ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59307— 2021

Нефтяная и газовая промышленность

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ

Часть 16

Технические условия на вспомогательное оборудование для гибких трубопроводов

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Газпром 335» (ООО «Газпром 335»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 023 «Нефтяная и газовая промышленность»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 мая 2021 г. № 400-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2021

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 5
4 Обозначения и сокращения 11
5 Общие положения 11
5.1 Функциональные требования 11
5.2 Требования к проектированию 13
5.3 Требования к материалам 17
5.4 Требования к изготовлению 21
5.5 Документация 24
5.6 Приемо-сдаточные испытания 26
5.7 Маркировка и упаковка 26
6 Элементы жесткости на изгиб 27
6.1 Применяемость 27
6.2 Функциональные требования 27
6.3 Требования к проектированию 29
6.4 Требования к материалам 33
6.5 Требования к изготовлению 34
6.6 Документация 35
6.7 Приемо-сдаточные испытания 36
6.8 Маркировка 37
7 Ограничители изгиба 37
7.1 Область применения 37
7.2 Функциональные требования 37
7.3 Требования к проектированию 39
7.4 Требования к материалам 41
7.5 Требования к изготовлению 42
7.6 Документация 43
7.7 Приемо-сдаточные испытания 44
7.8 Маркировка и упаковка 45
8 Раструбы 45
8.1 Область применения 45
8.2 Функциональные требования 46
8.3 Требования к проектированию 47
8.4 Требования к материалам 48
8.5 Требования к изготовлению 49
8.6 Документация 49
8.7 Приемо-сдаточные испытания 50
8.8 Маркировка 51
9 Балластные модули и модули плавучести 51
9.1 Область применения 51
9.2 Функциональные требования 51
9.3 Требования к проектированию 53
9.4 Методология проектирования 53
9.5 Требования к материалам 56

9.6 Требования к изготовлению ... 58
9.7 Документация ... 59
9.8 Приемо-сдаточные испытания ... 60
9.9 Маркировка и упаковка ... 61
10 Подводные буи ... 62
10.1 Область применения ... 62
10.2 Функциональные требования ... 62
10.3 Требования к проектированию ... 65
10.4 Требования к материалам ... 68
10.5 Требования к изготовлению ... 69
10.6 Документация ... 69
10.7 Приемо-сдаточные испытания ... 71
10.8 Маркировка ... 73
11 Канаты ... 73
11.1 Область применения ... 73
11.2 Функциональные требования ... 73
11.3 Требования к проектированию ... 75
11.4 Требования к материалам ... 77
11.5 Требования к изготовлению ... 77
11.6 Документация ... 77
11.7 Приемо-сдаточные испытания ... 78
11.8 Маркировка и упаковка ... 78
12 Основания райзеров и канатов ... 78
12.1 Область применения ... 78
12.2 Функциональные требования. Общая часть ... 79
12.3 Функциональные требования. Основания райзеров ... 79
12.4 Функциональные требования. Основания канатов ... 80
12.5 Требования к проектированию ... 81
12.6 Требования к материалам ... 83
12.7 Требования к изготовлению ... 83
12.8 Документация ... 83
12.9 Приемо-сдаточные испытания ... 84
12.10 Маркировка ... 85
13 Общие требования к зажимным устройствам ... 85
13.1 Область применения ... 85
13.2 Функциональные требования ... 85
13.3 Требования к проектированию ... 86
13.4 Требования к материалам ... 87
13.5 Документация ... 87
14 Хомуты подводных буев ... 88
14.1 Область применения ... 88
14.2 Функциональные требования ... 88
14.3 Требования к проектированию ... 89
14.4 Требования к материалам ... 89
14.5 Требования к изготовлению ... 90
14.6 Документация ... 90
14.7 Приемо-сдаточные испытания ... 90

14.8 Маркировка 91
15 Хомуты канатов 91
15.1 Область применения 91
15.2 Функциональные требования 91
15.3 Требования к проектированию 92
15.4 Требования к материалам 94
15.5 Требования к изготовлению 94
15.6 Документация 95
15.7 Приемо-сдаточные испытания 95
15.8 Маркировка 96
16 Системы трубной обвязки 96
16.1 Область применения 96
16.2 Функциональные требования 96
16.3 Требования к проектированию 98
16.4 Требования к материалам 100
16.5 Требования к изготовлению 101
16.6 Документация 102
16.7 Приемо-сдаточные испытания 102
16.8 Маркировка 104
17 Ремонтные хомуты 104
17.1 Область применения 104
17.2 Функциональные требования 104
17.3 Требования к проектированию 105
17.4 Требования к материалам 106
17.5 Требования к изготовлению 106
17.6 Документация 106
17.7 Приемо-сдаточные испытания 107
17.8 Маркировка 107
18 Уплотнения I- или J-образных труб 107
18.1 Область применения 107
18.2 Функциональные требования 108
18.3 Требования к проектированию 109
18.4 Требования к материалам 111
18.5 Требования к изготовлению 111
18.6 Документация 112
18.7 Приемо-сдаточные испытания 113
18.8 Маркировка и упаковка 114
19 Втягивающие головки 115
19.1 Область применения 115
19.2 Функциональные требования 115
19.3 Требования к проектированию 116
19.4 Требования к изготовлению 116
19.5 Документация 116
19.6 Приемо-сдаточные испытания 117
19.7 Маркировка и упаковка 118
20 Хомуты/кабельные чулки 118
20.1 Область применения 118

20.2 Функциональные требования ... 118
20.3 Требования к проектированию ... 119
20.4 Требования к материалам ... 119
20.5 Требования к изготовлению ... 119
20.6 Документация ... 120
20.7 Приемо-сдаточные испытания ... 120
20.8 Маркировка ... 120
21 Соединители ... 120
21.1 Область применения ... 120
21.2 Функциональные требования ... 121
21.3 Требования к проектированию ... 121
21.4 Требования к материалам ... 123
21.5 Требования к изготовлению ... 123
21.6 Документация ... 123
21.7 Приемо-сдаточные испытания ... 124
21.8 Маркировка и упаковка ... 124
22 Устройства передачи нагрузки ... 125
22.1 Область применения ... 125
22.2 Функциональные требования ... 125
22.3 Требования к проектированию ... 126
22.4 Требования к материалам ... 128
22.5 Требования к изготовлению ... 128
22.6 Документация ... 129
22.7 Приемо-сдаточные испытания ... 130
22.8 Маркировка и упаковка ... 131
23 Механическая защита ... 132
23.1 Область применения ... 132
23.2 Функциональные требования. Общие положения ... 132
23.3 Функциональные требования. Защита от истирания и ударов ... 132
23.4 Функциональные требования. Защита из матов ... 133
23.5 Требования к проектированию ... 134
23.6 Требования к материалам ... 136
23.7 Требования к изготовлению ... 136
23.8 Документация ... 137
23.9 Приемо-сдаточные испытания ... 138
23.10 Маркировка и упаковка ... 138
24 Огнезащита ... 139
24.1 Область применения ... 139
24.2 Функциональные требования ... 139
24.3 Требования к проектированию ... 140
24.4 Требования к материалам ... 142
24.5 Требования к изготовлению ... 143
24.6 Документация ... 144
24.7 Приемо-сдаточные испытания ... 144
24.8 Маркировка ... 145
Библиография ... 146

Введение

Создание и развитие отечественных технологий и техники для освоения шельфовых нефтегазовых месторождений должно быть обеспечено современными стандартами, устанавливающими требования к проектированию, строительству и эксплуатации систем подводной добычи. Для решения данной задачи Министерством промышленности и торговли Российской Федерации и Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии реализуется «Программа по обеспечению нормативной документацией создания отечественной системы подводной добычи для освоения морских нефтегазовых месторождений». В объеме работ программы предусмотрена разработка национальных стандартов и предварительных национальных стандартов, областью применения которых являются системы подводной добычи углеводородов.

Целью разработки настоящего стандарта является обеспечение безопасности эксплуатации систем подводной добычи за счет установления требований к вспомогательному оборудованию для гибких трубопроводов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нефтяная и газовая промышленность

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ

Часть 16

Технические условия на вспомогательное оборудование для гибких трубопроводов

Petroleum and natural gas industry. Design and operation of subsea production systems.
Part 16. Specification for flexible pipe ancillary equipment

Дата введения — 2021—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на вспомогательное оборудование для гибких трубопроводов систем подводной добычи, обеспечивающее безопасную эксплуатацию.

В настоящем стандарте представлены общие технические требования к проектированию, выбору материалов, изготовлению, испытанию, оформлению документации, маркировке, транспортировке, хранению и упаковке вспомогательного оборудования для гибких трубопроводов со ссылкой на действующие стандарты и рекомендации. Рекомендации по применению вспомогательного оборудования представлены в ГОСТ Р 59308.

Настоящий стандарт применим к следующему вспомогательному оборудованию для гибких трубопроводов:

- к элементам жесткости на изгиб;
- ограничителям изгиба;
- раструбам;
- балластным модулям и модулям плавучести;
- подводным буям;
- канатам для подводных буев и хомутам канатов;
- основаниям райзеров и канатов;
- зажимным устройствам;
- переходным хомутам;
- ремонтным хомутам;
- уплотнениям I/J-образных труб;
- направляющим головкам/средствам установки;
- соединителям;
- устройствам передачи нагрузки;
- устройствам механической защиты;
- средствам противопожарной защиты.

