

# ПРАВИЛА

## КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ НАЛИВОМ

НД № 2-020101-176

БЮЛЛЕТЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ

ДАТА ВСТУПЛЕНИЯ В СИЛУ:

01.07.2024



Санкт-Петербург  
2024

## **ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ НАЛИВОМ**

---

Настоящий бюллетень к Правилам классификации и постройки судов для перевозки сжиженных газов наливом (далее – Бюллетень) утвержден в соответствии с действующим положением и содержит информацию об изменениях, за исключением правок редакционного характера. Содержащиеся в Бюллетене изменения вступают в силу 1 июля 2024 года.

## ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ

### ЧАСТЬ I. КЛАССИФИКАЦИЯ

Элемент	Применимость	Описание	Примечания
<a href="#">Раздел 4</a>	Газовозы LG Проектная документация судна Системы хранения груза Документация для AIP и GASA	Раздел полностью переработан. Изменены название и структура раздела. Введены общие положения в отношении представления на рассмотрение технической документации. Перечни проектной документации судна существенно переработаны, дополнены и приведены к табличной форме. Введен перечень документации для услуги AIP (Approval in Principle). Уточнена терминология в перечне документации для услуги GASA (General Approval for Ship Application)	

### ЧАСТЬ IV. ХРАНЕНИЕ ГРУЗА

Элемент	Применимость	Описание	Примечания
<a href="#">Пункт 19.2.1</a>	Газовозы LG Материалы корпусных конструкций Расчет температуры	Введена ссылка на Приложение 5 «Руководство по выполнению расчета температуры корпусных конструкций и интенсивности образования отпарного газа»	

**ЧАСТЬ V. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА**

Элемент	Применимость	Описание	Примечания
<a href="#">Пункт 3.3.1.4</a>	<p>Суда для перевозки сжиженных газов наливом</p> <p>Объекты, защищаемые системой водораспыления</p> <p>Дополнительное оборудование для передачи груза, включая стендеры, бункеровочные стрелы, перегрузочные шланги, переходники, редукторы, съемные патрубки и катушки для перегрузочных шлангов</p>	<p>Введено требование о защите дополнительного оборудования для передачи груза системой водораспыления</p>	<p>УИ МАКО GC39 (Sep 2023)</p>
<a href="#">Пункт 3.4.1</a>	<p>Суда для перевозки сжиженных газов наливом</p> <p>Объекты, защищаемые системой порошкового тушения</p> <p>Дополнительное оборудование для передачи груза, включая стендеры, бункеровочные стрелы, перегрузочные шланги, переходники, редукторы, съемные патрубки и катушки для перегрузочных шлангов</p>	<p>Введено требование о защите дополнительного оборудования для передачи груза стационарной системой порошкового тушения</p>	<p>УИ МАКО GC39 (Sep 2023)</p>

**ЧАСТЬ VI. СИСТЕМЫ И ТРУБОПРОВОДЫ**

Элемент	Применимость	Описание	Примечания
<a href="#">Пункт 4.1.2</a>	Газовозы LG Регулирование давления и температуры груза Расчет интенсивности образования отпарного газа	Введена ссылка на Приложение 5 «Руководство по выполнению расчета температуры корпусных конструкций и интенсивности образования отпарного газа»	

**ПРИЛОЖЕНИЯ К ПРАВИЛАМ КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ НАЛИВОМ**

Элемент	Применимость	Описание	Примечания
<a href="#">Приложение 5</a> (новое)	Газовозы LG Расчет температуры корпусных конструкций и интенсивности образования отпарного газа Аналитический метод Численный метод	Введено новое Приложение 5 «Руководство по выполнению расчета температуры корпусных конструкций и интенсивности образования отпарного газа»	

## ЧАСТЬ I. КЛАССИФИКАЦИЯ

### 4 ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ СУДНА В ПОСТРОЙКЕ

Раздел 4 заменяется следующим текстом:

#### «4 ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

##### 4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**4.1.1** В дополнение к проектной документации, указанной в разд. 3 части I «Классификация» Правил классификации, на рассмотрение Регистру должна быть представлена техническая документация, подтверждающая выполнение Правил LG, как минимум в объеме, указанном в таблицах главы 4.2.

Требования 4.2 распространяются на объем документации, представляемой в вариантах, предусмотренных в 3.1.2 части I «Классификация» Правил классификации: в составе проектной документации судна в постройке (ПДСП) или в составе документации технического проекта судна (ТП) с последующим одобрением рабочей документации для судна в постройке (РД).

**4.1.2** На ранних стадиях проектирования, по запросу заказчика Регистром может быть выполнено рассмотрение документации в рамках оказания услуг:

принципиального одобрения (Approval in Principle, AIP) систем хранения сжиженного природного газа;

общего одобрения для применения на судне (General Approval for Ship Application, GASA) систем хранения сжиженного природного газа с мембранной емкостью.

Состав документации, представляемой для оказания услуг AIP и GASA, является предметом согласования между заказчиком и Регистром в каждом конкретном случае, с учетом положений 4.3.

## 4.2 ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ СУДНА

Буквенные обозначения и сокращения:

- О — одобрено;
- С — согласовано;
- ДИ — для информации;
- ТП — технический проект;
- ПДСП — проектная документация судна в постройке;
- РД — рабочая документация.

### 4.2.1 Общесудовая документация.

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.1	Чертеж общего расположения:	ДИ/О	•		•	Информация, перечисленная в 4.2.1.1, может представляться на отдельных чертежах. Если на чертеже содержится информация о путях эвакуации, чертеж общего расположения одобряется
.1.1	грузовых емкостей с указанием расстояния до обшивки борта и днища, топливных, балластных и других емкостей					
.1.2	куполов емкостей и вырезов/отверстий в емкостях					
.1.3	пустых пространств					
.1.4	дверей, люков и любых других отверстий в газоопасные пространства или зоны (см. 2.1 части VII «Электрическое оборудование»)					
.1.5	газоотводных труб и мест забора и выпуска воздуха системы вентиляции					
.1.6	дверей, иллюминаторов, тамбуров, мест выхода вентиляционных каналов и других отверстий в помещениях надстройки и помещениях, примыкающих к грузовой зоне					
.1.7	опасных зон					
.1.8	воздушных шлюзов между опасной и неопасной зоной					
.2	Перечень грузов, предназначенных к перевозке на судне, с указанием основных химических и физических свойств, а также опасностей, связанных с их перевозкой и хранением	ДИ	•		•	

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.3	Обоснование пригодности изоляционных материалов, примененных в грузовой зоне	С	•		•	
.4	Руководство по эксплуатации грузовой системы в соответствии с требованиями главы 18 Кодекса МКГ (предварительное)	С	•		•	
.5	Программа газовых испытаний (предварительная)	С	•		•	
.6	Расчет максимального предела заполнения грузовых емкостей	С	•		•	

#### 4.2.2 Документация по корпусу.

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.1	Чертежи конструкций корпуса в районе грузовых емкостей, включая опорные устройства, устройства защиты от всплытия, устройства герметизации палубы и т.д.	О	•		•	
.2	Схема разбивки конструкций корпуса судна по категории стали на основе расчета температуры согласно 4.2.3.3	С	•		•	

