данная толщина должна быть увеличена или должны быть установлены эффективные ребра жесткости, удовлетворяющие требованиям классификационного общества, если наибольший горизонтальный размер крышки превышает 0,6 м.

5.2 Обшивка

5.2.1 Толщина нетто

Толщина нетто верхней обшивки стальной крышки люка, мм, должна быть не менее значения, определяемого по следующей формуле:

$$t = 15{,}8 F_p s \sqrt{\frac{F_S p_S + F_W p_W}{0{,}95 R_{eH}}},$$

где F_p коэффициент совместной реакции диафрагмы и реакции на изгиб, равный:

$F_p = 1{,}5$ в общем случае;

$F_p = 1{,}9\sigma / \sigma_a$, для $\sigma \geq 0{,}8\sigma_a$, для присоединенного пояска главных несущих элементов;

σ нормальное напряжение, Н/мм², в присоединенном пояске главных несущих элементов, рассчитанное, как указано в [5.4.3], или определенное путем расчета перекрытий или анализа методом конечных элементов, в зависимости от конкретного случая.

5.2.2 Минимальная толщина нетто

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 16 (5, c)).

В дополнение к [5.2.1], *толщина нетто, мм, листа, образующего верхнюю часть крышки люка, должна быть не менее наибольшего из следующих значений:*

$t = 0{,}01 s$;

$t = 6$.

5.2.3 Расчет критического напряжения при потере устойчивости

Напряжение сжатия σ в обшивке крышки люка, возникающее вследствие изгиба главных несущих элементов, параллельных направлению обычных ребер жесткости, должно соответствовать следующей формуле:

$$\sigma \leq \frac{0{,}88}{S}\sigma_{C1},$$

где S коэффициент запаса, как указано в главе 6, раздел 3;

σ_{C1} критическое напряжение при потере устойчивости, Н/мм², принимаемое равным:

$\sigma_{C1} = \sigma_{E1}$ для $\sigma_{E1} \leq \frac{R_{eH}}{2}$;

$\sigma_{C1} = R_{eH}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sigma_{E1}}\right)$ для $\sigma_{E1} > \frac{R_{eH}}{2}$;

$$\sigma_{E1} = 3{,}6E\left(\frac{t}{1000\,s}\right)^2;$$

t толщина нетто, мм, панели.

Напряжение сжатия σ в обшивке крышки люка, возникающее вследствие изгиба главных несущих элементов, перпендикулярных направлению обычных ребер жесткости, должно соответствовать следующей формуле:

$$\sigma \leq \frac{0{,}88}{S}\sigma_{C2},$$

где S коэффициент запаса, как указано в главе 6, раздел 3;

σ_{C2} критическое напряжение при потере устойчивости, Н/мм², принимаемое равным:

$\sigma_{C2} = \sigma_{E2}$ для $\sigma_{E2} \leq \frac{R_{eH}}{2}$;

$\sigma_{C2} = R_{eH}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sigma_{E2}}\right)$ для $\sigma_{E2} > \frac{R_{eH}}{2}$;

$$\sigma_{E2} = 0{,}9\,mE\left(\frac{t}{1000\,s_s}\right)^2;$$

m коэффициент, принимаемый равным:

$$m = c\left[1 + \left(\frac{s_s}{l_s}\right)^2\right]^2 \frac{2{,}1}{\psi + 1{,}1};$$

t толщина нетто, мм, панели;

s_s длина, м, короткой стороны панели;

l_s длина, м, длинной стороны панели;

ψ отношение между наименьшим и наибольшим напряжением сжатия.

c коэффициент, принимаемый равным:

$c = 1{,}3$, если обшивка подкреплена главными несущими элементами;

$c = 1{,}21$, если обшивка подкреплена угловыми или тавровыми обычными ребрами жесткости;

$c = 1{,}1$, если обшивка подкреплена полособульбовыми обычными ребрами жесткости;

$c = 1{,}05$, если обшивка подкреплена полосовым профилем.

Кроме того, двухосевое напряжение сжатия в обшивке крышки люка, рассчитанное при помощи анализа методом конечных элементов, должно соответствовать требованиям главы 6, раздел 3.

5.3 Обычные ребра жесткости

5.3.1 Для ребер жесткости из полосового профиля отношение h_w/t_w должно соответствовать следующей формуле:

$$\frac{h_w}{t_w} \le 15\sqrt{\frac{235}{R_{eH}}}.$$

5.3.2 Минимальная толщина нетто стенки

Толщина нетто стенки обычного ребра жесткости, мм, должна быть не менее минимальных значений, указанных в [5.2.2].

5.3.3 Момент сопротивления сечения нетто и площадь среза нетто

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и площадь среза нетто A_{sh}, см^2, обычного ребра жесткости, подвергающегося боковому давлению, должны быть не менее значений, определяемых по следующим формулам:

$$w = \frac{(F_S p_S + F_W p_W)\, s\, l_s^2}{m\, \sigma_a} 10^3;$$

$$A_{sh} = \frac{5\,(F_S p_S + F_W p_W)\, s\, l_s}{\tau_a},$$

где l_s пролет обычных ребер жесткости, м, принимаемый как расстояние, м, между главными несущими элементами, или расстояние между главным несущим элементом и кромкой подкрепления, в зависимости от конкретного случая. При установке книц на обоих концах всех пролетов обычных ребер жесткости, пролет обычных ребер жесткости может быть уменьшен на значение, равное 2/3 минимальной длины кницы, но не более 10 % полного пролета для каждой кницы.

5.3.4 Расчет критического напряжения при потере устойчивости

Напряжение сжатия σ свободного пояска обычных ребер жесткости, возникающее вследствие изгиба главных несущих элементов, параллельных направлению обычных ребер жесткости, должно соответствовать следующей формуле:

$$\sigma \le \frac{0{,}88\,\sigma_{CS}}{S},$$

где S коэффициент запаса, как указано в главе 6, раздел 3;

σ_{CS} критическое напряжение при потере устойчивости, Н/мм^2, принимаемое равным:

$$\sigma_{CS} = \sigma_{ES} \qquad \text{для } \sigma_{ES} \le \frac{R_{eH}}{2};$$

$$\sigma_{CS} = R_{eH}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\,\sigma_{ES}}\right) \qquad \text{для } \sigma_{ES} > \frac{R_{eH}}{2};$$

$$\sigma_{ES} = \min(\sigma_{E3}, \sigma_{E4});$$

$$\sigma_{ES} = 0{,}001\,\frac{E I_a}{A l^2};$$

I_a момент инерции, см^4, обычного ребра жесткости, включая свободный поясок, равный расстоянию между обычными ребрами жесткости;

A площадь поперечного сечения, см^2, обычного ребра жесткости, включая свободный поясок, равный расстоянию между обычными ребрами жесткости;

l пролет, м, обычных ребер жесткости;

$$\sigma_{E4} = \frac{\pi^2 E I_w}{10^4 I_p l^2}\left(m_2 + \frac{K}{m^2}\right) + 0{,}385\,E\,\frac{I_t}{I_p};$$

$$K = \frac{C l^4}{\pi^4 E I_w} 10^6;$$

m число полуволн, указанное в табл. 3.

Таблица 3

Число полуволн

	$0 < K < 4$	$4 < K < 36$	$36 < K < 144$	$(m-1)^2 m^2 < K \le m^2 (m+1)^2$
m	1	2	3	m

I_w момент инерции, см^6, отдельного участка обычного ребра жесткости в месте его соединения с обшивкой, принимаемый равным:

$$I_w = \frac{h_w^3 t_w^3}{36} 10^{-6}$$ для обычных ребер жесткости из полосового профиля;

$$I_w = \frac{t_f b_f^3 h_w^2}{12} 10^{-6}$$ для тавровых обычных ребер жесткости;

$$I_w = \frac{b_f^3 h_w^2}{12 (b_f + h_w)^2} [t_f (b_f^2 + 2 b_f h_w + 4 h_w^2) + 3 t_w b_f h_w] 10^{-6}$$ для угловых или полособульбовых обычных ребер жесткости;

I_p полярный момент инерции, см^4, обычного ребра жесткости в месте его соединения с обшивкой, принимаемый равным:

$$I_p = \frac{h_w^3 t_w}{3} 10^{-4}$$ для обычных ребер жесткости из полосового профиля;

$$I_p = \left(\frac{h_w^3 t_w}{3} + h_w^2 b_f t_f \right) 10^{-4}$$ для обычных ребер жесткости, имеющих фланец;

I_t момент инерции Сен-Венана, см^4, обычного ребра жесткости без свободного пояска, принимаемый равным:

$$I_t = \frac{h_w t_w^3}{3} 10^{-4}$$ для обычных ребер жесткости из полосового профиля;

$$I_t = \frac{1}{3} \left[h_w t_w^3 + b_f t_f^3 \left(1 - 0{,}63 \frac{t_f}{b_f} \right) \right] 10^{-4}$$ для обычных ребер жесткости, имеющих фланец;

C жесткость пластины, поддерживаемой верхним листом крышки люка, принимаемая равной:

$$C = \frac{k_p E t_p^3}{3 s \left(1 + \dfrac{1{,}33 k_p h_w t_p^3}{1000 s t_w^3} \right)} 10^{-3};$$

$k_p = 1 - \eta_p$ принимается не менее нуля; для обычных ребер жесткости, имеющих фланец, k_p должна приниматься не менее 0,1;

$$\eta_p = \frac{\sigma}{\sigma_{E1}};$$

σ_{E1} как указано в [5.2.3];

t_p толщина нетто, мм, панели крышки люка.

5.4 Главные несущие элементы

5.4.1 Область применения

Требования [5.4.3] – [5.4.5] применяются к главным несущим элементам, анализ которых можно провести при помощи модели изолированной балки.

Главные несущие элементы, установленные в виде перекрытий, которые невозможно проанализировать при помощи модели изолированной балки, должны быть проверены методом прямого расчета, используя критерии проверки, указанные в [5.4.4].

5.4.2 Минимальная толщина нетто стенки

Толщина нетто стенки главных несущих элементов, мм, должна быть не менее минимальных значений, указанных в [5.2.2].

5.4.3 Нормальное и касательное напряжения изолированной балки

В случае если расчет перекрытия или анализ методом конечных элементов не используется в соответствии с требованиями [5.1.1], максимальное нормальное напряжение σ и максимальное касательное напряжение τ главных несущих элементов, Н/мм^2, определяются по следующим формулам:

$$\sigma = \frac{s\,(F_S\,p_S + F_W\,p_W)\,l_m^2}{m\,W}\,10^3;$$

$$\tau = \frac{5\,s\,(F_S\,p_S + F_W\,p_W)\,l_m}{A_{sh}},$$

где l_m пролет главного несущего элемента.

5.4.4 Критерий проверки

Нормальное напряжение σ и касательное напряжение τ, рассчитанные, как указано в [5.4.3] или определенные путем расчета перкрытий или при помощи анализа методом конечных элементов, что зависит от конкретного случая, должны соответствовать следующим формулам:

$$\sigma \le \sigma_a;$$

$$\tau \le \tau_a.$$

5.4.5 Предельные значения изгиба

См Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правила 15 (6) и 16 (5, b)).

Момент инерции нетто главного несущего элемента, испытывающего волновую нагрузку, должен быть таким, чтобы изгиб не превысил значения $\mu\,l_{max}$, *где:*

μ *коэффициент, принимаемый равным:*
$\mu = 0{,}0056$ *для крышек люков, непроницаемых при воздействии моря;*
$\mu = 0{,}0044$ *для коробчатых крышек люков;*
l_{max} *пролет, м, главного несущего элемента.*

5.4.6 Расчет критического напряжения при потере устойчивости стенки главных несущих элементов

Касательное напряжение τ стенки главных несущих элементов, рассчитанное, как указано в [5.4.3] или определенное путем расчета перекрытий или при помощи анализа методом конечных элементов, что зависит от конкретного случая, должно соответствовать следующей формуле:

$$\tau \le \frac{0{,}88\,\tau_C}{S},$$

где S коэффициент запаса, как указано в главе 6, раздел 3;
τ_C критическое напряжение при потере устойчивости, Н/мм^2, принимаемое равным:

$$\tau_C = \tau_E \qquad \text{для } \tau_E \le \frac{R_{eH}}{2\sqrt{3}};$$

$$\tau_C = \frac{R_{eH}}{\sqrt{3}}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sqrt{3}\,\tau_E}\right) \qquad \text{для } \tau_E > \frac{R_{eH}}{2\sqrt{3}};$$

$$\tau_E = 0{,}9\,k_t E\left(\frac{t_{pr,n}}{1000\,d}\right)^2;$$

$$k_t = 5{,}35 + 4{,}0\left(\frac{a}{d}\right)^2;$$

$t_{pr,n}$ толщина нетто, мм, стенки главного несущего элемента;
a больший размер, м, стенки главного несущего элемента;
d меньший размер, м, стенки главного несущего элемента.

Для главных несущих элементов, параллельных направлению обычных ребер жесткости, значение τ_C должно рассчитываться с учетом фактических размеров панелей.

Для главных несущих элементов, перпендикулярных направлению обычных ребер жесткости, или для крышек люков, изготовленных без обычных ребер жесткости, должна браться предполагаемая квадратная панель размером d для определения напряжения τ_C, где d является наименьшим размером, м, стенки главного несущего элемента. В этом случае рассматривается среднее касательное напряжение τ, взятое между значениями, рассчитанными на концах этой панели.

5.4.7 Для ребер жесткости, подвергающихся продольному изгибу, на стенках главных несущих элементов, соотношение h_w/t_w должно соответствовать следующей формуле:

$$\frac{h_w}{t_w} \le 15\sqrt{\frac{235}{R_{eH}}}.$$

5.5 Обычные ребра жесткости и главные несущие элементы переменного поперечного сечения

5.5.1 Момент сопротивления сечения нетто обычных ребер жесткости и главных несущих элементов переменного поперечного сечения должен быть не менее наибольшего значения, см^3, определяемого по следующим формулам:

$$w = w_{CS};$$

$$w = \left(1 + \frac{3{,}2\,\alpha - \psi - 0{,}8}{7\,\psi + 0{,}4}\right) w_{CS},$$

где w_{CS} момент сопротивления сечения нетто, см^3, для постоянного поперечного сечения, соответствующий критерию проверки, указанному в [5.4.4];

α коэффициент, принимаемый равным:

$$\alpha = \frac{l_1}{l_0};$$

ψ коэффициент, принимаемый равным:

$$\psi = \frac{w_1}{w_0};$$

l_1 длина части с переменным сечением, м (см. рис. 1);

l_0 измеренный пролет, м, концевых опор (см. рис. 1);

w_1 момент сопротивления сечения нетто на конце, см^3 (см. рис. 1);

w_0 момент сопротивления сечения нетто в середине пролета, см^3 (см. рис. 1). Кроме того, момент инерции нетто обычных ребер жесткости и главных несущих элементов переменного поперечного сечения должен быть не менее наибольшего значения, см^4, определяемого по следующим формулам:

$$I = I_{CS};$$

$$I = \left[1 + 8\,\alpha^3\left(\frac{1-\varphi}{0{,}2 + 3\sqrt{\varphi}}\right)\right] I_{CS},$$

где I_{CS} момент инерции нетто для главных несущих элементов постоянного поперечного сечения, см^4, соответствующий [5.4.5];

φ коэффициент, принимаемый равным:

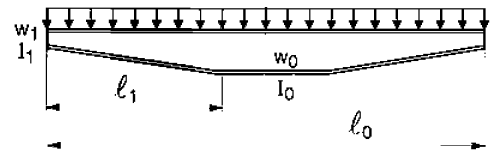
$$\varphi = \frac{I_1}{I_0};$$

I_1 момент инерции нетто на конце, см^4 (см. рис. 1);

I_0 момент инерции нетто в середине пролета, см^4 (см. рис. 1).

Использование данных формул ограничивается определением прочности обычных ребер жесткости и главных несущих элементов, у которых по всей длине не имеется внезапного изменения поперечного сечения.

Рис. 1
Ребро жесткости переменного сечения



6 Комингсы люков

6.1 Ребра жесткости

6.1.1 Обычные ребра жесткости комингсов люков должны продолжаться по всей ширине и длине комингса люка.

6.1.2 Комингсы должны подкрепляться по верхним кромкам ребром жесткости, имеющим необходимую форму, чтобы соответствовать устройствам закрытия крышки люка.
Кроме того, если крышка покрыта брезентом, вокруг всего комингса должно устанавливаться угловое или полособульбовое обычное ребро жесткости длиной более 3 м или высотой 600 мм; это ребро жесткости должно устанавливаться приблизительно на 250 мм ниже верхней кромки. Ширина горизонтального фланца углового обычного ребра жесткости должна быть не менее 180 мм.

6.1.3 Если крышка люка покрыта брезентом, комингсы должны подкрепляться кницами или стойками с расстоянием между ними не более 3 м.
Если высота комингса превышает 900 мм, может потребоваться дополнительное подкрепление.
Однако в защищенных помещениях разрешается уменьшение поперечных комингсов.

6.1.4 Если два люка расположены близко друг от друга, устанавливаются подпалубные ребра жесткости, чтобы соединить продольные комингсы с целью обеспечения их непрерывности.
Аналогичные ребра жесткости должны устанавливаться на расстоянии более 2 шпаций шпангоутов на концах люков, превышающих 9 шпаций шпангоутов в длину.
В некоторых случаях классификационное общество может потребовать обеспечения непрерывности комингсов по палубе.

6.1.5 При установке водонепроницаемых металлических крышек люков может потребоваться установка других средств для обеспечения равноценной прочности.

6.2 Модель нагрузки

6.2.1 Боковое давление p_C, рассматривающееся как действующее на комингс люка, указано в [6.2.2] и [6.2.3].

6.2.2 Боковое волновое давление p_C, кН/м^2, действующее на поперечный носовой комингс люка носового трюма № 1, принимается равным:

$p_C = 220$, если установлен бак в соответствии с разделом 1, [7.1];

$p_C = 290$, в остальных случаях.

6.2.3 Боковое волновое давление p_C, кН/м^2, действующее на комингсы люков, иных чем носовой комингс люка носового трюма № 1, принимается равным:

$p_C = 220$.

6.2.4 Для грузовых трюмов, предназначенных для перевозки жидких грузов, внутреннее давление жидкости, действующее на комингс люка, определяется согласно главе 4, раздел 6.

6.3 Размеры связей

6.3.1 Обшивка

Толщина нетто обшивки комингса люка должна быть не менее наибольшего значения, мм, определяемого по следующим формулам:

$$t = 15{,}98\, s \sqrt{\frac{p_C}{0{,}95 R_{eH}}};$$

$$t = 9{,}5.$$

6.3.2 Обычные ребра жесткости

Момент сопротивления сечения нетто продольных или поперечных обычных ребер жесткости комингсов люка должен быть не менее значения, см^3, определяемого по следующей формуле:

$$w = 1{,}21 \frac{p_C s l^2 10^3}{m c_p R_{eH}},$$

где m коэффициент, принимаемый равным:
$m = 16$ в общем случае;
$m = 12$ для концевого пролета ребер жесткости с углами комингса, срезанными "на ус";
c_p отношение пластического к упругому моменту сопротивления сечения обычного ребра жесткости с присоединенным листом, мм, шириной $40t$, где t – толщина нетто листа.
$c_p = 1{,}16$ в случае отсутствия более точной оценки.

6.3.3 Стойки комингса

Момент сопротивления сечения нетто w, см^3, и толщина нетто t_w, мм, стоек комингса, выполненных в виде балок с фланцами, соединенными с палубой или срезанными "на ус" и имеющими кницы (примеры показаны на рис. 2 и 3), должны быть не менее значения, определяемого по следующим формулам в местах присоединения к палубе:

$$w = \frac{s_C p_C H_C^2 10^3}{1{,}9 R_{eH}};$$

$$t_w = \frac{s_C p_C H_C 10^3}{0{,}5 h R_{eH}},$$

где H_C высота стойки, м;
s_C расстояние между стойками, м;
h высота стойки, мм, в месте присоединения к палубе.

Для расчета момента сопротивления сечения стоек комингса площадь их свободных поясков может учитываться только в том случае, если они приварены к обшивке палубы с полным проваром шва, и имеется надлежащая подпалубная конструкция для подкрепления и приема передаваемых напряжений.

Для других конструкций стоек комингса, как, например, показанных на рис. 4 и 5, применяются уровни напряжений, определяемых путем расчета перекрытий или при помощи анализа методом конечных элементов, в зависимости от конкретного случая, при этом конструкции должны проверяться в местах наибольших напряжений. Уровень напряжений должен соответствовать следующим формулам:

$$\sigma \le 0{,}95 R_{eH};$$

$$\tau \le 0{,}5 R_{eH}.$$

Рис. 2
Стойка комингса: пример 1

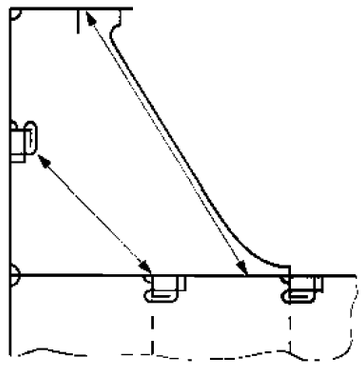


Рис. 3
Стойка комингса: пример 2

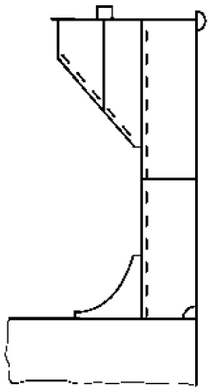


Рис. 4
Стойка комингса: пример 3

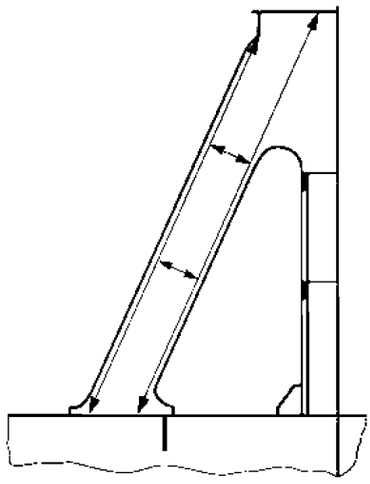
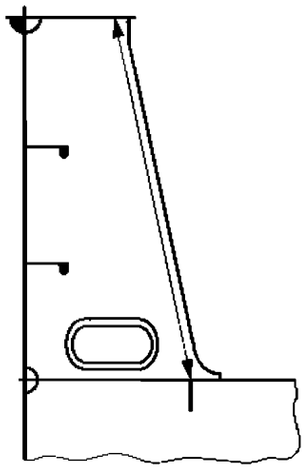


Рис. 5
Стойка комингса: пример 4



6.3.4 Местные детали

Конструкция местных деталей должна соответствовать требованиям данного Раздела с целью передачи давления с крышек люков на комингсы люков и далее на конструкции палубы, расположенные внизу.

Комингсы люков и поддерживающие конструкции должны быть соответственно подкреплены для восприятия нагрузки от крышек люков в продольном, поперечном и вертикальном направлениях.

Нормальное напряжение σ и касательное напряжение τ, Н/мм^2, возникающие в подпалубных конструкциях вследствие влияния нагрузок, переданных стойками, должны соответствовать следующим формулам:

$$\sigma \leq 0{,}95 R_{eH};$$

$$\tau \leq 0{,}5 R_{eH}.$$

Если не указано иное, сварные соединения и материалы должны иметь размеры и быть выбраны в соответствии с требованиями классификационного общества.

Для присоединения стенок стоек к настилу палубы должен использоваться двусторонний непрерывный угловой сварной шов, толщина сварного шва должна быть не менее $0{,}44t_w$, где t_w – полная толщина стенки стойки.

Нижние концы стенок должны присоединяться к настилу палубы при помощи сварки с глубоким проваром с разделкой кромок с двух сторон на расстоянии не менее 15 % ширины стойки.

6.3.5 Комингсы грузовых люков малого размера

Полная толщина обшивки комингса должна быть не менее наименьшего из следующих значений:

полная толщина палубы в районе отверстий, расположенных в одной плоскости, рассчитанная для этого района, предполагая, что расстояние между ребрами жесткости палубы является меньшим из значений высоты комингса и расстояния между его ребрами, если имеются; или

10 мм.

Комингсы должны иметь надлежащее подкрепление, если их высота превышает 0,8 м или их наибольший размер по горизонтали превышает 1,2 м, если только их форма не обеспечивает равноценную жесткость.

7 Непроницаемость, средство закрытия, средства крепления и стопоры

7.1 Непроницаемость при воздействии моря

7.1.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 16 (1)).*

Если люк находится на открытой палубе, его непроницаемость при воздействии моря должна обеспечиваться при помощи уплотнений и зажимных приспособлений, имеющихся в достаточном количестве и обладающих необходимым качеством.

Непроницаемость при воздействии моря может также обеспечиваться при помощи брезентов.

7.1.2 Как правило, на каждой стороне крышки люка должны устанавливаться, как минимум, два средства крепления или аналогичных механизма.

7.2 Уплотнения

7.2.1 Вес крышек люков и любого груза, находящегося на крышках, вместе с силами инерции, возникающими при движении судна, должен передаваться конструкции судна путем контакта стали со сталью.

Этого можно добиться путем постоянного контакта стали судовой конструкции со сталью листа крышки люка или при помощи определенных опорных планок.

7.2.2 Применяется сплошное уплотнение, изготовленное из сравнительно мягкого эластичного материала, сжатого для достижения необходимой непроницаемости при воздействии моря. Аналогичное уплотнение должно быть установлено между элементами с поперечными стыками.

При установке полосы или уголки, обеспечивающие сжатие, должны иметь округлую форму в местах контакта с уплотнением и должны быть изготовлены из коррозийно-стойкого материала.

7.2.3 Уплотнение и средства крепления должны сохранять свою эффективность под действием значительных перемещений крышки люка относительно конструкции судна, или элементов крышки люка относительного друг друга.

Если необходимо, для ограничения таких перемещений должны устанавливаться надлежащие приспособления.

7.2.4 Материал уплотнения должен быть такого качества, чтобы быть пригодным для всех условий окружающей среды, в которых может оказаться судно, а также быть совместимым с перевозимыми грузами.

Выбранные материал и форма уплотнения должны рассматриваться совместно с типом крышки люка, средством крепления и ожидаемым перемещением крышки люка относительно конструкции судна. Уплотнение должно эффективно крепиться к крышке люка.

7.2.5 Комингс и стальные части крышки люка, находящиеся в контакте с уплотнением, не должны иметь острых кромок.

7.2.6 Контакт металла с металлом необходим для соединения заземления между крышкой люка и конструкциями корпуса. Если необходимо, это должно достигаться применением специального соединения.

7.3 Средства закрытия, средства крепления и стопоры

7.3.1 Общие положения

Листовые крышки люков должны задраиваться при помощи соответствующих приспособлений (болтов, клиньев и т.п.), расположенных на надлежащем расстоянии вдоль комингсов и между элементами крышки.

Средства крепления и стопоры должны устанавливаться при помощи соответствующих средств, которые нелегко снять.

Дополнительно к вышеназванным требованиям все крышки люков, и, особенно те крышки, на которых размещается перевозимый груз, должны иметь эффективные средства крепления, чтобы не допустить горизонтального смещения, вызванного горизонтальными силами, возникающими при движении судна.

Приложенные к оконечностям судна силы вертикального ускорения могут превысить силу тяжести. Появляющиеся в результате подъемные силы должны рассматриваться при определении размеров средств крепления в соответствии с [7.3.5] – [7.3.7]. Должны также приниматься во внимание подъемные силы, возникающие от движения грузов, закрепленных на крышках люков, вследствие качки.

Комингсы люков и их поддерживающие конструкции должны быть надлежащим образом подкреплены, чтобы принять нагрузку от крышек люков.

Крышки люков со специальными средствами уплотнения, крышки люков с изоляцией, крышки люков, закрывающиеся заподлицо, и крышки люков, имеющие комингс уменьшенной высоты (см. [2.1]), подлежат рассмотрению классификационным обществом в каждом конкретном случае.

В случае, если на крышках люков перевозятся контейнеры, размеры средств закрытия должны учитывать возможные вертикальные силы, действующие вверх и передаваемые контейнерами.

7.3.2 Расположение

Средства крепления и стопоры должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить достаточное сжатие уплотенения между крышками люков и комингсами и между смежными крышками люков.

Расположение и расстояние между средствами определяются с учетом эффективности непроницаемости при воздействии моря в зависимости от типа и размеров крышки люка, а также жесткости кромок крышки люка между средствами крепления.

В местах поперечных стыков многослойных крышек должны устанавливаться вертикальные направляющие (внешние/внутренние) для того, чтобы предотвратить чрезмерные вертикальные изгибы нагруженных и ненагруженных панелей относительно друг друга.

Расположение стопоров должно быть совместимым с перемещением крышек люков относительно конструкции судна, чтобы не допустить их повреждения. Число стопоров должно быть как можно меньшим.

7.3.3 Расстояние

Расстояние между средствами крепления, как правило, должно быть не более 6 м.

7.3.4 Конструкция

Средства крепления с уменьшенными размерами связей могут допускаться, при условии доказательства того, что возможность попадания воды на палубу является маловероятной.

Средства крепления должны иметь надежную конструкцию и быть надежно прикреплены к комингсам люка, палубам или крышкам люка.

Отдельные средства крепления, расположенные на каждой крышке люка, должны иметь приблизительно одинаковые характеристики жесткости.

7.3.5 Площадь средств крепления

Полная площадь поперечного сечения каждого средства крепления должна быть не менее значения, см^2, определяемого по следующей формуле:

$$A = 1{,}4 S_S \left(\frac{235}{R_{eH}} \right)^{\alpha},$$

где S_S расстояние, м, между средствами крепления;

α коэффициент, принимаемый равным:

$\alpha = 0{,}75$ для $R_{eH} > 235$ N/mm^2;

$\alpha = 1{,}0$ для $R_{eH} \leq 235$ N/mm^2.

В приведенных выше расчетах R_{eH} должно приниматься не более $0{,}7R_m$.

Между крышкой люка и комингсом и в местах поперечных стыков давление по линии уплотнения, достаточное для обеспечения непроницаемости при воздействии моря, должно поддерживаться при помощи средств крепления. Для давления по линии уплотнения, превышающего 5 Н/мм, площадь поперечного сечения нетто A должна быть увеличена прямо пропорционально. Должно быть задано давление по линии уплотнения.

Если средства крепления испытывают особое напряжение, вследствие необычно широкого грузового люка, площадь поперечного сечения нетто A данных средств крепления должна определяться путем прямых расчетов.

7.3.6 Инерция элементов кромок

Жесткость кромок крышек люков должна быть достаточной для поддержания надлежащего давления уплотнения между средствами крепления. Момент инерции элементов кромок должен быть не менее значения, см^4, определяемого по следующей формуле:

$$I = 6 p_L S_S^4,$$

где p_L давление по линии уплотнения, Н/мм, но не менее 5;

S_S расстояние, м, между средствами крепления.

7.3.7 Диаметр штырей или болтов

Штыри или болты должны иметь полный диаметр не менее 19 мм для люков с площадью более 5 м^2.

7.3.8 Стопоры

Крышки должны эффективно задраиваться при помощи стопоров, противодействующих поперечным силам, которые возникают под действием давления, равного 175 кН/м^2.

За исключением крышки люка носового трюма № 1, крышки люков должны эффективно задраиваться при помощи стопоров, противодействующих продольным силам, действующим на носовую оконечность, которые возникают под действием давления, равного 175 кН/м^2.

Крышка люка носового трюма № 1 должна эффективно задраиваться при помощи стопоров, противодействующих продольным силам, действующим на носовую оконечность, которые возникают под действием давления, равного 230 кН/м^2. Это давление может быть снижено до 175 кН/м^2, если установлен бак в соответствии с разделом 1, [7.1].

Суммарное напряжение в стопорах, их поддерживающих конструкциях и рассчитанное по толщине сварных швов стопора, должно быть равно или менее допустимого значения, равного $0{,}8R_{eH}$.

7.4 Брезенты

7.4.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 15 (11)).*

Если непроницаемость при воздействии моря крышек люков обеспечивается при помощи брезента, необходимо настилать брезент, как минимум, в два слоя.

Брезент не должен содержать джут, быть водостойким и обладать надлежащими характеристиками прочности и стойкости к атмосферным осадкам, высоким и низким температурам.

Масса на единицу поверхности брезента, изготовленного из растительных волокон, до водостойкой обработки, должна быть не менее:

0,65 кг/м^2 для обеспечения водостойкости путем смоления;

0,60 кг/м^2 для обеспечения водостойкости путем химической обработки;

0,55 кг/м^2 для обеспечения водостойкости путем пропитки мазутом.

Дополнительно к брезентам, изготовленным из растительных волокон, классификационное общество может одобрить использование синтетических тканей или пластичных ламинатов при условии, что их качество в отношении обеспечения прочности, стойкости к атмосферным осадкам, высоким и низким температурам, аналогичны характеристикам брезентов, изготовленных из растительных волокон.

7.5 Скобы

7.5.1 При использовании скоб круглого профиля должны ставиться упругие шайбы или подушки.

7.5.2 При использовании гидравлического способа установки скоб должны быть установлены средства, обеспечивающие механическое запирание в закрытом состоянии в случае отказа гидравлической системы.

7.6 Клинья

7.6.1 Клинья

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 15 (10)).

Клинья должны быть изготовлены из твердой древесины, быть длиной не более 200 мм и шириной не более 50 мм.

Как правило, они должны иметь скос не более 1 : 6 при толщине не менее 13 мм.

8 Осушение

8.1 Расположение

8.1.1 Осушение должно производиться внутри линии уплотнений при помощи ватервейса или вертикального продолжения продольного и поперечного комингсов грузового люка.

8.1.2 Дренажные отверстия должны выполняться на концах дренажных каналов и должны иметь эффективные приспособления, предотвращающие попадание воды снаружи, такие как невозвратные клапаны или аналогичные устройства.

8.1.3 Поперечные стыки многослойных крышек люков должны выполняться с осушением воды из полости над уплотнением и дренажных каналов под уплотнением.

8.1.4 При наличии постоянного внешнего контакта стальных поверхностей крышки с конструкцией судна должно быть обеспечно осушение воды из полости между контактирующими поверхностями и уплотнением.

9 Люки малого размера, установленные на открытой носовой палубе

9.1 Область применения

9.1.1 Требования данного Раздела применяются к стальным крышкам люков малого размера, установленных на открытой носовой палубе на участке $0{,}25L$ в нос, где высота открытой палубы в районе люка меньшее $0{,}1L$ или на 22 м выше летней грузовой ватерлинии, в зависимости от того, что меньше.
Люками малого размера являются люки, предназначенные для доступа в подпалубное пространство и оборудованные непроницаемыми при воздействии моря или водонепроницаемыми средствами закрытия. Площадь отверстий обычно равна или менее 2,5 м^2.

9.1.2 Люки малого размера, предназначенные для аварийного выхода, должны соответствовать требованиям данного Раздела, за исключением [9.4.1] а) и б), [9.4.3] и [9.5.1].

9.2 Прочность

9.2.1 Для прямоугольных стальных крышек люков малого размера полная толщина крышки, расположение ребер жесткости и размеры связей должны быть не менее значений, мм, указанных в табл. 4 и на рис. 6.
Обычные ребра жесткости, если предусмотрены, должны быть совмещены с точками контакта металла с металлом согласно требованию [9.3.1] (см. также рис. 6).
Главные несущие элементы должны быть непрерывными.
Все ребра жесткости должны быть приварены к ребру жесткости внутренней стенки (см. рис. 7).

Таблица 4

Полные размеры связей стальных крышек люков малого размера на носовой палубе

Номинальный размер (мм × мм)	Толщина крышки (мм)	Основные ребра жесткости	Обычные ребра жесткости
		Полосовой профиль (мм × мм); количество	
630 × 630	8	–	–
630 × 830	8	100 × 8 ; 1	–
830 × 630	8	100 × 8 ; 1	–
830 × 830	8	100 × 10 ; 1	–
1030 × 1030	8	120 × 12 ; 1	80 × 8 ; 2
1330 × 1330	8	150 × 12 ; 2	100 × 10 ; 2

9.2.2 Верхняя кромка комингсов грузового люка должна быть надлежащим образом подкреплена горизонтальной полосой, обычно расположенной на расстоянии не более 170 – 190 мм от верхней кромки комингса.

9.2.3 Для крышек люков малого размера круглой или аналогичной формы толщины крышки люка и подкрепления должны соответствовать [5.2].

9.2.4 Для крышек люков малого размера, изготовленных из материалов, иных чем сталь, требуемые размеры связей должны обеспечить аналогичную прочность.

9.3 Непроницаемость при воздействии моря

9.3.1 Крышка люка должна иметь уплотнение из эластичного материала. Конструкция уплотнения должна обеспечивать при расчетном значении сжатия контакт металла с металлом и предотвращать чрезмерное сжатие уплотнения силами, возникающими при заливании судна, которые могут привести к ослаблению и смещению средств крепления. Контакт металла с металлом должен располагаться вблизи каждого средства крепления в соответствии с рис. 6 и быть достаточно надежным при действии нагрузки.