Данный стандарт включает в себя требования к вспомогательному оборудованию, изготовленному из различных материалов, включая металлические, полимерные и композитные.

Издание официальное

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9.014 Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования

ГОСТ 9.026 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Методы ускоренных испытаний на стойкость к озонному и термосветоозонному старению

ГОСТ 9.029 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Методы испытаний на стойкость к старению при статической деформации сжатия

ГОСТ 9.030 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Методы испытаний на стойкость в ненапряженном состоянии к воздействию жидких агрессивных сред

ГОСТ 9.065 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Метод испытаний на стойкость к воздействию жидких агрессивных сред при постоянном растягивающем напряжении

ГОСТ 9.066 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Метод испытаний на стойкость к старению при воздействии естественных климатических факторов

ГОСТ 9.070 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Методы испытаний на стойкость к воздействию жидких агрессивных сред при статической деформации сжатия

ГОСТ 9.308 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний

ГОСТ 9.403 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Методы испытаний на стойкость к статическому воздействию жидкостей

ГОСТ 9.408 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод ускоренных испытаний на стойкость в условиях хранения

ГОСТ 9.409 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию нефтепродуктов

ГОСТ 9.713 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Метод прогнозирования изменения свойств при термическом старении

ГОСТ 25.503 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие

ГОСТ 228 Цепи якорные с распорками. Общие технические условия

ГОСТ 270 Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении

ГОСТ 426 Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении

ГОСТ 1451 Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения

ГОСТ 1497 (ИСО 6892—84) Металлы. Методы испытаний на растяжение

ГОСТ 3241 Канаты стальные. Технические условия

ГОСТ 4647 Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи

ГОСТ 4650 (ISO 62:2008) Пластмассы. Методы определения водопоглощения

ГОСТ 4651 (ISO 604:2002) Пластмассы. Метод испытания на сжатие

ГОСТ 5264 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 5269 Сердечники из волокнистых материалов для стальных канатов. Технические условия

ГОСТ 5632 Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки

ГОСТ 5639 Стали и сплавы. Методы выявления и определения выявления и определения величины зерна

ГОСТ 7076 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме

ГОСТ 7372 Проволока стальная канатная. Технические условия

ГОСТ 7512 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод

ГОСТ 8713 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 9454 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах

ГОСТ 11262 (ISO 527-2:2012) Пластмассы. Метод испытания на растяжение

ГОСТ 11265 Кнехты. Технические условия

ГОСТ 11533 Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 11534 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 12021 (ISO 75-2:2013) Пластмассы и эбонит. Метод определения температуры изгиба под нагрузкой

ГОСТ 14192 Маркировка грузов

ГОСТ 14359 Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования

ГОСТ 14637 (ИСО 4995—78) Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия

ГОСТ 14771 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 14776 Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 15139 Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы)

ГОСТ 18143 Проволока из высоколегированой и жаростойкой стали. Технические условия

ГОСТ 18299 Материалы лакокрасочные. Метод определения предела прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и модуля упругости

ГОСТ 18442 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования

ГОСТ 18477 Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры

ГОСТ 20231 Контейнеры грузовые. Термины и определения

ГОСТ 20259 Контейнеры универсальные. Общие технические условия

ГОСТ 20811 Материалы лакокрасочные. Методы испытания покрытий на истирание

ГОСТ 22178 Листы из титана и титановых сплавов. Технические условия

ГОСТ 23118 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия

ГОСТ 24621 (ISO 868:2003) Пластмассы и эбонит. Определение твердости при вдавливании с помощью дюрометра (твердость по Шору)

ГОСТ 24778 Пластмассы. Метод определения прочности при сдвиге в плоскости листа

ГОСТ 26492 Прутки катаные из титана и титановых сплавов. Технические условия

ГОСТ 27772 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия

ГОСТ 28213 (МЭК 68-2-27—87) Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Ea и руководство: Одиночный удар

ГОСТ 28215 (МЭК 68-2-29—87) Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Eb и руководство: Многократные удары

ГОСТ 28919 Фланцевые соединения устьевого оборудования. Типы, основные параметры и размеры

ГОСТ 30055 Канаты из полимерных материалов и комбинированные. Технические условия

ГОСТ 30188 Цепи грузоподъемные калиброванные высокопрочные. Технические условия

ГОСТ 31458 (ISO 10474:2013) Трубы стальные, чугунные и соединительные детали к ним. Документы о приемочном контроле

ГОСТ 32300 (ISO 11998:2006) Материалы лакокрасочные. Метод определения стойкости покрытий к влажному истиранию и их способности к очистке

ГОСТ 32657 (ISO 75-1:2013, ISO 75-3:2004) Композиты полимерные. Методы испытаний. Определение температуры изгиба под нагрузкой

ГОСТ 33005 (ISO 13625:2002) Нефтяная и газовая промышленность. Оборудование буровое и эксплуатационное. Соединения морских буровых райзеров. Общие технические требования

ГОСТ 34370 (ISO 527-1:2012) Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 1. Общие принципы

ГОСТ 34371 (ISO 75-1:2013) Пластмассы. Определение температуры прогиба под нагрузкой. Часть 1. Общий метод испытания

ГОСТ 34374.2 (ISO 22007-2:2015) Пластмассы. Определение теплопроводности и температуропроводности. Часть 2. Метод с применением плоского источника тепла (нагретого диска) при переменном режиме

ГОСТ ISO 37 Резина или термопластик. Определение упругопрочностных свойств при растяжении

ГОСТ ISO 188 Резина и термоэластопласты. Испытания на ускоренное старение и теплостойкость

ГОСТ ISO 898-1 Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 1. Болты, винты и шпильки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы

ГОСТ ISO 898-2 Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 2. Гайки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы

ГОСТ ISO 1827 Резина и термоэластопласты. Определение модуля сдвига и прочности сцепления с жесткими пластинами. Методы сдвига четырехэлементного образца

ГОСТ ISO 3506-1 Механические свойства крепежных изделий из коррозионно-стойкой нержавеющей стали. Часть 1. Болты, винты и шпильки

ГОСТ ISO 3506-2 Механические свойства крепежных изделий из коррозионно-стойкой нержавеющей стали. Часть 2. Гайки

ГОСТ ISO 7743 Резина и термоэластопласты. Определение упругопрочностных свойств при сжатии

ГОСТ ISO 17638 Неразрушающий контроль сварных соединений. Магнитопорошковый контроль

ГОСТ Р 50046 Краны грузоподъемные. Требования безопасности к гидравлическому оборудованию

ГОСТ Р 51164 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ Р 51365 (ИСО 10423:2003) Нефтяная и газовая промышленность. Оборудование для бурения и добычи. Оборудование устья скважины и фонтанное устьевое оборудование. Общие технические требования

ГОСТ Р 51372 Методы ускоренных испытаний на долговечность и сохраняемость при воздействии агрессивных и других специальных сред для технических изделий, материалов и систем материалов. Общие положения

ГОСТ Р 51876 (ИСО 1496-1:1990) Контейнеры грузовые серии 1. Технические требования и методы испытаний. Часть 1. Контейнеры общего назначения

ГОСТ Р 52202 (ИСО 830—99) Контейнеры грузовые. Термины и определения

ГОСТ Р 52367 Каучук синтетический *цис*-изопреновый. Общие технические условия

ГОСТ Р 52927 Прокат для судостроения из стали нормальной, повышенной и высокой прочности. Технические условия

ГОСТ Р 53210 Контейнеры комбинированные. Общие технические условия

ГОСТ Р 53295 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности

ГОСТ Р 53350 (ИСО 668:1995) Контейнеры грузовые серии 1. Классификация, размеры и масса

ГОСТ Р 54382 Нефтяная и газовая промышленность. Подводные трубопроводные системы. Общие технические требования

ГОСТ Р 54483 (ИСО 19900:2002) Нефтяная и газовая промышленность. Платформы морские для нефтегазодобычи. Общие требования

ГОСТ Р 54522 Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических обечаек, днищ, фланцев, крышек. Рекомендации по конструированию

ГОСТ Р 54553 Резина и термоэластопласты. Определение упругопрочностных свойств при растяжении

ГОСТ Р 54803 Сосуды стальные сварные высокого давления. Общие технические требования

ГОСТ Р 57555 (ИСО 19901-3:2014) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Верхние строения

ГОСТ Р 57967 Композиты. Определение теплопроводности твердых тел методом стационарного одномерного теплового потока с охранным нагревателем

ГОСТ Р 57969 Композиты полимерные. Определение удельной теплоемкости методом дифференциальной сканирующей калориметрии с температурной модуляцией

ГОСТ Р 58283 Нефтяная и газовая промышленность. Арктические операции. Учет ледовых нагрузок при проектировании морских платформ

ГОСТ Р 58284 Нефтяная и газовая промышленность. Морские промысловые объекты и трубопроводы. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ Р 58753 Стропы грузовые канатные для строительства. Технические условия

ГОСТ Р 58773 (ИСО 19901-7:2013) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Системы позиционирования плавучих сооружений

ГОСТ Р 59305 (ИСО 13628-1:2005) Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 1. Общие требования и рекомендации

ГОСТ Р 59308 Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 17. Руководство по вспомогательному оборудованию гибких трубопроводов

ГОСТ Р 59309 (ИСО 13628-2:2006) Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 2. Гибкие трубные системы многослойной структуры без связующих слоев для подводного и морского применения

ГОСТ Р ИСО 4017 Винты с шестигранной головкой. Классы точности А и В

ГОСТ Р ИСО 5817 Сварка. Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки). Уровни качества

ГОСТ Р ИСО 13628-4 Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация подводных эксплуатационных систем. Часть 4. Подводное устьевое оборудование и фонтанная арматура

ГОСТ Р ИСО 17640 Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Технология, уровни контроля и оценки

СП 16.13330.2017 Стальные конструкции

СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения

СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов

СП 369.1325800.2017 Платформы морские стационарные. Правила проектирования

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р ИСО 13628-4, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **балластный модуль:** Конструктивный компонент, с необходимыми хомутами и крепежом для удержания в неподвижном положении, состоящий из элементов отрицательной плавучести и предназначенный для обеспечения необходимой (проектной) отрицательной плавучести гибкой трубы и/или ее определенному участку.