#### 4.2.3 Документация по системе хранения груза.

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.1	Чертежи системы хранения груза, в том числе первичного и, при наличии, вторичного барьеров (с указанием материала и размеров элементов системы), термической изоляции	О	•		•	
.2	Расчет прочности элементов системы хранения груза, включая анализ усталостной долговечности и анализ трещинообразования (если применимо для типа емкости), а также включая расчет динамических нагрузок, вызванных движением судна	С	•		•	
.3	Расчет температуры элементов корпусных конструкций, прилегающих к системе хранения груза, в соответствии с 19.2.1 части IV «Хранение груза», включая описание применяемых методик расчета	С	•		•	

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.4	Чертежи куполов емкостей (с указанием положения и размеров подкреплений и уплотнений конструкций корпуса)	О	•		•	
.5	Расчет интенсивности образования отпарного газа	С	•		•	
.6	Чертежи трапов, арматуры, насосных колонн и других элементов систем хранения и обработки груза, расположенных внутри емкости (с указанием материала и размеров элементов систем)	О	•		•	
.7	Расчет прочности насосных колонн и других элементов системы хранения и обработки груза, расположенных внутри емкости	С	•		•	
.8	План проверок/освидетельствований системы хранения груза	О	•	•	•	
.9	Методика работ по механическому снятию напряжений вкладных грузовых емкостей	С	•		•	

#### 4.2.4 Документация по противопожарной защите.

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.1	Обоснование пригодности огнетушащих веществ, приборов систем сигнализации обнаружения пожара и пожаротушения для перевозимых грузов	С	•		•	
.2	Документы, подтверждающие принятые в проекте расчетное время тушения пожара, интенсивность подачи огнетушащих веществ и запас огнетушащих веществ на судне	С	•		•	

#### 4.2.5 Документация по системам и трубопроводам.

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.1	Чертежи и схемы систем и трубопроводов для груза и его паров с указанием таких узлов, как компенсаторы, фланцевые соединения, запорная и регулирующая арматура	О	•	•	•	
.2	Чертежи быстрозапорных устройств грузосодержащей системы	О	•		•	
.3	Расчеты напряжений в грузовых и других трубопроводах, содержащих груз при температуре $-110^{\circ}\text{C}$ и ниже	С	•		•	
.4	Схемы систем подогрева и охлаждения груза	О	•		•	

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.5	Расчет теплопередачи в системах подогрева и охлаждения груза	С	•		•	
.6	Чертежи предохранительных и вакуумных предохранительных клапанов грузовых емкостей	О	•		•	
.7	Схемы систем регулирования давления и температуры груза	О	•		•	
.8	Схемы газоотводной системы с указанием всех значений установочного давления подрыва предохранительных клапанов и соответствующей им аварийно-предупредительной сигнализации в случае оборудования грузовых емкостей системой с изменяемым значением установочного давления	О	•		•	
.9	Расчеты газоотводной системы	С	•		•	
.10	Чертежи и описания системы инертных газов	О	•		•	
.11	Схемы осушительной и балластной систем в грузовой зоне, насосных отделениях, коффердамах, туннелях трубопроводов, помещениях для вкладных грузовых емкостей и т.д.	О	•		•	
.12	Расчеты осушительной и балластной систем в грузовой зоне, насосных отделениях, коффердамах, туннелях трубопроводов, помещениях для вкладных грузовых емкостей и т.д.	С	•		•	
.13	Схемы системы вентиляции помещений в грузовой зоне и других помещений, к которым необходим доступ для выполнения грузовых операций	О	•		•	На схемах должны быть приведены данные о пригодности материалов, примененных для изготовления крылаток вентиляторов и воздухопроводов
.14	Расчеты системы вентиляции помещений в грузовой зоне и других помещений, к которым необходим доступ для выполнения грузовых операций	С	•		•	
.15	Схемы трубопроводов, относящихся к использованию груза в качестве топлива, с указанием отдельных узлов соединений труб, расположения и конструкции арматуры	О	•		•	
.16	Схемы систем обогрева корпусных конструкций (если применимо)	О	•		•	
.17	Чертежи технологических сосудов под давлением	О	•		•	
.18	Чертежи грузовых насосов и компрессоров	О	•		•	

**4.2.6 Документация по электрическому оборудованию, контрольно-измерительным устройствам и системам автоматизации.**

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.1	Анализ характера и последствий отказов систем получения и распределения электроэнергии и связанных с ними систем управления	С	•		•	см. 2.1.4 части VII «Электрическое оборудование»
.2	Чертежи прокладки кабелей во взрывоопасных помещениях и пространствах	О	•	•	•	
.3	Чертежи заземления электрического оборудования, кабелей, трубопроводов, установленных в газоопасных пространствах	О	•	•	•	
.4	Структурная схема для всех искробезопасных цепей, включающая данные для проверки совместимости между компонентами барьера и поля	О	•		•	
.5	Схемы электрических приводов установок повторного сжижения испарившегося груза, охлаждения сжиженных газов, грузовых насосов и компрессоров, выработки инертных газов, вентиляции взрывоопасных помещений и воздушных шлюзов	О	•		•	
.6	Функциональные схемы систем управления установок, указанных в 4.2.6.5	О	•		•	
.7	Функциональные схемы электрических систем измерений и сигнализации, включая систему мониторинга температуры груза	О	•		•	
.8	Функциональные схемы систем автоматического и дистанционного отключения электрического оборудования, систем дистанционного управления клапанами устройств обогрева корпусных конструкций	О	•		•	
.9	Чертежи и описания всех систем и устройств для измерения количества и характеристик груза и обнаружения газов	О	•		•	
.10	Расчет уровня максимального заполнения грузовых емкостей с учетом всех значений установочного давления подрыва предохранительных клапанов в случае оборудования грузовых емкостей системой с изменяемым значением установочного давления	С	•		•	

#### 4.2.7 Документация по грузовым стендерам.

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.1	Чертеж расположения грузовых стендеров, включая схему их рабочего диапазона	О	•		•	
.2	Чертежи конструкций, включая платформы, основания и подкрепления	О	•	•	•	
.3	Чертеж и схема трубопровода с арматурой, включая чертеж грузового вертлюга	О	•		•	
.4	Чертеж быстроразъемного соединения	О	•		•	
.5	Чертеж устройства аварийного разъединения	О	•		•	
.6	Чертежи шарнирно-подвижных соединений, тросов, блоков и противовеса	О	•		•	
.7	Схема системы продувки и дренажа	О	•		•	
.8	Схема расположения и подключения электрического оборудования (элементы системы контроля положения грузового стендера, элементы системы автоматики, системы сигнализации и защиты, включая местные панели управления, заземление и т.д.)	О	•		•	
.9	Схема нанесения изоляционного покрытия	О	•		•	
.10	Обоснование выбора материала для конструкций и трубопровода с арматурой грузового стендера	С	•		•	
.11	Расчет прочности конструкций и трубопровода с арматурой грузового стендера	С	•		•	
.12	Расчет тягового усилия при выборе троса	С	•		•	

#### 4.2.8 Документация для системы повторного сжижения испарившегося груза.

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.1	Техническое описание установки повторного сжижения испарившегося груза	С	•		•	
.2	Расчет требуемой производительности установки повторного сжижения испарившегося груза с учетом тепловых притоков для каждой грузовой емкости	С	•		•	