9.4 Основные средства крепления

9.4.1 Лючки, расположенные на открытой носовой палубе, должны иметь основные средства крепления, способные удержать крышку на месте и обеспечить ее непроницаемость при воздействии моря при помощи следующих типов запирающих устройств:

а) барашковые задрайки, вилки (зажимные планки);
б) эксцентриковые задрайки;
в) центральное запирающее устройство.
Использование ручных клиновых задраек не допускается.

9.4.2 Основное средство крепления должно быть сконструировано и изготовлено таким образом, чтобы расчетное давление сжатия обеспечивалось одним человеком, без применения каких-либо инструментов.

9.4.3 Если в основном средстве крепления используются барашковые задрайки, вилки (зажимные планки) должны быть надежной конструкции. Их конструкция должна сводить к минимуму риск смещения барашковых задраек; это достигается путем изгиба вилки вверх, поднятия свободного конца или аналогичным методом. Толщина профиля неподкрепленных стальных вилок должна быть не менее 16 мм. Пример средства показан на рис. 7.

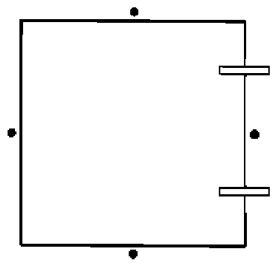
9.4.4 Петли крышек люков малого размера, расположенных на открытой палубе в нос от носового грузового люка, должны быть установлены таким образом, чтобы под действием волн, заливающих палубу, крышка закрывалась; это означает, что обычно петли должны быть расположены на передней кромке.

9.4.5 Петли крышек люков малого размера, расположенных между основными люками, например, между люками грузовых трюмов № 1 и № 2, должны быть установлены на передней кромке или боковой кромке, в зависимости от того, что практически осуществимо, для защиты от заливающей бортовой и носовой волны.

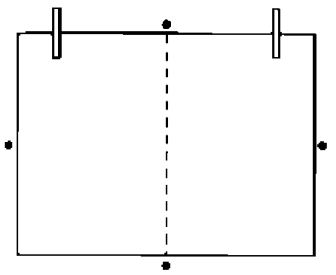
9.5 Вспомогательные средства крепления

9.5.1 Лючки, расположенные на носовой палубе, должны иметь независимые вспомогательные средства крепления, представляющие собой, например, скользящий болт, запор или стержень, которые должны удерживать крышку люка в задраенном положении даже в случае ослабления или смещения основного средства крепления. Вспомогательное средство крепления должно устанавливаться на стороне, противоположной петлям крышки люка.

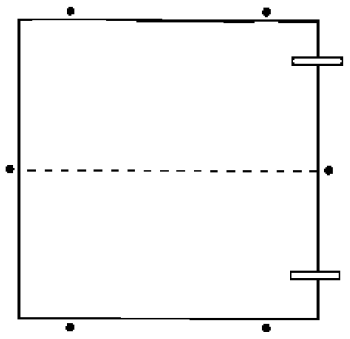
Рис. 6
Расположение ребер жесткости



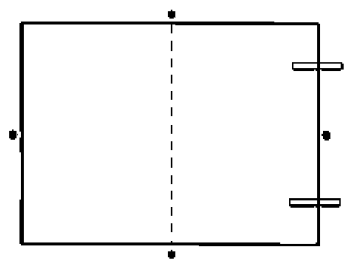
Номинальный размер 630 × 630



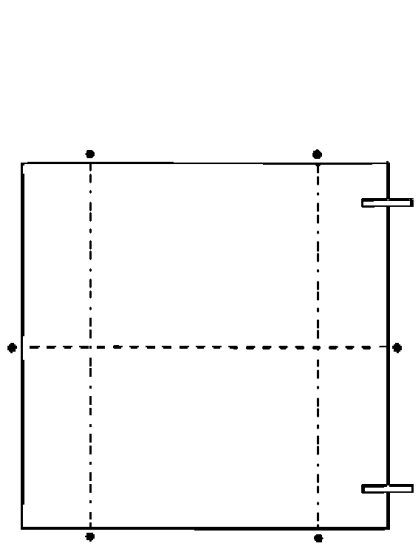
Номинальный размер 630 × 830



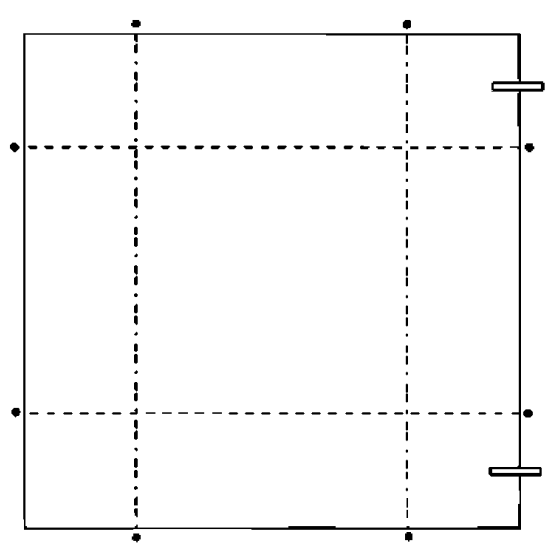
Номинальный размер 830 × 830



Номинальный размер 830 × 630



Номинальный размер 1030 × 1030



Номинальный размер 1330 × 1330

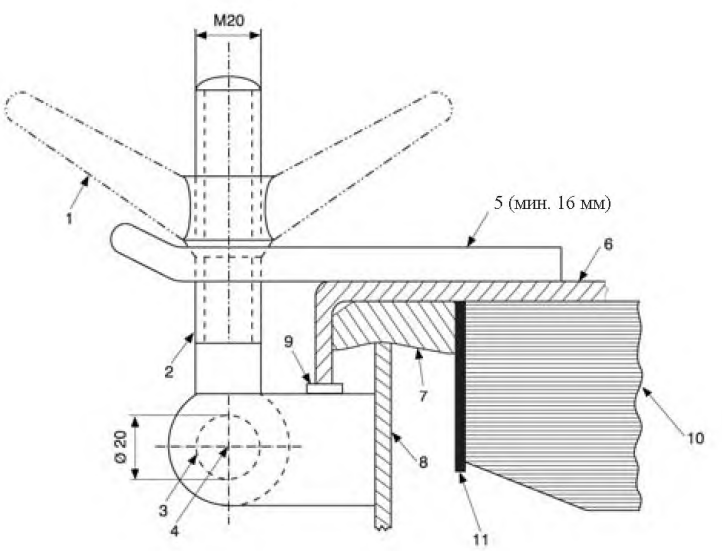
Петля

Средство крепления/ контакт металла с металлом

Главный несущий элемент

Обычные ребра жесткости

Рис. 7
Пример основного средства крепления



1) Барашковая задрайка
2) Болт
3) Штырь
4) Центр штыря
5) Вилка (зажимная планка)
6) Крышка люка
7) Уплотнение
8) Комингс люка
9) Опорная приварная планка на бракете для контакта металла с металлом
10) Ребро жесткости
11) Ребро жесткости внутренней стенки.

РАЗДЕЛ 6. УСТРОЙСТВО ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСЕ И НАДСТРОЙКЕ

Условные обозначения

В отношении условных обозначений, не указанных в данном Разделе, см. главу 1, раздел 4.
p боковое давление для стекла, кН/м^2, как указано в [3.3.2].

1 Общие положения

1.1 Область применения

1.1.1 Требования данного Раздела применяются к устройству отверстий в корпусе и надстройке, за исключением грузовых люков, к которым применяются требования главы 9, раздел 5.

1.2 Определения

1.2.1 Стандартная высота надстройки
Определение стандартной высоты надстройки содержится в главе 1, раздел 4.

1.2.2 Стандартная седловатость
Определение стандартной седловатости содержится в Международной конвенции о грузовой марке, с Поправками.

1.2.3 Открытые зоны
Открытыми зонами являются границы надстроек или рубок, находящихся от борта судна на расстоянии равном или менее 0,04B.

1.2.4 Неоткрытые зоны
Неоткрытыми зонами являются границы надстроек или рубок, находящихся от борта судна на расстоянии более 0,04B.

2 Наружные отверстия

2.1 Общие положения

2.1.1 *См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/25-10.1.*
Все наружные отверстия, ведущие в помещения, которые в расчетах принимаются неповрежденными и которые расположены ниже ватерлинии, соответствующей конечной стадии затопления, должны быть водонепроницаемыми.

2.1.2 *См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/25-10.2.*
Наружные отверстия, которые согласно [2.1.1] должны быть в достаточной степени прочными и, за исключением люковых закрытий грузовых трюмов, должны быть оборудованы индикаторами на мостике.

2.1.3 Запрещается устройство постоянных отверстий или временных отверстий, таких как лацпорты, окна или порты, в обшивке борта между местом посадки в спасательные средства морской эвакуационной системы и ватерлинией судна порожнем. Неоткрывающиеся окна и иллюминаторы допускаются при условии соответствия критерию целостности, определенного классификационным обществом.

2.1.4 *См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/25-10.5.*

Другие средства закрытия, которые постоянно должны пребывать в закрытом состоянии при нахождении судна в море для обеспечения водонепроницаемости наружных отверстий, должны иметь надпись на каждом средстве закрытия, указывающую на то, что оно должно быть закрыто. Нет необходимости маркировать таким образом горловины, закрывающиеся крышками с близко расположенными болтами.

2.2 Лацпорты, грузовые и угольные порты

2.2.1 *См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/17-1 и правила II-1/17.10.1 и .10.2 и Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 21(2)).*

Лацпорты, грузовые и угольные порты ниже палубы надводного борта должны иметь достаточную прочность. Они должны быть надежно закрыты и водонепроницаемо задраены до выхода судна из порта и должны оставаться закрытыми во время плавания. Такие порты должны устанавливаться таким образом, чтобы их самая нижняя точка ни в коем случае не находилась ниже самой высокой грузовой ватерлинии деления на отсеки. Если иное не разрешено классификационным обществом, нижняя кромка таких отверстий не должна быть ниже линии, проведенной параллельно палубе надводного борта у борта, имеющей самую нижнюю точку, по крайней мере, на 230 мм выше верхней кромки самой высокой грузовой марки.

3 Иллюминаторы, окна и световые люки

3.1 Общие положения

3.1.1 Область применения

Требования [3.1] – [3.4] применяются к иллюминаторам и прямоугольным окнам, обеспечивающим освещение и подачу воздуха, расположенным в районах, подверженных воздействию моря и/или атмосферных явлений.

3.1.2 Определение иллюминатора

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(2)).

Иллюминаторы определяются как круглые или овальные отверстия с площадью, не превышающей 0,16 м². Круглые или овальные отверстия с площадью, превышающей 0,16 м², приравниваются к окнам.

3.1.3 Определение окна

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(3)).

Окна определяются в основном как прямоугольные отверстия с радиусом закругления у каждого угла, соотносящимся с размером окна в соответствии с признанными национальными или международными стандартами, а также кргулые или овальные отверстия с площадью, превышающей 0,16 м².

3.1.4 Количество отверстий в наружной обшивке

См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/17-1 и правило II-1/17.1.

Количество отверстий в наружной обшивке должно быть сведено к минимуму, совместмому с конструкцией и нормальной эксплуатацией судна.

3.1.5 Материал и размеры

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(1)).

Иллюминаторы и окна вместе с их стеклами, глухими и штормовыми крышками, если установлены, должны быть одобренного типа и прочной конструкции в соответствии с признанными национальными или международными стандартами.

Неметаллические рамы не допускаются. Применение чугуна для иллюминаторов, установленных ниже палубы надводного борта, запрещается.

3.1.6 Средства открытия и закрытия

См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/17-1 и правило II-1/17.2.
Устройство и надежность средств закрытия любых отверстий в наружной обшивке должны соответствовать совему назначению, месту установки и, в целом, требованиям классификационного общества.

3.1.7 Открытие иллюминаторов

См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/17-1 и правило.II-1/17.3.2.
Все иллюминаторы, нижние кромки которых находятся ниже палубы надводного борта, должны иметь конструкцию, исключающую возможность их открытия кем-либо без разрешения капитана судна.

3.2 Устройство средств открытия

3.2.1 Общие положения

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(5)).
Иллюминаторы не должны устанавливаться так, чтобы их нижняя кромка находилась ниже линии, проведенной параллельно палубе надводного борта у борта и имеющей самую нижнюю точку на расстоянии, равном 0,025B или 0,5 м, смотря, что больше, над летней грузовой маркой, или летней лесной грузовой маркой, если она назначена.

3.2.2 Иллюминаторы, находящиеся на расстоянии ниже (1,4 + 0,025*B*) м выше уровня воды

См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/17-1 и правила II-1/17.3.3.1 и .3.3.3.
Если в твиндеках нижние кромки иллюминаторов находятся ниже линии, проведенной параллельно палубе надводного борта у борта и имеющей самую нижнюю точку на расстоянии 1,4 + 0,025B м выше уровня воды, когда судно покидает порт, все иллюминаторы в этом твиндеке должны быть водонепроницаемо закрыты и заперты до выхода судна из порта и не должны открываться до прихода судна в следующий порт. При применении настоящего требования может быть сделана соответствующая поправка на пресную воду, если применимо.
Если один или более иллюминаторов расположенны таким образом, что к ним применимы вышеуказанные требования, когда судно загружено по самую высокую грузовую ватерлинию деления на отсеки, классификационное общество может указать ограничительную среднюю осадку, при которой нижние кромки этих иллюминаторов находятся выше линии, проведенной параллельно палубе надводного борта у борта и имеющей самую нижнюю точку на расстоянии 1,4 + 0,025B м выше уровня воды, соответствующей ограничительной средней осадке, при которой судну разрешается выходить из порта без предварительного закрытия и запирания иллюминаторов, а также разрешается открывать их в море под ответственность капитана во время рейса до следующего порта. В тропических зонах, определение которых дано в действующей Международной конвенции о грузовой марке, эта ограничительная осадка может быть увеличена на 0,3 м.

3.2.3 Грузовые помещения

См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/17-1 и правило II-1/17.6.1 – .6.3.
В помещениях, предназначенных исключительно для перевозки груза или угля, иллюминаторы устанавливаться не должны.
Иллюминаторы, однако, могут устанавливаться в помещениях, предназначенных для попеременной перевозки грузов или пассажиров, но они должны иметь такую конструкцию, чтобы исключалась возможность их открытия или открытия их штормовых крышек без разрешения капитана.

Если в таких помещениях перевозится груз, то иллюминаторы и их штормовые крышки должны быть водонепроницаемо закрыты и заперты до погрузки груза. Классификационное общество по своему усмотрению может указать, чтобы время закрывания и запирания заносилось в вахтенный журнал.

3.2.4 Неоткрывающиеся иллюминаторы

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(6)).

Если требуемые расчеты остойчивости судна в поврежденном состоянии указывают, что иллюминаторы уйдут под воду на любой промежуточной стадии затопления или конечной ватерлинии равновесия, они должны быть неоткрывающимися.

3.2.5 Горловины и иллюминаторы, выполненные заподлицо

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 18(1)).

Горловины и иллюминаторы, выполненные заподлицо, расположенные в районе 1 или 2, или внутри любых надстроек, кроме закрытых, должны закрываться прочными крышками, которые могут водонепроницаемо задраиваться. Если крышки не закрепляются близко расположенными болтами, то они должны быть постоянно прикреплены.

3.2.6 Иллюминтаоры с устройствами для автоматической вентиляции

См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/17-1 и правило II-1/17.7.

Иллюминаторы с устройствами для автоматической вентиляции, установленные в наружной обшивке ниже палубы надводного борта, рассматриваются классификационным обществом в каждом конкретном случае.

3.2.7 Устройство окон

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(7)).

Окна не должны устанавливаться ниже палубы надводного борта, на первом ярусе концевых переборок или бортах закрытых надстроек, и рубках первого яруса, плавучесть которых учитывается при расчетах остойчивости, или защищающих отверстия, ведущие вниз.

3.2.8 Световые люки

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(12)).

Неподвижные или открывающиеся световые люки должны иметь толщину стекла, соответствующую их размеру и расположению, как требуется для иллюминаторов и окон. Стекла световых люков в любом месте должны быть защищены от механических повреждений, а если они установлены в районе 1 или 2, защита должна обеспечиваться постоянно прикрепленными глухими или штормовыми крышками.

3.3 Стекла

3.3.1 Общие положения

Как правило, применятся закаленное стекло в рамах специального типа в соответствии с признанными национальными или международными стандартами. Применение чистого листового стекла является предметом рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае.

3.3.2 Расчетные нагрузки

Расчетные нагрузки определяются в соответствии с применимыми требованиями главы 9, раздел 4.

3.3.3 Материалы

Закаленное стекло должно соответствовать стандарту ИСО 1095 для иллюминаторов и ИСО 3254 для окон.

3.3.4 Толщина закаленного стекла в иллюминаторах

Толщина закаленного стекла в иллюминаторах должна быть не менее значения, мм, определяемого по следующей формуле:

$$t = \frac{d}{358}\sqrt{p},$$

где d диаметр иллюминатора, мм.

3.3.5 Толщина закаленного стекла в прямоугольных окнах

Толщина закаленного стекла в прямоугольных окнах должна быть не менее значения, мм, определяемого по следующей формуле:

$$t = \frac{b}{200}\sqrt{\beta p},$$

где β коэффициент, как указано в табл. 1. β определяется линейной интерполяцией промежуточных значений a/b;
a длина, мм, длинной стороны окна;
b длина, мм, короткой стороны окна.

Таблица 1

Коэффициент β

a/b	β
1,0	0,284
1,5	0,475
2,0	0,608
2,5	0,684
3,0	0,716
3,5	0,734
≥ 4,0	0,750

Классификационное общество может потребовать ограничения, как размеров прямоугольного окна, так и применения стекла увеличенной толщины в районе носовых переборок, которые особенно подвержены воздействию волн при волнении моря.

3.4 Устройство штормовых крышек

3.4.1 Общие положения

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(4)).

Иллюминаторы должны быть оборудованы навесными на петлях внутренними глухими крышками на петлях в следующих помещениях:

помещения ниже палубы надводного борта;

помещения первого яруса закрытых надстроек;

рубки первого яруса палубы надводного борта, защищающие отверстия, ведущие вниз, или те рубки, плавучесть которых учитывается при расчете остойчивости.

Глухие крышки должны закрываться и крепиться водонепроницаемо, если они установлены ниже палубы надводного борта, и непроницаемо при воздействии моря, если они установлены выше палубы надводного борта.

3.4.2 Отверстия в бортовой обшивке второго яруса

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(8)).

Иллюминаторы и окна в бортовой обшивке второго яруса должны быть оборудованы навесными на петлях внутренними глухими крышками, которые могут закрываться и крепиться непроницаемо при воздействии моря, если надстройки защищает прямой доступ к отверстию, ведущему вниз, или плавучесть надстройки учитывается в расчетах остойчивости.

3.4.3 Отверстия, установленные внутрь от бортовой обшивки второго яруса

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правила 23(9) и 23(10)).

Иллюминаторы и окна в бортовых переборках, установленные внутрь от бортовой обшивки второго яруса, который защищают прямой доступ вниз в помещения, перечисленные в [3.4.1], должны быть оборудованы или навесными на петлях внутренними глухими крышками или, если к ним имеется доступ, постоянно прикрепленными внешними штормовыми крышками одобренного проекта и прочной конструкции, *которые могут закрываться и крепиться непроницаемо при воздействии моря.*

Переборки и двери кают второго яруса и выше, которые отделяют иллюминаторы и окна от прямого доступа, ведущего вниз, или плавучесть второго яруса учитывается в расчетах остойчивости, могут допускаться вместо глухих или штормовых крышек, установленных на иллюминаторах и окнах.

Примечание 1. Глухие крышки в соответствии с признанными стандартами, устанавливаются изнутри окон и иллюминаторов, в то время как штормовые крышки, сравнимые по характеристикам с глухими крышками, устанавливаются снаружи окон, где доступно, и могут быть навесными на петлях или съемными.

3.4.4 Рубки надстроек с высотой менее стандартной

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 23(11)).

Рубки, расположенные на возвышенном квартердеке, или на палубе надстройки, высота которой меньше стандартной высоты, могут расматриваться как находящиеся на втором ярусе в том, что касается требований к глухим крышкам при условии, что высота возвышенного квартердека или надстройки равна или больше стандартной высоты квартердека.

3.4.5 Отверстия, защищенные рубкой

Если отверстие в палубе надстройки или верхней части рубки на палубе надводного борта, имеющей доступ к помещениям, расположенным ниже палубы надводного борта, или к помещению в закрытой надстройке, защищено рубкой, считается, что только те иллюминаторы, которые расположены в помещениях, имеющих прямой доступ к открытым трапам, должны оборудоваться глухими крышками.

4 Сливные отверстия

4.1 Устройство сливных отверстий

4.1.1 Приемные и сливные отверстия

См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/17-1 и правило. II-1/17.9.1.

Все приемные и сливные отверстия в наружной обшивке должны быть снабжены надежными и доступными устройствами, исключающими случайное попадание воды внутрь судна.

4.1.2 Внутренние концы зольного, мусорного рукавов и т.п.

См. Международную конвенцию СОЛАС-74, правило II-1/17-1 и правила II-1/17.11.1 и .11.2.

Внутренние концы зольного, мусорного рукавов и т.п. должны быть снабжены надежными крышками. Если внутренний конец расположен ниже палубы надводного борта, крышка должна быть водонепроницаемой, и в рукаве в легкодоступном месте самой высокой грузовой ватерлинии деления на отсеки, дополнительно должен быть установлен автоматический невозвратный клапан. Если рукавом не пользуются, крышка и клапан должны быть надежно закрыты и закреплены.

4.2 Мусорные рукава

4.2.1 Внутренний конец, находящийся выше ватерлинии

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 22-1(1, b)).

Внутренний конец должен находиться выше ватерлинии, образованной креном судна 8,5° на левый или правый борт, при осадке, соответствующей назначенному летнему надводному борту, но не менее 1000 мм выше летней грузовой ватерлинии. Если внутренний конец находится на высоте более 0,01L над летней грузовой ватерлинией, управление клапаном с палубы надводного борта не требуется при условии, что бортовая заслонка всегда доступна в условиях эксплуатации.

4.2.2 Внутренний конец, находящийся ниже ватерлинии

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 22-1(4)).

Если внутренний конец находится ниже ватерлинии, соответствующей самой высокой осадке после повреждения судна длиной более 100 м , тогда:

навесная на петлях крышка/клапан должны быть водонепроницаемыми;

клапан должен быть невозвратным клапаном с винтовым штоком, установленным в легкодоступном месте выше самой высокой грузовой марки деления на отсеки;

невозвратный клапан с винтовым штоком должен управляться с места выше палубы надводного борта и должен быть снабжен указателем «открыто-закрыто». Орган управления клапаном должен иметь хорошо заметную маркировку «Держать закрытым, когда не используется».

4.2.3 Заслонки

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 22-1(1, a)).

Вместо невозвратного клапана с принудительным средством закрывания, управляемым с места выше палубы надводного борта, допускается установка двух заслонок, управляемых с палубы, где установлен мусорный рукав. Дополнительно, нижняя заслонка должна управляться с места выше палубы надводного борта. Эти две заслонки должны быть сблокированы.

Расстояние между двумя заслонками должно обеспечить плавность работы системы блокировки.

4.2.4 Навесная крышка и сливная захлопка

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 22-1(1, c)).

Верхняя и нижняя заслонки, согласно требованиям [4.2.3], могут быть заменены навесной непроницаемой при воздействии моря крышкой на внутреннем конце рукава вместе с захлопкой на сливном конце. Крышка и захлопка должны блокироваться таким образом, чтобы сливная захлопка не открывалась, пока не будет закрыта крышка бункера.

4.2.5 Маркировка заслонки и навесной крышки

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 22-1(3)).

Органы управления заслонками и/или навесными крышками должны иметь хорошо заметную маркировку: «Держать закрытым, когда не используется».

4.3 Размеры мусорных рукавов

4.3.1 Материал

Рукав должен быть изготовлен из стали. Применение других равноценных материалов является предметом рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае.

4.3.2 Толщина стенки

Толщина стенки мусорного рукава до крышки, и включая крышку, должна быть не менее значения, мм, указанного в табл. 2.

Таблица 2

Толщина стенки мусорного рукава

Внешний диаметр *d*, мм	**Толщина, мм**
$d \leq 80$	7,0
$80 < d < 180$	$7,0 + 0,03(d - 80)$
$180 \leq d \leq 220$	$10,0 + 0,063(d - 180)$
$d > 220$	12,5

5 Штормовые портики

5.1 Действия общего характера

5.1.1 Общие положения

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 24 (1, а) и правило 3 (15)).

Если фальшборт на открытых участках палубы надводного борта или палубы надстройки образует колодцы, должны быть приняты надлежащие меры для быстрого стока воды с палуб и их осушения.

Колодцем является любой участок палубы, подверженный воздействию атмосферных явлений, где может скапливаться вода. Колодцами считаются участки палубы, ограниченные с четырех сторон палубными конструкциями; однако в зависимости от их конфигурации, участки палубы, ограниченные с трех и даже двух сторон палубными конструкциями, могут считаться колодцами.

5.1.2 Площади штормовых портиков

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 24).

Минимальные площади штормовых портиков в фальшборте палубы надводного борта указаны в табл. 3.

Таблица 3

Площадь штормовых портиков в фальшборте палубы надводного борта

Тип судна или данные судна	Площадь A штормовых портиков, м^2	Применимое требование
Тип В-100	$0{,}33\, l_B h_B$	[5.5.2]
Тип В-60	$0{,}25\, l_B h_B$	[5.5.1]
Суда, имеющие шахту, включенную в расчет надводного борта и/или шириной $\geq 0{,}6B$	$0{,}33\, l_B h_B$	[5.3.1]
Суда, имеющие шахту, не включенную в расчет надводного борта и/или непрерывные или большей частью непрерывные комингсы люков	A_2	[5.3.1]
Суда, имеющие прерывающуюся шахту и/или прерывающиеся комингсы люков	A_3	[5.3.2]
Суда, имеющие открытую надстройку	A_S для надстроек	[5.4.2]
	A_W для колодцев	[5.4.3]
Другие суда	A_1	[5.2.1]

где l_B длина, м, фальшборта колодца с одного борта судна;
h_B средняя высота, м, фальшборта колодца по длине l_B.

5.1.3 Устройство штормовых портиков

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (Резолюция MSC.143 (77), правило 24 (5)).

Там, где имеется продольная прогибь, две трети требуемой площади штормового шпигата должно размещаться на половине длины колодца, ближе к нижней точке кривой прогиби. Одна треть требуемой площади штормового шпигата должна быть равномерно распределена по оставшейся длине колодца. С нулевой или малой продольной прогибью открытой палубы надводного борта, или палубы открытой надстройки, площадь штормового шпигата должна быть равномерно распределена по длине колодца.

Однако в фальшбортах может не быть прочных отверстий или доступов, рядом с окончанием надстройки, если только они не имеют эффективного отделения от бортов надстроек.

5.1.4 Расположение штормовых портиков

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правила 24 (5) и 24 (6)).

Нижняя кромка штормового портика должна быть расположена настолько ближе к палубе, насколько это практически осуществимо.

Все отверстия в фальшборте должны быть защищены леерами или прутьями, расположенными на расстоянии около 230 мм друг от друга.

5.1.5 Закрытия штормовых портиков

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 24 (6)).

Если штормовые портики снабжены створками или закрытиями, должны быть предусмотрены достаточные зазоры, чтобы избежать заедания. Петли должны иметь штыри или подшипники из некорродирующего материала. Если створки оборудованы средствами крепления, эти средства должны иметь конструкцию одобренного типа.

5.2 Площадь штормового портика в колодце, расположенного далеко от шахты или грузовых люков

5.2.1 Площадь штормового портика

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 24 (1, b и c)).

Если седловатость палубы в районе колодца равна или более стандартной, площадь штормового портика с каждого борта судна для каждого колодца должна быть не менее значения, м², полученного из табл. 4.

На судах без седловатости вышеуказанная площадь должна быть увеличена на 50 %. Если седловатость меньше стандартной, процентное увеличение должно быть получено линейной интерполяцией.

Таблица 4

Площадь штормового портика в колодце, расположенного далеко от шахты или грузовых люков

Расположение	Площадь A_1 штормовых портиков, м²	
	$l_B \le 20$	$l_B > 20$
Палуба надводного борта и возвышенные квартердеки	$0{,}7 + 0{,}035\,l_B + A_C$	$0{,}07\,l_B + A_C$
Палубы надстройки	$0{,}35 + 0{,}0175\,l_B + 0{,}5A_C$	$0{,}035\,l_B + 0{,}5A_C$

где l_B длина, м, фальшборта колодца, но ни в каком случае не более $0{,}7L_{LL}$;

A_C площадь, м², принимаемая с ее знаком, равная:

$A_C = \frac{l_B}{25}(h_B - 1{,}2)$ для $h_B > 1{,}2$;

$A_C = 0$ для $0{,}9 \le h_B \le 1{,}2$;

$A_C = \frac{l_B}{25}(h_B - 0{,}9)$ для $h_B < 0{,}9$;

h_B средняя высота, м, фальшборта колодца по длине l_B.

5.2.2 Минимальная площадь штормового портика для рубки, шириной не менее 0,8*B*

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 24 (1, d)).

Если на гладкопалубном судне, в середине длины которого имеется рубка, шириной не менее 0,8B, а проходы вдоль борта имеют ширину менее 1,5 м, площадь штормового портика должна рассчитываться для двух отдельных колодцев, расположенных в нос и корму от рубки. Для каждого колодца площадь штормового портика должна быть получена из табл. 4, где значение l_B принимается равным фактической длине рассматриваемого колодца.

5.2.3 Минимальная площадь штормового портика для разделительной переборки

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 24 (1, e)).

Если в носовой оконечности рубки, расположенной в середине длины судна, установлена разделительная переборка по всей ширине судна, открытая палуба делится на два колодца без ограничения ширины рубки, а площадь штормового портика получается, как указано в [5.1.2].

5.3 Площадь штормового портика в колодце, прилегающем к шахте или грузовым люкам

5.3.1 Площадь штормового портика для непрерывной шахты или непрерывного комингса грузового люка

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 24 (2)).

Если судно имеет непрерывную шахту, не включенную в расчет надводного борта, или если непрерывные или в большей части непрерывные комингсы люков установлены между раздельными надстройками, площадь штормового портика должна быть не менее значения, м², полученного из табл. 5.

Таблица 5

Площадь штормового портика в колодце, прилегающем к непрерывной шахте или непрерывным комингсам грузовых люков

Ширина B_H, м, грузового люка или шахты	**Площадь A_2 штормовых портиков, м²**
$B_H \le 0{,}4B$	$0{,}2\, l_B h_B$
$0{,}4B < B_H < 0{,}75B$	$\left[0{,}2 - 0{,}286\left(\frac{B_H}{B} - 0{,}4\right)\right] l_B h_B$
$B_H \ge 0{,}75B$	$0{,}1\, l_B h_B$
где l_B фальшборта колодца с одного борта судна; h_B средняя высота, м, фальшборта колодца по длине l_B.	

Если судно имеет непрерывную шахту, шириной не менее $0{,}6B$, включаемую в расчет надводного борта, и если открытые леерные ограждения на открытых участках надводного борта в районе шахты не установлены, по крайней мере, на половине длины этих открытых участков палубы, площадь штормового портика в колодце, граничащем с шахтой, должна быть не менее 33 % полной площади фальшбортов.

5.3.2 Площадь штормового портика для прерывающейся шахты или комингса грузового люка

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 24 (3)).

Если свободному потоку воды с палубы судна мешает наличие прерывающейся шахты, комингса грузового люка или рубки по всей длине рассматриваемого колодца, площадь штормового портика фальшборта в этом колодце должна быть не менее значения, м², полученного из табл. 6.

Таблица 6

Площадь штормового портика в колодце, прилегающем к прерывающейся шахте или прерывающемуся комингсу грузового люка

Площадь потока воды f_P, м²	**Площадь штормового портика A_3, м²**
$f_P \le A_1$	A_2
$A_1 < f_P < A_2$	$A_1 + A_2 - f_P$
$f_P \ge A_2$	A_1
где f_P площадь свободного потока воды с палубы, равная площади нетто разрывов между грузовыми люками и надстройками и рубками на фактическую высоту фальшборта; A_1 площадь штормовых портиков, м², полученная из табл. 4; A_2 площадь штормовых портиков, м², полученная из табл. 5.	

5.4 Площадь штормового портика на открытом пространстве в надстройках

5.4.1 Общие положения

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 24 (4)).

На судах, имеющих надстройки на палубе надводного борта или палубы надстроек, открытых с одной или более оконечностей в сторону колодцев, образуемых фальшбортами на открытых палубах, должны предусматриваться надлежащие средства для стока воды из открытых помещений в таких надстройках.

5.4.2 Площадь штормового портика для открытых надстроек

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 24 (4)).

Площадь штормового портика с каждого борта судна для открытых надстроек должна быть не менее значения, м², определяемого по следующим формулам:

$$A_S = A_1 C_{SH} \left[1 - \left(\frac{l_W}{l_T}\right)^2\right] \left(\frac{b_0 h_S}{2 l_T h_W}\right),$$

где l_T полная длина колодца, м, принимаемая равной:
$l_T = l_W + l_S$;
l_W длина, м, открытой палубы, ограниченной фальшбортами;
l_S длина, м, общего помещения внутри открытых надстроек;
A_1 площадь штормового портика, м², требуемая для открытого колодца длиной l_T в соответствии с табл. 4, где A_C принимается равным нулю;
c_{SH} коэффициент, учитывающий отсутствие седловатости, если применимо, и принимаемый равным:
$c_{SH} = 1,0$, если седловатость равна или более стандартной;
$c_{SH} = 1,5$, если седловатость отсутствует;
b_0 ширина, м, отверстий в концевой переборке закрытых надстроек;
h_S стандартная высота надстройки, м, как указано в [1.2.1];
h_W расстояние, м, от палубы колодца над палубой надводного борта.

5.4.3 Площадь штормового портика для открытого колодца

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 24 (4)).

Площадь штормового портика с каждого борта судна для открытого колодца должна быть не менее значения, м², определяемого по следующим формулам:

$$A_W = A_1 c_{SH} \left(\frac{h_S}{2 h_W}\right);$$

A_1 площадь штормового портика, м², требуемая для открытого колодца длиной l_T в соответствии с табл. 4, где A_C принимается равным нулю;
C_{SH}, h_S, h_W, l_W как указано в [5.4.2].

Полученные площади штормовых портиков для открытой надстройки A_S и открытого колодца A_W должны предусматриваться вдоль каждого борта открытого помещения, занимаемого открытой надстройкой, а также каждого борта открытого колодца, соответственно.

5.5 Площадь штормового портика в фальшбортах палубы надводного борта для судов типа В-100 и В-60

5.5.1 Устройство штормовых портиков для судов типа В-60

Для судов типа В-60 площадь штормовых портиков в нижней части фальшбортов палубы надводного борта должна быть не менее 25 % полной площади фальшбортов рассматриваемого колодца.

Верхняя кромка ширстрека должна быть как можно ниже.

5.5.2 Устройство штормовых портиков для судов типа В-100, имеющих шахты

Для судов типа В-100 должны устанавливаться открытые леерные ограждения на открытых участках палубы надводного борта в районе шахты, по крайней мере, на половине длины этих открытых участков палубы.

В качестве альтернативы, если установлен непрерывный фальшборт, площадь штормового портика в нижней части фальшбортов палубы надводного борта должна быть не менее 33 % полной площади фальшбортов рассматриваемого колодца.

6 Отверстия в машинных помещениях

6.1 Световые люки в машинном отделении

6.1.1 Световые люки в машинном отделении в районе 1 или 2 должны иметь надлежащую окантовку, надежно крепиться к палубе и должны быть надежно защищены стальными шахтами достаточной прочности. Если шахты не защищены другими конструкциями, их прочность является предметом рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае.

6.2 Средства закрытия

6.2.1 Машинные шахты

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правила 17 (1) и 12 (1)).

Отверстия в шахтах машинных помещений в районе 1 или 2 должны оборудоваться дверями из стали или другого равноценного материала, постоянно и прочно прикрепленными к переборке. Двери должны быть подкреплены и устроены таким образом, чтобы вся конструкция имела такую же прочность, что и переборка, не имеющая отверстий, и при закрытой двери была непроницаема при воздействии моря. Двери должны открываться и закрываться с обеих сторон. Обычно двери должны открываться наружу, чтобы обеспечить дополнительную защиту от воздействия моря.

Прочие отверстия в таких шахтах должны быть снабжены равноценными крышками, постоянно прикрепленными на своих местах.

6.2.2 Высота комингса двери

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 17 (1) и (2)).

Высота комингса двери должна быть не менее:

600 мм от палубы в районе 1;

380 мм от палубы в районе 2;

230 мм во всех других случаях.

6.2.3 Двойные двери

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 17 (1) и (2)).