3.2 **бандаж:** Устройство, используемое для закрепления механической защиты гибкой трубы.

3.3 **верхнее соединение:** Конструктивный узел, обеспечивающий соединение концевого фитинга гибкой трубы с морской платформой.

3.4 **верхний участок:** Часть гибкой трубы между платформой и подводным буем.

3.5 **внутренний вкладыш хомута:** Часть корпуса некоторых хомутов, состоящая из соответствующего прокладочного материала, контактирующего с внешней оболочкой гибкой трубы, что позволяет изменять внешний диаметр гибких труб.

3.6 **временный элемент жесткости на изгиб:** Элемент жесткости на изгиб, который требуется для временной установки на гибкие трубы при транспортировке и погрузке (или прочей деятельности), но не для эксплуатации.

3.7 **время усадки:** Время, которое требуется для полимерных или композитных элементов для усадки в форме до их извлечения из нее.

3.8 **вспомогательное оборудование:** Компоненты, закрепляемые на гибком трубопроводе с целью выполнения одной или нескольких функций:

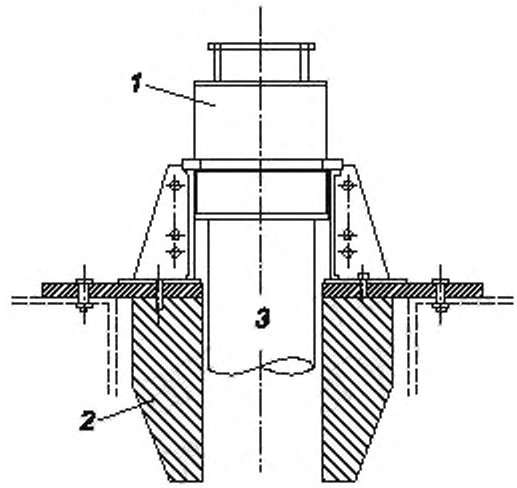
- контроль положения гибкого трубопровода;

- обеспечение конструктивного перехода между гибким трубопроводом и подсоединяемой конструкцией;
- защита гибкого трубопровода;
- закрепление дополнительных элементов на гибком трубопроводе;
- обеспечение герметичности по всей длине гибкого трубопровода.

3.9 **втягивающая головка:** Устройство, используемое в ходе установки гибкой трубы для состыковки концевого фитинга гибкой трубы с канатом-кондуктором, состоящее из конструкции, которая стыкуется с концевым соединением, и соединительного элемента для подъемного оборудования.

3.10 **выносная стыковочная конструкция концевого фитинга:** Стыковочная конструкция элемента жесткости на изгиб, за пределами которой располагается концевой фитинг.

Примечание — Пример выносной стыковочной конструкции концевого фитинга показан на рисунке 1.



1 — соединительная арматура; *2* — элемент жесткости на изгиб. *3* — гибкая труба

Рисунок 1 — Пример выносной стыковочной конструкции концевого фитинга для элемента жесткости на изгиб

3.11 **гибкий трубопровод:** Трубопровод из композиционного многослойного материала, обеспечивающий сохранение своих рабочих параметров при создании значительных углов изгиба в пространстве, без увеличения изгибающих напряжений.

3.12 **гибридный ограничитель изгиба:** Ограничитель изгиба с комбинацией полимерных и металлических элементов.

3.13 **гистерезис:** Поведение гибкой трубы при изгибе, характеризуемое изменением жесткости при изгибе, наблюдаемым во взаимоотношении момент—кривизна, когда преодолевается трение армирующих слоев гибкой трубы, работающих на растяжение, и доминирующим применительно к жесткости на изгиб становится воздействие полимерных слоев.

Примечание — При изменении направления изгиба вновь появляется высокая жесткость по причине трения до того момента, пока она снова не преодолевается. Отношение момент—кривизна подобно упругопластической реакции и для обычного циклического изгиба представляет собой замкнутый контур.

3.14 **динамический ограничитель изгиба:** Ограничитель изгиба, который полностью находится на подвижной части трубопровода и помимо ограничения изгиба выполняет функции демпфера.

3.15 **донное соединение:** Конструктивный узел, обеспечивающий соединение концевого фитинга райзера с основанием райзера.

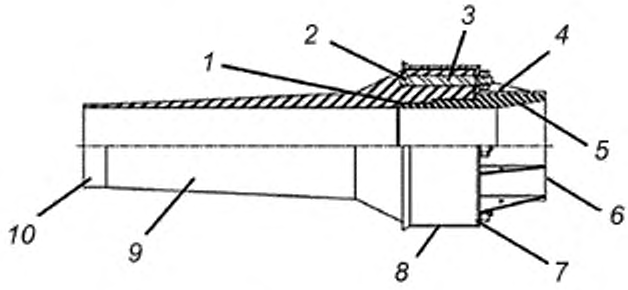
3.16 **дополнительное напряжение:** Напряжение, возникающее в твердом теле в результате действия локальных взаимно уравновешивающих сил.

Примечание — При любом пластическом изменении формы в слоях и элементах тела, стремящегося к увеличению или уменьшению размеров, возникают дополнительные напряжения, знак которых отвечает восстановлению (соответственно уменьшению или увеличению) их размеров.

3.17 **хомут связки трубопроводов:** Проставка в связке трубопроводов, которая крепится при помощи зажимов на опорной и поддерживаемой трубах и не позволяет поддерживаемой трубе совершать относительные перемещения.

3.18 **защитный вкладыш элемента жесткости на изгиб:** Футеровка, которая с внутренней стороны покрывает гнездо для концевого фитинга в прилегающей к концевому фитингу стыковочной конструкции и позволяет избежать контакта между внешней оболочкой гибкой трубы и металлическими частями стыковочной конструкции.

Примечание — Пример защитного вкладыша элемента жесткости на изгиб для определенной конфигурации элемента жесткости на изгиб показан на рисунке 2.



1 — конструкция соединения; *2* — армированная конструкция; *3* — шпилька; *4* — конструкционные ребра; *5* — расширенная футеровка; *6* — верхняя конструкция; *7* — фланец; *8* — колпак; *9* — корпус; *10* — наконечник

Рисунок 2 — Пример элемента жесткости на изгиб для I-образной трубы

3.19 **изгибающее напряжение:** Компонента приложенных напряжений, которая пропорциональна расстоянию от центра сечения, не учитывающая влияние вырезов и концентраторов напряжения.

3.20 **изготовитель:** Организация, осуществляющая изготовление вспомогательного оборудования для гибких трубопроводов.

3.21 **истирание:** Фактор нарушения целостности защитного покрытия (материала конструкции) в результате продолжительного трения (повторяющихся относительных движений) с поверхностью другой прилегающей конструкции.

3.22 **канатное основание:** Конструкция, которая прикрепляет один или группу канатов к морскому дну, включая точки крепления канатов и точки подъема.

3.23 **колпак элемента жесткости на изгиб:** Конструкционный элемент определенных элементов жесткости на изгиб, представляющий собой цилиндрический металлический корпус, охватывающий элемент жесткости у его основания с внешней стороны.

Примечание — Пример колпака элемента жесткости на изгиб для определенной конфигурации элемента жесткости на изгиб показан на рисунке 2.

3.24 **композитная синтактическая пена:** Композитный материал, состоящий из полимерной матрицы, содержащей как микросферы, так и макросферы.

3.25 **композитный материал:** Многокомпонентные вещества, каждые составляющие которых обладают разными свойствами.

Примечание — Все элементы, входящие в состав композита, совместимы в использовании и обладают свойством синергии, т. е. усиливающего эффекта при общем применении. При этом используемые компоненты не смешиваются и не растворяются друг в друге.

3.26 **концевой фитинг:** Механическое устройство, формирующее переход между телом гибкой трубы и соединителем, в котором заделывают все трубные слои таким образом, чтобы обеспечить передачу нагрузок между гибкой трубой и соединителем.

3.27 **корпус хомута:** Часть хомута, находящаяся в поверхностном контакте с внешней оболочкой гибкой трубы.