№	Описание документации	Штамп	ТП	РД	ПДСП	Примечание
.3	Чертежи расположения установки повторного сжижения испарившегося груза и соответствующего оборудования (компрессоры, теплообменные аппараты, насосы, сосуды под давлением, сепараторы) на судне с указанием выходных путей из помещений, в которых размещается установка, и мест размещения устройств стационарной системы обнаружения газа	О	•		•	
.4	Чертежи расположения трубопроводов холодильного агента, холодоносителя и охлаждающей воды с указанием узлов прохода через переборки, палубы и платформы	О	•	•	•	
.5	Чертежи расположения электрического оборудования и оборудования автоматизации установки повторного сжижения испарившегося груза	О	•		•	
.6	Принципиальные схемы систем вентиляции помещений с оборудованием установки повторного сжижения испарившегося груза с указанием водонепроницаемых, газонепроницаемых и противопожарных переборок, а также кратности воздухообмена	О	•		•	
.7	Принципиальные схемы систем холодильного агента, холодоносителя, охлаждающей воды с указанием их теплотехнических свойств	О	•		•	
.8	Функциональная схема и описание системы аварийного отключения установки повторного сжижения испарившегося груза и ее взаимодействия с системой аварийного отключения общесудовой грузовой системы	О	•		•	
.9	Перечень механизмов и оборудования установки повторного сжижения испарившегося груза с указанием технических характеристик	С	•		•	
.10	Перечень электрооборудования и оборудования автоматизации установки повторного сжижения испарившегося груза с указанием вида взрывозащиты и краткими техническими характеристиками оборудования	С	•		•	
.11	Анализ характера и последствий отказов установки повторного сжижения испарившегося груза (в соответствии со стандартом IEC 60812), выполненный до уровня, подтверждающего работу установки по ее назначению при возникновении единичного отказа	С	•		•	
.12	Программа испытаний установки повторного сжижения испарившегося груза	О	•		•	

### **4.3 ПРИНЦИПИАЛЬНОЕ ОДОБРЕНИЕ (AIP) И ОБЩЕЕ ОДОБРЕНИЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА СУДНЕ (GASA)**

#### **4.3.1 Принципиальное одобрение систем хранения сжиженного природного газа.**

**4.3.1.1** Оказание услуги по принципиальному одобрению (AIP) систем хранения сжиженного природного газа (далее — система хранения) выполняется в соответствии с 3.6 части II «Техническая документация» Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов.

**4.3.1.2** Для оказания услуги AIP на рассмотрение Регистру должна быть представлена следующая информация:

**.1** информация о типе емкости в соответствии с типами, предусмотренными частью IV «Хранение груза», с указанием величины расчетной температуры груза и величины расчетного давления паров груза;

**.2** чертежи общего расположения элементов системы хранения, с указанием расположения и протяженности барьеров и тепловой изоляции, положения элементов системы хранения относительно грузового трюма, с указанием районов доступа в емкость для освидетельствования и испытаний;

**.3** чертежи с указанием методов и устройств крепления/сопряжения элементов системы хранения между собой и с прилегающими конструкциями корпуса судна;

**.4** чертежи с указанием количества и расположения устройств для указания температуры груза;

**.5** информация, подтверждающая возможность функционирования системы инертных газов, т.е. возможность инертизации межбарьерных пространств и трюмных помещений судна в зависимости от типа системы хранения;

**.6** информация о материалах, применяемых для изготовления элементов системы хранения, подтверждающая годность применяемых материалов с точки зрения их теплоизоляционных, физических и механических свойств, а также описание технологии изготовления материалов;

**.7** информация о процедуре изготовления и монтажа элементов системы хранения, подтверждающая принципиальную возможность изготовления элементов и монтажа элементов емкости на судне;

**.8** общая информация об ограничениях, которые могут быть наложены на судно и/или особых требований к проекту судна, для которого разработана система хранения, при наличии.

#### **4.3.2 Общее одобрение для применения на судне систем хранения сжиженного природного газа с мембранной емкостью.**

**4.3.2.1** Для оказания услуги по общему одобрению для применения на судне (GASA) на рассмотрение Регистру должна быть представлена следующая техническая документация:

**.1** общая информация о судне в объеме, необходимом для оценки соответствия элементов системы хранения сжиженного природного газа с мембранной емкостью (далее — система) применимым требованиям;

**.2** общая информация о геометрических размерах элементов системы и их расположении в корпусе судна;

**.3** чертежи конструкций системы в районе плоских и пространственных участков емкости, в районах соединения элементов системы с прилегающими конструкциями корпуса судна и в районе грузовых куполов емкостей;

.4 чертежи конструкции насосной башни, включая соответствующее оборудование (насосы, трубопроводы, трапы и так далее), а также узлы ее соединения с корпусом судна;

.5 чертежи оснований насосной башни;

.6 описание технологических процессов соединения элементов системы между собой, а также соединения с прилегающими конструкциями корпуса судна;

.7 перечень материалов и компонентов, используемых в конструкции системы, и результаты их испытаний;

.8 расчеты температуры элементов системы и прилегающих конструкций корпуса, включая описание применяемых методик расчета;

.9 расчеты прочности элементов системы, включая описание применяемых методик расчета;

.10 расчеты качки судна и нагрузок на элементы системы, с описанием применяемых методик расчета и результатами лабораторных испытаний;

.11 информация об оказанной ранее услуге AIP Регистра, при наличии.

**4.3.2.2** Регистр может запросить дополнительную информацию, необходимую для оказания услуги GASA.

**4.3.2.3** Результаты оказания услуги GASA оформляются составлением письменного заключения (отзыва) согласно 8.5 части II «Техническая документация» Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов.».

## **ЧАСТЬ IV. ХРАНЕНИЕ ГРУЗА**

### **19 МАТЕРИАЛЫ**

#### **19.2 МАТЕРИАЛЫ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**В пункт 19.2.1** вносятся следующие изменения:

«**19.2.1** Для определения категорий листового материала и секций, образующих корпус судна, для всех типов грузовых емкостей должен выполняться расчет температур<sup>1</sup>, если температура груза ниже  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для этого расчета должны быть сделаны следующие допущения:

.1 за температуру основного барьера всех грузовых емкостей принимается температура груза;

.2 в дополнении к 19.2.1.1, если требуется полный или частичный вторичный барьер, должно быть сделано допущение о том, что его температура должна быть такой же, как температура груза при атмосферном давлении только для одной любой грузовой емкости;

.3 для судов неограниченного района плавания температура окружающей среды должна быть принята равной  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  для воздуха и  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  для морской воды. Для судов, эксплуатируемых в ограниченных районах, допускаются более высокие значения температуры; более низкие значения температуры допускаются для судов, плавающих в районах, где в течение зимних месяцев могут наблюдаться более низкие температуры. При выполнении расчета температуры и выбора категории стали корпусных конструкций, граничащих с системой хранения груза, но не соприкасающихся с атмосферой, температура окружающей среды принимается в соответствии с технической документацией, представляемой в рамках рассмотрения проекта судна<sup>42</sup>.

Для ледоколов и судов ледовых классов температура окружающей среды в любом случае не должна приниматься выше, чем указано в 1.2.3.3 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов<sup>23</sup>;

.4 отсутствует движению воздуха, состояние моря — штиль, то есть не делается поправка на конвекцию из-за внешних условий;

.5 должно быть сделано допущение об ухудшении свойств термической изоляции в течение срока службы судна по причине действия таких факторов, как термическое и механическое старение, слеживание, движение судна и вибрация грузовых емкостей, как указано в 19.4.6 и 19.4.7;

.6 где применимо, должен быть учтен эффект охлаждения поднимающимися испарениями утечек груза;

.7 в соответствии с 19.2.5 может быть учтен обогрев корпуса при условии, что устройства обогрева отвечают требованиям 19.2.6;

.8 не должны учитываться какие-либо устройства обогрева, за исключением указанного в 19.2.5; и

.9 для определения категории стали элементов, соединяющих внешний и внутренний корпуса, может быть принята средняя температура.