Для судов с назначенными надводными бортами, менее тех, которые взяты из табл. В Международной конвенции о грузовой марке, с Поправками, если шахты не защищены другими конструкциями, требуется установка двойных дверей (т.е. внутренних и внешних дверей). Должен предусматриваться комингс внутренней двери высотой 230 мм в сочетании с комингсом внешней двери высотой 600 мм.

6.2.4 Отверстия котельных люков

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 17 (5)).

Отверстия котельных люков должны иметь прочные крышки из стали или другого равноценного материала, постоянно прикрепленные на своих местах и обеспечивающие непроницаемость при воздействии моря.

6.3 Комингсы

6.3.1 *См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 17 (3)).*

Комингсы котельных люков, труб или вентилятора машинных помещений на открытых участках палубы надводного борта или палубы надстройки должны возвышаться над палубой настолько, насколько это целесообразно и практически осуществимо.

Как правило, вентиляторы, необходимые для непрерывной подачи воздуха в машинное помещение и, если требуется, в помещение аварийного генератора, должны иметь комингсы, имеющие высоту в соответствии с [8.1.3], без необходимости устанавливать средства закрытия, непроницаемые при воздействии моря.

6.3.2 *См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 17 (4)).*

Если из-за размеров и устройства судна это требование практически неосуществимо, для вентиляторов машинного помещения и помещения аварийного генератора классификационное общество может разрешить меньшую высоту комингсов, оборудованных средствами закрытия в соответствии с [8.1.2], в сочтеании с другими средствами для обеспечения бесперебойной и достаточной вентиляции этих помещений.

7 Сходные люки

7.1 Общие положения

7.1.1 Отверстия в палубе надводного борта

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 18 (2)).

Другие отверстия в палубе надводного борта, кроме грузовых люков, отверстий в машинных помещениях, горловин и палубных иллюминаторов, должны быть защищены закрытой надстройкой или рубкой, или сходным люком равноценой прочности и непроницаемости.

7.1.2 Отверстия в надстройках

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 18 (2)).

Отверстия в открытой палубе надстройки, или в верхней части рубки на палубе надводного борта, которые служат для доступа в помещение под палубой надводного борта или в помещение внутри закрытой надстройки, должны быть защищены прочной рубкой или сходным люком.

7.1.3 Отверстия в надстройках, имеющих высоту менее стандартной высоты

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 18 (3)).

Отверстия в верхней части рубки на возвышенном квартердеке или надстройке, высотой менее стандартной высоты, расположенные на высоте равной или более стандартной высоты квартердека, должны оборудоваться приемлемыми средствами закрытия, но нет необходимости защищать их эффективной рубкой или сходным люком, при условии, что высота рубки, по крайней мере, равна высоте надстройки. Отверстия в верхней части рубки, высота которой менее стандартной высоты надстройки, могут рассматриваться подобным образом.

7.2 Размеры связей

7.2.1 Сходные люки на открытых палубах, защищающие отверстия, ведущие в закрытые помещения, должны быть изготовлены из стали и прочно крепиться к палубе и иметь надлежащие размеры.

7.3 Средства закрытия

7.3.1 Двери

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 18 (2)).

Дверные отверстия в рубках или сходных люках, которые обеспечивают доступ к помещениям под палубой надводного борта или к закрытым надстройкам, должны оборудоваться непроницаемыми дверями. Двери должны быть изготовлены из стали, открываться, закрываться и задраиваться с обеих сторон. Как правило, двери открываются наружу, чтобы обеспечить дополнительную защиту от ударов волн.

В качестве альтернативы, если трапы внутри рубки закрыты сходными люками надлежащей конструкции с непроницаемыми дверями, нет необходимости делать внешние двери непроницаемыми.

Если средства закрытия отверстий доступа к надстройкам и рубкам не являются непроницаемыми при воздействии моря, внутренние отверстия палубы считаются открытыми, т.е. расположенными на открытой палубе.

7.3.2 Высота комингсов

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143 (77), правило 18 (4 – 6)).

Высота комингсов дверных вырезов в сходных люках над палубой должна быть не менее:
600 мм в районе 1;
380 мм в районе 2.

Если доступ обеспечивается с палубы, расположенной выше, в качестве альтернативы доступу с палубы надводного борта, высота комингсов средней надстройки или юта должна быть 380 мм. То же самое должно применяться к рубкам на палубе надводного борта.
Если доступ не обеспечивается с палубы, расположенной выше, высота комингсов дверных вырезов в рубках на палубе надводного борта должна быть 600 мм.

8 Вентиляторы

8.1 Средства закрытия

8.1.1 Общие положения

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 19 (4)).
Отверстия вентиляторов должны быть снабжены надежными непроницаемыми средствами закрытия, изготовленными из стали или другого равноценного материала.

8.1.2 Исключения для средств закрытия

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 19 (3)).
Вентиляторы могут не иметь средства закрытия, если не требуется иное классификационным обществом в том случае, когда комингсы возвышаются над палубой более чем на:
4,5 м в районе 1;
2,3 м в районе 2.

8.1.3 Средства закрытия для судов длиной не более 100 м

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 19 (4)).
На судах длиной не более 100 м средства закрытия должны быть постоянно прикреплены к комингсам вентиляторов.

8.1.4 Средства закрытия для судов длиной более 100 м

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 19 (4)).
На судах длиной более 100 м средства закрытия постоянно не крепятся, они должны удобно храниться рядом с вентиляторами, для которых оин предназначены.

8.1.5 Вентиляция машинных помещений и помещения аварийного генератора

Для удовлетворительного обеспечения при всех погодных условиях:
постоянной вентиляции машинных помещений,
и, если необходимо, немедленной вентиляции помещения аварийного генератора,
вентиляторы, обслуживающие такие помещения, должны соответствовать [8.1.2], т.е. их отверстия должны быть расположены таким образом, чтобы средства закрытия не требовались.

8.1.6 Уменьшенная высота комингсов вентиляторов для машинных помещений и помещения аварийного генератора

Если в силу размеров и устройства судна требования [8.1.5] практически невыполнимы, для вентиляторов машинного помещения и помещения аварийного генератора выполняются комингсы меньшей высоты, оборудованные средствами закрытия, непроницаемыми при воздействии моря, в соответствии с [8.1.1], [8.1.3] и [8.1.4], в сочетании с другими подходящими средствами, такими как сепараторы, снабженными сливными устройствами, для обеспечения бесперебойной и достаточной вентиляции указанных помещений.

8.1.7 Средства закрытия забортных вентиляторов или вентиляторов, проходящих через закрытые надстройки

Средства закрытия забортных вентиляторов или вентиляторов, проходящих через закрытые надстройки, является предметом рассмотрения классификационным обществом в каждом конкретном случае. Если такие вентиляторы установлены на расстоянии более 4,5 м выше палубы надводного борта, средства закрытия могут не устанавливаться, при условии, что имеются надлежащие отражатели и сливные устройства.

8.2 Комингсы

8.2.1 Общие положения

См. Международную конвенцию о грузовой марке, с Поправками (резолюция MSC.143(77), правило 19 (1 и 2)).

Вентиляторы, расположенные в районе 1 или 2, обеспечивающие вентиляцию помещений под палубой надводного борта или палубой закрытых надстроек, должны иметь комингсы из стали или другого равноценного материала, имеющие прочную конструкцию и прочно прикрепленные к палубе. Вентиляторы, проходящие через любые надстройки, кроме закрытых, должны иметь на палубе надводного борта прочные комингсы из стали или другого равноценного материала.

8.2.2 Размеры связей

Размеры связей комингсов вентиляторов, расположенных на открытых участках палубы, должны быть не менее значения, полученного из табл. 7.

При расположении вентиляторов на открытых участках палубы или для соответствия расчетам плавучести, может потребоваться увеличение высоты комингсов для удовлетворения требований классификационного общества.

Таблица 7

Размеры связей комингсов вентиляторов

Свойство	Размеры
Высота комингса, мм, над палубой	$h = 900$ в районе 1 $h = 760$ в районе 2
Толщина комингса, мм [1]	$t = 5{,}5 + 0{,}01\, d_v$ при $7{,}5 \le t \le 10$
Подкрепление	Если $h > 900$ мм, комингс должен быть подкреплен ребрами жесткости или иметь опоры в виде стоек
где d_v внешний диаметр вентилятора, мм. [1] Если высота вентилятора превышает высоту h, толщина комингса может быть постепенно уменьшена до данной высоты, как минимум, до 6,5 мм.	

9 Отверстия для мойки танков

9.1 Общие положения

9.1.1 Сливные отверстия, смотровые окна и отверстия для мойки танков могут не оборудоваться в закрытых помещениях.

Глава 10

Снабжение корпуса

Раздел 1. Руль и устройства маневрирования

Раздел 2. Фальшборт и леерные ограждения

Раздел 3. Снабжение

РАЗДЕЛ 1. РУЛЬ И УСТРОЙСТВА МАНЕВРИРОВАНИЯ

Условные обозначения

Если в данном разделе отсутствуют определения символов, см. главу, 1, раздела. 4.

C_R расчетная нагрузка на руль, Н;

Q_R крутящий момент для руля, Н.м;

A общая площадь поворотного пера руля м^2, измеренная в середине поверхности руля;
Для поворотных насадок, A принимается не менее чем 1,35 кратная величина проектной площади насадки.

A_t площадь, равная площади A + площадь кронштейна руля, если имеется, м^2;

A_f часть площади пера руля, расположенная впереди оси баллера руля, м^2;

b средняя высота площади пера руля , м;

c средняя ширина площади пера руля, м, см. рис. 1;

Λ отношение геометрических размеров площади пера руля A_t, принимаемое равным величине:

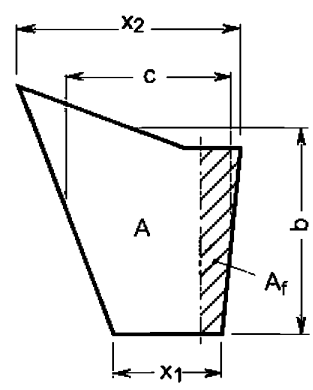
$$\Lambda = \frac{b^2}{A_t};$$

V_0 наибольшая скорость переднего хода судна в узлах, согласно определению главы 1, раздел 4. Если величина данной скорости менее 10, то V_0 следует заменить величиной:

$$V_{min} = \frac{(V_0 + 20)}{3};$$

V_a максимальная скорость на заднем ходу в узлах, принимаемая равной не менее величины $0{,}5V_0$. Для больших скоростей назад может потребоваться специальная оценка нагрузки и крутящего момента руля, как функции угла перекладки руля. Если не указано никаких ограничений по углу перекладки руля при движении на заднем ходу, коэффициент κ_2 принимается менее, чем величины, указанные в табл. 1 для движения задним ходом.

Рис. 1
Размеры руля



$$c = \frac{x_1 + x_2}{2} \qquad b = \frac{A}{c}$$

1. Общие положения

1.1 Устройство маневрирования

1.1.1 Каждое судно должно быть оборудовано устройством для маневрирования, гарантирующим достаточную управляемость. Устройство маневрирования включает все части, начиная от руля и рулевого устройства, до положения для руления, необходимого для управления судном.

1.1.2 В данном разделе рассматриваются баллер руля, соединение баллера с пером руля или поворотной насадкой, подшипники баллера и корпус руля. Рулевое устройство должно соответствовать правилам классификационного общества.

1.1.3 Румпельное отделение должно иметь хороший доступ и, насколько это целесообразно, должно быть отделено от машинного помещения.

Примечание: В части, касающейся использования немагнитных материалов в рулевой рубке в районе установки магнитного компаса, следует руководствоваться требованиями национальных Администраций по этому вопросу.

1.2 Описание конструкции

1.2.1 Для восприятия веса корпуса руля должны быть установлены эффективные средства, не допускающие чрезмерного давления на упорный подшипник, который должен крепиться к верхней части баллера руля. Конструкция корпуса в месте установки упорного подшипника руля должна быть подкреплена соответственно.

1.2.2 Для предотвращения подъема руля должны устанавливаться соответствующие устройства.

1.2.3 Соединения конструкции пера руля с элементами, изготовленными из стальных поковок или отливок, должны проектироваться таким образом, чтобы избежать в этих местах чрезмерной концентрации напряжений.

1.2.4 Проход баллера руля через корпус судна обеспечивается либо за счет установки гельмпортовой трубы, либо за счет уплотнений, которые оборудуются выше самой глубокой грузовой ватерлинии, чтобы не допустить попадания воды в румпельное отделение, а также смыва смазки с упорного подшипника руля. Если верхняя часть гельмпортовой трубы находится ниже самой высокой грузовой ватерлинии, то необходима установка двух независимых уплотнений.

1.3 Размер площади пера руля

Для того, чтобы достичь достаточной маневренности судна, размер перекладываемой площади пера руля A рекомендуется иметь не менее чем величина, м^2, полученная по следующей формуле:

$$A = c_1 c_2 c_3 c_4 \frac{1{,}75 L T}{100},$$

где c_1 коэффициент, принимаемый равным 0,9;

c_2 коэффициент типа руля:

$c_2 = 1.0$ рули в общем,

$c_2 = 0.9$ для полуподвесных рулей,

$c_2 = 0.7$ для высоко подвешенных рулей;

c_3 коэффициент профиля руля:

$c_3 = 1.0$ для профилей NACA, (НАСА) и пластинчатых профилей руля,

$c_3 = 0.8$ для профиля пустотелого руля и профиля смешанного типа;

c_4 коэффициент установки руля:

$c_4 = 1.0$ для рулей, находящихся в струе гребного винта,

$c_4 = 1.5$ для рулей вне струи гребного винта.

Для полуподвесных рулей 50 % предполагаемой площади кронштейна руля может быть включено в площадь пера руля A. При установке более одного руля, площадь каждого из них может быть уменьшена на 20 %. При расчете площади пера руля A, следует учитывать [2.1] .

1.4 Материалы

1.4.1 Для подбора материалов для баллера руля, штырей, болтовых соединений и т.п. следует обращаться к правилам по материалам классификационного общества.

1.4.2 В общем, материалы, имеющие величину R_{eH} менее 200 Н/мм^2 и R_m менее 400 Н/мм^2, или более 900 Н/мм^2 не используются для изготовления баллера руля, штырей, шпонок и болтов. Требования данного раздела основываются на величине R_{eH}, равной 235 Н/мм^2. Если используемый материал имеет величину R_{eH}, отличающуюся от 235 Н/мм^2, то коэффициент материала k_r определяется следующим образом:

$$k_r = \left(\frac{235}{R_{eH}}\right)^{0,75} \quad \text{для } R_{eH} > 235;$$

$$k_r = \frac{235}{R_{eH}} \quad \text{для } R_{eH} \le 235,$$

где R_{eH} минимальный предел текучести применяемого материала, Н/мм^2. Величина R_{eH} не должна приниматься более $0{,}7R_m$ или 450 Н/мм^2, что является наименьшим по значению.

1.4.3 Перед принятием значительного уменьшения диаметра баллера руля, вследствие применения сталей с R_{eH}, превышающей 235 Н/мм^2, классификационное общество может потребовать определения эластичной деформации баллера руля. Следует избегать большой деформации для того, чтобы не допустить чрезмерных напряжений давления на подшипники.

1.4.4 Величины допустимых напряжений, указанные в [5.1], применимы к стали нормальной прочности. Если применяется сталь повышенной прочности, то повышенные величины допустимых напряжений рассматриваются в каждом конкретном случае.

2. Расчетные нагрузки и крутящие моменты для рулей

2.1 Расчетные нагрузки и крутящие моменты для рулей обычного типа

2.1.1 Расчетная нагрузка на руль, Н, определяется по следующей формуле:

$$C_R = 132AV^2 \kappa_1 \kappa_2 \kappa_3 \kappa_r,$$

где V V_0 при движении передним ходом;
V_a при движении на заднем ходу;
κ_1 коэффициент, зависящий от отношения геометрических размеров Λ, принимаемый равным величине:
$\kappa_1 = (\Lambda + 2)/3$, когда Λ не должно быть больше 2;
κ_2 коэффициент, зависящий от типа руля и профиля руля в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

Коэффициент κ_2

Профиль /тип руля	κ_2	
	Вперед	**Назад**
Серия NACA-00 Профиль Готингена	1.10	0.80
Профиль с плоскими листами	1.10	0.90
Смешанный профиль (HSVA)	1.21	0.90
Пустотелый профиль	1.35	0.90
Высоко подвешенный руль	1.70	Рассматривается специально; если не известен, то принимается за: 1.30
Руль в форме рыбьего хвоста	1.40	0.80
Одинарный листовой руль	1.00	1.00

κ_3 коэффициент, зависящий от расположения руля и принимаемый равным величине:
$\kappa_3 = 0.80$ для рулей, расположенных вне струи гребного винта,
$\kappa_3 = 1.00$ для рулей, расположенных частично или в пределах струи гребного винта,
$\kappa_3 = 1.15$ для рулей, расположенных за насадкой винта;

κ_t коэффициент, равный 1,0 для рулей, расположенных за струей гребного винта. При коэффициенте упора $C_{Th} > 1.0$, квалификационное общество может рассмотреть коэффициент κ_t отличный от 1.0, в каждом конкретном случае.

2.1.2 Крутящий момент для руля, Нм, определяется по следующей формуле:

$$Q_R = C_R r$$

где r рычаг нагрузки C_R, м, принимается равным величине:
$r = c(\alpha - k_{bc})$, не может быть меньше $0.1c$ при движении на переднем ходу;
α коэффициент, принимаемый равным:
$\alpha = 0.33$ при движении на переднем ходу,
$\alpha = 0.66$ при движении на заднем ходу (в общих случаях),
$\alpha = 0.75$ при движении на заднем ходу (пустотелый профиль);
Для частей пера руля, находящихся за жестко установленной конструкцией, как кронштейн руля:
$\alpha = 0.25$ при движении на переднем ходу,
$\alpha = 0.55$ при движении на заднем ходу;
Для высоко подвешенных рулей значение α рассматриваться специально. Если значение неизвестно, то для движения на переднем ходу принимается значение, α = 0,40;

k_{bc} коэффициент балансировки:
$k_{bc} = A_f / A$
$k_{bc} = 0.08$ для небалансирных рулей.

2.1.3 Следует отметить влияние выбранного типа и профиля руля на выбор и работу рулевых устройств.

2.2 Нагрузки и крутящий момент для пера рулей с вырезами (полуподвесные рули)

2.2.1 Общая нагрузка на руль C_R должна рассчитываться, согласно [2.1.1]. Распределение давления по площади пера руля, от которой зависит определение крутящий момент руля и прочность пера руля, получается следующим образом:

- площадь пера руля может быть разделена на две прямоугольных или трапецеидальных части с площадью A_1 и A_2 , см. рис. 2.
- результирующая сила, Н, для каждой части принимается равной величине:

$$C_{R1} = C_R(A_1/A),$$

$$C_{R2} = C_R(A_2/A).$$

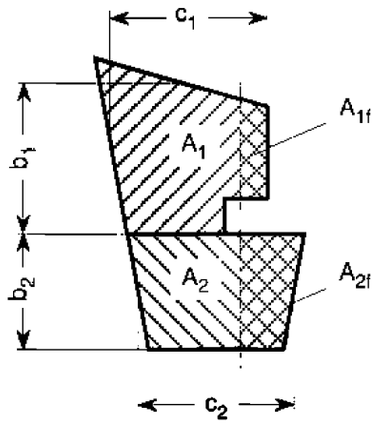
2.2.2 Результирующий крутящий момент, Н.м, для каждой части принимается равной величине:

$$Q_{R1} = C_{R1}\, r_1,$$

$$Q_{R2} = C_{R2}\, r_2,$$

где $r_1 = c_1(\alpha - k_{b1})$, м;
$r_2 = c_2(\alpha - k_{b2})$, м;
$k_{b1} = A_{1f} / A_1$
$k_{b2} = A_{2f} / A_2$
A_{1f}, A_{2f} согласно рис. 2;
$c_1 = A_1 / b_1$
$c_2 = A_2 / b_2$
b_1, b_2 средние высоты частей площади пера руля A_1 и A_2 (См. рис. 2).

Рис. 2
Площади A_1 и A_2



2.2.3 Общий крутящий момент пера руля, Н.м, должен определяться по следующим формулам:

$Q_R = Q_{R1} + Q_{R2}$, не будучи менее, чем величина $Q_{R\min} = C_R\, r_{1,2\min}$,

где $r_{1,2\min} = (0{,}1/A)\,(c_1 A_1 + c_2 A_2)$, м.

3. Размеры сечений баллера руля

3.1 Диаметр баллера руля

3.1.1 Диаметр баллера руля, м, для передачи крутящего момента руля должен быть не менее, чем:

$$D_t = 4{,}2\ \sqrt[3]{Q_R k_r},$$

где Q_R согласно [2.1.2], [2.2.2] и [2.2.3]

Возникающее крутящее напряжение, Н/мм^2, равно величине:

$$\tau_t = 68 / k_r,$$

где k_r согласно [1.4.2] и [1.4.3].

3.1.2 Диаметр баллера руля, определяемый в соответствии с [3.1.1] является определяющим для рулевого устройства, стопоров и фиксирующего устройства.

3.1.3 При установке механического привода диаметр баллера руля в верхней части, предназначенной только для передачи крутящего момента от вспомогательного рулевого привода, может быть равен величине $0.9D_t$. Длина кромки сектора вспомогательного румпеля должна быть не менее величины $0.77D_t$, а высота не менее чем величина $0.8D_t$.

3.1.4 Баллер руля должен быть закреплен относительно осевого смещения. Степень допустимого осевого зазора зависит от рулевого привода и подшипника.

3.2 Усиление баллера руля

3.2.1 Если вследствие устройства руля в баллере руля возникают дополнительные нормальные напряжения, то следует соответствующим образом увеличить диаметр баллера. Увеличенный диаметр, если применяется, влияет на размер поперечных смежных сечений баллера. Для увеличенного диаметра баллера руля приведенные напряжения, Н /мм^2, не должно превышать следующего значения:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} \le 118/k_r,$$

где σ_b нормальные напряжения, Н/мм^2, равные величине:

$$\sigma_b = \frac{10{,}2M_b}{D_1^3};$$

M_b изгибающий момент в сечении подшипника, Н.м;

τ Касательные напряжения, Н/мм^2, равное величине:

$$\tau = \frac{5{,}1Q_R}{D_1^3};$$

D_1 Увеличенный диаметр баллера руля, см, равный величине:

$$D_1 = 0{,}1D_t\sqrt[6]{1 + \frac{4}{3}\left(\frac{M_b}{Q_R}\right)^2},$$

Q_R согласно [2.1.2], [2.2.2] и [2.2.3],

D_t согласно [3.1.1].

Примечание: При установке двухпоршневого рулевого привода дополнительные изгибающие моменты могут передаваться от рулевого привода на баллер руля. Данные дополнительные изгибающие моменты следует учитывать при определении диаметра баллера руля.

3.3 Анализ

3.3.1 Общие положения

Изгибающие моменты, срезывающие силы и подкрепляющие силы системы руль-баллер определяют, согласно [3.3.2] и [3.3.3], для типов руля на рис. 3 – 7.

3.3.2 Анализируемые данные

l_{10} ,..., l_{50} длина, м, независимых связей системы;

I_{10} ,..., I_{50} моменты инерции этих связей, см^4.

Для рулей, подкрепленных пяткой, длина l_{20} является расстоянием между нижней кромкой корпуса руля и центром пятки, а I_{20} является величиной момента инерции штыря пятки.

Нагрузка на корпус руля, кН/м, (в общем случае):

$$p_R = \frac{C_R}{l_{10} \cdot 10^3};$$

Нагрузка на полуподвесные рули, кН/м:

$$p_{R10} = \frac{C_{R2}}{l_{10} \cdot 10^3},$$

$$p_{R20} = \frac{C_{R1}}{l_{20} \cdot 10^3},$$

C_R, C_{R1}, C_{R2} согласно [2.1] и [2.2];

Z пружинящая постоянная, кН/м, поддерживающего действия пятки или кронштейна руля, соответственно:

Для подкрепления пятки (см. рис. 3):

$$Z = \frac{6{,}18 I_{50}}{l_{50}^3},$$

для подкрепления кронштейна (см. рис. 4):

$$Z = \frac{1}{f_b + f_t},$$

f_b единица смещения кронштейна руля, м/кН, вследствие действия в центре подкрепления единицы силы смещения, равной 1 kH;

$$f_b = \frac{1{,}3 d^3 10^8}{3 E I_n},$$

$$f_b = 0{,}21 \frac{d^3}{I_n}$$ (значение направляющей для стали);

I_n момент инерции кронштейна руля, см^4, вокруг оси x-на отрезке $d/2$ (см. рис. 4);

f_t единица смещения кронштейна руля, м/кН, вследствие действия крутящего момента, равного 1,

$$f_t = \frac{d e^2}{G J_t}$$

$$f_t = \frac{d e^2 \sum u_i / t_i}{3{,}17 \cdot 10^8 F_t^2}$$ для стали;

G модуль сдвига, кН/м^2:

$G = 7{,}92 \cdot 10^7$ для стали;

J_t крутящий момент инерции, м^4;

F_T средняя площадь сечения кронштейна руля, м^2;

u_i ширина, мм, отдельных листов, образующих среднюю площадь сечения кронштейна руля;

t_i толщина листа каждого листа шириной u_i, мм;

e, d расстояния, м, согласно рис. 4;

K_{11}, K_{22}, K_{12} постоянные соответствия кронштейна руля, рассчитанные для кронштейна руля с двумя эластичными соединенными опорами (рис. 5). Две сопряженные эластичные опоры определяются величиной горизонтального смещения, y_i, получаемой из следующего уравнения:

для нижнего подшипника кронштейна руля:

$$y_1 = -K_{12} F_{A2} - K_{22} F_{A1},$$

для верхнего подшипника кронштейна руля:

$$y_2 = -K_{11} F_{A2} - K_{12} F_{A1},$$

где y_1, y_2 горизонтальные смещения, м, на нижнем и верхнем подшипниках кронштейна руля соответственно;

F_{A1}, F_{A2} горизонтальные силы подкрепления, кН, на нижнем и верхнем подшипниках кронштейна руля соответственно;

K_{11}, K_{22}, K_{12} значения, м/кН, полученные по следующим формулам:

$$K_{11} = 1{,}3\,\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}} + \frac{e^2\lambda}{GJ_{th}},$$

$$K_{12} = 1{,}3\left[\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}} + \frac{\lambda^2(d-\lambda)}{2EJ_{1h}}\right] + \frac{e^2\lambda}{GJ_{th}},$$

$$K_{12} = 1{,}3\left[\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}} + \frac{\lambda^2(d-\lambda)}{2EJ_{1h}}\right] + \frac{e^2\lambda}{GJ_{th}},$$

d высота кронштейна руля, м, согласно рис. 5. Данное значение получается промером сверху вниз от верхней оконечности кронштейна в точке перехода кривой до средней линии нижнего штыря кронштейна руля;

λ длина, м, согласно рис. 5. Данное значение получается промером сверху вниз от верхней оконечности кронштейна в точке перехода кривой до средней линии верхнего подшипника кронштейна руля. Для $\lambda = 0$, данные формулы преобразуются в формулы с пружинистой постоянной Z или для кронштейна руля с одной эластичной опорой и допущением, что данная часть является пустотелой в сечении;

e плечо кручения кронштейна руля, м, согласно рис.5 (значение принимается при $z = d/2$);

J_{1h} момент инерции кронштейна руля вокруг оси x, $м^4$, для области, расположенной выше верхнего подшипника кронштейна руля. Следует отметить, что величина J_{1h} является средним значением по длине λ (см. рис. 5);

J_{2h} момент инерции кронштейна руля вокруг оси x, $м^4$, для области, расположенной между верхним и нижним подшипниками кронштейна руля. Следует отметить, что величина J_{1h} является средним значением по длине λ (см. рис. 5);

J_{th} коэффициент жесткости кручения для кронштейна руля, $м^4$. Для любой тонкостенной закрытой секции равен:

$$J_{th} = \frac{4F_T^2}{\sum_i \frac{u_i}{t_i}},$$

F_T средняя площадь, заключенная между внешними и внутренними границами тонкостенной закрытой секции кронштейна руля, $м^2$;

u_i длина, мм, отдельных листов, образующих среднюю площадь сечения кронштейна;

t_i толщина, мм, отдельных листов, указанных выше.

Следует отметить, что величина J_{th} берется как среднее значение действительное для высоты кронштейна руля.

3.3.3 Моменты и силы, подлежащие оценке

а) Изгибающий момент M_R и срезывающая сила Q_1 действующие на корпус руля, изгибающий момент M_b в сечении подшипника и подкрепляющие силы B_1, B_2, B_3 подлежат оценке.
Оцененные таким образом силы и моменты должны использоваться для анализа напряжений, требуемого согласно [3.2], [5], [9.1] и [9.2]

б) Для подвесных рулей (см. рис. 6), моменты, Н.м, и силы, Н, могут быть определены по следующим формулам:

$$M_b = C_R\left(l_{20} + \frac{l_{10}(2x_1 + x_2)}{3(x_1 + x_2)}\right),$$

$$B_3 = M_b / l_{30},$$

$$B_2 = C_R + B_3;$$

с) Для подвесных рулей с гельмпортовой трубой, (см. рис. 7), моменты, Н.м, и силы, Н, могут быть определены по следующим формулам:
M_R является наибольшим значением из приведенных ниже:

$$M_R = C_{R2}\,(l_{10} - CG_{2Z}),$$

$$M_R = C_{R1}\,(CG_{2Z} - l_{10}),$$

где C_{R1} нагрузка руля на площади пера руля A_1;
C_{R2} нагрузка руля на площади пера руля A_2;
CG_{1Z} вертикальное положение центра тяжести площади пера руля A_1;
CG_{2Z} вертикальное положение центра тяжести площади пера руля A_2;
$M_B = C_{R2}\,(l_{10} - CG_{2Z})$,
$B_3 = (M_B + M_{CR1})/(l_{20} + l_{30})$,
$B_2 = C_R + B_3$.

Рис. 3
Руль, опирающийся на пятку

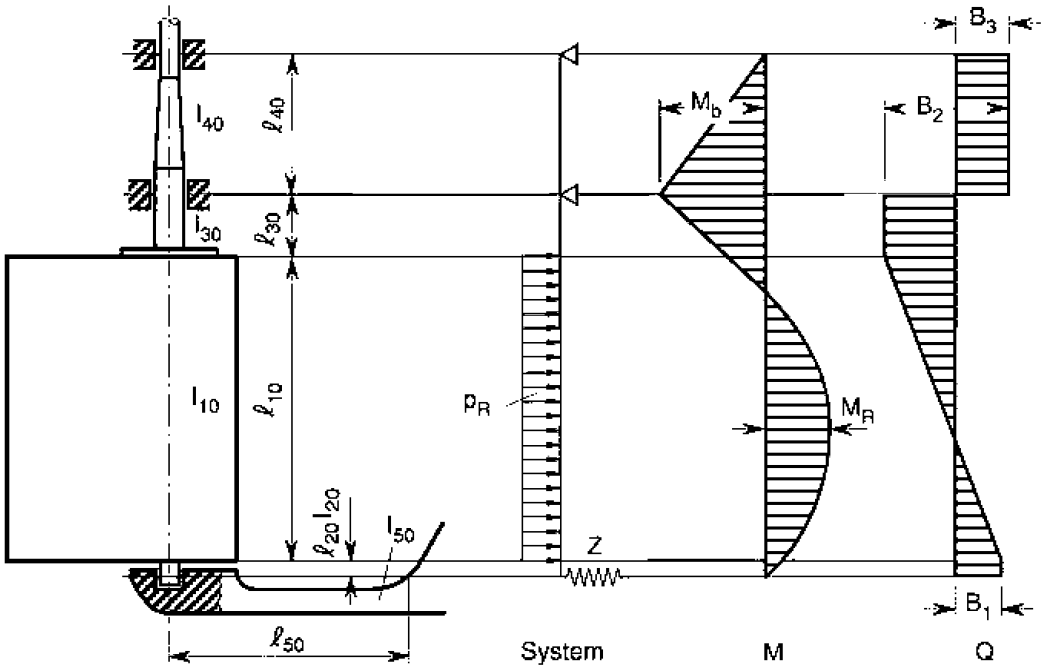


Рис. 4
Полуподвесной руль (с одной эластичной опорой)

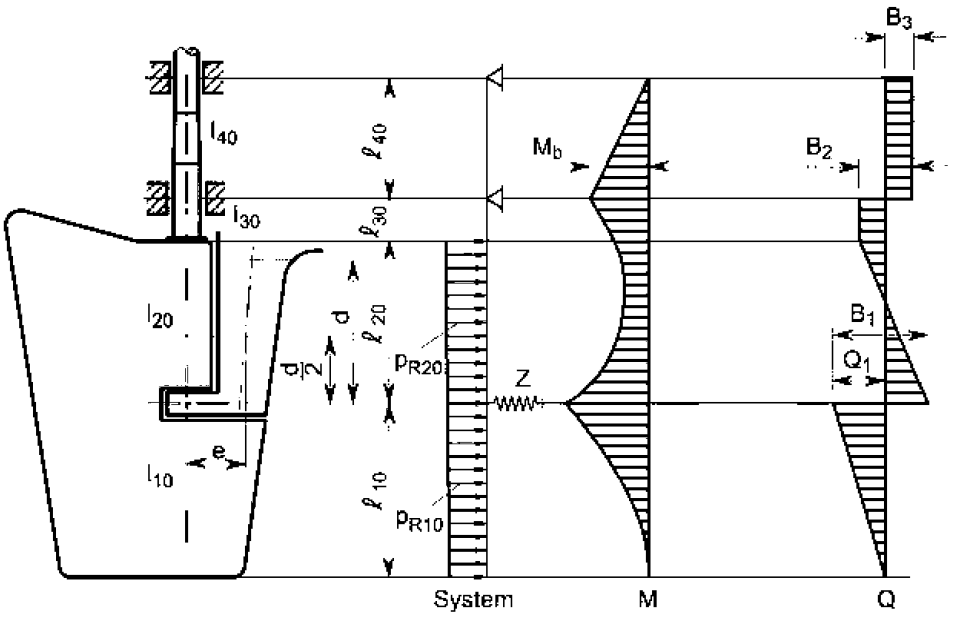


Рис. 5
Полуподвесной руль (с двумя соединенными эластичными опорами)

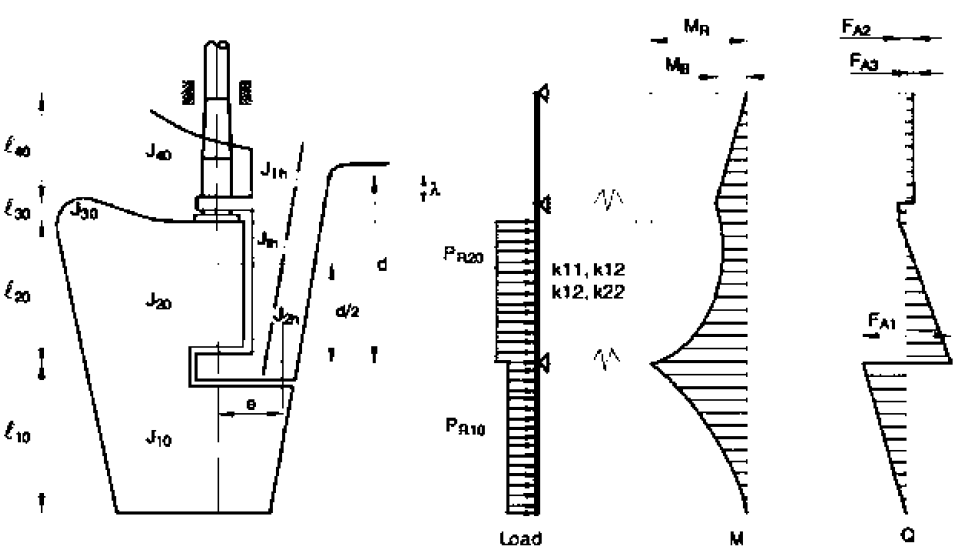


Рис. 6
Подвесной руль

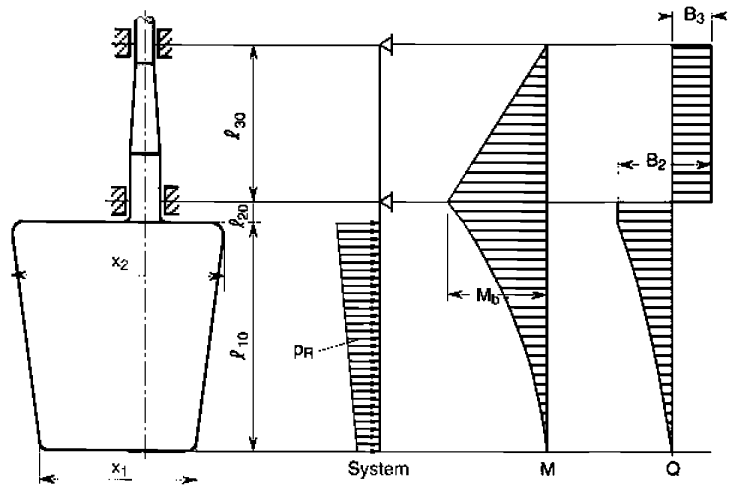
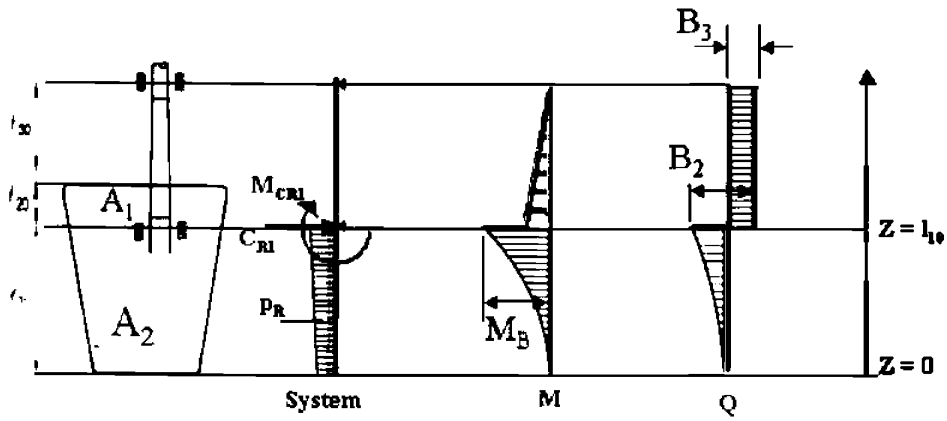


Рис. 7
Подвесной руль с гельмпортовой трубой



3.4 Гельмпортовая труба руля

3.4.1 Если баллер руля проходит в гельмпортовой трубе так, что на нее действуют напряжения, вследствие работы руля, размеры связей гельмпортовой трубы должны быть такими, чтобы приведенные напряжения, вызываемые изгибающими и срезывающими силами, не превышало величины $0.35R_{eH}$ используемого материала.