3.28 **корпус элемента жесткости на изгиб:** Полимерная часть элемента жесткости на изгиб, обеспечивающая дополнительную жесткость гибкой трубы для того, чтобы не допустить ее избыточного изгибания.

Примечание — В колпаках элемента жесткости на изгиб часто размещаются охватываемые части механизма элементов жесткости на изгиб, а в раструбах часто размещается охватывающая часть (корпус элемента жесткости на изгиб для определенной конфигурации элемента жесткости на изгиб показан на рисунке 2).

3.29 **макросферы:** Керамические, полимерные или композитные сферы диаметром более 1 мм, образующие структурную часть композитной синтактической пены.

3.30 **мембранное напряжение:** Среднее значение напряжения по всей толщине сплошного сечения без влияния вырезов и концентраторов напряжения.

3.31 **механическая защита:** Слой материала, закрывающий обозначенный участок гибкой трубы с целью защиты ее от абразивного износа и ударных нагрузок или обеспечения целостности конструкции на участке между гибкой трубой и прочими подводными трубопроводами.

3.32 **микросферы:** Керамические, полимерные или композитные сферы диаметром от 1 и до 1000 мкм, которые образуют структурную часть синтактической и композитной пены.

3.33 **модуль плавучести:** Конструктивный компонент, с необходимыми хомутами для удержания в неподвижном положении, включающий в себя элемент(ы) высокой (положительной) плавучести и предназначенный для обеспечения необходимой подъемной силы гибкой трубе и/или ее определенному участку.

3.34 **модульный элемент:** Часть модуля плавучести или балластного модуля, которая придает выталкивающую силу или добавляет массу модулю.

3.35 **мокрый ремонт:** Ремонт гибкой трубы без ее извлечения из воды.

3.36 **нагруженный радиус сцепления:** Радиус ограничителя изгиба во время сцепления под действием нагрузки.

3.37 **нагрузка от воздействия окружающей среды:** Нагрузка, вызванная внешними параметрами окружающей среды.

3.38 **нагрузки эксплуатационные:** Все нагрузки на вспомогательное оборудование во время эксплуатации.

3.39 **наконечник элемента жесткости на изгиб:** Коническая часть корпуса элемента жесткости на изгиб, не закрепляемая к опорной конструкции.

Примечание — Пример наконечника элемента жесткости на изгиб для определенной конфигурации элемента жесткости на изгиб показан на рисунке 2.

3.40 **направляющая связки трубопроводов:** Проставка в связке трубопроводов, которая крепится при помощи хомута на опорной трубе и позволяет поддерживаемой трубе совершать относительные перемещения.

3.41 **направляющий желоб:** Часть опорной конструкции, на которую опирается гибкая труба и к которой ее можно прикрепить хомутом.

3.42 **направляющий желоб для забортных операций:** Конструкция в виде арки, расположенная на краю судна и используемая в качестве монтажного элемента для установки гибкой трубы.

3.43 **начальная чистая плавучесть:** Чистая плавучесть в начале срока службы.

3.44 **независимая проверяющая организация:** Независимая сторона или группа, которая может быть заказчиком, выбранная изготовителем, способная проверить указанные методологии или показатели работы на основании технической литературы, анализов, результатов тестирования или прочей информации, предоставленной изготовителем.

Примечание — К независимой проверяющей организации также обращаются для того, чтобы присутствовать при проведении определенных замеров и тестов, относящихся к аттестации материалов.

3.45 **нижний участок:** Часть гибкой трубы между райзерным основанием и подводным буем.

3.46 **ограничитель изгиба:** Механическое устройство ограничения изгиба, функционирующее как механический стопор и ограничивающее локальный радиус изгиба гибкой трубы до его минимального значения.

3.47 **окислительное старение:** Ухудшение характеристик материала на молекулярном уровне под воздействием времени и кислорода.

3.48 **опорная конструкция:** Конструкция, поддерживающая и передающая нагрузки от гибкой трубы или ограничителя изгиба на платформу, морское дно или на промежуточное соединение.

3.49 **опорная труба:** Труба, поддерживающая одну или несколько труб при помощи комплекта хомутов связки трубопроводов или направляющих на участке необходимой длины.

Примечание — Опорная труба может быть гибкой трубой.

3.50 **основание элемента жесткости на изгиб:** Лицевая сторона стыковочной конструкции со стороны опорной конструкции, от которой начинается элемент жесткости на изгиб.

3.51 **передаточный механизм элемента жесткости на изгиб:** Конструкция или механизм, которые соединяют элемент жесткости на изгиб с опорной конструкцией, что позволяет передавать изгибающий момент с элемента жесткости на изгиб на опорную конструкцию.

3.52 **поддерживаемая труба:** Труба, закрепляемая к опорной трубе при помощи комплекта хомутов связки трубопроводов на участке необходимой длины.

Примечание — Поддерживаемая труба может быть гибкой трубой.

3.53 **положительная плавучесть:** Плавучесть, при которой масса вытесненной телом воды больше массы тела.

3.54 **поставщик сырья:** Организация (юридическое лицо), осуществляющая поставку товаров в виде необработанного сырья для любых компонентов вспомогательного оборудования.

3.55 **постоянное вспомогательное оборудование:** Вспомогательное оборудование, которое должно использоваться в течение всего срока службы гибкой трубы.

3.56 **постоянный элемент жесткости на изгиб:** Элемент жесткости на изгиб, который следует использовать в течение всего срока службы гибкой трубы.

3.57 **проставка:** Конструктивный компонент, состоящий из нескольких составляющих, использующихся в связке трубопроводов для поддержки одной или нескольких поддерживаемых труб на участке заданной длины.

3.58 **радиус изгиба:** Радиус изгиба гибкой трубы, измеренный от осевой линии трубы.

3.59 **райзерное основание:** Конструкция, располагающаяся на морском дне, которая используется для обеспечения герметичного соединения между гибким райзером и трубопроводом.

Примечание — Райзерное основание может быть оконечным устройством трубопровода или манифольдом (PLET или PLEM).

3.60 **рама подводного буя:** Конструктивная часть подводного буя, включающая в себя направляющие желоба, места крепления для хомутов и цистерны либо элементы плавучести, а также точки соединения с аппаратными средствами канатов.

3.61 **распыленная пена:** Полимерная пена, не содержащая микросфер или макросфер.

3.62 **раструб:** Часть направляющей трубы в форме расширения, предназначенная для предупреждения перегибов гибкой трубы.

3.63 **реактивная муфта:** Стыковочная конструкция ограничителя изгиба, включающая разъемный кожух, который крепится хомутом вокруг концевого фитинга гибкой трубы.

3.64 **реактивный фланец:** Стыковочная конструкция ограничителя изгиба, включающая разъемный фланец, который напрямую крепится болтами к опорной конструкции, над которой собирается элемент ограничителя изгиба.

3.65 **ремонтный хомут:** Хомут, охватывающий поврежденный участок гибкой трубы в качестве средства ремонта такого участка.

3.66 **свободный радиус сцепления:** Радиус ограничителя изгиба во время сцепления без приложенной нагрузки.

3.67 **синтактическая пена:** Композитный материал, состоящий из полимерной матрицы, содержащей только микросферы.

3.68 **смесь:** Специальная смесь составляющих компонентов для полимерных материалов.

3.69 **соединение гибкого райзера с основанием:** Конструктивный узел, обеспечивающий соединение концевого фитинга гибкой трубы с основанием райзера.

3.70 **соединитель:** Устройство, обеспечивающее герметичное соединение концевого фитинга с прилегающими трубами.

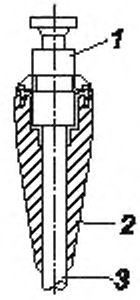
Примечание — Соединитель не включает концевые фитинги гибких трубопроводов.

3.71 **стойкость к смятию:** Максимально допустимая нагрузка сжатия, не вызывающая потери устойчивости и целостности трубопровода.

3.72 **стыковочная конструкция:** Конструкция, передающая нагрузки от элемента жесткости на изгиб или ограничителя изгиба на прилегающую конструкцию.

3.73 **стыковочная конструкция, прилегающая к концевому фитингу:** Стыковочная конструкция элемента жесткости на изгиб, внутри которой располагается концевой фитинг.

Примечание — Пример стыковочной конструкции элемента жесткости на изгиб, прилегающей к концевому фитингу, показан на рисунке 3.



1 — соединительная арматура, *2* — элемент жесткости на изгиб; *3* — гибкая труба

Рисунок 3 — Пример стыковочной конструкции элемента жесткости на изгиб, прилегающей к концевому фитингу

3.74 **сухой ремонт:** Ремонт гибкой трубы, извлеченной из воды.

3.75 **термальное старение:** Ухудшение характеристик материала на молекулярном уровне под воздействием времени и температуры.

3.76 **термический удар:** Резкое (мгновенное) изменение температуры.

3.77 **уплотнение I/J-образных труб:** Приспособление, устанавливаемое вокруг гибкой трубы и используемое для обеспечения герметичного уплотнения в I/J-образной трубе в целях сдерживания внутри жидкости, препятствующей коррозии.

3.78 **устройство обеспечения жесткости на изгиб:** Вспомогательный компонент конической формы, который локально поддерживает трубу для ограничения величины изгибающих напряжений и изгиба трубы до приемлимых уровней.