Используемая для расчета температура окружающей среды, упомянутая в настоящем разделе, должна быть указана в Международном свидетельстве о пригодности судна для перевозки сжиженных газов наливом.

<sup>1</sup> См. Приложение 5 «Руководство по выполнению расчета температуры корпусных конструкций и интенсивности образования отпарного газа».

<sup>42</sup>—Дополнительные требования, не указанные в Кодексе.

<sup>23</sup>—В дальнейшем — Правила классификации.».

## ЧАСТЬ V. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

### 3 ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ

#### 3.3 СИСТЕМА ВОДОРАСПЫЛЕНИЯ

Пункт 3.3.1.4 изменяется следующим образом:

«.4 соединений для выдачи и приема жидкого груза и его паров, включая наружный фланец и район расположения клапанов управления, площадь которого должна быть по меньшей мере равна площади поддона для сбора утечек; а также дополнительного оборудования для передачи груза, включая стендеры, бункеровочные стрелы, перегрузочные шланги, переходники, редукторы, съемные патрубки и катушки для перегрузочных шлангов, которые могут быть установлены в различных местах по всему судну;

Примечание. Дополнительное оборудование для передачи груза должно отвечать, где применимо, требованиям 3.3.1.4, 3.3.1.5, 3.4.1 и 3.4.3 настоящей части и 3.23.7.2 части VI «Системы и трубопроводы» для обнаружения пожара и противопожарной защиты в грузовой зоне (функциональность системы ESD и плавкие элементы (см. 3.17.4 части VI «Системы и трубопроводы»), защита системой водораспыления и системой порошкового тушения, поддоны для сбора протечек), включая защиту корпуса от низких температур.».

### 3.4 СИСТЕМА ПОРОШКОВОГО ТУШЕНИЯ

Пункт 3.4.1 изменяется следующим образом:

**«3.4.1** Суда, на которых предусматривается перевозка воспламеняющихся продуктов, должны быть оборудованы стационарной ~~перешкоковой~~—системой порошкового пожаротушения, одобренной на основе циркуляра ИМО MSC.1/Circ.1315/Rev.1 «Пересмотренное руководство по одобрению стационарных порошковых систем пожаротушения для защиты судов, перевозящих сжиженные газы наливом» и предназначенной для борьбы с пожаром на палубе в грузовой зоне, включая любые устройства в районах расположения устройств погрузки и выгрузки жидкого и газообразного грузов, расположенные—including дополнительное оборудование для передачи груза (стендеры, бункеровочные стрелы, перегрузочные шланги, переходники, редукторы, съемные патрубки и катушки для перегрузочных шлангов), которое может быть установлено в различных местах по всему судну, а также устройств, расположенных на палубе, в носовом и кормовом районах обработки груза.

Примечание. Дополнительное оборудование для передачи груза должно отвечать, где применимо, требованиям 3.3.1.4, 3.3.1.5, 3.4.1 и 3.4.3 настоящей части и 3.23.7.2 части VI «Системы и трубопроводы» для обнаружения пожара и противопожарной защиты в грузовой зоне (функциональность системы ESD и плавкие элементы (см. 3.17.4 части VI «Системы и трубопроводы»), защита системой водораспыления и системой порошкового тушения, поддоны для сбора протечек), включая защиту корпуса от низких температур.».

## ЧАСТЬ VI. СИСТЕМЫ И ТРУБОПРОВОДЫ

### 4 РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУЗА

#### 4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В пункт 4.1.2 вносятся следующие изменения:

**«4.1.2** На судне должно быть предусмотрено использование не менее двух установок регулирования давления и температуры груза, которые могли бы быть задействованы при любом режиме эксплуатации судна. Производительность каждой задействованной на судне системы должна соответствовать максимально возможной в нормальной эксплуатации интенсивности испарения груза из всех танков СПГ при максимальной расчетной температуре окружающей среды<sup>1</sup>, указанной в 4.1.3, и давлении в грузовой емкости не выше MARVS.

<sup>1</sup> См. Приложение 5 «Руководство по выполнению расчета температуры корпусных конструкций и интенсивности образования отпарного газа.».

## ПРИЛОЖЕНИЯ К ПРАВИЛАМ КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ НАЛИВОМ

Вводится новое Приложение 5 следующего содержания:

«ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИНТЕНСИВНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ОТПАРНОГО ГАЗА

#### 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

##### 1.1 Основные определения.

В целях использования Руководства по выполнению расчета температуры корпусных конструкций и интенсивности образования отпарного газа\* вводятся следующие основные определения.

Интенсивность образования отпарного газа,  $BOR$ , % — количество жидкого груза, испарившегося из грузовой емкости вследствие наличия теплового потока в емкость. Выражается в процентах уменьшения полного первоначального объема груза в сутки.

Метод конечных элементов — это численный метод решения системы дифференциальных уравнений переноса теплоты, при котором непрерывная величина аппроксимируется дискретной моделью, состоящей из множества кусочно-непрерывных функций. Указанные функции определены на конечном числе элементарных областей, на которые разбивается исследуемая конструкция, а значения функций определяются с помощью значений температуры в конечном числе точек рассматриваемой области — узлов конечно-элементной модели.

Расчетный отсек — это замкнутый теоретический отсек в корпусе судна, стенки которого образованы листовыми конструкциями, расположенными во взаимно перпендикулярных направлениях.

Стационарный процесс передачи теплоты — это такой вид передачи теплоты, при котором температура и тепловой поток не изменяются во времени.

Тепловая конвекция — механизм передачи теплоты, который возникает в жидкостях и газах и реализуется посредством потоков самого вещества. Различают два вида тепловой конвекции: естественную конвекцию и вынужденную конвекцию. Естественная конвекция возникает при отсутствии ветра и течения. Вынужденная конвекция — при наличии ветра и течения.

Тепловой поток,  $Q$ , Вт, — количество теплоты, переданное через изотермическую поверхность в единицу времени.

Теплопроводность — механизм передачи теплоты от более нагретых участков тела к менее нагретым путем хаотического движения частиц тела.

Число Грасгофа,  $Gr$ , — критерий подобия тепловых процессов, который характеризует процесс теплообмена при конвекции в поле силы тяжести.

Число Нуссельта,  $Nu$ , — критерий подобия тепловых процессов, который характеризует соотношение между интенсивностью теплообмена засчет теплопроводности и интенсивностью теплообмена засчет тепловой конвекции.

\* В дальнейшем — настоящее Руководство.

Число Прандтля,  $Pr$ , — критерий подобия тепловых процессов, который характеризует влияние физических свойств теплоносителя на теплоотдачу.

Число Рэлея,  $Ra$ , — критерий подобия тепловых процессов, который характеризует поведение жидкости под воздействием градиента температуры.

### **1.2 Область распространения.**

**1.2.1** Настоящее Руководство описывает минимальные требования, предъявляемые к расчетам температуры корпусных конструкций и интенсивности образования отпарного газа.