3.4.2 В случае если баллер руля оборудован гельмпортовой трубой, сваренной таким образом, чтобы гельмпортовая труба нагружалась давлением, возникающее на пере руля, согласно [2.1.1], изгибающее напряжение в гельмпортовой трубе, Н/мм^2, должно соответствовать следующей формуле:

$$\sigma \leq 80/k,$$

где коэффициент материала k для гельмпортовой трубы должен приниматься не менее 0,7.

Для расчета изгибающего напряжения рассматриваемый пролет является расстоянием, между средней высотой нижнего подшипника баллера руля и точкой, где гельмпортовая труба входит в обшивку или нижнюю часть скега.

3.4.3 Сталь, применяемая для изготовления гельмпортовой трубы, должна быть годной для сварки, с содержанием углерода, не превышающим 0.23 % по анализу пробы из ковша, и эквиваленту углерода CEQ, не превышающем 0,41.

3.4.4 Сварка соединения гельмпортовой трубы и обшивки борта, или нижней части скега выполняется с полным проваром. Радиус r, плеча углового сварного шва, мм, должен, насколько это практически осуществимо, соответствовать следующим формулам:

$r = 60$ когда $\sigma \geq 40 / \kappa$ Н/мм^2;

$r = 0.1D_1$ когда $\sigma < 40 / \kappa$ Н/мм^2;

не должна быть менее 30,
где D_1 определен, согласно [3.2.1].
Данный радиус может быть получен путем шлифования. При применении дискового шлифования следуют избегать трещин или задиров в направлении сварки. Радиус должен проверяться шаблоном. Следует проверить не менее четырех профилей. Отчет следует подавать инспектору.

3.4.5 Перед началом проведения сварочных работ классификационному обществу предоставляется подробная спецификация порядка проведения сварочных работ. В спецификации указать: подготовку к сварочным работам, положение свариваемых деталей, параметры сварки, расходные материалы для сварки, предварительный нагрев, термообработка после сварки и порядок проведения проверки. Данный порядок сварки должен подкрепляться испытаниями на допуск в соответствии с применяемыми требованиями к материалам и разделам правил по сварке.
Изготовитель должен вести учет производства сварочных работ, последующей термообработке и проведению инспекций по сварке. Отчеты по вышеназванным аспектам представляются инспектору.

3.4.6 Неразрушающий контроль должен проводиться не ранее, чем через 24 часа после завершения сварочных работ. Сварочные швы должны быть подвергнуты 100 % магнитной и 100 % ультразвуковой дефектоскопии. У сварочных швов не должно быть трещин, отсутствовать оплавление и неполный провар. Отчет по неразрушающему контролю вручается инспектору.

3.4.7 Изготовление гельмпортовой трубы из материалов иных, чем сталь, рассматривается классификационным обществом особо.

3.4.8 Толщина обшивки борта или обшивки днища должна быть совместимой с толщиной гельмпортовой трубы.

4. Соединение баллера с пером руля

4.1 Общие положения

4.1.1 Соединения баллера с пером руля должны проектироваться таким образом, чтобы позволить передать полный крутящий момент баллера руля.

4.1.2 Расстояние оси болта от кромок фланца должен быть не менее чем 1,2 кратный диаметр болта.
В горизонтальных соединениях, по крайней мере, 2 болта должны быть расположены спереди от оси баллера.

4.1.3 Болты соединения должны быть по размеру. Болты и гайки должны быть надежно застопорены для предотвращения отдачи.

4.1.4 Для подвесных рулей горизонтальные соединения, согласно [4.2] допускаются только, если требуемая толщина фланцев соединений t_f менее 50 мм, в ином случае следует применять коническое соединение, согласно [4.4] или [4.5], в части касающейся. Для подвесных рулей с высокой подвеской, согласно положениям [4.4] или [4.5] в части касающейся, допускается применение только конических соединений

4.2 Горизонтальные соединения баллера с пером руля

4.2.1 Диаметр болтов соединения, мм, должен быть не менее чем величина:

$$d_b = 0{,}62 \sqrt{\frac{D^3 k_b}{k_r n e}},$$

где D диаметр баллера руля, согласно [6], мм;
n общее количество болтов, которое должно быть не менее 6;
e среднее расстояние от осей болтов до центра системы отверстий болтов, мм;
k_r коэффициент материала для баллера руля, согласно [1.4.2];
k_b коэффициент материала для болтов, получаемый согласно [1.4.2].

4.2.2 Толщина фланцев соединения, мм, должна быть не менее чем величина, определяемая по следующим формулам:

$$t_f = 0{,}62 \sqrt{\frac{D^3 k_f}{k_r n e}},$$ но должна быть не менее чем $0.9 d_b$,

где k_f коэффициент материала для фланцев соединения, получаемый согласно [1.4.2].

Толщина фланцев соединения без отверстий под болты должна быть не менее $0{,}65 t_f$.
Толщина материала вне отверстий под болты должна быть не менее $0{,}67 d_b$.

4.2.3 Фланцы соединений должны снабжаться призонной шпонкой, согласно стандарту DIN 6885 или равному стандарту по отдаче болтов.
Призонная шпонка может не поставляться, если диаметр болтов увеличен на 10 %.

4.2.4 Соединения болтовые с горизонтальными фланцами должны быть либо откованы вместе с баллером руля, либо приварены к баллеру руля, согласно [10.1.3].

4.2.5 Для соединения соединительного фланца с баллером пера руля, следует руководствоваться также [10].

4.3 Вертикальные соединения баллера с пером руля

4.3.1 Диаметр болтового соединения, мм, должен быть не менее:

$$d_b = \frac{0{,}81 D}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{k_b}{k_r}},$$

где D, k_b, k_r, n определены, согласно [4.2.1], а величина n должна быть не менее 8.

4.3.2 первый момент площади болтов, см^3, вокруг центра соединения должен быть не менее:

$S = 0.00043 D^3$.

4.3.2 Толщина соединительных фланцев, мм, должна быть не менее $t_f = d_b$;
Ширина материала вне отверстий под болты должна быть не менее $0{,}67 d_b$.

4.4 Конические соединения со шпонкой

4.4.1 Конические соединения должны иметь конусность c по диаметру от 1:8 до 1:12 , где $c = (d_0 - d_u)/l$ (см. рис. 8).
Форма конуса должна быть очень точной. Гайка должна быть застопорена, например, контровочной пластиной, как показано на рис. 8.

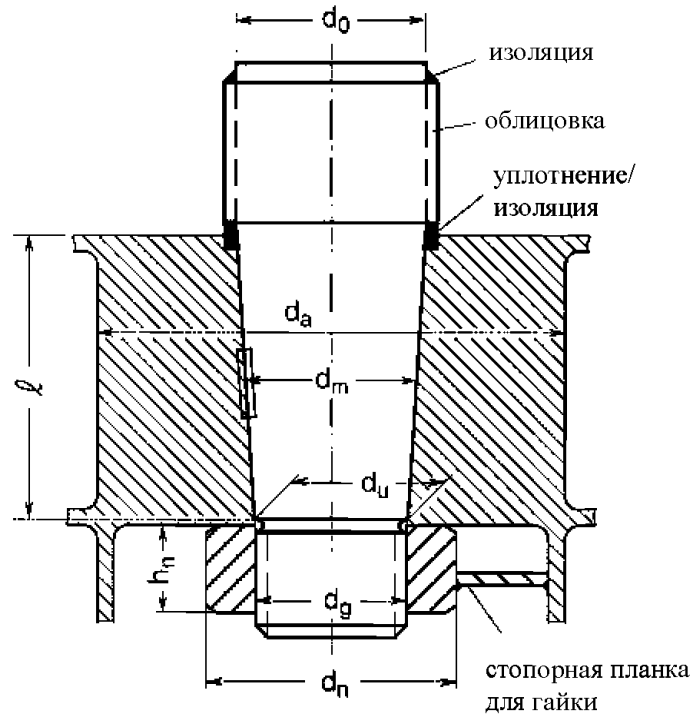
4.4.2 Длина соединения l, в общем случае, должна быть не менее $1.5d_0$.

4.4.3 Для соединений баллера и пера руля должна поставляться шпонка, площадь срезывания которой, см^2, должна быть не менее:

$$a_s = \frac{17{,}55\,Q_F}{d_k R_{eH1}},$$

где Q_F расчетный момент текучести баллера руля, Нм, согласно [6];
d_k диаметр конической части баллера руля, мм, в месте установки шпонки;
R_{eH1} минимальное предел текучести материала шпонки, Н/мм^2.

Рис. 8
Коническое соединение со шпонкой



4.4.4 Площадь поверхности, см^2, шпонки, (без закругленных кромок), между шпонкой и баллером руля, или коническим соединением не должна быть менее:

$$a_k = \frac{5\,Q_F}{d_k R_{eH2}},$$

где R_{eH2} минимальное предел текучести материала шпонки, баллера или соединения, Н/мм^2, что является наименьшей величиной.

4.4.5 Размеры стопорной гайки должны быть согласно (см. рис. 8):

- высота: $h_n = 0.6d_g$;
- внешний диаметр, наибольшая из величин: $d_n = 1.2\ d_u$ or $d_n = 1.5\ d_g$;
- диаметр внешней резьбы: $d_g = 0.65\ d_0$.

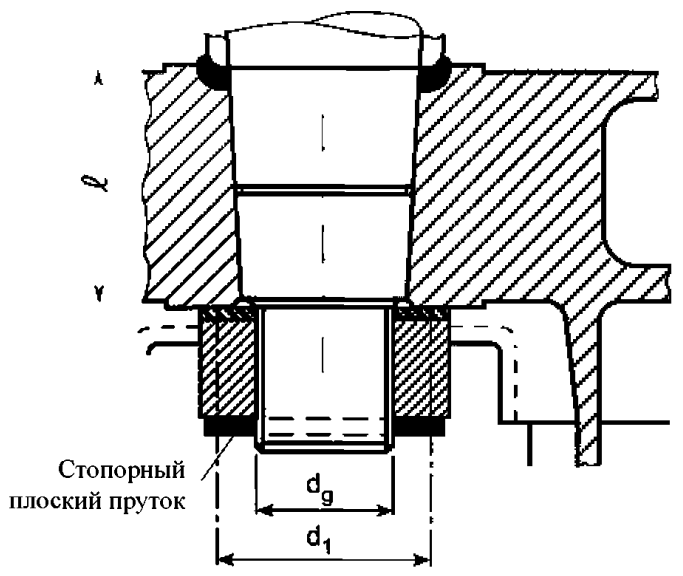
4.4.6 Должно быть обеспечено, чтобы 50 % расчетного момента текучести прямо передавалось за счет трения в коническом соединении. Этого можно достичь, путем подсчета необходимой величины повышения давления и увеличения длины, для передачи крутящего момента $Q'_F = 0.5Q_F$, согласно [4.5.3] .

4.5 Коническое соединение со специальным устройством для установки и снятия соединения

4.5.1 Если диаметр баллера превышает 200 мм, соединение рекомендуется запрессовывать с помощью гидропрессового метода. В этих случаях конус должен быть не таким резким, с величиной конусности равной, $c \approx 1:2$ до $\approx 1:20$.

4.5.2 Если применяется соединение с гидравлической запрессовкой, то гайку необходимо надежно застопорить к баллеру или штырю. В этом случае стопорная планка для фиксации гайки к корпусу руля не предусматривается, (см. рис. 9).

Рис. 9
Коническое соединение без шпонки



Примечание: стопорный плоский пруток будет считаться эффективным средством застопоривания гайки, если его площадь срезывания, мм², равна не менее:

$$A_s = \frac{P_s \cdot \sqrt{3}}{R_{eH}},$$

где Ps сила срезывания, Н, равная величине:

$$P_S = \frac{P_e}{2}\,\mu_1\left(\frac{d_1}{d_g} - 0{,}6\right);$$

P_e сила запрессовки, согласно [4.5.3], Н;
μ_1 коэффициент трения между гайкой и корпусом руля, обычно $\mu_1 = 0{,}3$;
d_1 средний диаметр площади трения гайки и корпусом руля;
d_g диаметр резьбы гайки;
R_{eH} минимальный предел текучести, Н/мм² материала плоского стопорного прутка.

4.5.3 Давление запрессовки и осевое перемещение

Для безопасной передачи крутящего момента соединения между баллером руля и корпусом руля должны быть определены давление запресовки и осевое перемещение, согласно положениям [4.5.4] и [4.5.5].

4.5.4 Давление запрессовки

Давление запрессовки должно быть не менее чем наибольшая из нижеприведенных величин:

$$p_{req1} = \frac{2 Q_F}{d_m^2 \, l \, \pi \, \mu_0} 10^3,$$

$$p_{req2} = \frac{6 \cdot M_b}{l^2 d_m} 10^3,$$

где Q_F расчетный момент текучести баллера руля, согласно [6], Н.м;
d_m средний диаметр конуса баллера, мм;
l длина конической части баллера, мм;
μ_0 коэффициент трения, равный приблизительно 0,15;
M_b изгибающий момент в коническом соединении, (например, в случае подвесного руля), Н.м.

Должно иметься доказательство того, что давление запрессовки не превышает допустимого поверхностного давления в конусе. Допустимое поверхностное давление определяется по следующей формуле:

$$p_{perm} = \frac{0{,}8 R_{eH} (1 - \alpha^2)}{\sqrt{3 + \alpha^4}},$$

где R_{eH} минимальное напряжение текучести материала петли руля, Н/мм^2;
$\alpha = d_m / d_a$
d_m диаметр, мм, согласно рис.8;
d_a внешний диаметр петли руля (см. рис.8), мм, должен быть не менее $1{,}5 d_m$.

4.5.5 Осевое перемещение

Осевое перемещение, мм, должно быть не менее:

$$\Delta l_1 = \frac{p_{req} \, d_m}{E\left(\frac{1 - \alpha^2}{2}\right) c} + \frac{0{,}8 R_{tm}}{c},$$

где R_{tm} средняя шероховатость поверхности, мм, принимаемая равной приблизительно 0.01;
c конусность на диаметре, согласно [4.5.1];

Осевое перемещение, мм, должна быть не более:

$$p_{perm} = \frac{1{,}6 R_{eH} \, d_m}{E c \sqrt{3 + \alpha^4}} + \frac{0{,}8 R_{tm}}{c},$$

Примечание: В случае соединения с помощью давления гидравлики, необходимая сила запрессовки P_e для конуса, Н, может быть определена по следующей формуле:

$$P_e = p_{req} d_m \pi \, l \left(\frac{c}{2} + 0{,}02\right).$$

Значение 0,02 является ссылкой на коэффициент трения с использованием давления масла. Он может быть различным и зависит от механической обработки и шероховатости поверхностей деталей, которые необходимо установить.

Если в силу процедуры установки возникает частичный эффект запрессовки вследствие веса руля, то этот аспект необходимо учитывать при установке осевого перемещения, что является предметом рассмотрения классификационного общества.

4.5.6 Давление запрессовки для штырей подшипников

Необходимое давление запрессовки для подшипников штыря, Н/мм^2, должно определяться по следующей формуле:

$$p_{req} = 0{,}4\,\frac{B_1 d_0}{d_m^2\, l},$$

где B_1 поддерживающая сила в штыре подшипника, Н, (см. рис. 4);
d_m, l согласно [4.5.3];
d_0 диаметр штыря, мм, согласно рис. 8.

5. Перо руля, подшипники руля

5.1 Прочность пера руля

5.1.1 Перо руля подкрепляется горизонтальными ребрами и вертикальными диафрагмами. Дополнительно подкрепляется кормовая кромка руля.

5.1.2 Прочность пера руля подтверждается прямыми расчетами, согласно [3.3].

5.1.3 Для пера руля, не имеющего вырезов, допустимые напряжения ограничиваются следующими величинами:

изгибающим напряжением, Н/мм^2, в зависимости от M_R, определенному в [3.3.3]:
$\sigma_b = 110$;
напряжением срезывания, Н, в зависимости от Q_1, определенной в [3.3.3]:
$\tau_t = 50$;
эквивалентным напряжением, вызванным изгибающими и срезывающими силами:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma \frac{2}{b} + 3\,\tau^2} = 120.$$

Если в обшивке руля выполнено отверстие для доступа к коническому соединению или гайке штыря, то применимы допустимые напряжения, согласно [5.1.4]. Меньшие значения допустимых напряжений могут потребоваться, если радиусы углов меньше величины $0.15h_o$, где h_o является высотой отверстия.

5.1.4 В пере руля с вырезами (полуподвесные рули) допустимые напряжения ограничиваются следующими величинами:

изгибающим напряжением, Н/мм^2, в зависимости от M_R:
$\sigma_b = 90$;
касательным напряжением, Н, в зависимости от Q_1:
$\tau = 50$;
кутящее напряжением, Н/мм^2, в зависимости от M_t:
$\tau_t = 50$;
эквивалентным напряжением, в следствие действия изгибающего и касательного напряжений; и эквивалентным напряжением, в следствие действия изгибающего и крутящего напряжений, Н/мм^2:

$$\sigma_{v1} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\,\tau^2} = 120,$$

$$\sigma_{v2} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\,\tau_t^2} = 100,$$

где $M_R = C_{R2} f_1 + B_1 \dfrac{f_2}{2}$, Н.м;

$Q_1 = C_{R2}$, Н;

f_1, f_2 согласно рис. 10;

τ_t крутящее напряжение, Н/мм^2, принимаемое равным величине:

$$\tau_t = \frac{M_T}{2lht},$$

$M_t = C_{R2} e$, Н.м;

C_{R2} частичная нагрузка на руль, Н, действующая на часть площади руля A_2 ниже рассматриваемого сечения;

e плечо крутящего момента, м, (горизонтальное расстояние между центром давления площади A_2 и центром линии а-а эффективной площади рассматриваемого сечения, см. рис. 10. Предполагается, что центр давления расположен на расстоянии $0.33c_2$ в кормовой части передней кромки площади A_2, где c_2 является средней шириной площади A_2);

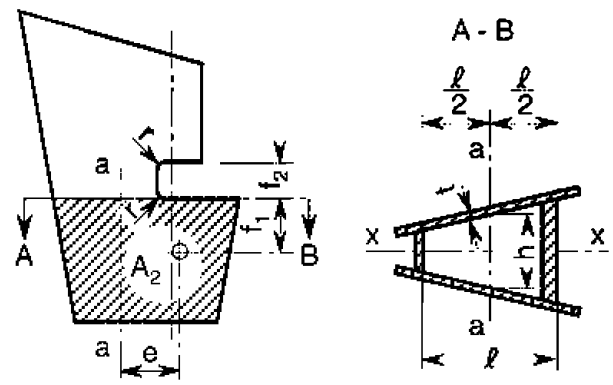
h, l, t размеры, см, согласно рис. 10;

Расстояние l между вертикальными стенками не должна превышать величины $1{,}2h$;

Радиусы обшивки руля должны быть более 4-5 кратной толщины обшивки, и не менее 50 мм.

Примечание: рекомендуется поддерживать естественную частоту полностью погруженного руля и местных компонентов конструкций на величину, не менее 10 % выше частоты возбуждения гребного винта, (количество оборотов **x** количество лопастей), или выше, если это имеет важное значение.

Рис. 10
Геометрия руля



5.2 Обшивка руля

5.2.1 Толщина обшивки руля, мм, должна определяться по следующей формуле:

$$t_p = 1{,}74\, a \sqrt{p_R k + 2{,}5},$$

где $p_R = 10T + \dfrac{C_R}{10^3 A}$, кН/м^2;

a Меньшая неподкрепленная ширина листа обшивки, м. Влияние соотношения геометрических размеров листов обшивки должно приниматься во внимание, согласно главе 3. Однако, толщина должна быть не меньше, чем толщина бортовой обшивки в кормовой части, согласно главе 9, раздел 2. Размеры и сварка должны соответствовать положениям [10.1.1].

5.2.2 Для соединения боковой обшивки руля со стенками сварка прорезным швом не применяется. Когда применение сварки угловым швом не представляется практичным, боковая обшивка соединяется прорезным сварным швом к плоским пруткам, которые приварены к стенкам.

5.2.3 Толщина стенок, мм, должна быть не менее 70 % толщины обшивки руля, согласно [5.2.1], но не менее, чем величина:

$$t_{\min} = 8\sqrt{k}.$$

Размеры стенок, подверженных воздействию морской воды подбираются, согласно [5.2.1].

5.3 Соединения конструкций пера руля с кованными или отлитыми стальными деталями

5.3.1 Общие положения

Детали из стальных поковок или отливок, обеспечивающие размещение баллера руля или штыря, в общем случае должны соединяться с конструкцией руля с помощью двух горизонтальных ребер и двух вертикальных диафрагм.

5.3.2 Минимальный момент сопротивления сечения соединения с корпусом баллера руля

Сопротивление сечения конструкции пера руля, которая соединяется с корпусом, в котором расположен баллер, образованный вертикальными стенками балки и обшивкой руля, должен быть не менее чем величина, см^3, полученная по следующей формуле:

$$w_s = c_s d_1^3 \left(\frac{H_E - H_X}{H_E} \right)^2 \frac{k}{k_1} 10^{-4},$$

где c_S коэффициент, принимаемый равным:
$c_S = 1{,}0$ если в обшивке руля не имеется отверстий, или такие отверстия закрыты листом, приваренным с полным проваром,
$c_S = 1{,}5$ если имеется отверстие в рассматриваемом сечении руля;
D_1 диаметр баллера руля, мм, согласно [3.2.1];
H_E вертикальное расстояние, м, между нижней кромкой пера руля и верхней кромкой отливки;
H_X вертикальное расстояние, м, между рассматриваемым сечением и верхней кромкой поковки;
k, k_1 коэффициенты материалов для обшивки пера руля и баллера, соответственно.

5.3.3 Расчет момента сопротивления сечения соединения с корпусом баллера руля

Фактический момент сопротивления сечения конструкции пера руля, которая соединяется с отливкой корпуса, в котором помещен баллер, должен рассчитываться относительно оси симметрии руля. Ширина рассматриваемой обшивки руля для расчета фактического момента сопротивления сечения, должна быть не более чем величина, м, полученная по следующей формуле:

$$b = s_V + 2\frac{H_X}{m},$$

где s_V расстояние, м, между двумя вертикальными стенками, (см. рис.11);
H_X расстояние согласно [5.3.2];
m коэффициент, принимаемый, в общем случае, равным 3.

Если отверстия для доступа к гайке баллера руля не закрыты приваренным листом с полным проваром, то их величина вычитается, (см. рис.11).

5.3.4 Толщина горизонтальных стенок балок

В районе корпуса баллера толщина горизонтальных стенок балок, равно как и обшивки пера руля между данными стенками, должна быть не менее чем наибольшее значение, мм, полученное по следующим формулам:

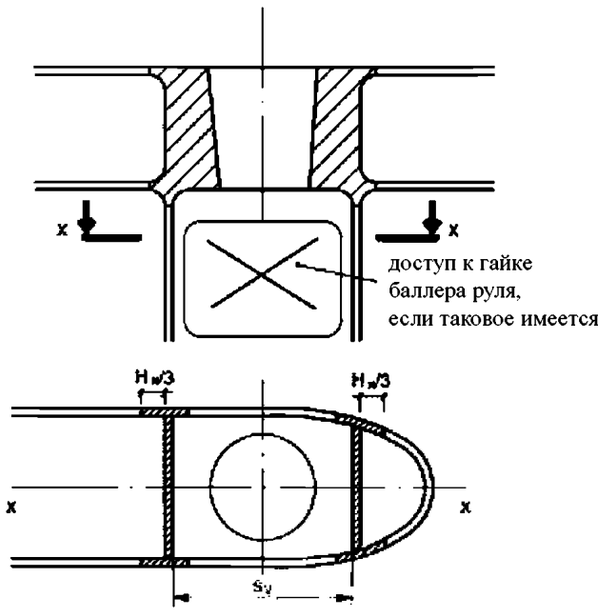
$$t_H = 1{,}2\, t_p,$$

$$t_H = 0{,}045\frac{d_S^2}{s_H},$$

где t_P согласно [5.2.1];
d_S диаметр, мм, принимаемый равным величине:
$d_S = D_1$ для корпуса, соединенного с баллером руля,
$d_S = d_a$ для корпуса, соединенного со штырем;
D_1 диаметр баллера руля, мм, согласно [3.2.1];
d_a диаметр штыря, мм, согласно [5.5.1];
s_H расстояние, мм, между двумя горизонтальными стенками балок.

Различная ширина может быть принята при условии обоснования на основе прямых расчетов, представленных классификационному обществу для утверждения.

Рис. 11
Сечение соединения между конструкцией пера руля и корпуса баллера руля



сечение X-X

5.3.5 Толщина боковой обшивки и вертикальных стенок балок, приваренных к корпусу

Толщина вертикальной стенки балки, приваренной к отливке, на которой расположен баллер руля, равно как и толщина боковой обшивки руля под данной отливкой, должны быть не менее, чем значения, мм, полученные из табл. 2.

Таблица 2

Толщина боковой обшивки и толщина вертикальной стенки балки

Тип руля	Толщина вертикальных стенок балки, мм		Толщина обшивки руля, мм	
	Перо руля без отверстия	На границе с отверстием	Перо руля без отверстия	Площадь с отверстием
Руль с пяткой (рис.3)	$1.2t_p$	$1.6t_p$	$1.2t_p$	$1.4t_p$
Подвесные и полуподвесные рули (рис. 4 – рис.7)	$1.4t_p$	$2.0t_p$	$1.3t_p$	$1.6t_p$
t_p: согласно [5.2.1]				

5.3.6 Выступающая часть отливки

На отливках выполняются выступы. Вертикальные и горизонтальные стенки балок привариваются к ним встык. Данные выступы не требуются, если толщина стенок балок меньше, чем:

10 мм для стенок балок, приваренных к отливке, в которой размещается нижний штырь полуподвесного руля, и для вертикальных стенок балок, приваренных к отливке соединения баллера подвесного руля;
20 мм для остальных стенок балок.

5.3.7 Если крутящий момент передается с помощью удлиненного вала, доходящего до руля, то руль должен иметь диаметр D_t или D_1, величина которого наибольшая на верхней части 10 % длины пересечения. Далее допускается сужение до величины $0.6D_t$, для подвесных рулей до величины, кратной 0.4 усиленного диаметра при условии установки опоры достаточной прочности.

5.4 Подшипники руля

5.4.1 В районе подшипников устанавливаются втулки и облицовка.

Их минимальная толщина равна:

t_{min} = 8 мм для материалов металлических и синтетических;

t_{min} = 22 мм для бакаутных материалов.

Если на малых судах втулки не ставятся, то баллер руля должен быть увеличен в диаметре в районе подшипников таким образом, чтобы позже предоставить его механическую обработку, баллер обрабатывался на станке позже.

5.4.2 Следует обеспечить достаточную смазку.

5.4.3 Нагрузки на подшипники получают методом прямых расчетов, согласно [3.3]. В первом приближении нагрузку на подшипник можно определить, не принимая во внимание эластичные опоры. Это делается следующим образом:

для нормального руля с двумя опорами:

Нагрузка на руль C_R распределяется на опоры в зависимости от их вертикального расстояния от центра тяжести площади пера руля.

для полуподвесных рулей:

упорная нагрузка на кронштейн, Н:

$$B_1 = C_R \frac{b}{c};$$

упорная нагрузка на подшипник горловины, Н:

$$B_2 = C_R - B_1;$$

для случаев b и c см. рис. 14.

5.4.4 Проектируемая поверхность подшипника A_b ("высота подшипника" × "внешний диаметр втулки"), мм^2, не должна быть меньше, чем величина:

$$A_b = \frac{B}{q},$$

где B упорная нагрузка, Н;

q допустимое давление на поверхность, согласно табл. 3.

5.4.5 Нержавеющая сталь и износостойкая сталь, материалы из бронзы и бронзы и графита горячей прессовки обладают значительно отличающимися потенциальными свойствами по сравнению с нелегированными сталями. Все сказанное требует принятия соответствующих мер.

5.4.6 Высота подшипника должна быть равна диаметру подшипника, однако, она не должна превышать диаметр подшипника более, чем в 1,2 раза. Если глубина подшипника меньше диаметра подшипника, то могут допускаться более высокое поверхностное давление.

Таблица 3

Поверхностное давление *q* материала подшипника

Материал подшипника	*q*, Н/мм²
Бакаут	2,5
Баббит со смазкой маслом	4,5
Синтетический материал (1)	5,5
Сталь (2), материалы из бронзы и бронзы и графита горячей прессовки	7,0
(1) Синтетические материалы должны быть одобренного типа. Поверхностное давление, превышающее 5,5 Н/мм² может приниматься в соответствии со спецификациями изготовителя подшипников и тестов, но ни в коем случае не более 10 Н/мм². (2) Нержавеющая сталь и износостойкая сталь в одобренном сочетании с втулкой баллера. Допускается давление более 7 Н/мм² при условии подтверждения испытаниями	

Толщина стенок подшипников штырей подошвы и кронштейна руля должна быть приблизительно рвана одной четвертой части диаметра штыря.

5.5 Штыри

5.5.1 Штыри должны иметь размеры связей, соответствующие условиям, согласно [4.4] и [4.6]. Диаметр штыря,мм, должен быть не менее, чем величина:

$$d_a = 0{,}35\sqrt{B_1 k_r},$$

где B_1 упорная нагрузка в Н;
k_r коэффициент материала, согласно [1.4.2].

5.5.2 Толщина любой гильзы или втулки, мм, должна быть не менее, чем :

$$t = 0{,}01\sqrt{B_1},$$

как и меньше минимальной толщины, указанной в [5.4.1].

5.5.3 Если штыри конической формы, то конусность на диаметре должна соответствовать следующим значениям:

от 1:8 до 1:12 , если штырь закреплен стопорной гайкой;
от 1:12 до 1: 20 , если штырь установлен со смазкой и законтрен гайкой с гидравлической затяжкой.

5.5.4 Расположение штырей должно не допустить ослабления посадки и выпадения. Требования к гайкам и резьбе, согласно [4.4.5] и [4.5.2] соответственно.

5.6 Критерии зазоров подшипников

5.6.1 Для материала подшипников, представляющего металл, зазор подшипника, мм, должен быть не менее, чем:

$$\frac{d_b}{1000} + 1{,}0,$$

где d_b внутренний диаметр втулки, мм.

5.6.2 Если материалом подшипника является не металл, то зазор подшипника определяется особо, учитывая свойства температурного сжатия и расширения материала.

5.6.3 Зазор принимается равным величине не менее, чем 1.5 мм от диаметра. В случае применения самосмазываемой втулки с величиной зазора менее указанной, то следует согласовать ее на основе спецификаций изготовителя.

6. Расчетный момент текучести баллера руля

6.1 Общие положения

6.1.1 Расчетный предел текучести баллера руля определяется по следующей формуле:

$$Q_F = 0{,}02664 \frac{d_t^3}{k_r},$$

D_t диаметр баллера, мм, согласно [3.1].

Если фактический диаметр D_{ta} больше, чем рассчитанный диаметр D_t, то используется диаметр D_{ta} Однако, диаметр D_{ta} применим к данной формуле при условии, что его величина не больше, чем $1{,}145D_t$.

7. Стопоры и задраивающие устройства

7.1 Стопоры

7.1.1 Перемещение секторов или румпелей должно быть ограничено с каждой стороны с помощью стопоров. Стопоры и их фундаменты, связанные с корпусом судна, должны обладать прочной конструкцией так, чтобы предел текучести применяемых материалов не превышал расчетный момент текучести баллера руля.

7.2 Задраивающие устройства

7.2.1 Каждое рулевое устройство должно быть оборудовано задраивающим устройством для удержания руля в любом положении. Данное устройство, так же как и его фундамент, установленный на корпусе судна, должны быть прочной конструкции так, чтобы предел текучести примененного материала не превышал расчетный момент текучести баллера руля, согласно [6]. Если скорость судна превышает 12 узлов, то проектный момент текучести рассчитывается для диаметра баллера только для скорости V_0 = 12узлов.

7.3.1 По вопросам стопорных и задраивающих устройств, следует пользоваться применимыми требованиями классификационного общества правил установки механизмов.

8. Насадки винтов

8.1 Общие положения

8.1.1 К насадкам винтов с внутренним диаметром до 5 м применяются требования, указанные ниже. Насадки винтов большего диаметра служат предметом специального рассмотрения.

8.1.2 Особое внимание уделяется опорам неповоротных насадок гребного винта на корпусе судна.

8.2 Расчетное давление

8.2.1 Расчетное давление для насадок винтов, кН/м^2, определяется по следующей формуле:

$$p_d = c\,p_{d0};$$

$$p_{d0} = \varepsilon \frac{N}{Ap},$$

где N максимальная мощность на гребном валу, кВт;

A_p площадь диска винта, м^2, принимаемая равной:

$$A_p = D^2 \frac{\pi}{4};$$

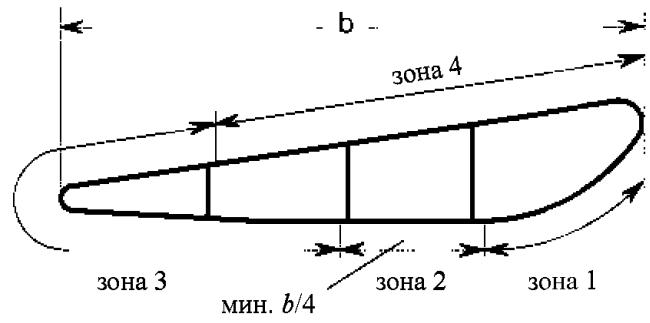
D диаметр винта, м;

ε Коэффициент, полученный по следующей формуле:

$\varepsilon = 0{,}21 - 2 \cdot 10^{-4} \frac{N}{Ap}$, но не принимаемая менее, чем 0,1;

c коэффициент, принимаемый равным, (см. рис.12):
$c = 1{,}0$ в зоне 2 (зона гребного винта),
$c = 0{,}5$ в зонах 1 и 3,
$c = 0{,}35$ в зоне 4.

Рис. 12
Зоны насадок гребного винта



8.3 Толщина обшивки

8.3.1 Толщина боковой обшивки насадки винта, мм, должна быть не менее величины:

$t = t_0 + t_k$, но не менее, чем 7,5,

где t_0 Толщина, мм, полученная по следующей формуле:

$t_0 = 5\,a\sqrt{p_d}$,

a расстояние между кольцевыми ребрами жесткости, м;

t_k припуск на коррозию, мм, принимаемый равным:

$t_k = 1{,}5$, если $t_0 \le 10$,

$t_k = \min\left[0{,}1\left(\frac{t_0}{\sqrt{k}} + 0{,}5\right), 3{,}0\right]$, если $t_0 > 10$.

8.3.2 Толщина стенки внутренних кольцевых ребер жесткости должна быть не менее, чем толщина обшивки насадки гребного винта для зоны 3, однако не менее, чем 7,5 мм.

8.4 Момент сопротивления сечения

8.4.1 Момент сопротивления сечения вокруг нейтральной оси, показанный на рис.12, см^3, должен быть не менее, чем:

$$w = n\,d^2\,b\,V_0^2,$$

где d внутренний диаметр насадки винта, м;
b длина насадки гребного винта, м;
n коэффициент, принимаемый равным величине:
$n = 1{,}0$, для поворотных насадок гребного винта,
$n = 0{,}7$, неповоротных насадок гребного винта.