Примечание — Гибкая труба проходит через устройства обеспечения жесткости на изгиб, закрепляемые на концевом фитинге или на опорной конструкции.

3.79 **устройство ограничения изгиба:** Устройство, используемое для ограничения изгиба гибкой трубы.

Примечание — К устройствам ограничения изгиба относятся ограничители изгиба, устройства обеспечения жесткости на изгиб и раструбы.

3.80 **устройство передачи нагрузки:** Устройство, используемое для передачи нагрузок от концевого фитинга гибкой трубы или стыковочной конструкции ограничителя изгиба на верхние конструкции, но не предназначенное для работы под давлением.

3.81 **химическое старение:** Ухудшение характеристик материала на молекулярном уровне под воздействием времени и химикатов.

3.82 **хомут внутреннего зажима:** Конструктивный элемент определенных модулей плавучести, при помощи которого прикрепляют внутренний корпус зажима к гибкой трубе.

Примечание — Хомут внутреннего зажима расположен в пределах внутренней части элемента плавучести.

3.83 **цистерна плавучести:** Сосуд, заполненный газом под избыточным (внутренним) давлением, равным или превышающем давление окружающей среды (воды), который является частью конструк-

ции подводного буя и служит для обеспечения необходимой подъемной силы (высокой положительной плавучести) при удержании последнего в проектном (рабочем) положении.

3.84 **чистая плавучесть:** Плавучесть, определяемая с учетом всех элементов подводного буя или модуля плавучести.

3.85 **элемент жесткости на изгиб для I-образной трубы:** Элемент жесткости на изгиб, прикрепляемый к верхнему соединению гибкой трубы, которая оспускается с судна/платформы через I-образную трубу.

Примечание — Пример элемента жесткости на изгиб I-образной трубы показан на рисунке 2.

3.86 **элемент ограничителя изгиба:** Составная часть ограничителя изгиба.

Примечание — Несколько частей состыковываются вместе по длине и образовывают целый ограничитель изгиба.

3.87 **элемент плавучести:** Часть модуля плавучести или некоторое количество подводных буев, обеспечивающие модулю или бую выталкивающую силу.

Примечание — Элемент плавучести включает в себя плавучий материал, который может иметь защитный внешний слой. Он не включает цистерны плавучести.

3.88 **якорное основание:** Конструкция, которая используется для закрепления одного конца каната на морском дне.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

σ_b — изгибная компонента напряжений;

σ_m — мембранная компонента напряжений;

σ_q — дополнительное напряжение;

σ_{sc} — предельные напряжения;

$(\sigma_X)_e$ — интенсивность напряжений, рассчитываемая для компоненты σ_X;

ЗИП — запасные части, инструменты и принадлежности;

ЛКП — лакокрасочное покрытие;

ПСИ — приемо-сдаточные испытания;

ТНПА — телеуправляемый необитаемый подводный аппарат;

УФ — ультрафиолет.

5 Общие положения

5.1 Функциональные требования

Перед началом проектирования вспомогательного оборудования необходимо учитывать следующие общие сведения о проекте:

- наименование проекта;
- район эксплуатации;
- условия и срок поставки;
- место поставки;
- условия и сроки поставки.

Функциональные требования, предъявляемые к вспомогательному оборудованию, должны соответствовать требованиям к гибким трубопроводам, совместно с которыми данное оборудование будет эксплуатироваться.

Изготовитель вспомогательного оборудования вправе уточнить функциональные требования в случае, если они могут повлиять на проектирование, выбор применяемых при изготовлении материалов, процессы изготовления и испытания вспомогательного оборудования.

Вспомогательное оборудование для гибких трубопроводов должно обеспечивать следующие минимальные функциональные требования:

- восприятие всех расчетных нагрузок;
- выполнение своих функций в течение всего срока службы;
- соответствие применяемых материалов условиям окружающей среды, в которой они эксплуатируются;
- удовлетворение требований к защите от коррозии, представленных в 5.2.6, для применяемых металлических материалов.

5.1.1 Параметры проектирования гибких трубопроводов

Перед началом проектирования вспомогательного оборудования необходимо предоставление перечня технических данных по всем гибким трубопроводам, к которым будет подсоединяться вспомогательное оборудование.

5.1.2 Температура

При проектировании вспомогательного оборудования необходимо учитывать минимальную и максимальную температуры воздуха, в которых будет эксплуатироваться оборудование с элементами из полимерных или композитных материалов, для следующих условий:

- хранения;
- транспортирования;
- монтажа;
- обслуживания.

Также необходимо учитывать минимальную и максимальную температуры воды, в которых будут эксплуатироваться элементы вспомогательного оборудования:

- из композитных материалов, которые будут полностью или частично погружены в воду;
- из металлических материалов, которые будут полностью или частично погружены в воду, которым требуется выделенная система антикоррозионной защиты.

В случаях, когда полимерные или композитные элементы вспомогательного оборудования находятся в прямом контакте с внешней поверхностью трубопровода, как постоянно, так и временно, необходимо учитывать следующее:

а) минимальную и максимальную температуры внешней поверхности трубопровода, которые зависят от температуры флюида внутри трубы, на основе следующей минимальной группы факторов:

1) рабочие температуры;
2) температуры высаженного конца трубы (количество и диапазон циклов);
3) влияние охлаждения газа (кривая время/температура);
4) тепловые характеристики флюида;
5) характеристики потока;
6) условия хранения, транспортировки и установки (где применимо);

б) значение коэффициента теплопроводности для трубопровода, минимальную и максимальную температуру транспортируемого флюида на основе факторов 1)—6) перечисления а).

Кроме этого необходимо принимать во внимание диаметр, используемый для определения значения коэффициента теплопроводности. В тех случаях, когда значение коэффициента теплопроводности указывается на единицу длины, необходимо уточнение к какой справочной длине это относится.

5.1.3 Внешняя среда

При проектировании вспомогательного оборудования необходимо учитывать воздействие солнечной радиации на внешние полимерные или композитные элементы при эксплуатации, а также ожидаемую суммарную продолжительность времени такого воздействия при хранении, транспортировке и монтаже. Определение допустимых уровней облучения УФ представлено в ГОСТ Р 59308.

5.1.4 Защита от коррозии

При проектировании вспомогательного оборудования необходимо предусмотреть антикоррозионное покрытие для металлических конструкций, включая стыковочные элементы и крепеж. В качестве альтернативы возможно применение допуска на коррозию конструкционных материалов или применение материалов, устойчивых к коррозии.

5.1.5 Монтаж

При проектировании вспомогательного оборудования должны быть учтены нагрузки, воздействующие на данное оборудование, при выполнении его монтажа и/или монтажа гибких трубопроводов.

5.1.6 Проектные нагрузки

При проектировании вспомогательного оборудования должны быть учтены нагрузки, которые вызваны воздействием гибких трубопроводов, согласно перечню, приведенному в ГОСТ Р 59309.

Значения коэффициентов надежности, примененные при выполнении расчетов гибких трубопроводов, должны быть использованы при расчетах вспомогательного оборудования.

При проектировании необходимо определить перечень элементов постоянного вспомогательного оборудования, которые необходимо подвергать мониторингу конструктивной целостности с учетом применяемого коэффициента запаса усталостной прочности.

5.1.7 ЗИП

Заказчик должен установить требования к количеству ЗИП для вспомогательного оборудования.

5.1.8 Маркировка

Маркировка вспомогательного оборудования должна соответствовать маркировке гибких трубопроводов, совместно с которыми оно будет эксплуатироваться. Минимальные требования к маркировке приведены в 5.7.1.

5.1.9 Опознавательная окраска

Требования к опознавательной окраске вспомогательного оборудования должны соответствовать принятой в проекте схеме окраски.

5.1.10 Документация

Состав документации на вспомогательное оборудование должен соответствовать перечню, представленному в 5.5.

5.2 Требования к проектированию

5.2.1 Общие положения

Проектирование вспомогательного оборудования должно быть основано на функциональных требованиях. Вся подобная информация должна определяться в исходных данных для проектирования (см. 5.5.2), включая расчетные случаи нагружений и критерии приемлемости для проектирования.

Расчетные случаи нагружений должны быть определены с целью анализа влияния функциональных, случайных нагрузок и нагрузок от окружающей среды на вспомогательное оборудование.

5.2.2 Комбинации нагрузок и условия нагружения

Вспомогательное оборудование должно быть спроектировано с учетом всех действующих на него нагрузок и комбинаций данных нагрузок.

Условия нагружения должны учитывать такие состояния, как транспортировка гибких трубопроводов, на которые установлено вспомогательное оборудование, монтаж, эксплуатация, усталость, случайные нагрузки и испытание гибких трубопроводов (в условиях, когда нагрузки возникают во вспомогательном оборудовании). Сочетания нагрузок с вероятностью повторяемости менее 10^{-4} допускается не учитывать. Сочетания нагрузок в условиях ПСИ должны быть определены в программе ПСИ.

Результаты анализа условий нагружения должны быть отражены в отчетной документации по проекту.

Вероятность одновременного возникновения различных сочетаний нагрузок должна быть представлена в исходных данных для проектирования (см. 5.5.2).