**1.2.2** Требования настоящего Руководства распространяются на расчеты, применяемые при выполнении следующих требований Регистра:

требований 19.2.1 части IV «Хранение груза» в части определения расчетных температур корпусных конструкций в грузовой зоне;

требований 4.1.2 части VI «Системы и трубопроводы» в части определения максимально возможной в нормальной эксплуатации интенсивности образования отпарного газа.

### **1.3 Основные допущения.**

**1.3.1** Настоящим Руководством предусмотрено выполнение расчетов с помощью двух методов:

аналитический метод расчета;

численный метод расчета.

Предполагается, что аналитический метод применяется для определения температуры корпусных конструкций, определения интенсивности образования отпарного газа, а также для определения граничных условий заданной температуры и заданной конвекции при выполнении расчетов численным методом.

Также предполагается, что численный метод применяется для определения температуры корпусных конструкций.

**1.3.2** Настоящим Руководством предусмотрена необходимость учета следующих механизмов передачи теплоты:

теплопроводности;

тепловой конвекции.

Предполагается, что процесс передачи теплоты является стационарным. Температура груза является неизменной и равна расчетному значению температуры при расчетном значении давления паров груза в емкости.

Материалы корпуса, системы хранения груза, а также жидкие и газообразные вещества являются гомогенной средой. Материалы не абсорбируют жидкий груз и не влияют на его химический состав.

**1.3.3** Настоящим Руководством предусмотрено, что передача теплоты вследствие теплопроводности осуществляется в следующих случаях, как схематично указано на рис. 1.3.3:

передача теплоты через конструкции корпуса судна: листы наружной обшивки, настилы палуб и платформ, полотнища переборок и т.п.;

передача теплоты через тепловую изоляцию и барьеры емкости для хранения груза: твердые, мягкие и сыпучие теплоизоляционные материалы.

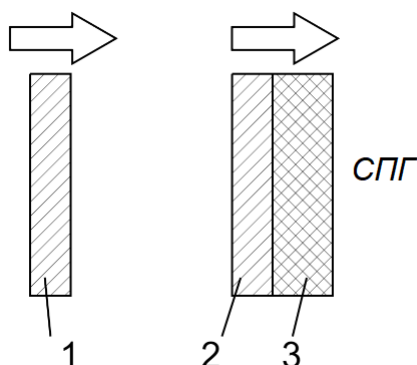


Рис. 1.3.3  
Передача теплоты вследствие теплопроводности  
(1, 2 — конструкции корпуса судна, 3 — тепловая изоляция)

**1.3.4** Настоящим Руководством предусмотрено, что передача теплоты вследствие естественной конвекции осуществляется в следующих случаях (см. рис. 1.3.4):

передача теплоты ла корпусу судна со стороны окружающего судно воздуха и воды при отсутствии ветра и течения;

передача теплоты в междубортном, междудонном и межпалубном пространстве, коффердамах, трюмных помещениях при отсутствии принудительной циркуляции воздуха.

Настоящим Руководством предусмотрено, что передача теплоты вследствие вынужденной конвекции осуществляется в следующих случаях (см. рис. 1.3.4):

передача теплоты корпусу судна со стороны окружающего судна воздуха и воды при наличии ветра и течения;

передача теплоты в междубортном и междудонном пространстве, коффердамах, трюмных помещениях в случае принудительной циркуляции воздуха.

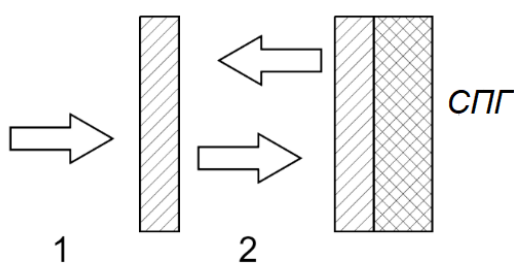


Рис. 1.3.4  
Передача теплоты вследствие конвекции  
(1 — внешняя среда, воздушная или водная; 2 — воздушная среда внутри корпуса судна)

**1.3.5** Настоящим Руководством предусмотрено определение коэффициента конвективной теплоотдачи на основе аналитических методов и критериев подобия тепловых процессов. По согласованию с Регистром допускается применение экспериментальных методов и численных методов анализа динамики жидкости и газа (CFD) для расчета интенсивности конвективной теплоотдачи.

**1.3.6** Температура окружающей среды (воздуха, морской воды) и условия выполнения расчета температур корпусных конструкций должны приниматься в соответствии с требованиями 19.2 части IV «Хранение груза».

Температура окружающей среды (воздуха, морской воды) и условия выполнения расчета максимально возможной в нормальной эксплуатации интенсивности образования отпарного газа должны приниматься в соответствии с требованиями 4.1.2 части VI «Системы и трубопроводы».

**1.3.7** При расчете следует учитывать средства обогрева конструкций корпуса, удовлетворяющие требованиям 19.2.6 части IV «Хранение груза». Температура обогреваемых конструкций должна задаваться постоянной в соответствии с параметрами установленных средств обогрева.

**1.3.8** Расчеты выполняются при построечных размерах конструктивных элементов корпусных конструкций и системы хранения груза.

Расчетной температурой конструкции принимается величина, равная среднему арифметическому между значениями температуры на поверхностях конструкции. Расчетная температура балок набора и ребер жесткости принимается равной расчетной температуре листовой конструкции, с которой они соединяются.

## 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

### 2.1 Величина теплового потока.

**2.1.1** В общем виде величина теплового потока  $Q$  между точками с температурами  $T_1$  и  $T_2$ , °C, определяется по формуле

$$Q = A \cdot U \cdot (T_1 - T_2), \quad (2.1.1)$$

где  $A$  — площадь поверхности теплообмена, м<sup>2</sup>;  
 $U$  — коэффициент теплопередачи, который определяется в соответствии с требованиями 2.1.2 и 2.1.3, Вт/(м<sup>2</sup> °C).

**2.1.2** Коэффициент теплопередачи  $U$  при передаче теплоты через плоскую стенку вследствие теплопроводности определяется по формуле

$$U = \frac{k}{t}, \quad (2.1.2-1)$$

где  $k$  — коэффициент теплопроводности материала, который определяется в соответствии с требованиями 2.2, Вт/(м °C);  
 $t$  — толщина конструкции, через которую проходит тепловой поток, м.

Схематичное изображение механизма передачи теплоты через плоскую стенку вследствие теплопроводности приведено на рис. 2.1.2.

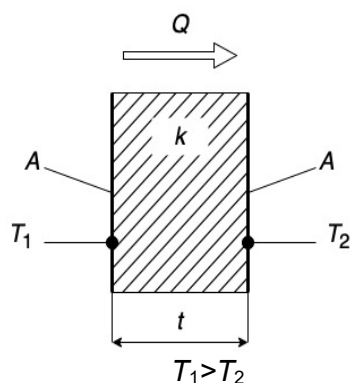


Рис. 2.1.2

Для многослойной конструкции коэффициент теплопередачи  $U$  определяется по следующему выражению:

$$\frac{1}{U} = \sum_{i=1}^m \frac{1}{U_i'} \quad (2.1.2-2)$$

где  $m$  — количества слоев конструкции;  
 $U_i$  — коэффициент теплопередачи каждого  $i$ -го слоя конструкции.