8.5 Сварка

8.5.1 Внутренняя и внешняя боковая обшивка насадки гребного винта должна привариваться к внутренним кольцевым ребрам жесткости, по возможности дальше, двойным непрерывным швом. Пробочный сварной шов допускается только для внешней обшивки поворотной насадки.

9. Размеры связей кронштейна руля и пятки ахтерштевня.

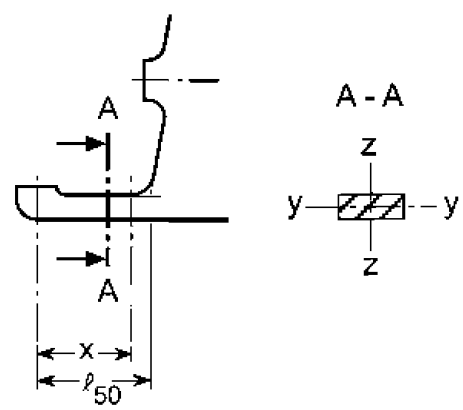
9.1 Пятка ахтерштевня

9.1.1 Момент сопротивления сечения пятки ахтерштевня по оси z, см^3, должен быть не менее, чем величина:

$$W_z = \frac{B_1\,x\,k}{80},$$

где B_1 согласно [3.3]. Для рулей с двумя опорами нагрузка на опоры приблизительно равна $B_1 = C_R/2$, в случае, если эластичность пятки ахтерштевня во внимание не принимается;
x расстояние, м, соответствующего сечения от оси руля с величинами, равными:
$x_{min} = 0{,}5\,l_{50}$,
$x_{max} = l_{50}$.
l_{50} согласно рис. 13 и [3.3.2].

Рис. 13
Пятка ахтерштевня



9.1.2 Момент сопротивления сечения пятки ахтерштевня по оси y- должен быть не менее чем величина:

• в случае, когда не установлен рудерпост или ось руля

$$W_y = \frac{W_z}{2};$$

• в случае, когда установлен рудерпост или ось руля

$$W_y = \frac{W_z}{3}.$$

9.1.3 Площадь сечения, мм^2, в месте, равным $x = l_{50}$ должна быть не менее:

$$A_3 = \frac{B_1}{48} k;$$

9.1.4 Эквивалентное напряжение, принимающее во внимание изгибающее и срезывающее напряжения в Н/мм^2, в любом месте в пределах длины l_{50} не должно превышать:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} = 115/k,$$

где

$$\sigma_b = \frac{B_1 x}{W_z},$$

$$\tau = \frac{B_1}{A_s}.$$

9.2 Кронштейн руля полуподвесных рулей (случай 1-эластичная опора)

9.2.1 Распределение изгибающего момента, Н.м, срезывающей силы, Н, и крутящего момента, Н.м, должно определяться по следующим формулам:

изгибающий момент: $M_b = B_1 z$;
$Mb\max = B1d$;
перерезывающая сила: $Q = B_1$;
крутящий момент: $M_T = B_1 e_{(z)}$.

Для определения предварительных размеров связей можно пренебречь податливостью кронштейна руля и в этом случае подкрепляющая сила B_1, Н, рассчитывается по следующей формуле:

$$B_1 = C_R \frac{b}{c},$$

где $b, c, d, e_{(z)}$ и z даны, согласно рис. 14 и рис. 15;
b получается в зависимости от положения цента тяжести площади руля.

9.2.2 Момент сопротивления сечения кронштейна руля в поперечном направлении относительно горизонтальной оси x-в любом месте z, см^3, должен быть не менее:

$$W_x = \frac{M_b k}{67}.$$

Рис. 14
Размеры кронштейна руля

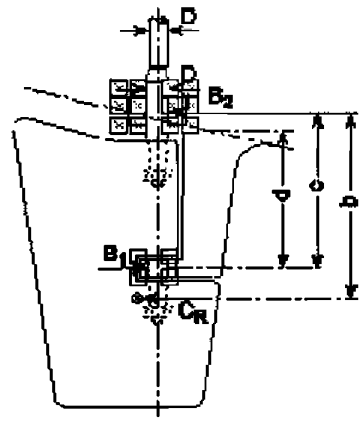
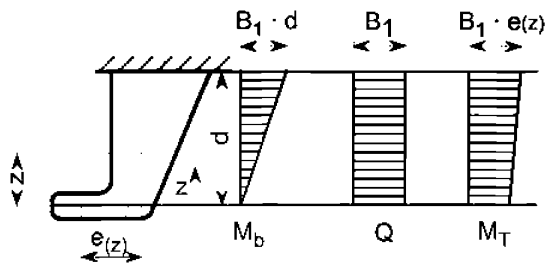


Рис. 15
Нагрузки на кронштейн руля



9.2.3 Касательное напряжение, Н/мм^2, любого сечения кронштейна руля, вследствие влияния перерезывающей силы Q не должно превышать значения:

$$\tau = \frac{48}{k}.$$

Касательное напряжение, Н/мм^2, определяется по следующей формуле:

$$\tau = \frac{B_1}{A_h},$$

где A_h площадь среза кронштейна руля, мм^2, в направлении y.

9.2.4 Приведенное напряжение, Н/мм^2, в любом месте z кронштейна руля не должно превышать следующей величины:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3(\tau^2 + \tau_T^2)} = \frac{120}{k},$$

где

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_x};$$

$$\tau_T = \frac{M_T}{2A_t t_h} 10^3;$$

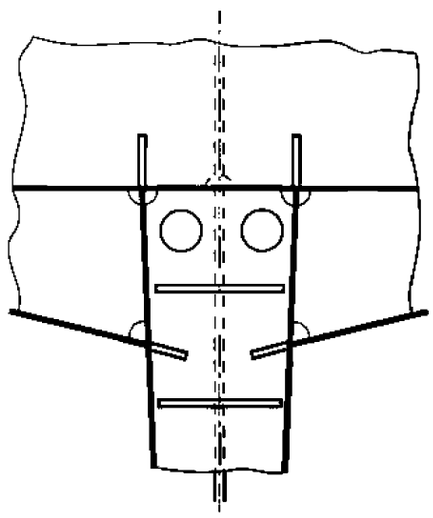
A_T площадь сечения, мм^2, ограниченная кронштейном руля в рассматриваемом месте;

t_h толщина обшивки кронштейна руля, мм.

9.2.5 При определении толщины обшивки кронштейна руля должно соблюдаться соответствие положениям [5.2] – [5.4]. Толщина, мм, должна быть не менее $2{,}4\sqrt{LK}$.

9.2.6 Обшивка кронштейна руля должна эффективно соединяться с конструкцией кормы судна, путем соединения обшивки с продольными балками для достижения надлежащей передачи воздействующих сил, см. рис. 16.

Рис. 16
Соединение кронштейна руля с конструкцией кормы судна



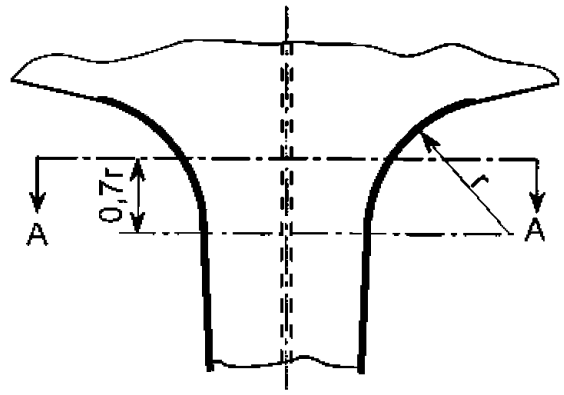
9.2.7 Поперечные стенки кронштейна руля должны входить в корпус до следующей палубы в достаточном количестве и должны быть соответствующей толщины.

9.2.8 Для обеспечения соответствующей прочности соединения с корпусом судна, усиленные флоры обшивки устанавливаются на одной линии с поперечными стенками. Толщина данных флоров обшивки должна быть на 50 % больше толщины днища, в соответствие с главой 6, раздел 1 или главой 9, раздел 2.

9.2.9 Переборка в диаметральной плоскости (отбойная переборка) в ахтерпике должны быть соединена с кронштейном руля.

9.2.10 Если переход от кронштейна руля к обшивке криволинейный, то около 50 % требуемого полного момента сопротивления сечения кронштейна руля формируется стенками по разрезу А – А , расположенном в центре переходной зоны, т.е. на $0.7r$ выше начала зоны перехода (см. рис. 17).

Рис. 17
Переход между кронштейном руля и обшивкой



9.3 Кронштейн руля для полуподвесных рулей (случай 2-соединенные эластичные опоры)

9.3.1 Изгибающий момент

Изгибающий момент, действующий в любом сечении кронштейна руля, получается, Н.м, по следующим формулам:

между нижней и верхней опорами кронштейна руля: $M_H = F_{A1}\, z$;
выше верхней опоры кронштейна руля: $M_H = F_{A1}\, z + F_{A2}\,(z - d_{lu})$,

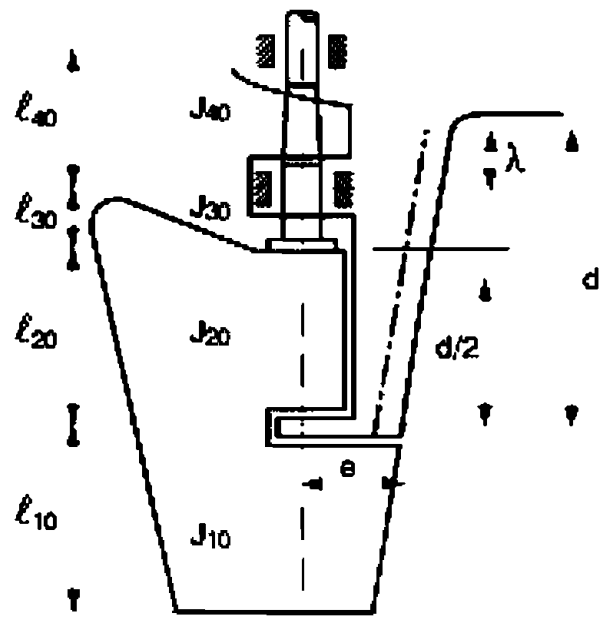
где F_{A1} подкрепляющая сила, действующая на нижнюю опору кронштейна руля, Н, получается согласно рис. 5, и принимается равной B_1;

F_{A2} подкрепляющая сила, действующая на верхнюю опору кронштейна руля, Н, получается согласно рис. 5, и принимается равной B_2;

z расстояние, м, согласно рис.19, принимаемое меньше, чем расстояние d, м, согласно тому же рисунку;

d_{lu} расстояние, м, между нижними и верхними подшипниками кронштейна руля (согласно рис. 18, $d_{lu} = d - \lambda$).

Рис. 18
Геометрические параметры расчета изгибающего момента кронштейна руля



9.3.2 Перерезывающая сила

Перерезывающая сила Q_H, действующая в любом сечении кронштейна руля, Н.м, получается из следующих формул:

между нижними и верхними подшипниками кронштейна руля: $Q_H = F_{A1}$;
выше верхнего подшипника кронштейна руля: $Q_H = F_{A1} + F_{A2}$,

где F_{A1}, F_{A2} подкрепляющие силы, Н.

9.3.3 Крутящий момент

Крутящий момент, действующий в любом сечении кронштейна руля, Н.м, получается из следующих формул:

между нижними и верхними подшипниками кронштейна руля:

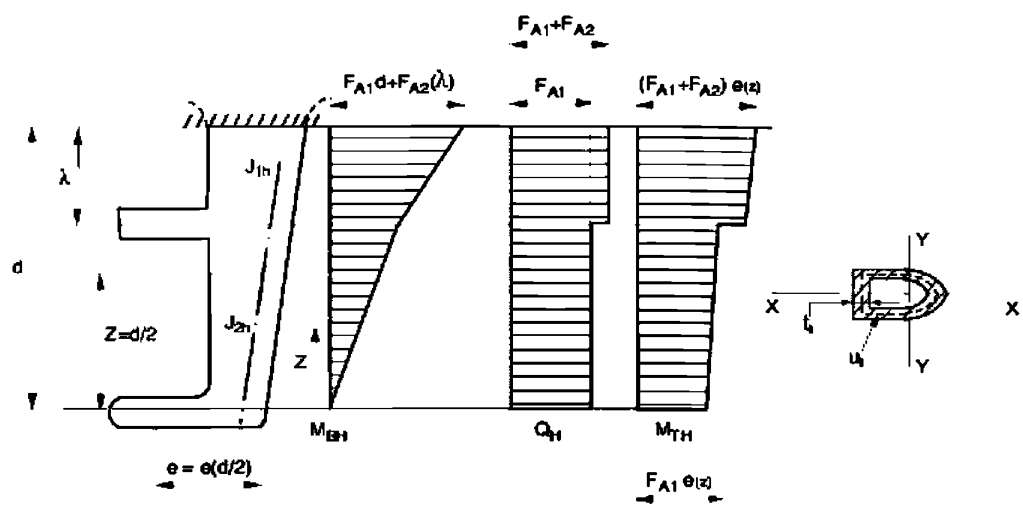
$$M_T = F_{A1} e_{(z)};$$

выше верхнего подшипника кронштейна руля:

$$M_T = F_{A1} e_{(z)} + F_{A2} e_{(z)},$$

где F_{A1}, F_{A2} подкрепляющие силы, Н;
$e_{(z)}$ изгибающее плечо, м, согласно рис. 19.

Рис. 19
Геометрия кронштейна руля



9.3.4 Расчет касательного напряжения

а) В любом сечении кронштейна руля, расположенного между верхними и нижними подшипниками, рассчитываются следующие напряжения:

τ_S касательное напряжение, Н/мм^2, получают по следующей формуле:

$$\tau_S = \frac{F_{A1}}{A_H};$$

τ_T изгибающее напряжение, Н/мм^2, для полого кронштейна руля, получают по следующей формуле:

$$\tau_T = \frac{M_T 10^3}{2F_T t_H};$$

Для кованного или отлитого кронштейна руля, τ_T рассматривается классификационным обществом в каждом конкретном случае;

б) В любом сечении кронштейна руля, расположенного в районе выше верхнего подшипника, рассчитываются следующие напряжения:

τ_S касательное напряжение, Н/мм^2, получают по следующей формуле:

$$\tau_S = \frac{F_{A1} + F_{A2}}{A_H};$$

τ_T изгибающее напряжение, Н/мм^2, для полого кронштейна руля, получают по следующей формуле:

$$\tau_T = \frac{M_T 10^3}{2F_T t_H};$$

Для кованного или отлитого кронштейна руля, τ_T рассматривается классификационным обществом в каждом конкретном случае, когда:

F_{A1}, F_{A2} подкрепляющие силы, Н;
A_H эффективная площадь сечения среза кронштейна руля, мм^2, в направлении y ;
M_T крутящий момент, Н.м;
F_T средняя величина площадей, ограниченная внешними и внутренними границами сечения тонкой стенки кронштейна руля, м^2;
t_H толщина обшивки кронштейна руля, мм. Для данного сечения кронштейна руля максимальное значение τ_T получают при минимальном значении t_H.

9.3.5 Расчет изгибающего момента

В любом сечении кронштейна руля, расположенного в пределах длины d, согласно рис. 14, рассчитываются следующие напряжения:

σ_B изгибающее напряжение, Н/мм^2, получают по следующей формуле:

$$\sigma_B = \frac{M_H}{W_H};$$

M_H изгибающий момент рассматриваемого сечения, Н.м;
W_X момент сопротивления сечения вокруг оси X, см^3, (см. рис.19).

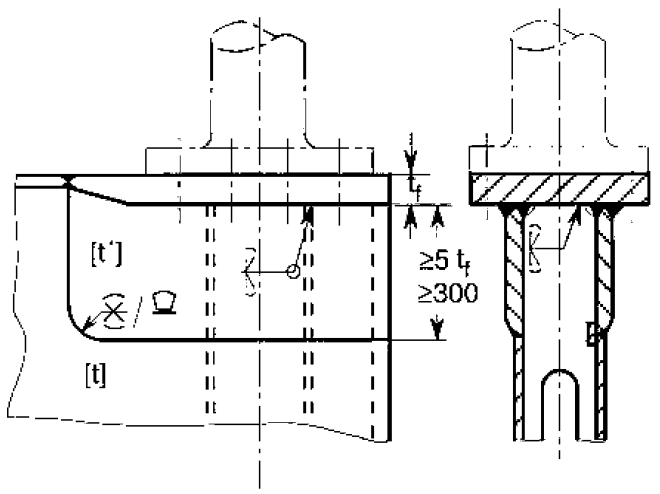
9.3.6 Общие замечания

Требования, перечисленные в [9.2.5] — [9.2.10] также применимы к кронштейну руля с 2-соединенными опорами.

10. Фланцы соединения руля

10.1.1 Если не применяются кованные или отлитые стальные фланцы, или кованные или отлитые приваренные фланцы, то горизонтальные фланцы соединения руля присоединяются к корпусу руля с помощью листов дифференцированной толщины и сваркой с полным проваром или двойным скосом, согласно главе 11, раздел 1, (см. рис. 20).

Рис. 20
Горизонтальные фланцы соединения руля



t = толщина обшивки в соответствии с разделом 14, E.3.1 [мм]
t_f = фактическая толщина фланца, [мм]

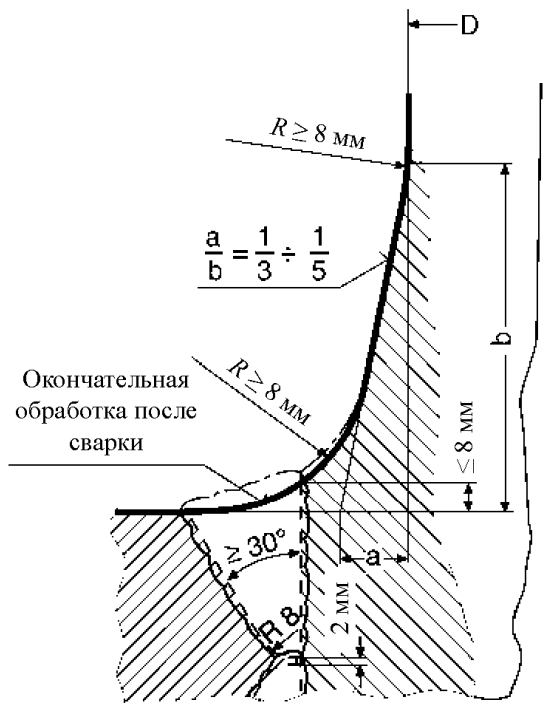
$t' = \frac{t_f}{3} + 5$ где $t_f < 50$ мм

$t' = 3\sqrt{t_f}$ где $t_f \geq 50$ мм

10.1.2 Следует оставить припуск на уменьшенную прочность фланца соединения с учетом его толщины. При возникновении сомнений следует предоставить доказательства правильности вычислений сварных соединений.

10.1.3 Сварное соединение баллера руля, (с утолщенным хомутом, см. глава 11, раздел 2) и фланцем выполнить, согласно рис. 21.

Рис. 21
Сварное соединение баллера руля и соединительного фланца



11. Система подруливающих устройств азимутального типа

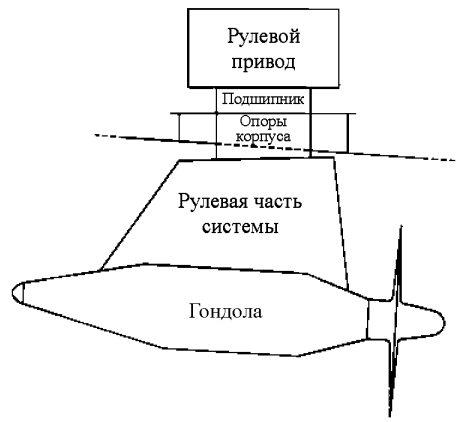
11.1 Общие положения

11.1.1 Устройство

Система подруливающих устройств азимутального типа состоит из следующих подсистем, (см. рис. 22):

рулевого привода;
подшипника;
опор корпуса;
рулевой части системы;
гондолы, в которой находится электромотор в случае, если применяется подруливающая система с установкой в гондоле.

Рис. 22
Система подруливающих устройств



11.1.2 Применение

Требования данной статьи применяются к размерам связей опор корпуса, рулевой части и гондоле. Рулевой привод и подшипник должны соответствовать необходимым требованиям правил классификационного общества.

11.1.3 Условия эксплуатации

Максимальный угол отклонения подруливающего устройства в азимутальном направлении на каждом борту при максимальной скорости судна определяется конструктором. Такой максимальный угол в обычных условиях должен быть не менее 35° на каждом борту. В общем случае, отклонение больше, чем данный максимальный угол, рассматривается классификационным обществом для подруливающих устройств во время маневрирования, при условии, что значения отклонений вместе со значениями соответствующих скоростей представляются классификационному обществу для одобрения.

11.2 Устройство

11.2.1 Представляемые планы

Дополнительно к чертежам, показывающим конструктивное устройство гондолы, и рулевую часть системы, в классификационное общество должны представляться для одобрения чертежи, показывающие устройство опор подруливающих устройств.

Размеры связей опор и максимальные нагрузки, действующие на опоры, указываются в вышеназванных чертежах.

11.2.2 Задраивающее устройство

Система подруливающих устройств должна механически фиксироваться в любом положении для того, чтобы избежать вращения системы и ее работы в нежелательном направлении относительно курса движения судна в случае повреждения.

11.3 Расчетные нагрузки

11.3.1 Величина бокового давления для рассматриваемых размеров связей обшивки и обычных ребер жесткости системы, подруливающих устройств, определяется для отклонения системы на максимальный угол, который можно обеспечить с каждого борта при максимальной скорости судна:

полная величина силы, воздействующей на систему подруливающих устройств, получается путем интегрирования величины бокового давления на внешнюю поверхность системы;
расчеты бокового давления полного значения воздействующей силы представляются в классификационное общество для информации.

11.4 Обшивка

11.4.1 Обшивка рулевой части системы подруливающих устройств

Толщина обшивки, мм, рулевой части системы подруливающих устройств должна быть не менее, чем полученная по формулам [5.2.1], в которых величина C_R/A должен быть заменен значением бокового давления, рассчитанного согласно [11.3].

11.4.2 Обшивка гондолы

Толщина обшивки гондолы должна быть не менее, чем величина, мм, полученная по формулам главы 6, раздел 1 или главы 9, раздел 2, в которых величина бокового давления рассчитывается, согласно [11.3].

11.4.3 Стенки

Толщина стенок, мм, рулевой части системы подруливающих устройств определяется, согласно требованиям [5.2.3], в которых величина бокового давления рассчитывается, согласно [11.3].

11.5 Обычные ребра жесткости

11.5.1 Обычные ребра жесткости гондолы

Размеры связей обычных ребер жесткости гондолы должны быть не менее, чем величина, полученная по формулам главы 6, раздел 2 или главы 9, раздел 2, в которых величина бокового давления рассчитывается, согласно [11.3].

11.6 Главные несущие элементы

11.6.1 Критерий анализа

Размеры связей главных несущих элементов системы подруливающих устройств должен получить конструктор с помощью прямого расчета, который выполняется, согласно следующим требованиям:

модель конструкции должна включать гондолу, рулевую часть системы подруливающих устройств, подшипник и опоры корпуса;
граничные условия должны представлять соединения системы подруливающих устройств с конструкциями корпуса;
действующие нагрузки определены, согласно [11.6.2];
анализ прямых расчетов, (модель конструкции, расчет нагрузок и напряжений, проверки прочности) выполняются конструктором и представляются в классификационное общество для информации.

11.6.2 Нагрузки

Конструктором должны рассматриваться следующие нагрузки в процессе прямого расчета главных несущих элементов системы подруливающих устройств:

гравитационные нагрузки;
плавучесть;
максимальные нагрузки, рассчитанные для отклонения системы подруливающих устройств, равные максимальному углу отклонения системы подруливающих устройств с каждого борта при движении судна с максимальной скоростью;
максимальные нагрузки, рассчитанные для возможного отклонения системы подруливающих устройств больше, чем максимальный угол при соответствующих скоростях, (см. [11.1.3]);
максимальные нагрузки, рассчитанные для остановки судна при крушении, полученные путем инверсии вращения винта;
максимальные нагрузки, рассчитанные для остановки судна при крушении, полученные путем поворотом на 180° гондолы.

11.6.3 Проверка прочности

Следует проверить, что приведенное напряжение фон Мизеса, σ_E, главных несущих элементов, Н/мм^2, для случаев нагрузок, указанных в [11.6.2], соответствует следующей формуле:

$$\sigma_E \leq \sigma_{ALL},$$

где σ_{ALL} допустимое напряжение, Н/мм^2, принимаемое равным наименьшему из перечисленных значений:

$$\sigma_{ALL} = 0{,}275 R_m,$$

$$\sigma_{ALL} = 0{,}55 R_{eH}.$$

11.7 Опоры корпуса системы подруливающих устройств

11.7.1 Критерий анализа

Размеры связей опор корпуса системы подруливающих устройств должен получить конструктор с помощью прямого расчета, который выполняется, согласно требованиям [11.6.1].

11.7.2 Нагрузки

Нагрузками, рассматриваемыми в ходе прямого расчета опор корпуса системы подруливающих устройств, являются такие нагрузки, которые указаны в [11.6.2].

11.7.3 Проверка прочности

Следует проверить, что приведенное напряжение фон Мизеса, σ_E, главных несущих элементов, Н/мм^2, для случаев нагрузок, указанных в [11.6.2], соответствует следующей формуле:

$$\sigma_E \leq \sigma_{ALL},$$

где σ_{ALL} допустимое напряжение, Н/мм^2, равное 65 / k_r;
k_r коэффициент материала, согласно [1.4.2];

Значения σ_E большие, чем σ_{ALL},могут быть приняты классификационным обществом в каждом конкретном случае, в зависимости от места нахождения σ_E и типа анализа прямого расчета.

РАЗДЕЛ 2. ФАЛЬШБОРТ И ЛЕЕРНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ

1. Общие положения

1.1 Введение

1.1.1 Требования данного раздела относятся к устройству фальшбортов и леерных ограждений, установленных на границах палубы надводного борта, палубах надстроек и в верхней части первого яруса рубок, расположенных на палубе надводного борта.

1.2 Общие положения

1.2.1 Надежный фальшборт или леерные ограждения должны устанавливаться на границах всей открытой части палубы надводного борта, и палубах надстроек, непосредственно крепящихся к палубе надводного борта, а также в верхней части первого яруса рубок, расположенных на палубе надводного борта и окончаниях надстроек.

1.2.2 Высота фальшбортов и леерных ограждений должна быть не менее 1 м от палубы. Однако, если высота фальшбортов и леерных ограждений мешает нормальной эксплуатации судна, то может допускаться меньшая высота при обеспечении адекватной защиты и удовлетворении применимых требований правил.

1.2.3 Если надстройки соединяются ящиками, то открытые леерные ограждения должны устанавливаться по всей длине всей открытой части палубы надводного борта.

1.2.4 На судах типа В-100, устанавливаются открытые леерные ограждения на открытых участках палубы надводного борта, по крайней мере, на половине открытой части.
В качестве альтернативы должны оборудоваться штормовые портики в соответствии с главой 9, раздел 6, [5.5.2].

1.2.5 На судах, оборудованных фальшбортами и ящиками шириной не менее $0{,}6B$, которые включаются в расчет надводного борта, должны устанавливаться открытые леерные ограждения на открытом участке палубы надводного борта в районе ящика, по крайней мере, на половине открытой части.
В качестве альтернативы должны оборудоваться штормовые портики в соответствии с главой 9, раздел 6, [5.3.1].

1.2.6 На судах, имеющих надстройки, открытые с одного или обеих оконечностей, должны предусматриваться соответствующие меры по удалению воды из пространства в пределах данных надстроек.

1.2.7 Площадь штормовых портиков, оборудованных в нижней части фальшбортов, должна отвечать соответствующим требованиям главы 9, раздел 6, [5].

2. Фальшборты

2.1 Общие положения

2.1.1 Как правило, листовые фальшборты должны быть подкреплены по верхней кромке соответствующим прутком, и усиливаться либо стойками, либо листовыми кницами, установленными с интервалом не более 2,0 м.
Свободные кромки торцов стоек или листовых книц должны быть подкреплены.
Фальшборты устанавливаются на одной линии с балками, расположенными ниже, или соединяются с ними с помощью местных поперечных ребер жесткости.
В качестве альтернативы нижний конец стойки может подкрепляться продольным ребром жесткости.

2.1.2 На судах типа В-60 и В-100, расстояние к носу от 0,07L от переднего конца книц и стоек должно быть не более 1,2 м.

2.1.3 Если фальшборт полностью отрезан, то размеры связей стоек или книц должны быть увеличены в соответствии с [2.2].

2.1.4 Как правило, фальшборты не должны соединяться ни с верхней кромкой обшивки ширстрека, ни с обшивкой стрингера. При невозможности выполнения данного требования детали соединения подлежат рассмотрению классификационным обществом.

2.2 Размеры связей

2.2.1 Полная толщина фальшбортов высотой не более 1 м, установленных на палубе надводного борта, должна быть не менее 6,5 мм. Если высота фальшборта равна или превышает 1,8 м, то его толщина должна быть равна величине, рассчитанной для борта надстройки, расположенной там же, где установлен фальшборт. Для фальшбортов, высотой от 1 м до 1,8 м толщина рассчитывается методом линейной интерполяции.

2.2.2 Обшивка фальшбортов и стойки должны быть соответственным образом подкреплены в районе креплений обухов, применяемых для вантов или талей при работе с грузами, равно как и отверстий для швартовых клюзов или киповых планок, используемых для швартовки или буксировки.

2.2.3 Если часть надстройки заканчивается, то на оконечностях надстройки и на расстояние, на котором бортовая обшивка надстройки уменьшается и переходит в фальшборт, его толщина должна быть такой же, что и толщина бортовой обшивки надстройки. Если в данных местах в фальшборте выполнены отверстия, то следует предусмотреть равнозначную компенсацию или путем увеличения толщины обшивки, или каким-либо иным подходящим способом.

2.2.4 Полный момент сопротивления сечения стоек в районе нижней части фальшборта должен быть не менее величины, см^3, полученной по следующей формуле:

$$w = 77sh_B^2,$$

где s расстояние между стойками, м;
h_B высота фальшборта, м, измеренная от вершины обшивки палубы до верхней кромки.

Фактическое сечение соединений между стойками и конструкциями палубы должно учитываться при расчете вышеназванного момента сопротивления сечения.

В этом плане полособульб или свободный поясок стойки принимается во внимание только, если эти детали привариваются к палубе. В таком случае балка, расположенная внизу, должна привариваться двойным непрерывным швом.

Для стоек, у которых элементы усиления не привариваются к палубе, расчет момента сопротивления сечения рассматривается классификационным обществом в каждом конкретном случае.

В оконечностях судна, где фальшборт соединяется с ширстреком, прикрепленная обшивка, шириной, не превышающей 600 мм, может быть также включена в расчет фактического полного момента сопротивления сечения стоек.

2.2.5 Отверстия в фальшборте должны устраиваться таким образом, чтобы защита экипажа была, по крайней мере, равной, как в случае установки горизонтального леерного ограждения, согласно [3.1.2].

С этой целью может быть принята установка вертикально расположенных лееров или прутков, установленных на расстоянии 230 мм друг от друга, вместо горизонтального леерного ограждения или прутков, установленных горизонтально.

2.2.6 Если судно предназначается для перевозки на палубе леса, то необходимо обеспечить соответствие оборудования палубы надводного борта особым требованиям.

3. Леерные ограждения

3.1 Общие положения

3.1.1 При установке леерных ограждений верхняя кромка ширстрека должна быть расположена как можно ниже.

3.1.2 Отверстия, выполненные ниже самого нижнего ряда лееров, должны быть на высоте не более 230 мм. Расстояние между рядами лееров должно быть не более 380 мм.

3.1.3 Если на судне установлены закругленные планширы или ширстрека, то на плоской части палубы должны ставиться леерные стойки.

3.1.4 Жестко закрепленные, съемные или шарнирные леерные стойки устанавливаются на расстоянии около 1,5 м друг от друга. По крайней мере, каждая третья леерная стойка должна подкрепляться стойкой или кницей.
Съемные или шарнирные леерные стойки должны фиксироваться в вертикальном положении.

3.1.5 Стальные тросы могут быть допущены вместо леерных ограждений только в особых случаях и на отрезках ограниченных длин. Стальные тросы должны набиваться посредством талрепов.

3.1.6 Цепи могут быть допущены вместо леерных ограждений на отрезках ограниченных длин, если они установлены между двумя жестко закрепленными леерными стойками и/или фальшбортами.

РАЗДЕЛ 3. СНАБЖЕНИЕ

Условные обозначения

Если в данном разделе отсутствуют определения символов, см. главу 1, раздел 4.
EN характеристика снабжения, согласно [2.1].

1. Общие положения

1.1 Общие положения

1.1.1 Требования данного раздела применяются для временной швартовки судна в гавани или на рейде, или в защищенном месте, когда судно ожидает место у причала, прилива и т.д. Поэтому снабжение, соответствующее требованиям данного раздела, не предназначается для удержания судна у полностью открытого берега при сильном волнении, или остановки судна при его движении или дрейфе.

1.1.2 Снабжение, соответствующее требованиям данного раздела, предназначается для удержания судна на месте, дно которого хорошо держит якорь, и якорь не тащит. Стоянка судна на месте, дно которого не держит якорь, значительно снижает держащую силу якорей.

1.1.3 Формула характеристики снабжения *EN* для требуемого здесь якорного оборудования, основывается на предполагаемой скорости течения, равной 2,5 м/с, скорости ветра 25 м/с и длины вытравленной якорной цепи от 6 до 10, где под длиной принимается отношение между действительно вытравленной длиной цепи и глубиной моря.

1.1.4 Предполагается, что при нормальных условиях судно использует только один якорь.

2. Характеристика снабжения

2.1 Характеристика снабжения

2.1.1 Общие положения

Все суда обеспечиваются таким снабжением, как якорями и якорными цепями, (или тросами, согласно [3.3.5]), значения которых можно получить из табл. 1 на основании характеристики снабжения *EN*. В общем случае, принято использование бесштоковых якорей. Для судов с характеристикой снабжения более 16000, определение снабжения рассматривается классификационным обществом в каждом конкретном случае.

Таблица 1

Снабжение

Характеристика снабжения *EN* $A < EN \leq B$		Бесштоковый якорь		Якорная цепь с распорками звеньев			
		N (1)	Масса якоря, кг	Суммарная длина цепей, м	Калибр, мм		
A	*B*				Категория 1	Категория 2	Категория 3
1	2	3	4	5	6	7	8
50	70	2	180	220.0	14.0	12.5	
70	90	2	240	220.0	16.0	14.0	
90	110	2	300	247.5	17.5	16.0	
110	130	2	360	247.5	19.0	17.5	
130	150	2	420	275.0	20.5	17.5	
150	175	2	480	275.0	22.0	19.0	
175	205	2	570	302.5	24.0	20.5	
205	240	3	660	302.5	26.0	22.0	20.5
240	280	3	780	330.0	28.0	24.0	22.0
280	320	3	900	357.5	30.0	26.0	24.0
320	360	3	1020	357.5	32.0	28.0	24.0
360	400	3	1140	385.0	34.0	30.0	26.0
400	450	3	1290	385.0	36.0	32.0	28.0
450	500	3	1440	412.5	38.0	34.0	30.0
500	550	3	1590	412.5	40.0	34.0	30.0
550	600	3	1740	440.0	42.0	36.0	32.0
600	660	3	1920	440.0	44.0	38.0	34.0
660	720	3	2100	440.0	46.0	40.0	36.0
720	780	3	2280	467.5	48.0	42.0	36.0
780	840	3	2460	467.5	50.0	44.0	38.0
840	910	3	2640	467.5	52.0	46.0	40.0
910	980	3	2850	495.0	54.0	48.0	42.0
980	1060	3	3060	495.0	56.0	50.0	44.0
1060	1140	3	3300	495.0	58.0	50.0	46.0
1140	1220	3	3540	522.5	60.0	52.0	46.0
1220	1300	3	3780	522.5	62.0	54.0	48.0
1300	1390	3	4050	522.5	64.0	56.0	50.0
1390	1480	3	4320	550.0	66.0	58.0	50.0
1480	1570	3	4590	550.0	68.0	60.0	52.0
1570	1670	3	4890	550.0	70.0	62.0	54.0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
1670	1790	3	5250	577.5	73.0	64.0	56.0
1790	1930	3	5610	577.5	76.0	66.0	58.0
1930	2080	3	6000	577.5	78.0	68.0	60.0
2080	2230	3	6450	605.0	81.0	70.0	62.0
2230	2380	3	6900	605.0	84.0	73.0	64.0
2380	2530	3	7350	605.0	87.0	76.0	66.0
2530	2700	3	7800	632.5	90.0	78.0	68.0
2700	2870	3	8300	632.5	92.0	81.0	70.0
2870	3040	3	8700	632.5	95.0	84.0	73.0
3040	3210	3	9300	660.0	97.0	84.0	76.0
3210	3400	3	9900	660.0	100.0	87.0	78.0
3400	3600	3	10500	660.0	102.0	90.0	78.0
3600	3800	3	11100	687.5	105.0	92.0	81.0
3800	4000	3	11700	687.5	107.0	95.0	84.0
4000	4200	3	12300	687.5	111.0	97.0	87.0
4200	4400	3	12900	715.0	114.0	100.0	87.0
4400	4600	3	13500	715.0	117.0	102.0	90.0
(1) См [3.2.4].							