5.2.3 Критерии проектирования

Элементы вспомогательного оборудования, выполненные из стали (за исключением ферменных конструкций, технологических емкостей или грузоподъемного оборудования) необходимо проектировать в соответствии с критериями, изложенными в таблице 1, а элементы, выполненные из других материалов (прочих металлов, полимеров, композитов), следует проектировать в соответствии со стандартами, распространяющимися на данные типы материалов, с учетом требований данного пункта.

Таблица 1 — Допустимые коэффициенты использования для стали

Компонент напряжения	Интенсивность напряжений, рассчитываемая для компоненты напряжений σ_x конструкционная прочность [2]	Условия эксплуатации [1]			Монтаж		Испытание под гидростатическим давлением и полевые ПСИ [1], [3]
		Нормальная эксплуатация		Ненормальная			
		Периодическая	Экстремальная				
		Эксплуатационные нагрузки и нагрузки от воздействий окружающей среды	Эксплуатационные нагрузки нагрузки от воздействий окружающей среды и аварийные нагрузки	Эксплуатационные нагрузки, нагрузки от воздействий окружающей среды и аварийные нагрузки	Эксплуатационные нагрузки и нагрузки от воздействий окружающей среды	Эксплуатационные нагрузки, нагрузки от воздействий окружающей среды и аварийные нагрузки	
Мембранное напряжение	$(\sigma_m)e/\sigma_{sc}$	0,67/0,55 [4]	0,85	0,85	0,67	0,85	0,91
Мембранное и изгибающее напряжения	$(\sigma_m + \sigma_b)e/\sigma_{sc}$ [2]	1,0/0 825	1,275	1,275	1,0	1,275	1,365
Мембранное, изгибающее и вторичное напряжения	$(\sigma_m + \sigma_b + \sigma_q)/\sigma_{sc}$ [2]	2,0/1,65	2,55	2,55	2,0	2,55	2,73

[1] Условия нагружения соответствуют условиям нагружения гибкого трубопровода, на который устанавливается вспомогательное оборудование.

[2] В соответствии с допускаемыми напряжениями по [1].

[3] Применимо к вспомогательному оборудованию, которое ограничивает вариации внешнего диаметра гибкой трубы, такие как, например, зажимные устройства.

[4] Только для вспомогательного оборудования для поддержания давления.

Для ферменных конструкций допустимые деформации должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 54483, ГОСТ Р 57555, ГОСТ Р 58283, СП 369.1325800 (см. также [2]). Вспомогательное грузоподъемное оборудование должно проектироваться с учетом соответствующих положений ГОСТ 1451, ГОСТ 18477, ГОСТ 20231, ГОСТ 20259, ГОСТ Р 50046, ГОСТ Р 51876, ГОСТ Р 52202, ГОСТ Р 53210, ГОСТ Р 53350, см. также [3]—[6].

Анализ коррозии (согласно 5.2.6) должен показать, что износ материала от коррозии не вызывает превышения значений коэффициента использования, приведенных в критериях по данному разделу, при сочетании всех нагрузок.

Значения коэффициентов использования, которые указаны в таблице 1 и которые не применимы к конструкциям ферм, сосудам высокого давления, вспомогательному оборудованию, которое выполняет подъемную функцию или канатам, должны рассчитываться в качестве соотношения напряжения по Фон Мизесу, т. е. напряжения указанного компонента или суммы компонентов напряжения в определенной точке конструкции по отношению к конструктивной прочности. Расчетное значение должно включать динамические нагрузки в тех случаях, когда это применимо.

Предельные напряжения растяжения принимают равными пределу текучести либо 0,9 значения временного сопротивления, причем испытание прочности на разрыв будет точно определять только последнее значение. Значение текучести или предельной прочности, которое используется для проектирования, должно составлять либо среднее значение минус два стандартных отклонения от задокументированных данных испытания, либо минимальное значение, сертифицированное поставщиком.

Примечание — Значения коэффициентов использования стали были выбраны в целях согласованности со значениями данных коэффициентов, приведенных для стальных элементов гибкой трубы в ГОСТ Р 59309.

Критерии для напряжения изгиба σ_b и концентраций напряжения σ_q (вторичных напряжений) вырабатывают на основе допустимых напряжений согласно ГОСТ 33005 и ГОСТ Р 59309.

Коэффициент использования для полимерных и композитных материалов может представлять собой коэффициент либо максимально допустимой деформации либо напряжения и применяется в следующих случаях:

- поведение материалов при напряжении/деформации, которое определяется путем испытания материалов в незначительном масштабе;

- снижение механических характеристик по причине старения в указанной среде, если максимальные допустимые значения деформации или напряжения приведены для нестареющего материала. Влияние снижения характеристик через коэффициент использования допускается игнорировать для нагрузок, которые накладываются в начале срока использования (установка и ПСИ гибкой трубы под гидростатическими нагрузками);

- характеристики ползучести, если элемент подвержен постоянной нагрузке. Коэффициент использования будет таким, чтобы предотвратить разрушение при ползучести или потерю соответствия функциональным требованиям в течение срока службы, если только не был выполнен анализ ползучести, и не было продемонстрировано, что разрушения материала или потери соответствия функциональным требованиям не будет.

Расчеты срока службы до усталостного разрушения должны быть выполнены в соответствии с требованиями 5.2.5. В тех случаях, когда проводился расчет, прогнозируемый срок службы до усталостного разрушения стальных элементов, внешние поверхности которых были недоступны для контроля размера трещин, но которые являются критически важными с точки зрения усталости конструкций, должен не менее чем в 10 раз превышать требуемый срок службы. В тех случаях, когда проводился расчет, прогнозный срок службы до усталостного разрушения прочих металлических материалов (например, титана), а также полимерных и композитных элементов должен рассчитываться с использованием коэффициента запаса усталостной прочности с выполнением независимой верификации и на задокументированной основе. В то же время, коэффициент запаса усталостной прочности должен не менее чем в 10 раз превышать требуемый срок службы для тех элементов, которые не могут быть осмотрены, и не менее чем в 3 раза превышать требуемый срок для тех элементов, которые могут быть осмотрены. В тех случаях, когда с практической точки зрения можно провести осмотр всех несущих элементов вспомогательного оборудования для установления размеров трещин, которые имеют критически важное значение для усталости конструкций согласно программе мониторинга целостности и состояния конструкций, данный коэффициент можно уменьшить до трех. Дополнительные рекомендации по мониторингу целостности представлены в ГОСТ Р 59308.

Примечание — Значение 10 для коэффициента срока службы до разрушения выбрано для согласования с соответствующим коэффициентом срока службы до разрушения для гибких труб по ГОСТ Р 59309. Данный коэффициент относится к стальным армирующим слоям трубы, работающим на давление и на растяжение. Коэффициент 3 отвечает общепринятой в отрасли практике для стальных элементов, когда все места с недостатками, которые потенциально могут привести к усталости конструкций, доступны для осмотра.

В качестве альтернативного метода проектирования может быть применено проектирование, в основу которого положена надежность. Следует рассмотреть все соответствующие критерии проектирования для случаев проектирования, в основу которых положена надежность. Должно быть доказано, что достигаемый уровень безопасности не ниже, чем тот, который определяется данным стандартом для сравнимых случаев проектирования.

5.2.4 Требования к проектированию вспомогательного оборудования

При помощи расчета (в соответствии с 5.2.3) должно быть продемонстрировано, что напряжения и деформации во вспомогательном оборудовании находятся в допустимых пределах для соответствующих материалов. Требования по применению металлических, полимерных и композитных материалов представлены в 5.2.3. В анализе должно быть учтено следующее:

- проектные нагрузки, представленные в функциональных требованиях и в соответствии с проектными нагрузками, приведенными в разделе о нагрузках для вспомогательного оборудования;

- предварительные нагрузки в элементах крепления и хомутах;

- напряжения во всех элементах, включая элементы крепления и сварные швы;

- любые концентрации напряжений в зонах геометрической несплошности, таких как отверстия болтов и радиусы закруглений. Концентрации напряжений должны определяться с использованием метода конечных элементов.

Анализ местных напряжений в металлических конструкциях должен выполняться с учетом соответствующих положений ГОСТ Р 54483, ГОСТ Р 57555, ГОСТ Р 58283, СП 369.1325800, СП 58.13330,

см. также [2], [7]. Некоторые стандарты применяются к фиксированным конструкциям, определенные требования относятся и к конструкциям, которые не зафиксированы.

Необходимо выбирать предварительную нагрузку для статических вариантов применения, чтобы обеспечить достаточное сжатие элементов, крепящихся болтами с целью сопротивления внешним нагрузкам и создания достаточных сил трения между элементами с целью сопротивления поперечным нагрузкам без превышения коэффициентов из таблицы 1 или, если это не применимо, соответствующих стандартов проектирования конструкций. Для динамических вариантов применения предварительные нагрузки, кроме того, должны быть достаточными, чтобы ограничить долю циклических напряжений, которые воспринимает болт, чтобы были соблюдены критерии срока службы до усталостного разрушения в соответствии с 5.2.3.

5.2.5 Срок службы

5.2.5.1 Общее

Срок службы постоянного вспомогательного оборудования должен составлять не менее срока службы гибкого трубопровода, совместно с которым он эксплуатируется.