**2.1.3** Коэффициент теплопередачи  $U$  при передаче теплоты вследствие тепловой конвекции определяется по формуле

$$U = h \cdot \Phi, \quad (2.1.3)$$

где  $h$  — коэффициент конвективной теплоотдачи, который определяется в соответствии с требованиями 2.3, Вт/(м<sup>2</sup> °С);  
 $\Phi$  — коэффициент оребрения поверхности;  
 $\Phi = 1$  для плоской поверхности без ребер жесткости;  
 $\Phi > 1$  для поверхности с ребрами жесткости в соответствии с указаниями 2.5.

Схематичное изображение механизма передачи теплоты вследствие тепловой конвекции приведено на рис. 2.1.3.

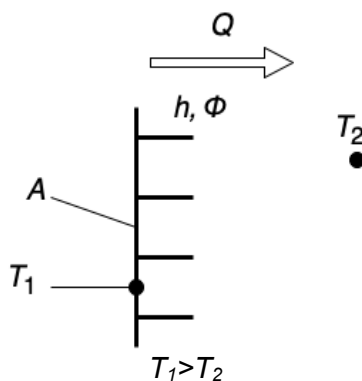


Рис. 2.1.3

## 2.2 Коэффициент теплопроводности.

**2.2.1** Величина коэффициента теплопроводности  $k$  металлических материалов корпусных конструкций и конструкций грузовой емкости должна определяться на основе справочных данных или результатов испытаний материалов. Методика определения должна быть согласована с Регистром и учитывать изменение коэффициента теплопроводности от температуры.

Величина коэффициента теплопроводности  $k$  неметаллических материалов тепловой изоляции грузовой емкости должна определяться по результатам испытаний в соответствии с требованиями дополнения 4 к Международному кодексу постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом.

По согласованию с Регистром на ранних этапах проектирования допускается использование приближенных значений коэффициента теплопроводности в соответствии с 2.2.2.

**2.2.2** Приближенные значения коэффициента теплопроводности  $k$  для металлических материалов приведены в табл. 2.2.2-1. Приближенные значения коэффициента теплопроводности  $k$  для некоторых неметаллических материалов, применяемых при изготовлении тепловой изоляции емкостей для груза, приведены в табл. 2.2.2-2.

Таблица 2.2.2-1

Материал	Коэффициент теплопроводности $k$ , Вт/м °С		
	0 °С	-100 °С	-163 °С
Сталь нормальной и повышенной прочности	59		
Сталь с 2,5% Ni	38	33	–
Сталь с 3,5% Ni	34	29	21
Сталь с 9% Ni	28	23	16
Аустенитная сталь типа 304	14,5	12	–

Материал	Коэффициент теплопроводности $k$ , Вт/м °С		
	0 °С	-100 °С	-163 °С
Алюминиевый сплав типа 5083	115	92	70

Таблица 2.2.2-2

Материал	Коэффициент теплопроводности $k \cdot 10^2$ , Вт/м °С		
	10 °С	-70 °С	-163 °С
Полиуретановая пена, армированная стекловолокном	4,0	2,9	2,0
Фанера березовая	11,8	9,5	6,2
Стекловата	3,6	3,4	3,2
Перлит вспученный	5,2	3,6	1,8

**2.2.3** В случае если тепловая изоляция емкостей изготовлена из теплоизоляционных коробок, коэффициент теплопроводности коробки определяется по следующей формуле

$$k = \frac{\sum_i V_i k_i}{\sum_i V_i}, \quad (2.2.3)$$

где  $i$  — порядковый номер конструктивного элемента теплоизоляционной коробки (см. рис. 2.2.3);

$V_i$  — объем  $i$ -го конструктивного элемента в составе изоляционной коробки, м<sup>3</sup>;

$k_i$  — коэффициент теплопроводности  $i$ -го конструктивного элемента в составе изоляционной коробки, Вт/(м °С).

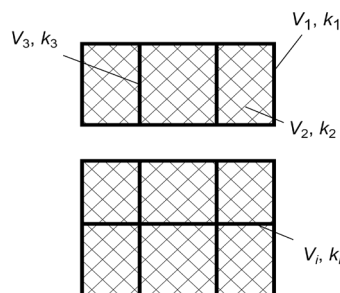


Рис. 2.2.3

**2.3 Коэффициент конвективной теплоотдачи.**

**2.3.1** Коэффициент конвективной теплоотдачи  $h$ , Вт/(м<sup>2</sup> °С), определяется по формуле

$$h = \frac{k_{liq}}{L_s} \cdot Nu, \quad (2.3.1)$$

где  $k_{liq}$  — коэффициент теплопроводности водной или воздушной среды, который определяется в соответствии с 2.3.2, Вт/(м °С);

$L_s$  — характерная длина поверхности теплообмена, которая определяется в соответствии с 2.3.3, м;

$Nu$  — число Нуссельта, которое определяется в соответствии с 2.4.

**2.3.2** Величина коэффициента  $k_{liq}$  должна приниматься для водной среды в соответствии с табл. 2.3.2-1, а для воздушной среды — в соответствии с табл. 2.3.2-2.

Таблица 2.3.2-1

Температура морской воды	30 °С	20 °С	10 °С	0 °С
$k_{liq} \cdot 10^2$ , Вт/(м °С)	61,5	59,8	58,0	56,1

Таблица 2.3.2-2

Температура воздуха	60 °С	40 °С	20 °С	0 °С	-50 °С	-100 °С	-150 °С
$k_{liq} \cdot 10^3$ , Вт/(м °С)	28,5	27,1	25,7	24,3	20,4	16,0	11,6

**2.3.3** Величина  $L_s$  должна определяться в зависимости от положения поверхности теплообмена:

для вертикального положения поверхности теплообмена в соответствии с табл. 2.4.1-1;

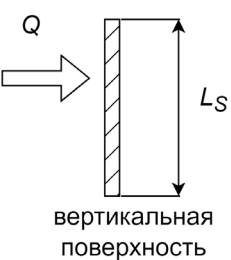
для горизонтального положения поверхности теплообмена в соответствии с табл. 2.4.2;

для наклонного положения поверхности теплообмена в соответствии с 2.4.3.

## 2.4 Критерии подобия тепловых процессов.

**2.4.1** Величина числа Нуссельта  $Nu$  при естественной конвекции и вертикальном положении поверхности теплообмена определяется в соответствии с требованиями табл. 2.4.1-1.

Таблица 2.4.1-1

Схема теплового потока	Диапазон $Ra$	Величина $Nu$
 <p>вертикальная поверхность</p>	$Ra \leq 10^9$	$Nu = 0,68 + \frac{0,67Ra^{1/4}}{[0,825 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$
	$Ra > 10^9$	$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387Ra^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$

Величина числа Рэлея  $Ra$  определяется по формуле

$$Ra = Gr \cdot Pr, \quad (2.4.1-1)$$

где  $Gr$  — число Грасгофа, которое определяется по формуле (2.4.1-2);  
 $Pr$  — число Прандтля, которое для водной среды определяется в соответствии с табл. 2.4.1-2, а для воздушной среды в соответствии с табл. 2.4.1-3;

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot L_s^3}{\nu^2}, \quad (2.4.1-2)$$

где  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $\beta$  — коэффициент температурного расширения среды, который для водной среды определяется в соответствии с табл. 2.4.1-2, а для воздушной среды в соответствии с табл. 2.4.1-3, 1/°С;  
 $\Delta T$  — разница значений температуры поверхности теплообмена и температуры окружающей среды, °С;  
 $L_s$  — см. 2.3.3, м;  
 $\nu$  — кинематическая вязкость среды, которая для водной среды определяется в соответствии с табл. 2.4.1-2, а для воздушной среды в соответствии с табл. 2.4.1-3, м<sup>2</sup>/с.