2.2.2 Характеристика снабжения

Характеристика снабжения *EN* получена по следующей формуле:

$$EN = \Delta 2/3 + 2hB + 0{,}1A,$$

где Δ теоретическое водоизмещение судна, t, по летней грузовой ватерлинии;

h эффективная высота, м, от летней грузовой ватерлинии до верха самой верхней рубки, величина которой получена в соответствии со следующей формулой:

$h = a + \sum h_n$,

при расчете h, отклонение и дифферент во внимание не принимаются;

a величина надводного борта в миделе от летней грузовой ватерлинии до верхней палубы, м;

h_n высота, м, в диаметральной плоскости яруса "n" надстройки или рубки с шириной более $B/4$. Если у рубки ширина больше, чем $B/4$ и она находится выше другой рубки с шириной, равной $B/4$ или меньше, то в расчет принимается верхняя рубка, а нижняя во внимание не принимается;

A площадь, м^2, вида в профиль частей корпуса, надстроек и рубок выше летней грузовой ватерлинии в пределах длины L, а также с шириной больше, чем $B/4$.

Установленные экраны или фальшборт, высотой 1,5 м или более, считаются частью рубок при определении величины h и A. В частности, площадь люков, показанная на рис.1 должна также быть включена. Высота комингсов люков и любого груза, находящегося на палубе, как контейнеры, может не приниматься во внимание при расчете величины h и A.

3. Снабжение

3.1 Общие положения

3.1.1 Все якорное снабжение, буксирные битенги, швартовные кнехты, киповые планки и роульсы должны иметь такую конструкцию и крепление к корпусу судна, чтобы при использовании при нагрузках до расчетных значений, не нанести повреждений целостности судна.

3.1.2 Якорное устройство должно быть таким, чтобы не допустить повреждений и обрастания якорной цепи. Должно быть также установлено соответствующее стопорное устройство для стопорения якоря при любых условиях эксплуатации.

3.2 Якоря

3.2.1 Общие положения

Размеры связей якорей должны соответствовать нижеперечисленным требованиям.

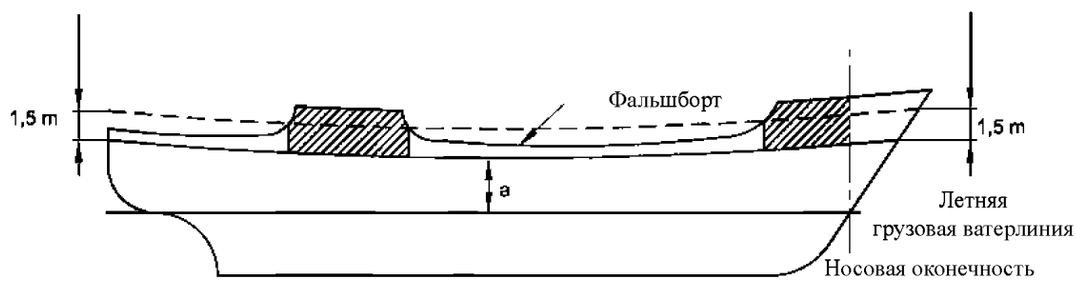
Якоря должны изготавливаться и проходить проверки в соответствии с одобренными планами.

3.2.2 Обычные якоря

Требуемую массу для каждого якоря можно получить согласно табл. 1.

Индивидуальная масса основного якоря может отличаться на величину ±7% от требуемой массы для каждого якоря при условии, что общая масса якорей не менее, чем общая требуемая масса, согласно табл. 1. Масса головной части обычного бесштокового якоря, включая штыри и дополнительные приспособления, должна составлять не менее 60 % общей массы якоря. При наличии штока якоря масса якоря без штока должна составлять не менее 80 % требуемой массы, согласно табл. 1 для бесштоковых якорей. Масса штока должна составлять не менее 25 % массы якоря без штока, но включая соединительную скобу.

Рис. 1
Эффективная площадь фальшбортов или жестко закрепленных экранов, которая должна включаться в характеристику снабжения



3.2.3 Якоря с высокой и повышенной держащей силой

Якоря с повышенной держащей силой, (HHP) и высокой держащей силой (VHHP), т.е. якоря с подтвержденной держащей силой, согласно применяемым требованиям правил классификационного общества для материалов, величина которой выше, чем у обычных якорей, не нуждаются в предварительной регулировке или специальном опускании на дно. В случае, если якоря с повышенной держащей силой, (HHP) и высокой держащей силой (VHHP), используются в качестве становых якорей, то масса каждого якоря не должна составлять величины менее, чем 75 % или 50 %, соответственно от требуемой массы для обычных бесштоковых якорей, согласно табл. 1. В общем случае масса якорей высокой держащей силой, (VHHP), должна быть меньше или равна 1500 кг.

3.2.4 Третий якорь

Если на судне имеется три якоря, то два их них соединяются со своими якорными цепями и размещаются в постоянной готовности к применению. Третий якорь предназначается в этом случае в качестве запасного и в целях классификации не используется.

3.2.5 Испытания якорей с повышенной держащей силой (HHP) для получения одобрения

Для одобрения и/или принятия якорей повышенной держащей силой (HHP) проводятся сравнительные испытания на различных типах морского дна.

Подобные испытания должны показать, что держащая сила такого якоря (HHP), по крайней мере, в два раза выше, чем держащая сила обычного бесштокового якоря такой же массы. Для одобрения и/или принятия в качестве якоря повышенной держащей силы (HHP) в полном диапазоне масс, подобные испытания должны проводиться на якорях, размеры которых как можно ближе представляют полный диапазон предлагаемых масс. В этом случае, по крайней мере, необходимо подвергнуть испытаниям два якоря различных размеров. Масса максимального размера, которая подлежит одобрению, должна быть не более, чем 10-кратный максимальный размер, проходящий испытания. Масса наименьшего размера должна быть не менее 0,1 кратного размера, проходящего испытания.

3.2.6 Тестирование якорей высокой держащей силой (VHHP) для получения одобрения

Для одобрения и/или принятия якорей высокой держащей силой, в качестве якоря (VHHP), должны быть проведены сравнительные испытания на не менее трех типах морского дна: мягкой грязи или иле, песке или гравии и твердой глине или ей подобном грунте. Подобные испытания должны показать, что держащая сила такого якоря (VHHP) по крайней мере, в четыре раза выше, чем держащая сила обычного бесштокового якоря такой же массы или в два раза выше, чем держащая сила ранее одобренного якоря повышенной держащей силы (HHP) такой же массы. Нагрузка при испытании держащей силы должна быть равна или меньше, чем подтверждающая нагрузка якоря, указанная в применимых требованиях правил классификационного общества для материалов. Для одобрения и/или принятия якорей высокой держащей силой, в качестве якоря (VHHP), в полном диапазоне масс, подобные испытания должны проводиться на якорях, размеры которых как можно ближе представляют полный диапазон предлагаемых масс. В этом случае, по крайней мере, необходимо подвергнуть испытаниям три якоря различных размеров, находящихся в нижней, средней и верхней части диапазона масс.

3.2.7 Технические условия по проведению испытаний якорей с повышенной держащей силой и высокой держащей силой

Обычно испытания проводятся с буксира. Береговые испытания могут приниматься классификационным обществом в каждом конкретном случае. В качестве альтернативы, морские испытания по сравнению ранее одобренных якорей одинакового типа, (HHP или VHHP) с проходящим испытания якорем, могут приниматься классификационным обществом в каждом конкретном случае.

Для каждой серии размеров два якоря, выбранные для испытаний, (обычный бесштоковой якорь и якорь повышенной держащей силы HHP для испытаний якорей повышенной держащей силы HHP; обычный бесштоковый якорь и якорь высокой держащей силы VHHP; или при отсутствии обычного бесштокового якоря, выбираются якоря HHP и VHHP для испытаний якорей высокой держащей силой VHHP), должны обладать одинаковой массой.

Смычка цепи, соединенная с каждым якорем, должна быть такого калибра, который соответствует его массе, и оставаться практически горизонтальной при натяжении веретена якоря. Для этих целей значение отношения между длиной вытравленной якорной цепи и глубиной моря, равное 10, считается нормальным. Более низкое значение отношения может приниматься классификационным обществом в каждом конкретном случае.

Для каждого типа морского дна и проверяемого якоря проводятся три испытания.

Натяжение должно измеряться динамометром, но измерения, на основе значений оборотов в минуту RPM/на кривую натяжения, действующего на кнехт при движении буксира, могут приниматься вместо показаний динамометра.

Следует также отмечать при возможности стабильность якоря и легкость снятия с якоря.

3.3 Якорные цепи для якорей

3.3.1 Материал

Якорные цепи классифицируются по маркам, как марка 1, 2 или 3 в зависимости от типа стали и ее изготовления.

Характеристики применяемых сталей и методы изготовления якорных цепей, должны быть одобрены классификационным обществом по каждому производителю. Материал, из которого изготовлена якорная цепь, и сами якорные цепи должны испытываться в соответствии с применимыми требованиями правил классификационного общества для материалов. Якорные цепи, изготовленные из материала класса 1, могут не применяться для якорей высокой держащей силы и повышенной держащей силы.

3.3.2 Размеры связей якорных цепей с распорками звеньев

Масса и геометрия якорных цепей с распорками звеньев, включая звенья, должны соответствовать применимым требованиям правил классификационного общества для материалов. Калибр якорных цепей с распорками звеньев должен быть не менее, чем величина, указанная в табл. 1.

3.3.3 Якорные цепи без распорок звеньев

Для судов с характеристикой снабжения *EN* менее 90, классификационное общество может принять короткие якорные цепи без распорок звеньев в качестве альтернативы якорным цепям с распорками звеньев, при условии, что их равная прочность основана на пробной нагрузке испытаний, определенной в применимых требованиях правил классификационного общества для материалов и того, что марка стали якорных цепей без распорок звеньев равна марке стали якорных цепей с распорками звеньев, согласно [3.3.1].

3.3.4 Устройство якорной цепи

Якорные цепи комплектуются из отдельных смычек, длиной 27,5 м каждая, соединенными вместе с помощью разъемной соединительной скобы или Д-образным фиксирующим кольцом. Общая длина требуемой длины якорной цепи, согласно табл. 1, делится на приблизительно равные части между двумя готовыми к использованию якорями. Если имеется устройство, отличное от названного выше, то оно рассматривается классификационным обществом в каждом конкретном случае. Если судно встает на якорь в местах, где скорость течения больше, чем 2,5 м/с, то классификационное общество может потребовать установки смычки более тяжелой якорной цепи, установленной между якорем и остальной частью цепи, чтобы обеспечить надежность постановки якоря.

3.3.5 Стальные тросы

В качестве альтернативы вышеназванным якорным цепям с распорками звеньев или коротким якорным цепям без распорок звеньев, могут применяться стальные тросы в следующих случаях:

- стальные тросы для обоих якорей судна, длина которого менее 30 м;
- стальные тросы для одного из двух якорей судна, длина которого от 30 м до 40 м.

Общая длина стального троса, названного выше, должна быть в 1,5 раза больше, чем требуемая длина якорной цепи с распорками звеньев, полученной по табл. 1, и минимальная нагрузка разрыва, равная значению, приведенному для соответствующей якорной цепи с распорками звеньев, (см. [3.3.2]).

Короткая смычка якорной цепи ставится между стальным тросом и якорем, длиной, равной 12,5 м или расстоянию от якоря в положении для хранения до лебедки, в зависимости от того, какая из этих величин меньше.

3.4 Соединительные звенья

3.4.1 Общие положения

Если смычки якорной цепи соединяются между собой помощью скоб обычного типа с Д-образным фиксирующим кольцом, то якорь может крепиться напрямую к концевому звену первой смычки якорной цепи с помощью концевой скобы типа Д-образного фиксирующего кольца.

Съемное открытое звено, состоящее из двух склепанных частей, может использоваться вместо обычного Д-образного фиксирующего кольца концевой скобы. В этом случае можно пренебречь применением открытого концевого звена увеличенного диаметра, согласно [3.4.2]. Если выполняется соединение смычек якорной цепи различной длины с помощью разъемных скоб и, поэтому нет необходимости установки особых звеньев увеличенного диаметра, якорь может крепиться к первой смычке якорной цепи с помощью специальной разъемной концевой скобы грушеобразной формы, или путем установки соединительных звеньев.

3.4.2 Размеры связей

Диаметры соединительных звеньев, мм, должны быть не менее, чем значения, приведенные в табл. 2. Соединительные звенья могут включать следующие детали, устанавливаемые между звеном увеличенного диаметра с распоркой и открытым концевым звеном:

- вертлюг, с диаметром равным $1.2d$;
- увеличенное звено с распоркой с диметром, равным $1.1d$.

При применении якорных цепей различного состава, классификационное общество рассматривает данные варианты в каждом конкретном случае.

Таблица 2

Диаметры соединительных звеньев

Соединительное звено	Диаметр в мм
Концевая скоба	$1{,}4d$
Открытое концевое звено	$1{,}2d$
Увеличенное звено с распоркой	$1{,}.1d$
Обычное звено с распоркой	d
Разъемная скоба	d
где d диаметр в мм обычного звена	

3.4.3 Материал

Соединительные звенья, соединительные скобы и концевые скобы должны быть из такого материала и иметь такую конструкцию, чтобы обеспечить прочность, равную присоединяемой якорной цепи, и должны проходить испытания в соответствии с применимыми требованиями правил классификационного общества для материалов.

3.4.4 Запасные соединительные звенья

Запасные разъемные скобы грушеобразной формы или запасные соединительные звенья должны быть в наличии, при установке запасного якоря.

3.5 Буксирные и швартовные тросы

3.5.1 Общие положения

Буксирные тросы, имеющие характеристики, согласно табл. 3, предназначены для буксировки судна с помощью буксира или другого судна.

3.5.2 Материалы

Буксирные и швартовные тросы могут быть стальными, растительными или из синтетического волокна, или смешанными сталеволоконными. Нагрузки на разрыв, указанные в табл. 3, относятся к тросам из стальной проволоки и тросам из натуральных волокон.

Стальная проволока и натуральные волокна тросов проходят испытания в соответствии с применимыми требованиями правил классификационного общества для материалов .

3.5.3 Стальные тросы

Стальная проволока тросов должна быть изготовлена из гибкой оцинкованной стали, согласно типам, определенным в табл. 4. При наматывании троса на барабан лебедки, стальные тросы, применяемые для швартовных лебедок, могут иметь независимый стальной сердечник, вместо сердечника из волокна. В общем случае, подобные тросы должны иметь не менее 186 проволок, дополнительно к металлическому сердечнику.

Таблица 3

Буксирные и швартовные тросы

Характеристика снабжения *EN* *A< EN ≤B*		**Буксирный трос (1)**		**Швартовные тросы**		
A	*B*	**Минимальная длина, м**	**Нагрузка разрыва в кН**	*N* (2)	**Длина каждого троса, м**	**Нагрузка разрыва, кН**
1	2	3	4	5	6	7
50	70	180	98.1	3	80	34
70	90	180	98.1	3	100	37
90	110	180	98.1	3	110	39
110	130	180	98.1	3	110	44
130	150	180	98.1	3	120	49
150	175	180	98.1	3	120	54
175	205	180	112	3	120	59
205	240	180	129	4	120	64
240	280	180	150	4	120	69
280	320	180	174	4	140	74
320	360	180	207	4	140	78
360	400	180	224	4	140	88
400	450	180	250	4	140	98
450	500	180	277	4	140	108
500	550	190	306	4	160	123
550	600	190	338	4	160	132
600	660	190	371	4	160	147
660	720	190	406	4	160	157
720	780	190	441	4	170	172
780	840	190	480	4	170	186
840	910	190	518	4	170	201
910	980	190	550	4	170	216
980	1060	200	603	4	180	230
1060	1140	200	647	4	180	250
1140	1220	200	692	4	180	270

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
1220	1300	200	739	4	180	284
1300	1390	200	786	4	180	309
1390	1480	200	836	4	180	324
1480	1570	220	889	5	190	324
1570	1670	220	942	5	190	333
1670	1790	220	1024	5	190	353
1790	1930	220	1109	5	190	378
1930	2080	220	1168	5	190	402
2080	2230	240	1259	5	200	422
2230	2380	240	1356	5	200	451
2380	2530	240	1453	5	200	481
2530	2700	260	1471	6	200	481
2700	2870	260	1471	6	200	490
2870	3040	260	1471	6	200	500
3040	3210	280	1471	6	200	520
3210	3400	280	1471	6	200	554
3400	3600	280	1471	6	200	588
3600	3800	300	1471	6	200	612
3800	4000	300	1471	6	200	647
4000	4200	300	1471	7	200	647
4200	4400	300	1471	7	200	657
4400	4600	300	1471	7	200	667
4600	4800	300	1471	7	200	677
4800	5000	300	1471	7	200	686
5000	5200	300	1471	8	200	686
5200	5500	300	1471	8	200	696
5500	5800	300	1471	8	200	706
5800	6100	300	1471	9	200	706
6100	6500			9	200	716
6500	6900			9	200	726
6900	7400			10	200	726
7400	7900			11	200	726
7900	8400			11	200	735
8400	8900			12	200	735

1	2	3	4	5	6	7
8900	9400			13	200	735
9400	10000			14	200	735
10000	10700			15	200	735
10700	11500			16	200	735
11500	12400			17	200	735
12400	13400			18	200	735
13400	14600			19	200	735
14600	16000			21	200	735

(1) Буксирный трос не обязателен. Рекомендованная длина буксирного троса не более 180 м.
(2) **См.** [3.5.4].

Таблица 4

Состав стального троса

Нагрузка разрыва *BL*, kH	**Компоненты стального троса**		
	Количество нитей	**Предел прочности нити на разрыв, Н/мм²**	**Состав троса**
BL< 216	72	1420 ÷ 1570	6 нитей с 7-сердечником из волокна
216 < *BL*< 490	144	1570 ÷ 1770	6 нитей с 7-сердечником из волокна
BL > 490	216 or 222	1770 ÷ 1960	6 нитей с 7-сердечником из волокна

3.5.4 Количество швартовных тросов

Если нагрузка на разрыв каждого швартовного троса больше, чем 490 кН, то в этом случае применяется большее количество швартовных тросов, чем требуется по табл. 3, обладающих меньшей прочностью, или применяется меньшее количество швартовных тросов, чем требуется по табл. 3, но обладающих большей прочностью, при условии, что общая нагрузка разрыва всех тросов больше, чем величина, указанная в табл. 3.

В любом случае, количество тросов не должно быть меньше 6, а нагрузка разрыва каждого троса должна быть больше, чем 490 кН.

3.5.5 Длина швартовных тросов

Длину отдельного швартовного троса можно уменьшить на 7 % от длины, указанной в табл. 3 при условии, что общая длина всех швартовных тросов больше, чем величина, полученная сложением всех отдельных тросов, согласно табл. 3.

3.5.6 Получение одинакового значения нагрузки разрыва синтетического и натурального волоконного троса

В общем случае волоконные тросы делаются из полиамидных или им подобным синтетических волокон. Одинаковое значение нагрузки разрыва троса из синтетического волокна B_{LS} и троса из натурального волокна B_{LN}, кН, получают по следующей формуле:

$$B_{LS} = 7{,}4\,\delta\,(B_{LN})^{8/9},$$

где σ удлинение до разрыва троса из синтетического волокна принимается не менее 30 %.

3.6 Якорные клюзы

3.6.1 Якорные клюзы строятся, согласно сложившейся морской практике. Их расположение и наклон выполняются таким образом, чтобы якорная цепь и якорь, если это якорь убираемого типа, легко входили в цепной ящик для их размещения, не повреждая корпус судна во время этих операций. С этой целью приемные устройства выполняются необходимой формы, обеспечивая нужное пространство и радиус в обшивке и на палубе, соответствующий размеру якорной цепи. Обшивка бортов в районе якорных клюзов имеет необходимое подкрепление.

3.6.2 Для того, чтобы обеспечить легкое скольжение якорной цепи, якорные клюзы могут оборудоваться роликами. Данные ролики должны иметь номинальный диаметр не меньше, чем 10-кратный размер якорной цепи, если при прокатывании цепь полностью касается роликов, и диаметр не меньше, чем 12- кратный размер цепи, если при прокатывании цепь касается роликов частично.

3.6.3 Такие швартовные механизмы и приспособления, как кнехты, киповые планки и тросовые стопоры должны иметь эффективное крепление, удовлетворяющее инспекторов классификационного общества.

3.7 Брашпиль

3.7.1 Общие положения

Брашпиль, который обычно устанавливается один, должен иметь привод, рассчитанный для данного размера якорной цепи и массы якоря.

Брашпиль устанавливается в положении, в котором якорная цепь легко убирается в якорные клюзы. Палуба в районе брашпиля должна иметь соответствующее подкрепление.

3.7.2 Допущения, лежащие в основе расчета непрерывного тягового усилия

Расчет непрерывного тягового усилия P_C, которое должен обеспечить основной привод брашпиля, основан на следующих допущениях:

применяется обычный бесштоковый якорь;
сила ветра по шкале Бьюфорта равна 6;
скорость течения воды 3 узла;
глубина моря в месте якорной стоянки 100 м;
P_C включает влияние плавучести и эффективность якорных клюзов, величина последнего параметра принимается равной 70 %;
предполагается, что масса якоря соответствует применимым требованиям правил классификационного общества для материалов, исключая допуски;
предполагается, что за один раз поднимается только один якорь.

Вследствие плавучести масса якорной цепи меньше, чем значения, определенные в применимых требованиях правил классификационного общества для материалов, и полученные в единицах длины якорной цепи, кг/м, согласно следующей формуле:

$$m_L = 0.0218\, d^2,$$

где d является калибром цепи, мм.

3.7.3 Расчет непрерывного тягового усилия

Согласно допущениям[3.7.2], основной привод брашпиля должен обеспечить непрерывное тяговое усилие P_C в течение не менее 30 мин получаемое в kH из табл.5.

Таблица 5

Непрерывное тяговое усилие

Материал якорной цепи	Непрерывное тяговое усилие в kH
Сталь средней прочности	$P_C = 0.0375\ d^2$
Сталь повышенной прочности	$P_C = 0.0425\ d^2$
Высокопрочная сталь	$P_C = 0.0475\ d^2$
где d диаметр кабельной цепи, мм	

3.7.4 Временное тяговое усилие в режиме перегрузки

Основной привод брашпиля должен обеспечить временное тяговое усилие в режиме перегрузки, необходимое для стягивания якоря с грунта. Временное тяговое усилие в режиме перегрузки, или кратковременное тяговое усилие должно быть величиной не менее 1,5 –кратного непрерывного тягового усилияl P_C на период времени не менее 2 мин. Скорость подъема якоря при данном режиме перегрузки может быть меньше номинальной скорости, указанной в [3.7.5].

3.7.5 Номинальная скорость подъема

Номинальная скорость подъема якорной цепи, когда поднимается якорь и цепь, считается средней скоростью подъема, и должна быть не менее 0,5 м/с. Скорость измеряется по двум смычкам якорной цепи во время полного подъема. Испытания проводятся на 3-х смычках (82,5 м) полностью погруженной в воду якорной цепи.

3.7.6 Тормоз брашпиля

Брашпиль должен оборудоваться тормозом, имеющим достаточную мощность для безопасной остановки стравливания якорной цепи с якорем в случае, если прекращена подача питания на основной привод брашпиля. Брашпиль, не оборудованный паровым приводом, должен оснащаться стопорным устройством. Брашпиль с включенными тормозами и отключенным подъемником цепи должен быть способен выдержать тяговое усилие, равное 45 % разрывного усилия цепи без повреждений и деформаций напряженных деталей или пробуксовки тормоза.

3.7.7 Стопоры цепи

Если устанавливаются стопоры цепи, то они должны быть способны выдержать тяговое усилие, 80 % разрывного усилия цепи без повреждений и деформаций напряженных деталей или пробуксовки тормоза.

3.7.8 Нагрузки под действием волн, заливающих палубу

Для судов длиной 80 м или более, когда высота открытой палубы в районе установки брашпиля меньше, чем $0.1L$ или на 22 м выше летней грузовой ватерлинии, в зависимости от того, какая из величин меньше, стопорные устройства брашпилей, расположенных в пределах четверти длины судна к носу должны быть способны противостоять воздействию сил, возникающим при заливании судна.

Давление волн при заливании судна и прилегающих районов принимается равным (см. рис. 2):

200 kH/м^2 нормально действующая по оси вала и от носового перпендикуляра на проецируемую площадь в данном направлении;

150 кН/м^2 действующая параллельно оси вала, как по направлению от борта внутрь и к борту вне его отдельно, на произведение величины f, умноженной на проецируемую площадь в данном направлении,

где f коэффициент, принимаемый равным

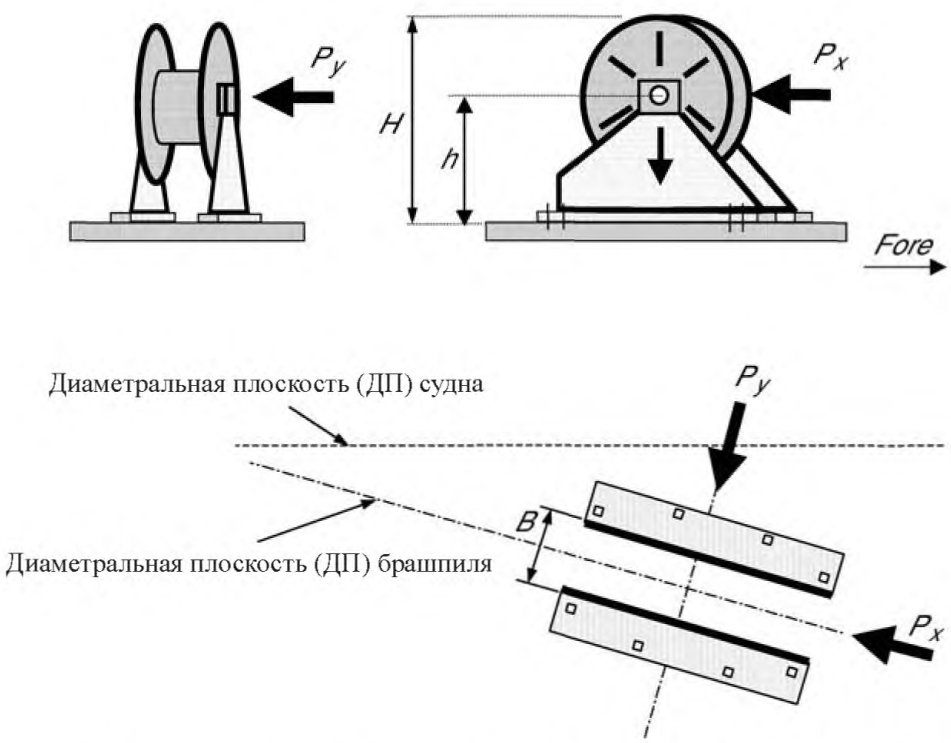
$f = 1 + \frac{B}{H}$, но не более 2,5;

B ширина брашпиля, измеренная параллельно оси вала;

H общая высота брашпиля.

Если швартовные лебедки составляют неразрывную часть брашпиля якоря, то они считаются частью брашпиля.

Рис. 2
Направление действия сил и весов



Примечание. Ру должен быть исследован от ДП к борту и от борта см. [3.7.8]. Правила знаков для y_i изменяются, когда P_y повернуто в противоположном направлении.

3.7.9 Силы, возникающие в средствах крепления и стопорения брашпиля, вследствие нагрузок под действием волн, заливающих палубу

Силы, действующие на болты, колодки и стопоры крепления брашпиля к палубе, должны рассчитываться с учетом нагрузок, возникающих под действием волн, заливающих палубу , в соответствие с [3.7.8].

Брашпиль удерживается группами болтов N, каждая из которых состоит из одного или более болтов, (см. также рис. 3).

Осевая сила R_i, действующая на группу болтов, (или болт) i, положительная по значению натяжения, кН, получают по следующим формулам:

$$R_{xi} = P_x h_{xi} A_i / I_x;$$

$$R_{yi} = P_y h_{yi} A_i / I_y;$$

$$R_i = P_{xi} + R_{yi} - R_{si},$$

где Px сила, кН, действующая нормально по оси вала;
Py сила, кН, действующая параллельно оси вала, как по направлению от борта внутрь и к борту вне его отдельно, которая из них имеет большее воздействие на группу болтов I;
H высота вала, см, над фундаментом установки брашпиля;
x_i, y_i X и Y координаты, см, группы болтов i от центроида всех групп болтов N , положительных по направлению, противоположному прилагаемым силам;
A_i площадь сечения, см^2, всех болтов в группе I;
I_x, I_y инерция для групп болтов N, равная величине:
$I_x = \sum A_i x_i^2$
$I_y = \sum A_i y_i^2$,
R_i сила статической реакции, кН, группы болтов i, вызванная весом брашпиля.

Перерезывающие силы F_{xi}, F_{yi} действующие на группу болтов i, и результирующая объединенная сила F_i, кН, получаемые по следующим формулам:

$$F_{xi} = (P_i - \alpha g M)/N;$$

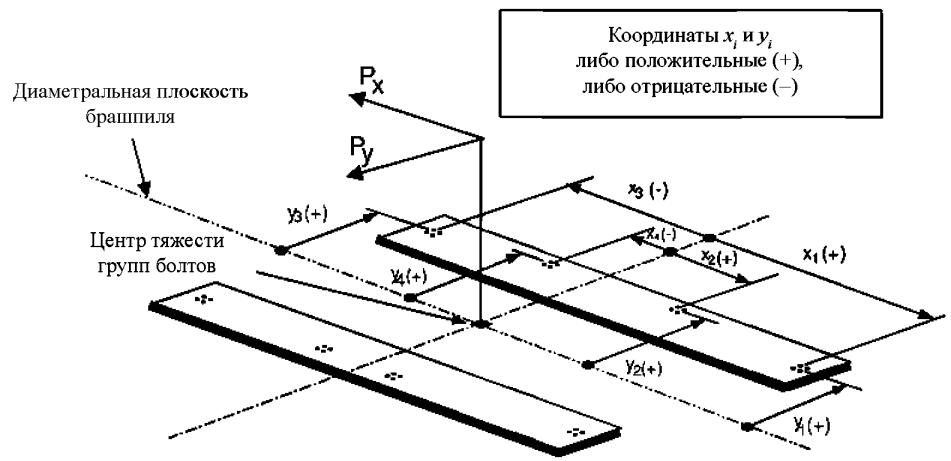
$$F_{yi} = (P_y - \alpha g M)/N;$$

$$F_i = (F_{xi}^2 + F_{yi}^2)^{0,5},$$

где α коэффициент трения, принимаемый равным 0,5;
M масса брашпиля, т;
N количество групп болтов.

Осевые силы растяжения и сжатия, равно как и боковые силы, рассчитанные в соответствии с данными требованиями, должны также учитываться при проектировании подкрепляющей конструкции.

Рис. 3
Распределение действующих положительных и отрицательных сил



3.7.10 Критерий прочности брашпиля, подверженного нагрузкам при стравливании и подъеме якоря и якорной цепи

Напряжения, действующие на части брашпиля, его раму и стопоры должны быть меньше, чем величина предела текучести применяемых материалов.

Для расчета вышеназванных напряжений следует обратить особое внимание на следующие аспекты:

концентрацию напряжений в шпоночных пазах и других деталях, подверженных напряжениям;

динамические эффекты, возникающие в результате внезапного пуска или остановки основного привода или якорной цепи;

методы расчета и допущений.

3.7.11 Критерий прочности задраивающих устройств брашпиля

Осевое напряжение растяжения, действующее на каждый болт в каждой группе болтов i рассчитывается, согласно требованиям, указанным в [3.7.9]. Горизонтальные силы F_{xi} и F_{yi}, должны рассчитываться, согласно требованиям, указанным в [3.7.9], и обычно парируются с помощью амортизаторов, противодействующих перерезывающим силам. Если данные "подогнанные" болтов проектируются для того, чтобы противодействовали этим перерезывающим силам в одном или обоих направлениях, то приведенное напряжение фон Мизеса σ, Н/мм^2, каждого отдельного болта должно соответствовать следующей формуле:

$$\sigma \leq 0{,}5\,\sigma_{BPL},$$

где σ_{BPL} напряжение рассматриваемого болта при пробной нагрузке.

При использовании пористых смол в устройствах крепления, при расчетах следует учитывать данное обстоятельство.

3.7.12 Соединение с палубой

Брашпиль, его рама и стопоры должны иметь эффективное крепление станины к палубе.

3.8 Стопоры цепи

3.8.1 Как правило, стопор цепи устанавливается между брашпилем и клюзовой трубой, чтобы снять нагрузку с брашпиля, вызванную тяговым усилием цепи при стоянке судна на якоре. Стопор должен быть способен выдержать тяговое усилие, равное 80 % разрывной нагрузки цепи. Палуба в месте установки стопора должна иметь соответствующее подкрепление. Для этой цели можно использовать кусок якорной цепи с винтом, способным выдержать вес якоря при его нахождении в клюзовой трубе или натяжитель цепи. Подобные устройства стопорами цепи не считаются.

3.8.2 Если брашпиль находится на некотором расстоянии от клюзовых труб, а стопоры цепи не установлены, то в этом случае должна быть предусмотрена установка соответствующих устройств для направления якорной цепи к брашпилю.

3.9 Цепной ящик

3.9.1 Вместимость цепного ящика должна обеспечить укладку всей якорной цепи и легкодоступный проход к брашпилю.

3.9.2 При использовании двух якорных цепей, цепные ящики делятся на два отделения, каждое из которых должно вместить полную длину одной якорной цепи.

3.9.3 Коренные концы якорных цепей должны крепиться соответственно усиленными устройствами с помощью концевых скоб, которые могут быть связаны или быть отдельно от средств крепления. Обычно подобные устройства должны быть способны выдержать нагрузку не менее 15 % от разрывной нагрузки якорной цепи.

В аварийной обстановке эти средства крепления должны легко сниматься с внешней стороны цепного ящика.

3.9.4 Если цепной ящик расположен к корме от таранной переборки, то его граничные переборки должны быть водонепроницаемыми, и предусмотрен дренаж воды.

3.10 Приспособление для укладки тросов и кнехты

3.10.1 Приспособления для укладки тросов и кнехты соответствующего размера и конструкции должны устанавливаться для обеспечения буксировки, швартовки и верпования.

Глава 11

Постройка и испытания

Раздел 1. Постройка

Раздел 2. Сварка

Раздел 3. Испытания отсеков

РАЗДЕЛ 1. ПОСТРОЙКА

1. Конструктивные детали и узлы

1.1 Вырезы и кромки листов

1.1.1 Свободные кромки, (обрезанные поверхности) вырезов, углов люков, и т.д. должны быть подготовлены соответствующим образом и не должны иметь зазубрин. Как правило, вырезы или ковши драглайна не выполняются с помощью сварки и обработкой кромок сваркой. Кромки обычно шлифуются. Все кромки должны скругляться, если эти части сильно напряжены. Свободные кромки, фланцы или листы, вырезанные газовыми резаками или на станках, не должны иметь острых углов и обрабатываются, как было указано выше. Данное положение применимо также к ковшам драглайна и т.д. в частности, к верхней кромке ширстрека и аналогично относится к сварным стыкам, изменениям площадей сечения или подобным разрывам непрерывных поверхностей.

1.1.2 Углы отверстий люков вырезаются машинной резкой.