5.2.5.2 Статические условия

При определении срока службы постоянного вспомогательного оборудования должны учитываться характеристики материалов. Минимальная прочность металлических материалов и минимальная прочность или удлинение при разрыве полимерных и композитных материалов в течение срока службы трубопровода необходимо учитывать при проектировании.

При определении срока службы должно быть учтено следующее:

- ползучесть по причине долгосрочных нагрузок, изменений размера и деформация при разрыве в эксплуатационной среде;
- коррозия металлических элементов, если только документально не подтверждено, что металл устойчив к коррозии в указанной среде.
- старение полимерных и композитных материалов (по причине механической, химической и термальной деградации).

В дополнение учету ползучести применяемых материалов необходимо принимать во внимание, что ползучесть полимерных и композитных элементов, которые подвержены постоянной нагрузке, не приводила к превышению напряжений/деформаций допустимых пределов.

5.2.5.3 Динамические условия

Для динамических условий также применимы требования, предъявляемые к статическим условиям, изложенные в 5.2.5.2.

Расчеты усталости не требуются для металлических элементов при динамических условиях применения, если в ходе испытания материала было продемонстрировано, что все диапазоны напряжений материалов, в том числе концентрации напряжений (включая крепежные элементы и сварку), находятся ниже задокументированного и верифицированного предела прочности, который установлен в ходе испытания и согласован с заказчиком. Если какое-либо напряжение усталости превышает данный предел прочности, или же предел прочности невозможно установить, в основе повреждения от усталости будет лежать метод Майнера или другие методы из соответствующего стандарта с использованием S-N кривых, которые были проверены для используемых металлических материалов в применимых рабочих средах.

Анализ усталости не требуется для полимерных и композитных элементов при динамических вариантах применения, если в ходе испытания материала было продемонстрировано, что все диапазоны напряжений материалов, в том числе концентрации напряжений находятся ниже задокументированного и верифицированного предела прочности, который согласован заказчиком. Когда какое-либо напряжение усталости превышает данный предел прочности или же предел прочности невозможно установить, то повреждение от усталости должно рассчитываться с использованием проектных кривых усталости, которые были проверены для материалов, используемых для указанных частот циклических нагрузок и в применимых рабочих средах. Срок службы до разрушения от усталости можно также продемонстрировать при помощи испытания прототипа. В тех случаях, когда используются испытания прототипа, условия испытания, включая величину диапазона нагрузок и температуру материала, должны отражать особенности конкретного варианта применения. Количество циклов нагрузок должно быть достаточным для того, чтобы продемонстрировать требуемый коэффициент запаса усталостной прочности. При демонстрации срока службы до разрушения от усталости должно учитываться воздействие процесса производства и габаритов полноразмерной продукции на срок службы материалов до разрушения от усталости.

5.2.6 Защита от коррозии

Все внешние металлические поверхности постоянного вспомогательного оборудования должны быть подготовлены и покрыты в соответствии с единой системой защиты от коррозии и старения, если только документально не подтверждено, что материал устойчив к коррозии в указанной среде или применяется подходящий допуск на коррозию. При выборе системы защиты от коррозии должна учитываться продолжительность срока, в течение которого элемент находится на хранении, а также, если это применимо, учитываться продолжительность срока, в течение которого элемент находится под водой до момента начала операций по установке. Временное вспомогательное оборудование должно быть защищено в соответствии с вышеизложенными требованиями на тот случай, если его хранение до использования, как на берегу, так и в море или под водой приводит к коррозии, которая способна повлиять на его функциональные требования.

При выборе материалов должно учитываться воздействие гальванической коррозии, если это способно привести к тому, что значения коэффициентов использования превысят допустимые лимиты. Если существует возможность возникновения гальванической коррозии, разнородные металлы должны быть изолированы друг от друга при помощи изоляции, покрытия, достаточного допуска по коррозии или блокирования положения о защите от коррозии.

Требования по допускам для внутренней и внешней коррозии должны оцениваться в соответствии с местонахождением, условиями установки и требованиями, изложенными в разделе о функциональных требованиях для того вспомогательного оборудования, о котором идет речь. Производитель должен задокументировать данную оценку и ее воздействие на элементы вспомогательного оборудования.

Устойчивый к коррозии наружный слой или устойчивые к коррозии сплавы допускается использовать вместо применения допусков по коррозии. У производителя должны быть задокументированные отчеты по пригодности устойчивого к коррозии наружного слоя или сплавов для конкретного варианта применения и среды. Коррозионно-стойкие крепления должны проектироваться с учетом соответствующих положений ГОСТ ISO 898-1, ГОСТ ISO 898-2, ГОСТ ISO 3506-1, ГОСТ ISO 3506-2, ГОСТ 5632, ГОСТ Р ИСО 4017.

Расчет толщины постоянных металлических элементов должен включать допуски на равномерную коррозию, рассчитанные на весь срок службы, если только документально не подтверждено, что материал устойчив к коррозии в указанной среде или защищен системой защиты от коррозии.

Эффект коррозии металлических элементов возникает из-за постоянного контакта с морской водой соответствующей солености и содержанием кислорода.

Все внешние металлические поверхности должны быть защищены специально выделенной системой защиты от коррозии, которая должна быть достаточно эффективной для того, чтобы обеспечивать защиту от коррозии в течение указанного срока службы, если только не применим один/все из следующих мероприятий:

- документально подтверждено, что материал устойчив к коррозии в указанной среде;
- применяется достаточный допуск по коррозии;
- конструкция защищена смежной системой защиты от коррозии;
- конструкция требуется только на временной основе, т. е. для установки, техобслуживания или ремонта.

Проектная методология для системы катодной защиты должна быть задокументирована. Если вспомогательное оборудование зависит от антикоррозийной защиты прилегающей конструкции, производитель должен предоставить задокументированное обоснование в отчете о проектировании в пользу того, что такая прилегающая система защиты от коррозии совместима с оборудованием и обладает достаточной эффективностью для того, чтобы обеспечивать защиту вспомогательному оборудованию в течение указанного срока службы.

Производитель должен проектировать вспомогательное оборудование таким образом, чтобы оно было совместимо с системой защиты от коррозии (если таковая имеется), указанной заказчиком.

5.3 Требования к материалам

5.3.1 Общие положения

5.3.1.1 У производителя должны быть результаты испытаний, демонстрирующие, что материалы, выбранные для конкретного применения, соответствуют функциональным требованиям, указанным для вспомогательного оборудования, в течение всего срока службы при условиях хранения, транспортировки, установки и эксплуатации. Данные, указанные в отчетах об испытаниях, должны соответствовать

разделам о требованиях к аттестации вспомогательного оборудования. В тех случаях, когда подходящих отчетов об аттестации не существует, производитель должен организовать испытание, которое бы соответствовало целевому применению в соответствии с разделом о требованиях к аттестации вспомогательного оборудования.

5.3.1.2 Все материалы, использованные в производстве вспомогательного оборудования, должны быть совместимы с морской водой при проектных температурах в тех случаях, когда это применимо, и это должно быть подтверждено документально.

5.3.1.3 Производитель должен документально подтвердить, что все смазки и покрытия совместимы со всеми материалами вспомогательного оборудования, с которым они контактируют.

5.3.2 Требования к аттестации. Общие положения

5.3.2.1 Физические, механические, химические и эксплуатационные характеристики всех материалов во вспомогательном оборудовании должны быть верифицированы производителем при помощи задокументированной программы аттестации. Программа должна подтвердить соответствие каждого материала на основании результатов испытания и анализов, которые должны продемонстрировать и документально подтвердить пригодность материалов для целевого назначения в течение указанного срока службы вспомогательного оборудования. Программа аттестации, как минимум, должна включать испытания, указанные в разделе по требованиям к аттестации вспомогательного оборудования. При аттестации материалов путем испытания следует учесть все процессы (а также их вариации), которые применялись при производстве вспомогательного оборудования, которые могут снизить свойства и характеристики, требуемые по проекту.

5.3.2.2 Документально подтвержденный опыт работы может быть принят в качестве подтверждения долгосрочных свойств в тех средах, которые по жесткости условий равны или мягче сред в задокументированном опыте. Это может быть предоставлено в форме обобщающего документа, который связывает предыдущий опыт с текущим вариантом применения материала и условиями эксплуатации на основе отслеживаемой логики и четко определенных критериев приемлемости по отношению к следующему.

- средние напряжения/деформации при усталостной нагрузке, диапазоны напряжений/деформаций и сопутствующее количество циклов;
- напряжения/деформации по причине постоянных нагрузок (нагрузки, вызывающие разрушения вследствие ползучести);
- температура, включая температуры воздуха и морской воды, а также температуры, которые возникают из-за близости к гибкой трубе, если это применимо;
- подверженность УФ в тех случаях, когда применимо;
- коррозионная активность среды по отношению к металлическим материалам, включая температуру, соленость морской воды и содержание растворенного в ней кислорода;
- воздействия окружающей среды, которые вызывают старение полимерных и композитных материалов (см. 5.3.4.3).

Обобщающий документ должен включать любые сочетания вышеупомянутого, которые воздействуют на долгосрочные свойства материалов.