Таблица 2.4.1-2

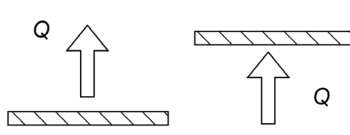
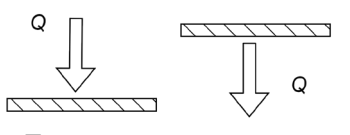
Температура воды	30 °С	20 °С	10 °С	0 °С
$\beta \cdot 10^7, 1/°С$	3413	2489	1668	526
$\nu \cdot 10^8, м^2/с$	6,2	6,0	5,9	5,7
$Pr$	5,4	7,0	9,5	13,5

Таблица 2.4.1-3

Температура воздуха	60 °С	40 °С	20 °С	0 °С	-50 °С	-100 °С	-150 °С
$\beta \cdot 10^3, 1/^\circ\text{C}$	3,0	3,2	3,4	3,7	4,5	5,8	8,2
$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	18,9	17,0	15,1	13,3	9,6	6,0	3,1
$Pr$	0,71			0,72	0,73	0,74	0,76

**2.4.2** Величина числа Нуссельта  $Nu$  при естественной конвекции и горизонтальном расположении поверхности теплообмена определяется в соответствии с требованиями табл. 2.4.2.

Таблица 2.4.2

Схема теплового потока	Диапазон $Ra$	Значение $Nu$
 <p>Тепловой поток в противоположном направлении от направления силы тяжести</p>	$Ra = 10^4 \sim 10^7$	$Nu = 0,54 \cdot Ra^{1/4}$
	$Ra = 10^7 \sim 10^{11}$	$Nu = 0,15 \cdot Ra^{1/3}$
 <p>Тепловой поток в направлении силы тяжести</p>	$Ra = 10^4 \sim 10^{11}$	$Nu = 0,27 \cdot Ra^{1/4}$
<p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Величина <math>Ra</math> определяется в соответствии с формулой (2.3.3-1).</li> <li>2. Величина <math>L_s</math> определяется следующим образом:  <math display="block">L_s = \frac{A}{P},</math>                     где <math>A</math> — площадь поверхности теплообмена, <math>\text{м}^2</math>;  <math>P</math> — периметр поверхности теплообмена, <math>\text{м}</math>.</li> </ol>		

**2.4.3** Величина числа Нуссельта  $Nu$  при естественной конвекции и наклонном расположении поверхности теплообмена определяется в соответствии с требованиями 2.4.1. При этом величину числа Рэлея, определяемую по формуле (2.4.1-1), необходимо умножить на значение  $\cos\theta$ , где  $\theta < 60^\circ$  (см. рис. 2.4.3). В случае, если  $\theta \geq 60^\circ$ , следует полагать, что поверхность теплообмена расположена горизонтально.

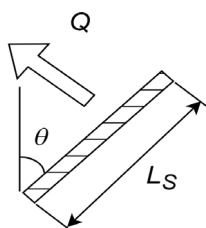


Рис. 2.4.3

**2.4.4** Величина  $Nu$  при вынужденной конвекции определяется по формуле

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{1/3}, \quad (2.4.4-1)$$

где  $Re$  — число Рейнольдса, которое определяется по формуле (2.4.4-2);  
 $Pr$  — см. 2.4.1;

$$Re = \frac{V_p \cdot L_s}{\nu}, \quad (2.4.4-2)$$

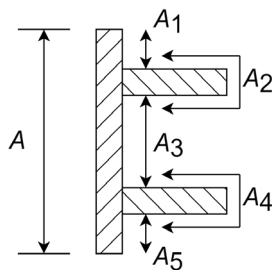
где  $V_p$  — скорость движения жидкости или газа, м/с;  
 $L_s$  — см. 2.3.3, м;  
 $\nu$  — см. 2.4.1, м<sup>2</sup>/с.

**2.5 Коэффициент оребрения поверхности.**

**2.5.1** Коэффициент оребрения поверхности  $\Phi$  в случае, если на поверхности теплообмена установлены ребра жесткости, определяется по формуле

$$\Phi = \frac{A_u}{A} + \eta_f \cdot \frac{A_f}{A}, \quad (2.5.1)$$

где  $A_u$ ,  $A$ ,  $A_f$  — значения площади, которые определяются в соответствии с указаниями на рис. 2.5.1 без учета свободного пояса ребер жесткости составного профиля, м<sup>2</sup>;  
 $\eta_f$  — коэффициент тепловой эффективности ребра жесткости, который определяется в соответствии с 2.5.2.



$$A_f = A_2 + A_4; A_u = A_2 + A_4$$

Рис. 2.5.1

**2.5.2** Коэффициент тепловой эффективности ребра жесткости  $\eta_f$  определяется по формуле

$$\eta_f = \frac{\tanh(m \cdot L_f)}{m \cdot L_f}, \quad (2.5.2)$$

где  $m = \sqrt{\frac{2 \cdot h \cdot (w_f + t_f)}{k_f \cdot w_f \cdot t_f}}$ ;

$L_f$ ,  $w_f$ ,  $t_f$  — геометрические параметры ребра жесткости, которые определяются в соответствии с указаниями на рис. 2.5.2 без учета свободного пояска ребер жесткости составного профиля, м;

$h$  — коэффициент конвективной теплоотдачи поверхности без учета ребер жесткости (см. 2.3.1), Вт/(м<sup>2</sup> °С);

$k_f$  — коэффициент теплопроводности материала ребра жесткости, который определяется в соответствии с указаниями 2.2, Вт/(м<sup>2</sup> °С).

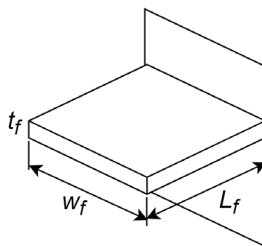


Рис. 2.5.2

### 3 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТОВ

#### 3.1 Аналитический метод расчета.

**3.1.1** Настоящим Руководством предусмотрено, что аналитический метод расчета основан на рассмотрении состояния теплового равновесия каждого расчетного отсека в грузовой зоне.

При разделении грузовой зоны на расчетные отсеки следует руководствоваться нижеследующим (см. рис. 3.1.1):

для конструкции двойного борта стенки расчетных отсеков образованы пересечением наружной обшивки, рамных шпангоутов, второго борта и бортовых стрингеров;

для конструкции двойного дна стенки расчетных отсеков образованы пересечением днища, рамных флоров, настила второго дна и днищевых стрингеров;

для конструкции двойной палубы станки расчетных отсеков образованы пересечением настила верхней палубы, рамных бимсов, палубы тронка и карлингсов;

грузовой трюм и коффердамы рассматриваются как расчетные отсеки, ограниченные по длине поперечными переборками.