1.2 Холодная штамповка

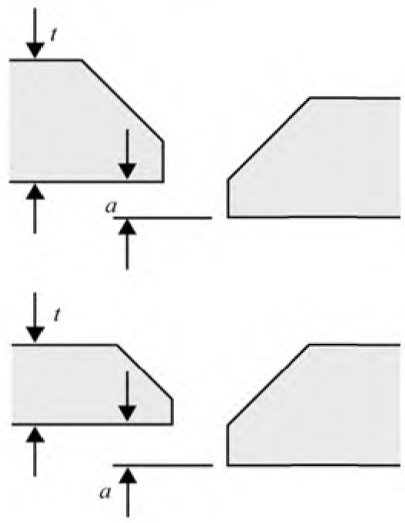
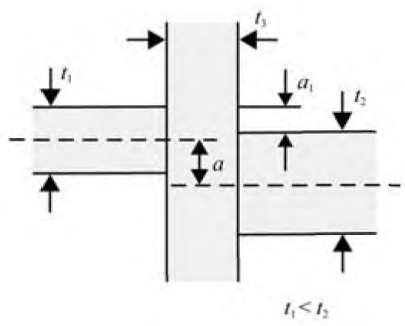
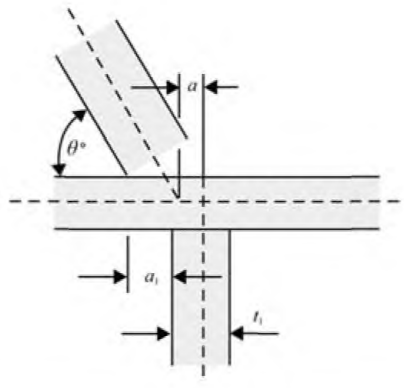
1.2.1 Для холодной штамповки (гибка, отбортовка, развальцовка) листов минимальный средний радиус кривизны должен быть не менее $3t$ (t = полная толщина листа).
Для предотвращения трещин перед холодной штамповкой должны быть удалены вертикальные неровности и заусенцы, оставшиеся от газовой резки. После холодной штамповки все компоненты конструкции и, в частности, концы изгибов (кромки листов) проверяются на наличие трещин. Кроме случаев, когда трещины кромок не принимаются во внимание, все компоненты с трещинами отбраковываются. Ремонт с помощью сварки не допускается.

1.3 Сборка и выравнивание

1.3.1 Следует избегать приложения чрезмерных усилий во время сборки отдельных компонентов или возведения секций. Насколько это возможно основные отклонения отдельных компонентов конструкции должны устраняться до дальнейшей сборки. Конструктивные элементы должны выравниваться, согласно рекомендации № 47 МАКО, положения которой приводятся в табл. 1, или же согласно требованиям признанного стандарта по изготовлению деталей, принятого классификационным обществом. Если компонент очень важен, то при необходимости проводится контрольное сверление, после завершения которого отверстия вновь завариваются. По завершении сварки, выравнивание выполняется без нарушения свойств материала. При возникновении сомнений классификационное общество может потребовать проведения теста процедуры или рабочих испытаний.

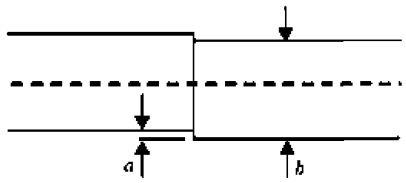
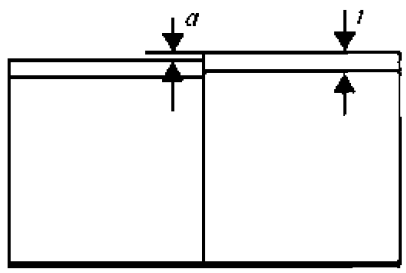
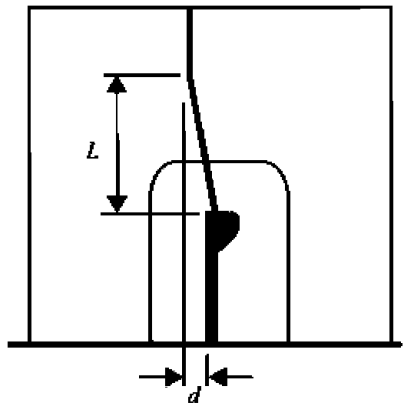
Таблица 1

Выравнивание

Детали	Стандарт	Пределы	Примечания
Выравнивание стыковых швов 	$a \le 0.15t$ прочность $a \le 0.2t$ иные	$a \le 3.0$ мм	Выравнивание деталей со стыковым сварным швом
Выравнивание угловых швов 	а) Прочность и высокопрочная сталь $a \le t_1 / 4$ измеренная по медиане $a \le (5t_1 - 3t_2) / 6$ измеренная по линии нижней части; б) иные $a \le t_1 /$ измеренная по медиане $a \le (2\,t_1 - t_2) / 2$ измеренная по линии нижней части		Выравнивание деталей с угловым сварным швом. Если t_2 меньше, чем t_1, тогда t_2 должно быть заменено t_1.
Выравнивание угловых швов 	а) Прочность и высокопрочная сталь $a \le t_1 / 3$ измеренная по медиане; б) иные $a \le t_1 / 2$ измеренная по линии нижней части		Выравнивание деталей с угловым сварным швом.

Примечание.
В понятие “прочность” входят следующие элементы: днище, второе дно, днище, нижняя опора, нижняя часть поперечной переборки, бортовой скуловой танк, и шпангоуты борта навалочных судов с одинарными бортами.

Продолжение табл. 1

Детали	Стандарт	Пределы	Примечания
Выравнивание свободных поясков тавровых продольных балок 	$a \leq 0.04b$ прочность	$a = 8.0$ mm	Выравнивание листов обшивки с Т-образными продольными связями
Выравнивание по высоте : тавр, уголок или полособульб 	$a \leq 0.15\ t$ для основных несущих элементов $a \leq 0.2\ t$ для обычных ребер жесткости	3.0 mm	Выравнивание высоты Т-образного прутка Уголкового прутка или утолщения.
Выравнивание ребра жесткости панели 	$d \leq L / 50$		Выравнивание ребра жесткости листа.

Примечание.
В понятие “прочность” входят следующие элементы: днище, второе дно, днище, нижняя опора, нижняя часть поперечной переборки, скуловой бункер, и шпангоуты борта навалочных судов с одинарными бортами.

РАЗДЕЛ 2. СВАРКА

1.Общие положения

1.1 Применение

1.1.1 Требования данного раздела применяются к подготовке, выполнению и инспектированию сварных соединений в конструкциях корпуса.

1.1.2 Сварка частей корпуса должна проводиться только допущенными сварщиками.

1.1.3 Должны применяться порядок сварки и сварочные материалы для сварки, одобренные для типа соединения и материала соединяемой части.

1.1.4 Сварка соединений должна выполняться по одобренному плану работ.

1.1.5 Стандарт качества, принятый на верфи, должен представляться классификационному обществу и применяться ко всем сварным соединениям, если не указано иначе в каждом конкретном случае.

1.1.6 Завершенные сварные соединения должны удовлетворять присутствующего инспектора.

1.1.7 Метод неразрушающего контроля сварки выполняется в месте, определенном планом испытаний для того, чтобы удостовериться, что на сварных швах отсутствуют трещины, внутренние дефекты и опасные нарушения качества деталей.

2.2 Сварочные материалы и процедуры

1.2.1 Применяемые сварочные материалы должны быть одобрены классификационным обществом. Требования по одобрению сварочных материалов излагаются в правилах классификационного общества или руководстве по сварочным работам.

1.2.2 Применяемые процедуры сварки должны быть одобрены классификационным обществом. Требования по одобрению процедуры сварки излагаются в правилах классификационного общества или в руководстве по сварочным работам.

1.2.3 Подходящие сварочные материалы должны выбираться, исходя из вида и категории материалов. Требования по выбору сварочных материалов излагаются в правилах классификационного общества или руководстве по сварочным работам.

1.3 Сварщики и специалисты по проведению неразрушающего контроля сварки

1.3.1 Сварщики

Ручная и полуавтоматическая сварка должна выполняться сварщиками, сертифицированными классификационным обществом, согласно правилам классификационного общества или руководства по сварочным работам.

1.3.2 Операторы автоматических сварочных аппаратов

Персонал, работающий на автоматических сварочных аппаратах и оборудовании, должен обладать соответствующими знаниями и профессиональной подготовкой, и быть аттестован классификационным обществом, согласно правилам классификационного общества или руководства по сварочным работам.

1.3.3 Специалисты по проведению неразрушающего контроля сварки

Неразрушающий контроль сварки должен выполняться квалифицированным персоналом, аттестованным классификационным обществом или другим признанным органом в соответствии с соответствующими стандартами.

1.4 Предоставляемая документация

1.4.1 План проведения сварочных работ, который представляется для одобрения, должен содержать необходимые данные, относящиеся к изготовлению конструкций с помощью сварки, применяемый порядок сварки, виды сварочных положений и т.д.

1.4.2 План проведения неразрушающего контроля сварки, который представляется для одобрения, должен содержать необходимые данные, относящиеся к местам проведения контроля и количеству проверок, применяемый порядок сварки, способ неразрушающего контроля сварки и т.д.

2. Типы сварных соединений

2.1 Общие положения

2.1.1 Тип сварного соединения и разделка кромок должны соответствовать принятому порядку проведения сварочных работ.

2.2 Стыковая сварка

2.2.1 Общие положения

Стыковая сварка листов должна проводиться с полным проваром с обеих сторон, кроме случаев, когда применяется особый порядок сварки, одобренный классификационным обществом.

2.2.2 Сварка листов различной толщины

В случае сваривания листов, различающихся по общей толщине на величину, равную или более 4 мм, более толстый лист обычно должен суживаться. Сужение должно осуществляться по длине, равной 3-кратной разнице общей толщины.

2.2.3 Разделка кромок, расстояния между кромками листов

Разделка кромок, и расстояния между кромками листов должны быть в соответствии с принятым порядком сварки и соответствующей подготовки фасок.

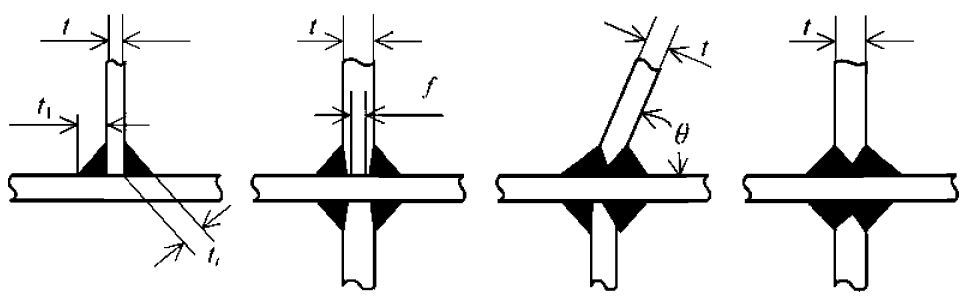
2.3 Тавровые или поперечные стыковые соединения

2.3.1 Общие положения

Соединения главных несущих элементов и стенок ребер жесткости с обшивкой, равно как и соединения одних листов, накладкой впритык с другими листами, выполняется угловым сварным швом, или сварным швом с глубоким проваром, как показано на рис. 1.

t построечная толщина стыкуемого листа, мм;

Рис. 1
Тавровые или поперечные стыковые соединения



f несвариваемое притупление, мм, принимаемое равным величине $f \leq t/3$;
t_l катет (калибр) углового сварного шва, мм;
t_t толщина углового шва, мм.

2.4 Сварка с полным проваром

2.4.1 Применение

Сварные швы с полным проваром применяются в следующих соединениях:

кронштейны руля и кронштейны вала с конструкциями обшивки борта;
площади соединения боковой обшивки руля с баллером руля;
вертикальная гофрированная переборка с обшивкой второго дна, расположенная в районе грузовых трюмов и устроенная без нижней поперечной опоры переборки;
вертикальная гофрированная переборка с верхней обшивкой нижней поперечной опоры переборки;
пиллерсы с элементами обшивки в случае, если напряжением, действующим на пиллерс, является растяжение (например, машинное отделение, форпик, рубки);
усиление кромки или проход трубы через прочную палубу, ширстрек и обшивку днища в пределах $0.6L$ миделя, если размеры отверстия превышают 300 мм;
стыковые листы обшивки, образующие границу с водой ниже летней грузовой ватерлинией.

2.4.2 В случае если в нижнем конце гофрированной переборки устанавливаются для подкрепления шедерные листы, то они должны привариваться к гофру и верхнему листу нижней поперечной опоры сварным швом с полным проваром с одной стороны или эквивалентным.

2.4.3 Боковая обшивка нижней поперечной опоры должна соединяться с верхней обшивкой нижней поперечной опорой и внутренней обшивкой днища сварным швом с полным проваром. Принимаются также сварные швы с разделкой кромок и конструктивным непроваром согласно рис. 2.

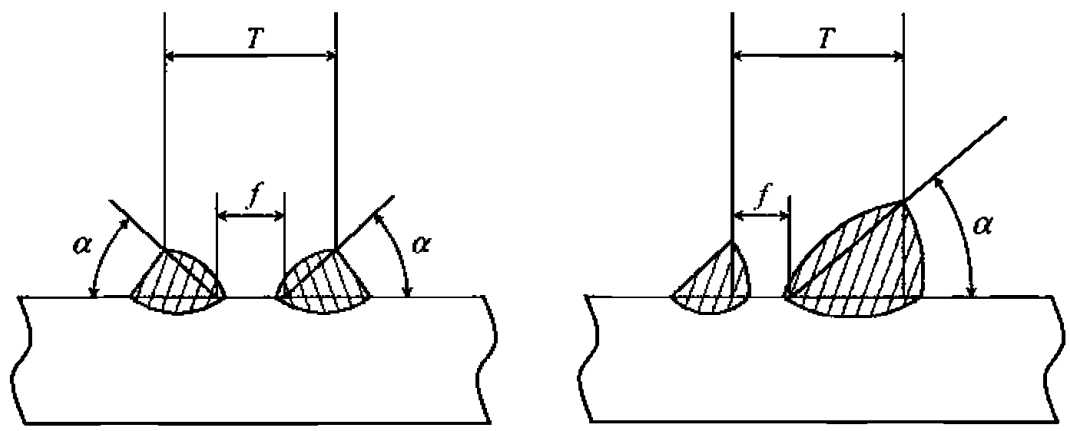
2.4.4 Подкрепляющие флоры должны соединяться с внутренней обшивкой днища. Принимаются также сварные швы с глубоким проваром.

2.4.5 В обычном случае принимается соответствующий угол канавки, равный 40 – 60° и стыками кромок, а при необходимости требуется строжка с обеих сторон шва.

2.5 Сварка с конструктивным непроваром

2.5.1 Определение сварного шва с конструктивным непроваром дается на рис. 2.

Рис. 2
Сварной шов с конструктивным непроваром



• притупление стыка разделки кромок (*f*) : 3 мм – T/3 мм
• угол канавки (α) : 40° – 60°

2.6 Угловые сварные швы

2.6.1 Виды и размеры угловых сварных швов, и их применение

Виды и размеры угловых сварных швов для толщины стыкуемых листов до 50 мм классифицируются по 5 категориям, согласно табл. 1. Применение данных сварных швов в конструкции корпуса должно быть, согласно положениям табл. 2. Дополнительно, для зон "*a*" и "*b*" шпангоутов бортов, как показано на рис. 19 главы 3, раздел 6, рабочее сечение сварного шва должно быть равным 0,44*t* и 0,4*t* соответственно, где *t* является фактической толщиной самого тонкого из соединяемых элементов.

Таблица 1

Категории угловых сварных швов

Категория	Виды угловых сварных швов	Построечная полная толщина соединяемого листа, *t*, в mm (1)	Размер катета (калибра) углового сварного шва, мм (2)	Длина приварки, мм	Шаг шва, мм
1	2	3	4	5	6
F0	Двойной непрерывный шов	t	$0{,}7t$	-	-
F1	Двойной непрерывный шов	$t \le 10$	$0.5t + 1.0$	-	-
		$10 \le t < 20$	$0.4t + 2.0$	-	-
		$20 \le t$	$0.3t + 4.0$	-	-
F2	Двойной непрерывный шов	$t \le 10$	$0.4t + 1.0$	-	-
		$10 \le t < 20$	$0.3t + 2.0$	-	-
		$20 \le t$	$0.2t + 4.0$	-	-
F3	Двойной непрерывный шов	$t \le 10$	$0.3t + 1.0$	-	-
		$10 \le t < 20$	$0.2t + 2.0$		
		$20 \le t$	$0.1t + 4.0$		

1	2	3	4	5	6
F4	Прерывистый шов	$t \le 10$	$0.5t + 1.0$	75	300
		$10 \le t < 20$	$0.4t + 2.0$		
		$20 \le t$	$0.3t + 4.0$		

(1) t фактическая толщина самого тонкого из соединяемых элементов.
(2) Размер катета (калибра) углового сварного шва подлежит коррекции, относящейся к припуску на коррозию tC указанному в главе3, раздел 3, табл. 1 следующим образом:
+ 1,0 мм для t_C>5
+ 0,5 мм для 5≥t_C≥4
- 0,5 мм для t_C<4

Таблица 2

Применение угловых сварных швов

Район корпуса	**Соединение (какого элемента с каким)**			**Категория**
	Что	**С чем**		
1	2	3		4
Весь корпус, если иначе не указано в Таблице	Лист водонепроницаемой переборки	Граничный лист обшивки		F1
	Бракеты на концах элементов			F1
	Обычное ребро жесткости	Переборки диптанков		F3
		Вырез в районе основных подкрепляющих элементов		F2
	Стенка обычного ребра жесткости	Обшивка, (кроме переборки диптанков)		F4
		Полки подкрепляющих ребер жесткости	На концах (15 % пролета)	F2
			Где угодно	F4
	Концы основных подкрепляющих элементов и обычных ребер жесткости	Листы обшивки палубы, бортов, обшивки второго днища, переборок		F0
Дно и двойное дно	Обычное ребро жесткости	Обшивка днища и второго днища		F3
	Центральный брус	Обшивка борта усиленного днища к носу		F1
		Обшивка второго дна и борта, кроме случаев, рассмотренных выше		F2
	Боковые балки, включая листы интеркостельной обшивки	Обшивка дна и второго днища		F3
	Флоры	Обшивка борта и внутреннего дна	На концах на расстоянии, равном двум шпациям шпангоутов	F2
		Центральный брус и балки борта в районе скуловых цистерн		F2
		Где угодно		F3
	Кница на центральном брусе	Центральный брус, обшивка второго днища и бортов		F2
	Стенка ребра жесткости	Флор и брус		F3

Продолжение табл. 2

1	2		3		4
Внутренняя и внешняя обшивка двойного борта	Стенка основного элемента подкрепления		Боковая обшивка, внутренняя боковая обшивка и стенка основных подкрепляющих элементов		F2
Шпангоут борта ординарного борта	Бортовой шпангоут и концевая кница		Листы обшивки борта		F1
	Подвижная кница с незакрепленными концами		Листы обшивки борта и бортовой шпангоут		F1
Палуба	Прочная палуба	$t \geq 13$	Листы обшивки борта в пределах $0.6L$ миделя		Глубокий провар
			Где угодно		F1
		$t < 13$	Листы обшивки борта		F1
	Другие палубы		Листы обшивки борта		F2
			Обычные ребра жесткости		F4
	Обычное ребро жесткости и интеркостельный брус		Обшивка палубы		F3
	Комингсы люков		Обшивка палубы	На углах люков на 15 % длины люков	F1
				Где угодно	F2
	Стенки ребер жесткости		Стенки комингсов		F4
Переборки	Конструкция не водонепроницаемых переборок		Границы	Отбойные переборки	F3
	Обычное ребро жесткости		Обшивка переборки	На концах, (25 % пролета), где не установлены концевые кницы	F1
Основные элементы силового набора	Листы стенки и балки		Обшивка борта, обшивка палубы, обшивка второго днища, переборки	На концах (15 % пролета)	F1
				Где угодно	F2
			Полка составной балки	В танках и в пределах $125L$ от форпика	F2
				Лицевая поверхность площадью, превышающей 65 см^2	F2
				Где угодно	F3
Ахтерпик	Внутренние элементы		Границы и каждый из них		F2
Опоры	Балка и кница		Опорная плита	В районе главного двигателя, упорного подшипника, фундамента котлов и основных дизель – генераторов	F1
			Опора балки	В районе главного двигателя, упорного подшипника,	F1
			Листы обшивки днища и борта	В районе главного двигателя, упорного подшипника,	F2
Пиллерсы	Пиллерсы		Пята и головная часть		F1

1	2	3	4
Вентиляционные трубы	Комингс	Палуба	F1
Руль	Рама руля	Вертикальные шпангоуты, образующие каркас руля	F1
		Обшивка руля	F3
		Шпангоуты руля, кроме указанных выше	F2

2.6.2 Прерывистые сварные швы

Если вместо прерывистого сварного шва применяется непрерывный двойной сварной шов, катет (калибр) углового шва должен быть категории F2.

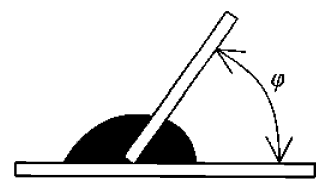
2.6.3 Размеры углового сварного шва для стыковой сварки листов малого угла

Если угол между стыкуемым листом и соединяемым листом не равен 90°, как показано на рис. 3, размер угловых сварных швов для сторон с большим углом увеличивается в соответствии со следующей формулой:

$$t_l' = t_l \frac{1}{\sqrt{2}\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)},$$

где t_l катет (калибр) углового сварного шва, мм, согласно [2.3.1].

Рис. 3
Угол соединения



2.6.4 Сварные швы с глубоким проваром

Размер катета (калибра) угловых сварных швов с конструктивным непроваром может быть уменьшен на 15 % , относительно величины, требуемой в табл. 1, в зависимости от порядка проведения испытаний сварочных швов.

2.7 Сварное соединение «внахлестку»

2.7.1 Общие положения

Сварное соединение «внахлестку» допускается в особых случаях и является предметом одобрения классификационным обществом. Сварное соединение «внахлестку» может приниматься для следующих деталей:

периферийные соединения двойных деталей;

внутренние элементы конструкции, подверженные очень малым напряжениям.

2.7.2 Угловые сварные швы

Сварные соединения «внахлестку» должны иметь размеры угловых сварных швов категории F1.

2.8 Пробочные сварные швы

2.8.1 Общие положения

Пробочные сварные швы допускаются в особых случаях и являются предметом одобрения классификационным обществом. Однако пробочные сварные швы для двойных деталей или внешней обшивки бортов и прочной палубы не допускаются в пределах $0.6L$ миделя.

2.8.2 Размеры угловых сварных швов

Пробочные сварные швы должны быть соответствующей формы, допускающей проваренный шов периметру нижней кромки отверстия. Размер углового сварного шва должен быть F1, а расстояние между прорезями определяется классификационным обществом в каждом конкретном случае.

3. Описание соединений

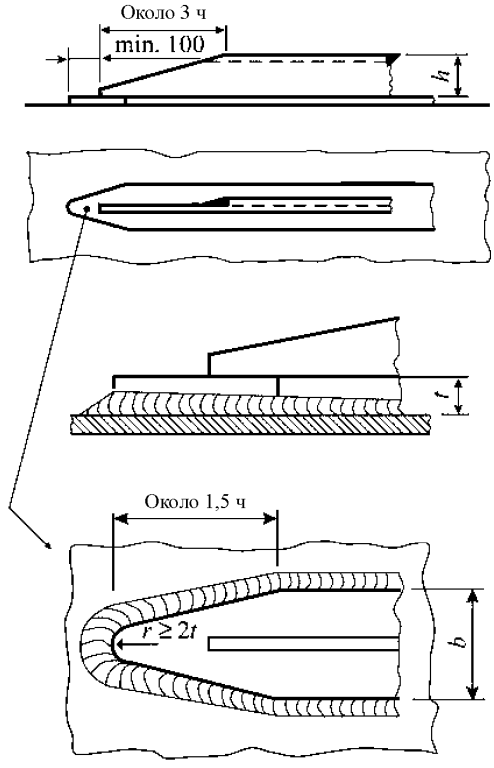
3.1 Соединение скулового киля

3.1.1 Промежуточная полоса, через которую скуловой киль соединяется с обшивкой, согласно главе 3, раздел 6, [6.5.2], должен привариваться к скуловой обшивке и скуловому килю.

3.1.2 Стыковые сварные швы промежуточной полосы и скулового киля должны выполняться с полным проваром и двигаться от торцов листов обшивки. Стыковые сварные швы скуловой обшивки и промежуточной полосы в районе пересечений, соответственно скуловой обшивки и скулового киля, выполняются заподлицо.

3.1.3 По продольным кромкам промежуточная полоса проваривается непрерывным швом с рабочим сечением "*a*", равным 0,3 кратной величине его толщины. На концах промежуточной полосы рабочее сечение "*a*" на концевых кромках должно быть увеличено на 0,5 толщины промежуточной полосы, но не мене величины толщины обшивки скулы, (см. рис. 4). Сварочный переход на концевых кромках двойных листов к обшивке, должен образовать с последней угол, равный 45° или менее.

Рис. 4
Устройство сварочных соединений скулового киля



РАЗДЕЛ 3. ИСПЫТАНИЯ ОТСЕКОВ

1. Общие положения

1.1 Определения

1.1.1 Грунт

Грунт – тонкое покрытие, наносимое после подготовки поверхности, но до начала производства с целью защиты от коррозии в процессе производства.

1.1.2 Защитное покрытие

Защитное покрытие – окончательное покрытие, защищающее конструкцию от коррозии.

1.1.3 Конструктивное испытание

Конструктивное испытания – гидростатические испытания для проверки непроницаемости танков, а также правильности конструктивного решения, принятого в проекте. Если возникают практические затруднения (например, в создании необходимого напора на верхнюю часть танка или цистерны) и проведение гидростатических испытаний в полном объеме невозможно, гидростатические испытание могут быть заменены гидропневматическими. Условия проведения гидропневматических испытаний, насколько это возможно, должны воспроизводить реальную нагрузку на танк.

1.1.4 Гидропневматические испытания

Гидропневматические испытания – сочетание гидростатических испытаний и испытаний надувом воздуха, при которых танк или цистерна доверху заполняются водой, а затем создается дополнительное давление воздуха. Значение избыточного давления воздуха определяется классификационным обществом, но, по крайней мере, должно соответствовать [2.2].

1.1.5 Испытания надувом воздуха

Испытания воздухом либо иной средой для проверки непроницаемости конструкции.

1.1.6 Испытания струей воды из шланга

Испытания струей воды из шланга проводятся для проверки непроницаемости конструктивных элементов, не подлежащих гидростатическим испытаниям или испытаниям надувом воздуха, а также других элементов, обеспечивающих герметичную целостность всего корпуса.

1.2 Применение

1.2.1 Условия испытаний определяются следующими требованиями к таким элементам, как:

- танки, включая вкладные цистерны,
- водонепроницаемые или конструкции, непроницаемые при воздействии моря.

1.2.2 Целью данных испытаний является проверка непроницаемости и/или прочности конструктивных элементов во время постройки судна и при проведении крупного ремонта.

1.2.3 Испытания должны проводиться в присутствии инспектора на стадии, близкой к завершающей с тем, чтобы любые последующие работы не могли нарушить прочность и непроницаемость конструкции.

2. Методы испытаний

2.1 Конструктивные испытания

2.1.1 Конструктивные испытания могут проводиться после нанесения грунта в цехе.

2.1.2 Конструктивные испытания могут проводиться после нанесения защитного покрытия при выполнении одного из двух условий:

все сварочные работы завершены, и сварочные швы тщательно визуально проверены инспектором до нанесения защитного покрытия;

испытания надувом воздуха проводятся до нанесения защитного покрытия.

2.1.3 Если испытания надувом воздуха не проводились, то защитное покрытие должно наноситься после конструктивных испытаний следующих элементов:

всех монтажных сварочных швов, выполненных как ручной сваркой, так и автоматической;

всех выполненных ручной сваркой угловых сварных соединений на границах танков, а также всех сварных швов, выполненных ручной сваркой с проваром.

2.2 Испытания надувом воздуха

2.2.1 Выполняемые в соответствии с табл. 1, испытания надувом воздуха должны проводиться при давлении $0{,}15 \cdot 10^5$ Па .

2.2.2 До начала осмотра рекомендуется поднять давление воздуха в танке или цистерне до $0.20 \cdot 10^5$ Па и поддерживать его на этом уровне приблизительно в течение 1 часа до достижения состояния стабилизации (при этом следует ограничить нахождение людей вблизи танка до минимума), а затем снизить давление до испытательного.

2.2.3 Классификационное общество может принять вариант, при котором испытания проводятся при достижении давления воздуха величины $0{,}20 \cdot 10^5$ Па, без снижения давления при условии того, что классификационное общество удовлетворено уровнем безопасности персонала, задействованного в проведении испытаний.

2.2.4 Сварные швы должны быть покрыты эффективным пенообразующим составом, который позволяет увидеть протечку.

2.2.5 Во избежании возникновения чрезмерного давления в испытательном отсеке и с целью проверки испытательного давления следует установить U-образную трубку, заполненную водой до уровня, соответствующего испытательному. Поперечное сечение U-образной трубки должно быть больше, чем у трубки подвода воздуха. Дополнительно давление испытаний должно контролироваться с помощью одного главного манометра. Классификационное общество может принять другие способы и средства, которые сочтет равноценными по надежности.

2.2.6 Испытания надувом воздуха проводятся до нанесения защитного покрытия на всех угловых сварных соединениях, расположенных на границах танков или цистерн, сварных швах с полным непроваром или монтажных сварных швах, кроме швов, выполненных автоматической сваркой. Инспектор может потребовать проведение таких же испытаний на выборочных участках монтажных сварочных швов, выполненных автоматической сваркой, а также демонтажных швов, выполненных ручной или автоматической сваркой с учетом процедур контроля качества, применяемых на верфи. Прочие швы могут испытываться надувом воздуха после нанесения защитного покрытия при условии, что эти швы подверглись тщательному визуальному осмотру и не вызвали нареканий инспектора.

2.2.7 Могут применяться другие методы испытаний, которые не вызовут нареканий инспектора.

2.3 Испытания струей воды из шланга

2.3.1 Если для проверки непроницаемости конструкций, перечисленных в табл. 1, требуются испытания струей воды из шланга, минимальное давление в стволе должно быть не менее $0{,}20 \cdot 10^5$ Па. Отстояние ствола от испытываемого участка не должно превышать 1,5 м. Диаметр насадки шланга должен быть не менее 12 мм.

2.4 Гидропневматические испытания

2.4.1 При проведении гидропневматических испытаний следует соблюдать те же меры безопасности, что и при испытании надувом воздуха.

2.5 Прочие методы испытаний

2.5.1 По решению классификационного общества могут приниматься другие методы испытаний, если они будут признаны эквивалентными.

3. Требования к испытаниям

3.1 Общие положения

3.1.1 Общие требования к испытаниям приведены в табл. 1.

Таблица 1

Общие требования к испытаниям

№ п/п	Испытываемая конструкция	Тип испытаний	Испытательное давление	Примечания
1	2	3	4	5
1	Отсеки двойного дна	Конструктивные испытания (1)	Наибольшая из следующих величин: • напор столба воды до верха воздушной трубы • напор столба воды до палубы переборок	Границы отсеков должны быть испытаны по крайней мере с одной стороны
2	Отсеки двойного борта	Конструктивные испытания (1)	Наибольшая из следующих величин: • напор столба воды до верха воздушной трубы • напор столба воды не менее 2,4 м от палубы, ограничивающей отсек сверху	Границы отсеков должны быть испытаны, по крайней мере, с одной стороны
3	Переборки танков или цистерн, диптанки	Конструктивные испытания (1)	Наибольшая из следующих величин:(2) • напор столба воды до верха воздушной трубы • напор столба воды на 2.4 м от палубы, ограничивающей отсек сверху • установочное давление, на которое отрегулирован предохранительный клапан, если он установлен	Границы отсеков должны быть испытаны, по крайней мере, с одной стороны
	Топливные цистерны	Конструктивные испытания		
4	Балластные трюмы судов для навалочных трюмов	Конструктивные испытания (1)	Наибольшая из следующих величин: • напор столба воды до верха воздушной трубы • напор столба воды не менее 0,90м от верха люка	
5	Форпик и ахтерпик, используемые в качестве цистерны	Конструктивные испытания	Наибольшая из следующих величин: • напор столба воды до верха воздушной трубы • напор столба воды не менее 2,4 м от верхней точки цистерны	Ахтерпик испытывается после установки дейдвудной трубы и гельмпортовой трубы
	Форпик, не используемый в качестве цистерны	См. правило II-1/14 СОЛАС-74		
	Ахтерпик, не используемый в качестве цистерны	Испытания надувом воздуха		
6	Коффердамы	Конструктивные испытания (3)	Наибольшая из следующих величин: • напор столба воды до верха воздушной трубы • напор столба воды не менее 2,4 м от верхней точки коффердама	
7	Водонепроницаемые переборки	См. правило II-1/14 СОЛАС-74(4)		
8	Водонепроницаемые двери ниже надводного борта или палубы переборок	См. правило II-1/18 СОЛАС-74		

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
9	Руль пустотелый	Испытания надувом воздуха протечку		
10	Туннель гребного вала вне района диптанков	Испытания струей воды из шланга		
11	Лацпорты	Испытания струей воды из шланга		
12	Водонепроницаемые люковые закрытия танков	Испытания струей воды из шланга		
13	Водонепроницаемые люковые закрытия и другие закрытия	Испытания струей воды из шланга		
14	Цепной ящик, расположенный в корму от таранной переборки	Конструктивные испытания	напор столба воды до верха ящика	
15	Вкладные цистерны	Конструктивные испытания	напор столба воды до верха воздушной трубы, но не менее 0,9 м	
16	Балластно – распределительные каналы	Конструктивные испытания	Максимальное давление балластного насоса	

(1)Испытания надувом воздуха или гидропневматические испытания допускаются при условии выполнения требований, изложенных в [2.2]. При этом, по крайней мере, один танк каждого типа должен быть подвергнут конструктивным испытаниям, выбираемый при одобрении проекта. В общем случае, нет необходимости повторять конструктивные испытания на серийных судах одной и той же серии постройки. Данное послабление не относится к границам грузовых танков танкеров и комбинированных навалочных/наливных судов и танков, для перевозки несовместимых жидких грузов или грузов, загрязняющих окружающую среду. Если конструктивные испытания выявят недостаточную прочность или другие значительные дефекты, не обнаруженные при испытаниях надувом аналогичных помещений, то все танки должны быть подвергнуты конструктивным испытаниям.

(2) Там, где это применимо, самую высокую точку танка следует определять до палубы, не учитывая люки. Для трюмов, предназначенного для жидкого груза или балласта и имеющих большие люковые закрытия, в качестве самой высшей точки танка принимается верх люка.

(3) Испытания надувом воздуха или гидропневматические испытания допускаются при условиях, указанных в [2.2], когда классификационное общество считает это важным с точки зрения техники строительства и принятого порядка производства сварочных работ.

(4) В случае невозможности проведения испытаний струей воды из шланга без возможного повреждения оборудования и механизмов, кабелей, распределительных щитов, изоляции и т.п., по усмотрению классификационного общества эти испытания могут быть заменены тщательным визуальным осмотром всех узлов пересечения и сварных швов. При необходимости, могут быть потребованы испытания непроницаемости методом капиллярного или ультразвукового контроля.

Глава 12

Дополнительный символ класса

Раздел 1. Дополнительный символ класса GRAB

РАЗДЕЛ 1. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СИМВОЛ КЛАССА GRAB

Условные знаки

Если в данном разделе отсутствуют определения условных знаков, см. главу 1, раздел 4.

M_{GR} масса пустого грейфера, т;

s расстояние, м, между обычными ребрами жесткости, измеренными в середине пролета.

1. Основные концепции

1.1 Применение

1.1.1

Дополнительный символ класса GRAB [X] согласно положениям главы 1, раздел 1, [3.2], назначается судам, у которых грузовые трюмы предназначены для погрузки/разгрузки с помощью грейферов, максимальный удельный вес которых достигает [X] Т, в соответствии с требованиями данного раздела.

1.1.2 Следует отметить, что дополнительный символ класса не отрицает использования более тяжелых грейферов, однако, судовладельцы и судоводители должны знать о том, что при регулярном применении, или применении от случая к случаю более тяжелых грейферов для разгрузки, увеличивается риск местных повреждений и возможной более ранней замены обшивки второго дна.

2. Размеры связей

2.1 Обшивка

2.1.1 Толщина нетто второго дна, нижнего пояса наклонного листа скуловой цистерны и обшивки поперечной нижней опоры должна приниматься равной наибольшему значению ниже перечисленных величин:

t, полученное, согласно требованиям глав 6 и 7;
t_{GR}, согласно [2.1.2] и [2.1.3].

2.1.2 Толщина нетто t_{GR}, мм, обшивки второго дна получена по следующей формуле:

$$t_{GR} = 0{,}28\,(M_{GR} + 50)\,\sqrt{sk}.$$

2.1.3 Толщина нетто t_{GR}, мм, наклонного листа скуловой цистерны на расстоянии нижних 3 м и поперечной нижней опоры получена по следующей формуле:

$$t_{GR} = 0{,}28\,(M_{GR} + 42)\,\sqrt{sk}.$$

Глава 13

Критерии замены судна в эксплуатации

Раздел 1. Поддержание класса

Раздел 2. Замеры толщин и критерии приемлемости

РАЗДЕЛ 1. ПОДДЕРЖАНИЕ КЛАССА

1. Общие положения

1.1 Применение

1.1.1 Требования освидетельствования для поддержания класса навалочных судов указаны в унифицированном требовании UR Z10.2 для навалочных судов с одинарными бортами и в унифицированном требовании UR Z10.5 для навалочных судов с двойными бортами. Замеры толщин составляет основную часть выполняемой работы по освидетельствованию для поддержания класса; анализ данных измерений является важным фактором в определении степени необходимого ремонта и восстановления, или замены конструкции судна.