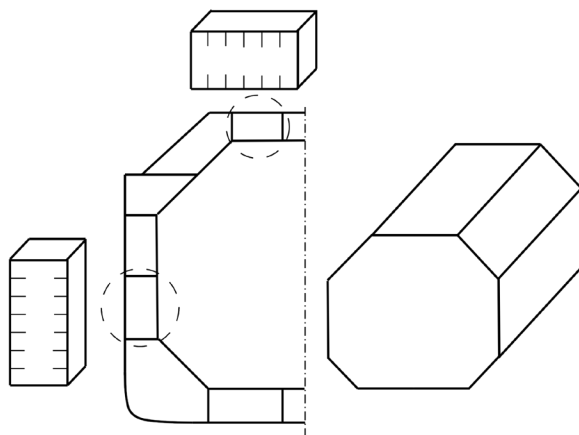


Рис. 3.1.1

**3.1.2** Величина температуры корпусных конструкций должна определяться в соответствии со следующим условием теплового равновесия каждого расчетного отсека:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0, \quad (3.1.2)$$

где  $Q_i$  —  $i$ -тый тепловой поток в расчетный отсек корпуса судна, величина которого определяется в соответствии с 2.1;

$n$  — количество тепловых потоков в расчетный отсек корпуса судна, см. рис. 3.1.2).

При определении количества тепловых потоков следует учитывать входящие и исходящие из расчетного отсека потоки, как указано на примерах на рис. 3.1.2.

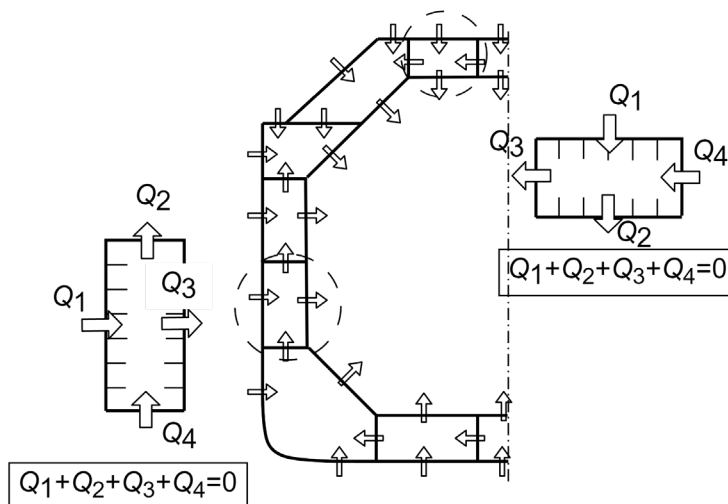


Рис. 3.1.2

**3.1.3** Расчет температуры корпусных конструкций в соответствии с 3.1.2 следует проводить методом последовательных приближений с учетом зависимости величины теплового потока и величины коэффициентов теплопроводности (см. 2.1) от температуры конструкций корпуса и температуры тепловой изоляции емкости.

**3.1.4** Величина максимально возможной в нормальной эксплуатации интенсивности образования отпарного газа  $BOR$  определяется по формуле

$$BOR = \frac{Q_{max}}{\rho \cdot V \cdot H} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 100 \%, \quad (3.1.4-1)$$

где  $Q_{max}$  — максимально возможный при нормальной эксплуатации суммарный тепловой поток в емкость для груза, см. формулу (3.1.4-2), Вт;

$\rho$  — значение плотности груза, определенное при расчетной температуре груза и расчетном значении давления паров груза в емкости, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  — максимально допустимый объем груза в емкости с учетом 3.22 части VI «Системы и трубопроводы», м<sup>3</sup>;

$H$  — теплота парообразования груза, определенная при расчетной температуре груза и расчетном значении давления паров груза в емкости, Дж/кг;

$$Q_{max} = \sum_{i=1}^m Q_i, \quad (3.1.4-2)$$

где  $Q_i$  —  $i$ -тый тепловой поток в емкость для груза, величина которого определяется в соответствии с 2.1;

$m$  — количество тепловых потоков в емкость для груза при нормальной эксплуатации судна (см. рис. 3.1.4).

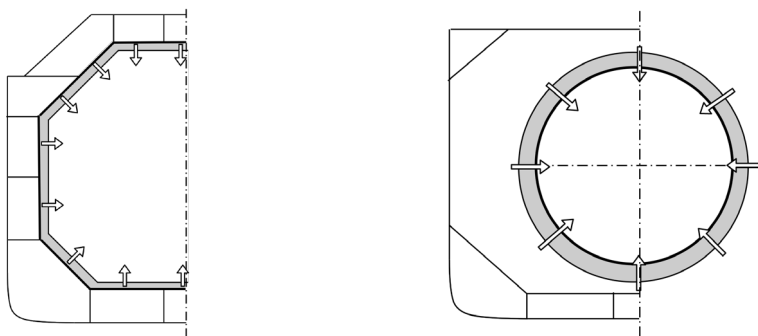


Рис. 3.1.4

## 3.2 Численный метод расчета.

**3.2.1** Настоящим Руководством предусмотрено использование метода конечных элементов как численного метода расчета температуры корпусных конструкций. Результатом расчета являются значения температуры в узлах конечно-элементной модели.

**3.2.2** При выборе типа применяемых для расчетов конечных элементов следует руководствоваться нижеследующим:

листы и ребра жесткости корпусных конструкций судна должны моделироваться оболочечными конечными элементами;

ребра жесткости на листовых элементах должны моделироваться без учета свободного пояса;

тепловая изоляция грузовой емкости должна моделироваться объемными конечными элементами;

если тепловая изоляция емкостей изготовлена из теплоизоляционных коробок, стенки и переборки коробки должны моделироваться оболочечными конечными элементами.

**3.2.3** Допускается не включать ребра жесткости в состав конечно-элементной модели при условии учета коэффициента оребрения листовых конструкций в соответствии с 2.3.2.

**3.2.4** Значения коэффициентов теплопроводности материалов должны приниматься в соответствии с требованиями 2.2.

**3.2.5** Настоящим Руководством предусмотрена необходимость приложения следующих граничных условий к конечно-элементной модели:

граничных условий заданной температуры;

граничных условий заданной конвекции.

**3.2.6** Граничные условия заданной температуры должны быть приложены к узлам конечно-элементной модели в тех районах, где температура конструкций может считаться известной, с учетом нижеследующего:

температура на границах конечно-элементной модели должна приниматься в соответствии с результатами расчета аналитическим методом в соответствии с 3.1;

температура в узлах на конечных элементах, соприкасающихся с грузом, должна приниматься равной расчетной температуре груза.

**3.2.7** Граничные условия заданной конвекции должны быть приложены к поверхности конечных элементов, которые соприкасаются с воздушной или водной средой, с учетом нижеследующего:

величина коэффициента конвективной теплоотдачи должна приниматься равной значению  $U$ , полученному по формуле (2.1.3);

коэффициент оребрения  $\Phi = 1$  в том случае, если ребра жесткости включаются в конечно-элементную модель. Коэффициент оребрения  $\Phi > 1$  в соответствии с требованиями 2.5, если ребра жесткости не включаются в конечно-элементную модель;

температура окружающей среды для элементов должна приниматься в соответствии с результатами расчета аналитическим методом в соответствии с 3.1 в зависимости от расположения рассматриваемой конструкции;

для элементов, соприкасающихся с наружным воздухом и морской водой, температура окружающей среды принимается в соответствии с 1.3.6.».

Российский морской регистр судоходства

**Бюллетень изменений  
к Правилам классификации и постройки судов  
для перевозки сжиженных газов наливом**

Утверждено: 24-87473

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»  
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8  
[www.rs-class.org/ru/](http://www.rs-class.org/ru/)