1.1.2 Данная глава должна предоставить судовладельцам и компаниям, выполняющим замеры толщин, а также инспекторам классификационного общества единую процедуру для выполнения требований правила по замеру толщин. В частности, это позволит всем вышеуказанным сторонам выполнять следующее:

планирование и подготовку;
определение степени и места;
анализ выполненных замеров толщин.

1.1.3 Данная глава также принимает во внимание особые требования для замера толщин, относящихся к детальным освидетельствованиям навалочных судов с одинарными бортами и навалочных судов с двойными бортами по расширенной программе (ESP).

1.2 Определения

1.2.1 Местная коррозия

Под местной коррозией понимается точечная коррозия, канавочная коррозия, коррозия кромок, сужение или другая коррозия, имеющая исключительно местное проявление.

1.2.2 Значительная коррозия

Под значительной коррозией понимается такая степень коррозии, которая при оценке особенности коррозии указывает на изнашивание, превышающее 75 % допустимых пределов, но еще находящихся в приемлемых пределах. Под допустимым пределом понимается полная надбавка на коррозию, согласно определению главы 3, раздел 3.

РАЗДЕЛ 2. ЗАМЕРЫ ТОЛЩИН И КРИТЕРИИ ПРИЕМЛЕМОСТИ

Условные обозначения

Если в данном разделе отсутствуют определения условных знаков, см. главу 1, раздел 4.

$t_{renewal}$ толщина замены; минимальная допустимая толщина, мм, меньше которой требуется восстановление или замена элемента конструкции

$$t_{renewal} = t_{as_built} - t_C - t_{voluntary_addition}$$

$t_{reserve}$ запас толщины; толщина, мм , которая учитывается в качестве величины, на которую уменьшится толщина за период между освидетельствованиями, равным 2,5 лет. ($t_{reserve}$ = 0,5 мм);

t_c надбавка на коррозию, мм, согласно главе 3, раздел 3;

t_{as_built} построечная толщина, мм, включая величину $t_{voluntary_addition}$, если имеется;

$t_{voluntary_addition}$ добровольная надбавка к толщине; толщина, мм, добровольно добавленная помимо t_c как дополнительный запас судовладельца на коррозийный износ;

t_{gauged} измеренная толщина, мм, какого-либо изделия или детали, т.е. средняя толщина какого-то определенного изделия или детали, полученная при замере толщин в ходе периодических освидетельствований судна в эксплуатации.

1. Применение

1.1 Общие положения

1.1.1 В данном разделе предоставляется следующая информация:

ссылки на требования правил и некоторая дополнительная информация по степени проведения замера толщин во время освидетельствований, см. [2.1] и [2.2];

места выполнения замера толщин основных частей судна, см. [2.3];

объяснение по поводу применения критерия приемлемости, см. [3].

В разделе приводятся таблицы, в которых дается описание вышеназванных положений. Рисунки представляют собой примеры для иллюстрации требований.

2. Требования правил по степени проведения замеров толщин и определению мест проведения замеров.

2.1 Общие положения

2.1.1 Для поддержания класса требуется проведение замеров толщин во время промежуточных освидетельствований и освидетельствований для возобновления класса. Данные замеры толщин могут потребоваться при проведении ежегодных освидетельствований. В табл. 1 приводятся ссылки на минимальные требования по замерам толщин, относящиеся к различным типам освидетельствований.

Таблица 1

Справочные данные по требованиям правил, относящихся к замерам толщин

Освидетельствование для возобновления класса	**Промежуточное освидетельствование**	**Ежегодное освидетельствование**
Вне грузовой зоны: Унифицированное требование UR Z7: • систематические замеры и сомнительные районы; • при обнаружении значительной коррозии объем замеров толщин может быть увеличено в соответствии с требованиями инспектора.	**Вне грузовой зоны::** Унифицированное требование UR Z7: • замеры толщины проводятся, если инспектор сочтет необходимым их проведение; • при обнаружении значительной коррозии объем замеров толщин может быть увеличено в соответствии с требованиями инспектора.	**Вне грузовой зоны:** Унифицированное требование UR Z7: • для районов со значительной коррозией, выявленных при предыдущем освидетельствовании для возобновления класса или промежуточном освидетельствовании; • при обнаружении значительной коррозии объем замеров толщин может быть увеличено в соответствии с требованиями инспектора.
По длине грузовой зоны: а) навалочные суда с одинарными бортами: Унифицированное требование UR Z10.2: • планирование и общие требования; • измерения элементов, которые подвергаются детальному освидетельствованию; • объем систематических замеров толщин; • в соответствии с различными местами, где была обнаружена значительная коррозия.	**По длине грузовой зоны:** а) навалочные суда с одинарными бортами: Унифицированное требование UR Z10.2: *Суда, возрастом 10 лет и менее:* • для грузовых трюмов; • для балластных танков; • в соответствии с различными местами, где была обнаружена значительная коррозия. *Суда, возрастом более10 лет:* • см. ссылку на освидетельствование для возобновления класса; • в соответствии с различными местами, где была обнаружена значительная коррозия.	**По длине грузовой зоны:** а) навалочные суда с одинарными бортами: Унифицированное требование UR Z10.2: • для грузовых трюмов и когда это необходимо, по мнению инспектора; • для балластных танков и когда это необходимо, по мнению сюрвейера; •в соответствии с различными местами, где была обнаружена значительная коррозия.
б) навалочные суда с двойными бортами: Унифицированное требование UR Z10.5: • планирование и общие требования; • измерения элементов, которые подвергаются детальному освидетельствованию; • объем систематических замеров толщин; • в соответствии с различными местами, где была обнаружена значительная коррозия.	б) навалочные суда с двойными бортами: Унифицированное требование UR Z10.5: *Суда, возрастом 10 лет и менее:* • для грузовых трюмов; • для балластных танков; • в соответствии с различными местами, где была обнаружена значительная коррозия. *Суда, возрастом более10 лет:* • см. ссылку на освидетельствование для возобновления класса; • в соответствии с различными местами, где была обнаружена значительная коррозия.	б) навалочные суда с двойными бортами: Унифицированное требование UR Z10.5: • для грузовых трюмов и когда это необходимо, по мнению инспектора; • для балластных танков и когда это необходимо, по мнению инспектора; •в соответствии с различными местами, где была обнаружена значительная коррозия.

2.2 Освидетельствование для возобновления класса

2.2.1 Замеры толщин, которые требуют Правила, состоят из следующих измерений:

систематические замеры толщин для проведения оценки общей и частной прочности судна;

замеры толщин, согласно программе детального освидетельствования;

замеры толщин элементов, рассматриваемых, как сомнительные зоны;

дополнительные замеры толщин в районах, которые были определены, как районы, пораженные значительной коррозией.

2.2.2 Для определения детального освидетельствования и соответствующих замеров толщин, а также районов, рассматриваемых в качестве сомнительных зон, следует обратиться к соответствующему разделу следующих унифицированных требований МАКО:

по конструкции корпуса и системы трубопроводов в районе грузовых трюмов, коффердамов, трубных тоннелей, пустых пространств, топливных танков в пределах всей длины грузовой площади и всех балластных цистерн:

унифицированное требование UR Z10.2 “Освидетельствование корпуса навалочных судов с ординарными бортами”;

унифицированное требование UR Z10.5 “Освидетельствование корпуса навалочных судов с двойными бортами”;

для остальных отсеков и конструкций вне длины грузовой площади судна следует руководствоваться унифицированным требованием UR Z7.

2.3 Количество и места проведения замеров толщин

2.3.1 Количество замеров

Учитывая объем замеров толщин, которое требуется, согласно Правилам и положениям [2.1] и [2.2], расположение точек замеров назначается для наиболее важных элементов конструкции.

2.3.2 Расположение точек замеров

В табл. 2 приводятся объяснения и/или трактовки применения требований, указанных в Правилах, относящихся как к систематическим замерам толщин, связанным с расчетом общей прочности эквивалентного бруса, так и к особым замерам, которые проводятся во время детальных освидетельствований.

На рис. 1 — 5 даются пояснения к объяснениям и/или трактовкам, приведенным в табл. 2, для рассмотрения стандартного устройства навалочных судов с одинарными бортами и навалочных судов с двойными бортами.

Таблица 2

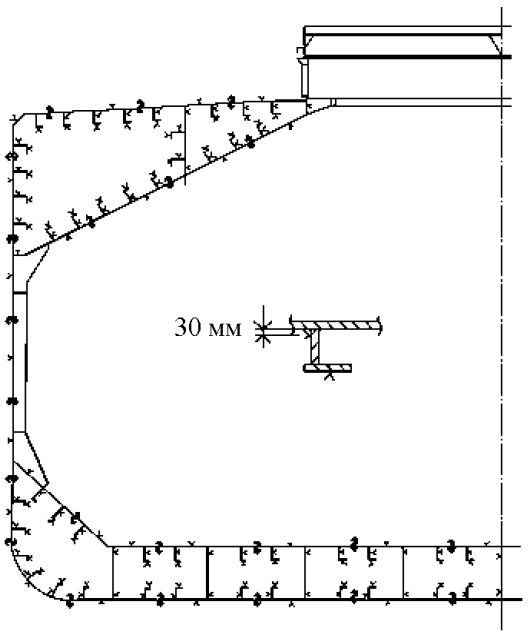
Трактовки требований Правил по размещению и количеству точек замеров

Изделие или участок	Трактовка	Ссылка на Рисунок.
1	2	3
Выбранные листовые панели на палубе, верхней части танка, днище, двойном дне и в районе пояса, подверженного воздействию ветра и воды	«Выбранный» означает, по крайней мере, одну точку на одном из трех листов, которая выбирается на участке, представляющем среднюю степень коррозии.	
Вся палуба, верхняя часть танка и днищевые листы, и поясья, подверженные воздействию ветра и воды	Не менее двух точек на каждом листе, которые берутся на каждой 1/4 крайней части, или на участке, представляющем среднюю степень коррозии.	
Поперечное сечение	*Навалочные суда с одинарными бортами:* Поперечное сечение включает все продольные элементы, как обшивка, продольные связи и балки палубы, бортов, днища, второго дна и боковой обшивки скуловых цистерн, продольной переборки и обшивки днища в районе верхних боковых танков. *Навалочные суда с двойными бортами:* Поперечное сечение включает все продольные элементы такие, как обшивка, продольные связи и балки палубы, бортов, днища, второго дна и боковой обшивки скуловых цистерн, внутренней обшивки бортов и внутреннюю обшивку верхних боковых танков	Рис. 1, с описанием навалочных судов с одинарными и двойными бортами.
Крышки люков грузовых трюмов и комингсы		Рис. 2
Выбранные внутренние конструкции такие, как флоры и продольные связи, поперечные шпангоуты, рамные шпангоуты, бимсы палубы, балки.	Внутренние конструктивные элементы должны измеряться в каждом проверяемом внутреннем отсеке и должны располагаться в районе, отстающем на расстояние не менее 10 % от всей длины грузовой площади.	
Поперечное сечение обшивки палубы вне линии люковых отверстий грузовых трюмов	Две отдельные точки на каждой листовой обшивке палубы, (которые выбираются на каждой 1/4 крайней части листа, или на участке, представляющем среднюю степень коррозии.) между бортами судна и комингсами люков рассматриваемого поперечного сечения	

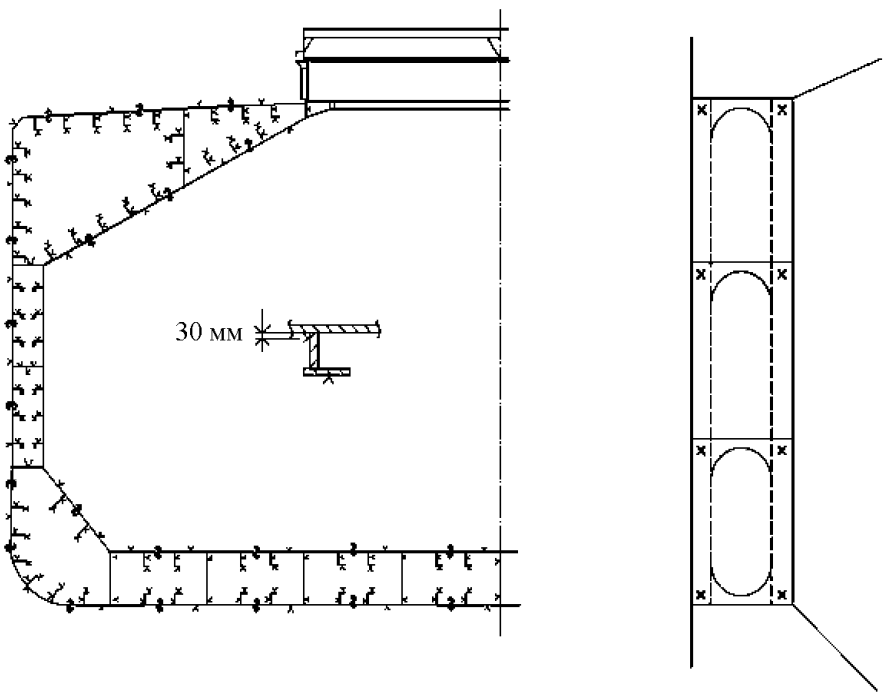
Продолжение табл. 2

1	2	3
Выбранные районы всей обшивки палубы внутрь от линии люковых отверстий грузовых трюмов.	«Выбранный» означает, по крайней мере, одну точку на одном из трех листов, которая выбирается на участке, представляющем среднюю степень коррозии. «Вся обшивка палубы» означает не менее двух точек на каждой 1/4 крайней части листа, или на участке, представляющем среднюю степень коррозии.	Пределы районов, подлежащих проверке, указаны в унифицированном требовании UR Z10.2 для навалочных судов с одинарными бортами и унифицированном требовании UR Z10.5 для навалочных судов с двойными бортами.
Выбранные шпангоуты обшивки бортов в грузовых трюмах для навалочных судов с одинарными бортами	25 % шпангоутов: один из каждых четырех шпангоутов предпочтительно должен выбираться по всей длине грузового трюма с каждой стороны. «Выбранные шпангоуты» означают, не менее 3 шпангоутов с каждой стороны грузовых трюмов.	Пределы районов, подлежащих проверке, указаны в унифицированном требовании UR Z10.2 для навалочных судов с одинарными бортами. Расположение точек показано на рис. 3 для навалочных судов с одинарными бортами.
Поперечный шпангоут в бортовом танке межкорпусного пространства		Рис. 1
Поперечные переборки в грузовых трюмах	Включает обшивку переборки, ребра жесткости и балки, включая внутреннюю конструкцию верхней и нижней трапецеидальной опоры, если установлены. Две выбранные переборки: одна переборка должна быть между двумя самыми близкими к носу грузовыми трюмами, вторая переборка может выбираться в другом месте.	Районы замеров показаны в унифицированном требовании UR Z10.2 для навалочных судов с одинарными бортами и унифицированном требовании UR Z10.5 для навалочных судов с двойными бортами. Расположение точек показано на рис. 4.
Одна поперечная переборка в каждом грузовом трюме	Это означает, что детальное освидетельствование и связанный с ним замер толщин, должны выполняться по одной стороне переборки. Выбор стороны основывается на результатах полного освидетельствования обеих сторон. В случае сомнений, инспектор может также потребовать проведения (возможно частично), детального освидетельствования по другой стороне.	Районы замеров показаны в унифицированном требовании UR Z10.2 для навалочных судов с одинарной обшивкой борта и унифицированном требовании UR Z10.5 для навалочных судов с двойной обшивкой борта. Расположение точек показано на рис. 4.
Поперечные переборки в одном подпалубном/бортовом балластном танке	Выбор балластного танка основывается на том, какой из имеющихся балластных танков находится в наиболее тяжелых условиях эксплуатации.	Расположение точек показано на рис. 5
Поперечные стенки в балластных танках	Один из типовых танков, т.е. подпалубный, скуловой или бортовой, выбирается в носовой части.	Пределы районов, подлежащих проверке, указаны в унифицированном требовании UR Z10.2 для навалочных судов с одинарными бортами и унифицированном требовании UR Z10.5 для навалочных судов с двойными бортами. Расположение точек показано на рис. 3.

Рис. 1
Поперечное сечение навалочного судна



Навалочные суда с одинарными бортами

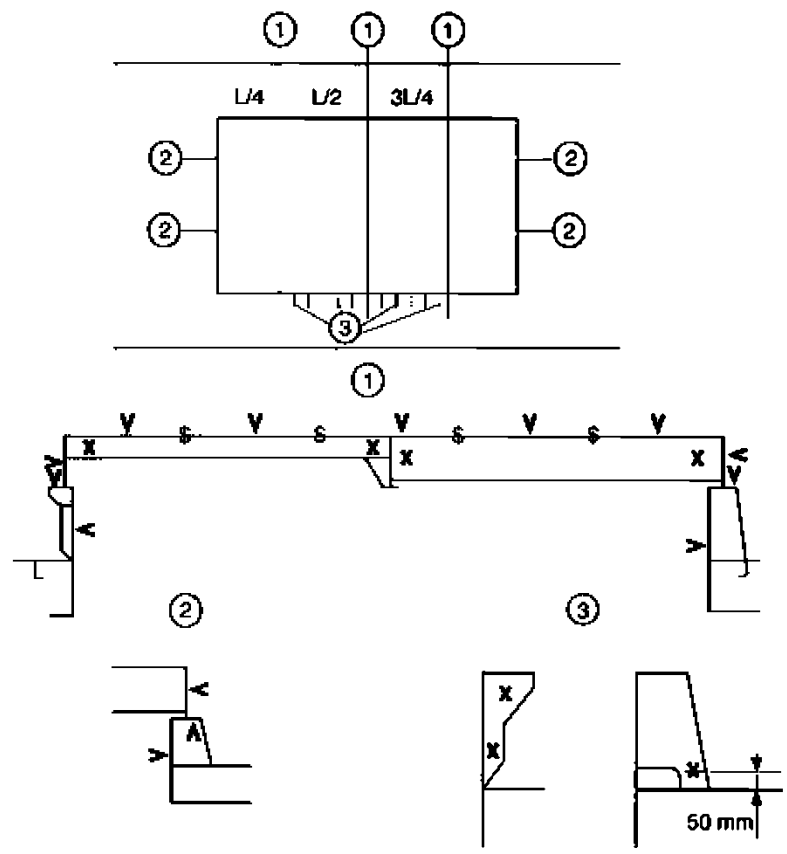


Навалочные суда с двойными бортами

Примечание. Замеры производятся по правому и левому борту выбранного поперечного сечения.

Рис. 2

Расположение точек замеров толщин крышек люков и комингсов

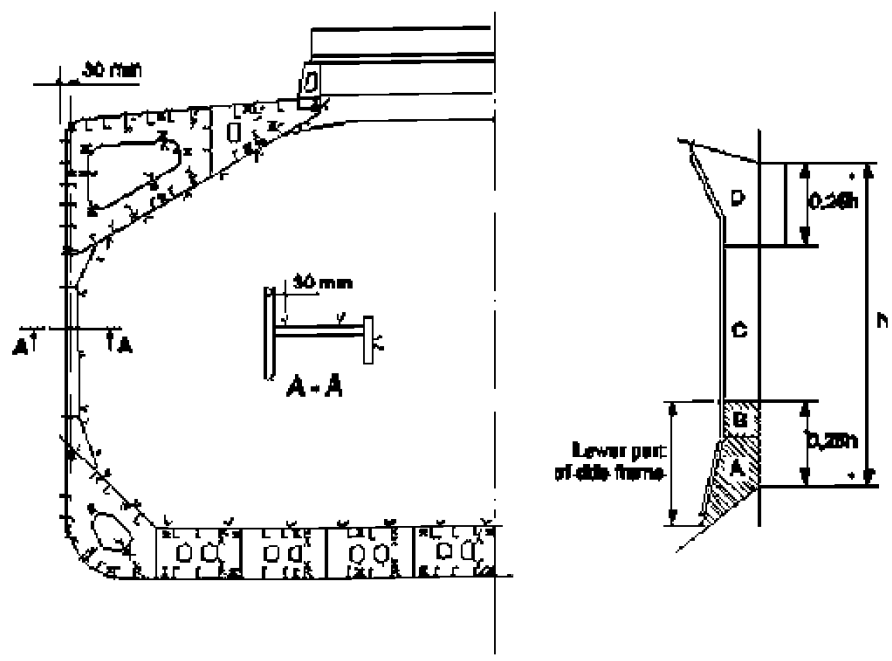


Примечания:

1. Три сечения по L/4, L/2, 3L/4 длине крышек люков, включая:
   одно измерение толщины обшивки каждого люка и обшивки юбки;
   замер толщин соседних бимсов и ребер жесткости;
   замер толщин обшивки комингса и фланца комингса с каждой стороны;
2. Замер толщин с обоих концов обшивки юбки крышки люка, обшивки комингса и фланца комингса
3. Замер толщин одного из трех комингсов люка бракет и брусков с обеих сторон и обоих концов

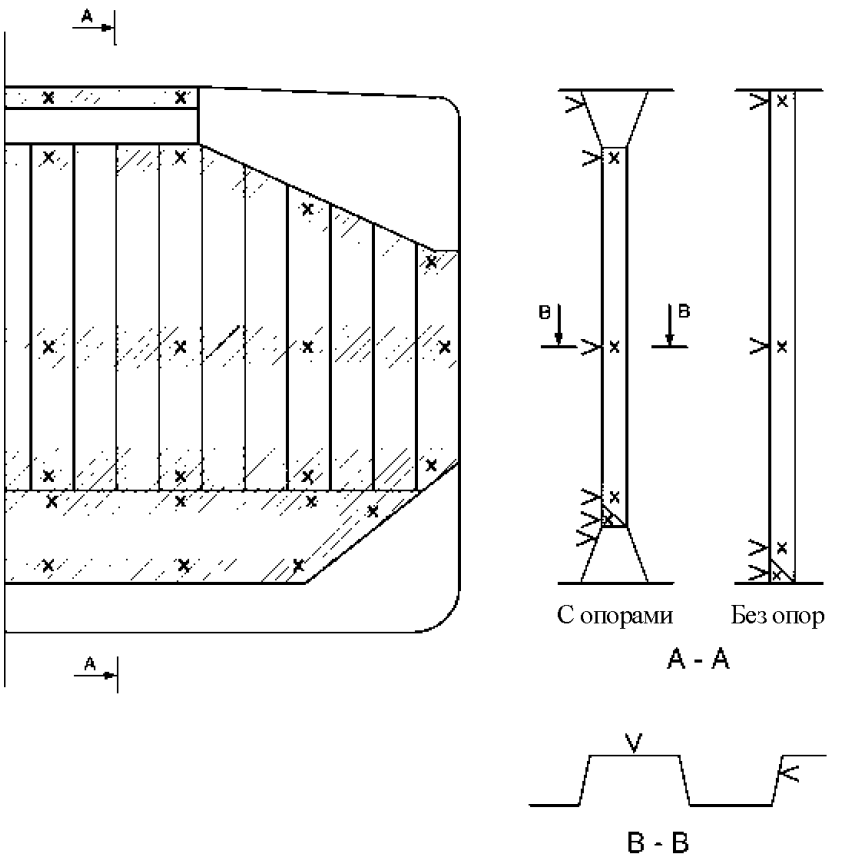
Рис. 3

Расположение точек замера толщин элементов конструкций в грузовых трюмах и балластных танках навалочных судов с одинарными бортами



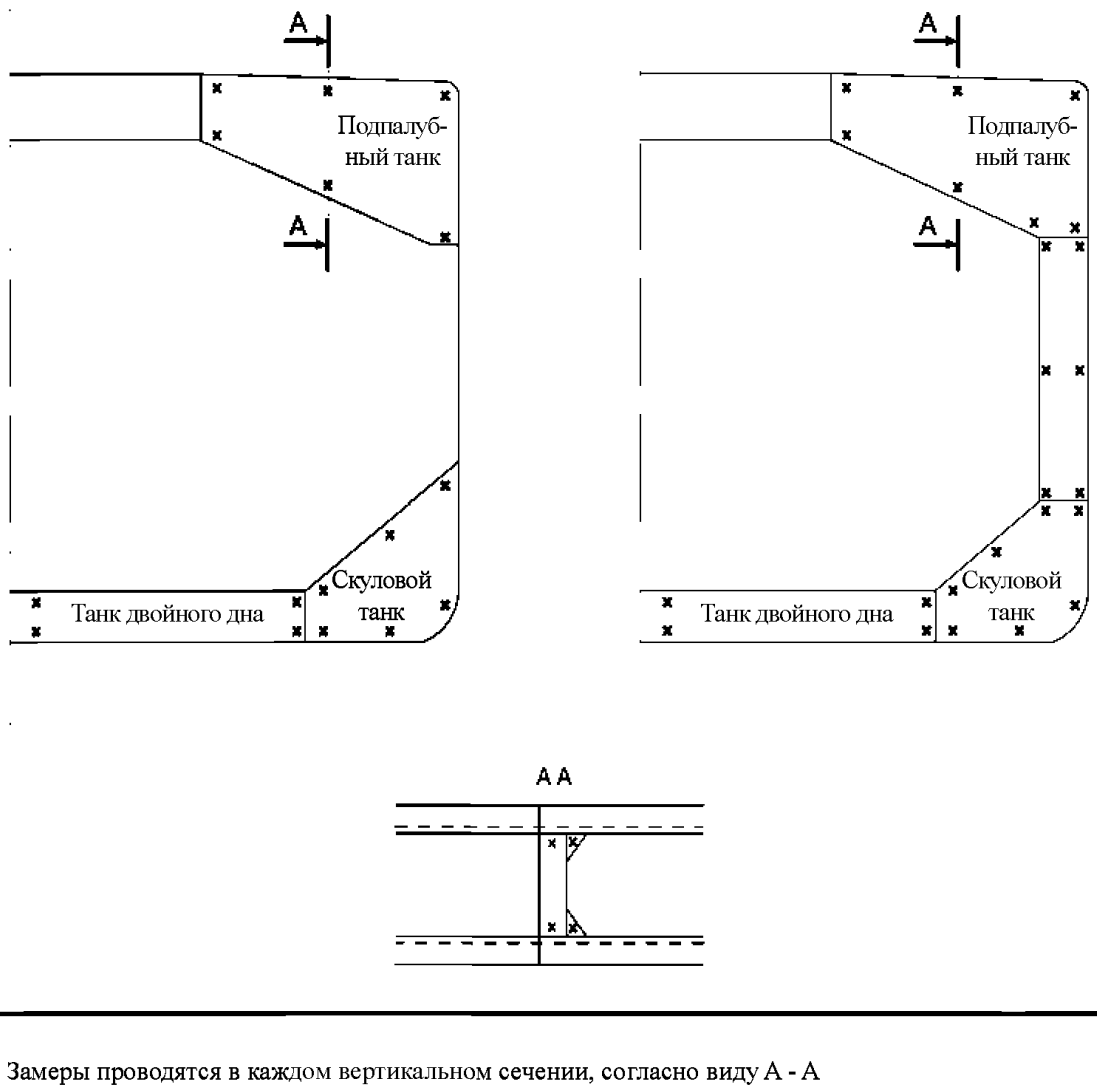
Примечание. Шаблоном измерения обшивки стенки должен быть 3-точечный участок для зон A, C и D, и 2-точечный участок для зоны B, (см. рис.). В отчете по замеру шаблоном должны быть средние показатели. Средние показатели должны сравниваться с допустимой толщиной. Если обшивка стенки имеет общую коррозию, то шаблон замера заменяется 5-точечным шаблоном.

Рис. 4
Расположение точек замеров толщин поперечных переборок грузовых трюмов.



Примечание. Измерения проводятся в каждой затененной области, согласно видам A - A и B - B

Рис. 5
Расположение точек замеров толщин на поперечных переборках балластных, скуловых и подпалубных танков, а также балластных танков межбортного пространства и двойного дна



Примечание. Замеры проводятся в каждом вертикальном сечении, согласно виду А - А

3. Критерии приемлемости

3.1 Определения

3.1.1 Зона палубы

Зона палубы включает все ниже перечисленные элементы, которые способствуют прочности эквивалентного бруса выше горизонтального пояса подпалубного бортового танка или выше уровня, соответствующего 0.9D выше линии базы, если подпалубного бортового танка не имеется:

настил прочной палубы;
палубный стрингер;
ширстрек;
бортовая обшивка;
наклонная обшивка подпалубного бортового танка, включая горизонтальные и вертикальные поясья;
продольные ребра жесткости, соединенные с вышеназванными видами обшивки.

3.1.2 Днищевая зона

Днищевая зона включает все ниже перечисленные элементы, которые способствуют прочности эквивалентного бруса вверх к верхнему уровню наклонной обшивки скулового танка или вверх к внутренней обшивке днища, если скулового танка не имеется:

обшивка киля;
обшивка днища;

обшивка скулы;
днищевые балки;
настил второго дна;
наклонная обшивка скулового танка;
наружная бортовая обшивка;
продольные ребра жесткости, соединенные с выше названными видами обшивки.

3.1.3 Зона нейтральной оси

Зона нейтральной оси включает обшивку только элементов, находящихся между палубной зоной и днищевой зоной, например:

наружная бортовая обшивка
обшивка внутреннего борта, если имеется.

3.2 Критерии местной прочности

3.2.1 Элементы критериев местной прочности

Элементами, рассматриваемыми в плане критерия местной прочности, являются такие, которые находятся в палубной зоне, днищевой зоне и зоне нейтральной оси, согласно [3.1], а также следующие дополнительные элементы, как:

обшивка комингса люка;
кницы комингса люка;
верхняя обшивка крышки люка;
обшивка юбки крышки люка;
ребра жесткости крышки люка;
обшивка поперечных переборок;
стенка ребра жесткости поперечных переборок;
фланец стойки поперечных переборок;
стенка шпангоутов обшивки борта;
фланец шпангоутов обшивки борта;
кницы шпангоутов обшивки борта;
стенка рамных шпангоутов подпалубных и скуловых подпалубных танков;
фланец рамных шпангоутов подпалубных и скуловых подпалубных танков;
обшивка флоров и ребер жесткости;
обшивка переборок форпика и ахтерпика;
стенка ребра жесткости переборок форпика и ахтерпика;
фланец стойки переборок форпика и ахтерпика;
стрингеры и балки.

3.2.2 Толщина восстановления вследствие коррозии, не являющейся местной коррозией

Для каждого элемента требуется восстановление стальной конструкции в случае, если шаблонная (стандартная) измеренная толщина t_{gauged} меньше, чем толщина восстановления, указанная по следующей формуле:

$$t_{gauged} < t_{renewal},$$

где шаблонная измеренная толщина t_{gauged} имеет вид:

$$t_{renewal} < t_{gauged} < t_{renewal} + t_{reserve}.$$

Покрытие, наносимое в соответствии с требованиями производителя покрытия, или ежегодные замеры толщины могут быть приняты в качестве альтернативы восстановлению стальных элементов. Покрытие должно содержаться в хорошем состоянии.

3.2.3 Толщина восстановления для местной коррозии

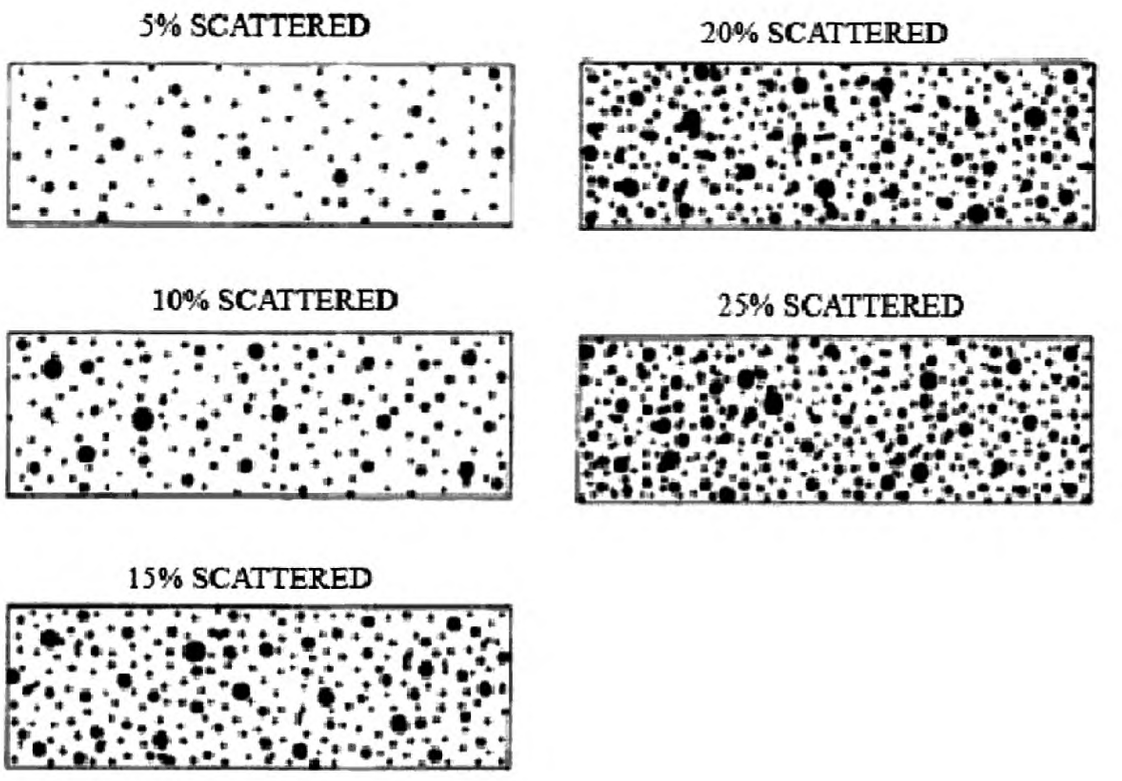
Если интенсивность язвенной коррозии превышает 15 % площади рассматриваемого участка, где требуется нанесение покрытия, согласно главе 3, раздел 5, (см. рис. 6), должны быть выполнены замеры толщин для проверки степени проникновения язвин. Уровень в 15 % предусмотрен для язвенной или канавочной коррозии лишь с одной стороны листа. Если язвенная коррозия превы-

шает 15 %, то поверхность участка, наиболее подверженного такой коррозии, должна быть зачищена до чистого металла диаметром не менее 300 мм, после чего должна быть замерена толщина металла пяти самых глубоких язвин на зачищенной поверхности. Наименьшее значение толщины металла в любой из этих язвин следует принимать в качестве регистрируемой толщины.
Минимально допустимая остаточная толщина в язвинах, канавках или других местах, согласно определению главы 13, раздел 1, [1.2.1] должна быть принята больше, чем:

75 % построечной толщины шпангоута, стенки концевой бракеты или фланца;

70 % построечной толщины бортовой обшивки, обшивки подпалубных и скуловых танков на участках, прилегающих к стенке набора с каждой стороны, шириной до 30 мм, но, не имея значения более чем величина $t_{renewal}$.

Рис. 6
Схемы интенсивности язвенной коррозии с разбросом интенсивности от 5 % до 25 %



3.3 Критерии общей прочности

3.3.1 Элементы общих критериев прочности

Элементами, рассматриваемыми при применении общих критериев прочности, являются такие, которые находятся в зоне палубы, днищевой зоне и зоне нейтральной оси, согласно [3.1].

3.3.2 Толщина восстановления

Общий критерий прочности определяется путем оценки днищевой зоны, палубной зоны и зоны нейтральной оси, как описано ниже.

а) Днищевая зона и палубная зона:

Текущее значение момента сопротивления сечения эквивалентного бруса, определяемое измерениями толщины, должно быть не менее 90 % момента сопротивления сечения, рассчитанного, согласно главе 5, раздел 1 с предложенными значениями полной толщины. В качестве альтернативы, настоящие значения площади сечения днищевой зоны и палубной зоны, которые являются суммой шаблонных измеренных площадей элементов рассматриваемых зон, должны быть не

менее 90 % площади сечения соответствующих зон, определенных с помощью предложенных значений полной толщины.

б) Зона нейтральной оси:

Текущая площадь сечения зоны нейтральной оси, которая является суммой шаблонных измеренных площадей обшивки данной зоны, должна быть не менее 85 % предложенной полной площади сечения зоны нейтральной оси.

Если фактический износ всех элементов данного поперечного сечения, способствующих прочности эквивалентного бруса корпуса меньше, чем 10 % для зон палубы и днища и 15 % для зоны нейтральной оси, то общий критерий прочности по данному поперечному сечению считается удовлетворенным автоматически, и его дальнейшая проверка более не требуется.

Российский морской регистр судоходства
ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ МОРСКИХ СУДОВ
Том 4

Редакционная коллегия Российского морского регистра судоходства
Ответственный за выпуск *Е. Б. Мюллер*
Главный редактор *М. Ф. Ковзова*
Редакторы *С. А. Кротт, М. Р. Маркушина, С. В. Шуличенко*
Компьютерная верстка *Д. Г. Иванова*

Подписано в печать 01.10.07. Формат 60 × 84/8. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 55,1. Уч.-изд. л. 53,2. Заказ № 2293/3.

Российский морской регистр судоходства
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8

gost.e-ecolog.ru