5.3.2.3 Методы испытания должны быть такими, как указано в таблице 2, или же, если они отличаются, их эквивалентность должна быть задокументирована. Модификации стандартных процедур испытания допускается выполнять, если модификации и соответствующие весомые обоснования задокументированы в документах по аттестации материалов. Производители могут использовать свои собственные методы/критерии или же другие методы/критерии, разработанные поставщиками сырья. В таких случаях методы/критерии должны документироваться, а результаты коррелироваться с определенным применением материала. Задокументированные параметры аттестации должны быть верифицированы независимой проверяющей организацией.

Таблица 2 — Общие процедуры испытания полимерных материалов

Испытания	Обозначение стандарта
Устойчивость к истиранию	ГОСТ 426, ГОСТ 20811, ГОСТ 32300
Устойчивость к старению	См. 5.4.4, ГОСТ ISO 188, ГОСТ 9.029, ГОСТ 9.030, ГОСТ 9.065, ГОСТ 9.066, ГОСТ 9.070, ГОСТ 9.308, ГОСТ 9.403, ГОСТ 9.408, ГОСТ 9.409, ГОСТ 9.713, ГОСТ Р 51372

Окончание таблицы 2

Испытания	Обозначение стандарта
Прочность на сжатие, модуль удлинения при разрыве	ГОСТ 25.503, ГОСТ 1497, ГОСТ 4651, ГОСТ 18299, ГОСТ ISO 7743
Плотность	ГОСТ 14359, ГОСТ 15139
Жесткость	ГОСТ 270, ГОСТ 24621
Температура тепловой деформации	ГОСТ 12021, ГОСТ 32657, ГОСТ 34371
Ударная вязкость	ГОСТ 4647, ГОСТ 9454
Озоностойкость	ГОСТ 9.026
Прочность на сдвиг, модуль удлинения при разрыве	ГОСТ 24778, ГОСТ ISO 1827
Прочность на разрыв	ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553
Прочность на растяжение, модуль, удлинение при разрыве	ГОСТ 11262, ГОСТ 34370
Поглощение воды	ГОСТ 4650

5.3.2.4 Производитель должен определить допустимые уровни подверженности УФ для полимерных и композитных материалов, которые могут оставаться на солнечном свету во время хранения, транспортировки, установки или обслуживания. Данное требование может применяться к материалам для покрытий.

5.3.2.5 У производителя должны быть документально подтвержденные методики прогнозирования свойств полимеров для указанного срока службы. У производителя должны быть доступны для рассмотрения продавцом отчеты об испытаниях и оценке, которые демонстрируют, что методы дают консервативные результаты.

5.3.2.6 Сопротивление истиранию и ударная прочность, измеренные в ходе мелкомасштабных испытаний материала, должны использоваться только как сравнительные меры, так как сложно точно имитировать реакцию на конкретные сценарии истирания или ударной нагрузки.

5.3.3 Требования к аттестации. Металлические материалы

5.3.3.1 Металлические материалы для конструктивных элементов должны соответствовать ГОСТ 14637, ГОСТ 23118, ГОСТ 27772, ГОСТ Р 52927, СП 16.13330.

5.3.3.2 При выборе металлических материалов для постоянного вспомогательного оборудования должно учитываться коррозионное воздействие, соответствующее среде, которой будет подвержен материал в течение указанного срока службы вспомогательного оборудования.

5.3.3.3 Металлические материалы для крепежа должны выбираться в соответствии с ГОСТ ISO 898-1, ГОСТ ISO 898-2, ГОСТ ISO 3506-1, ГОСТ ISO 3506-2, ГОСТ Р ИСО 4017.

5.3.3.4 Должно быть документально подтверждено, что металлические материалы, которые необходимо соединить с системой защиты от коррозии, не подвержены водородной деполяризации от катодного заряжения, достигающего степени, приводящей к водородной хрупкости в течение указанного срока службы. В частности, титановые материалы, соединенные с системами защиты от коррозии, должны быть защищены от образования гидридов титана путем применения электроизоляционных покрытий или иным способом. Аттестация металлических материалов по отношению к водородной хрупкости должна установить на основании результатов испытаний приемлемые диапазоны механических свойств (например, твердость и предел текучести) обрабатываемых материалов (готовая продукция). Процесс аттестации также должен включать определение соответствующих методов испытания для проверки данных свойств во время производства.

5.3.3.5 Должны быть предприняты меры для предотвращения истирания титановых элементов при помощи использования защитных покрытий, смазки или иным способом.

5.3.3.6 Скорость коррозии следует измерять в ходе испытаний. Общую скорость коррозии и образование раковин следует документировать и использовать для того, чтобы установить минимальный и наиболее вероятный срок службы на основании ожидаемых условий эксплуатации.

5.3.4 Устойчивость к старению

5.3.4.1 У производителя должны иметься задокументированные модели прогнозирования старения для полимерных и композитных материалов вспомогательного оборудования. В основе моделей должны лежать испытания и опыт, они должны прогнозировать старение или ухудшение свойств под влиянием условий окружающей среды и условий нагрузок, которые в ходе испытания были признаны актуальными. Особое внимание следует уделить депластификации, гидролизу, поглощению воды, ползучести и изменению размеров. Модели старения могут включать концепции накопленного ущерба, основанные на временных блоках или эксплуатационных циклах температуры/давления при различных условиях контакта. Старение может определяться изменением либо указанных механических свойств, либо указанных физикохимических характеристик, что включает в себя снижение содержание пластификатора в материале. Сопротивление старению следует документировать при помощи испытания на ускоренное старение в соответствии с ГОСТ ISO 188, ГОСТ Р 51372.

5.3.4.2 В качестве части программы аттестации материала изготовитель должен задокументировать методы прогнозирования свойств материалов для полимерных и композитных материалов в течение указанного срока службы. У производителя должны быть доступны для рассмотрения продавцом отчеты о испытаниях и оценивании, которые демонстрируют, что методы приносят консервативные результаты. При прогнозировании свойств материалов в конце срока службы необходимо учесть все ожидаемые явления старения, включая термальное, окислительное и химическое старение в тех случаях, когда это применимо, а также прочие механизмы разрушения материала.

5.3.4.3 У изготовителя должна быть в наличии документация, которая демонстрирует, что материал не разрушается в течение срока службы до такого состояния, что перестает соответствовать функциональным требованиям. В список воздействий и параметров, которые необходимо учесть при оценке разрушения материала, следует включить следующее:

- контакт с морской водой;
- контакт с озоном в воздухе, если материал подвержен озонному разрушению;
- контакт с солнечным светом;
- максимальная проектная температура;
- механические нагрузки.

5.3.4.4 Свойства полимерных или композитных материалов должны быть задокументированы и проверены в испытаниях для образцов материалов, подвергнутых старению.

5.3.5 Требования обеспечения качества. Общее

5.3.5.1 Все материалы, используемые во вспомогательном оборудовании, должны приобретаться в соответствии либо со спецификацией материалов в письменном виде, либо в соответствии с промышленным стандартом. Спецификация должна включать измеримые физические, механические, химические и эксплуатационные характеристики и допуски.

5.3.5.2 Все поставщики производителя должны иметь задокументированную систему обеспечения качества.

5.3.5.3 Металлические материалы, как минимум, должны быть сертифицированы в соответствии с ГОСТ 31458. Испытание материалов должно проводиться на рабочей площадке поставщиков или производителей в соответствии с требованиями таблицы 3. Результаты испытаний должны отображаться на сертификатах испытания материалов.

Таблица 3 — Минимальные требования к контрольному испытанию качества сырья

Материал	Испытание	Количество
Полимер	Время загустевания	Один на партию
Микросферы и макросферы	Давление гидростатического разрушения	Один на партию
Металл	См. 5.3.5.5	См. 5.3.5.5

5.3.5.4 Результаты испытаний должны соответствовать спецификациям производителя. Результаты всех испытаний, проведенных производителем и/или поставщиками сырья, должны быть доступны для рассмотрения заказчиком.

5.3.5.5 Контроль качества металлического сырья должен выполняться в соответствии со стандартом, по которому выбирались определенная марка или уровень качества металла.

5.3.6 Требования обеспечения качества. Требования к документации

Спецификации производителей в письменном виде на металлические, полимерные и композитные материалы должны как минимум включать требования таблицы 4.

Таблица 4 — Требования к спецификациям материалов

Требования	Металлические материалы	Полимерные и композитные материалы
Состав материалов/химические требования с допусками	X	—
Основной базовый полимер (ГОСТ Р 52367)	—	X
Требования к физическим и механическим свойствам	X	X
Требования к хранению и контролю возраста	X	X
Требования к неразрушающему контролю	X	X
Требования приемлемости и/или отбраковки	X	X
Требования к сертификации и отчетам	X	X
Требования к маркировке, упаковке, обработке и отслеживаемости	X	X
Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—»обозначает «не применимо».		

5.3.7 Требования обеспечения качества. Хранение

План обеспечения качества производителей должен отображать процедуры обработки, хранения и контроля сырья, что отражает важность чистоты материалов, сухости, химической чистоты и отслеживаемости на каждом этапе производства.

5.3.8 Требования обеспечения качества. Прослеживаемость

5.3.8.1 Материалы должны прослеживаться и должным образом маркироваться для легкой идентификации. Для полимерных и композитных составляющих материалов должны быть указаны тип материала, наименование поставщика и назначение.

5.3.8.2 Все сырьевые гигроскопичные полимерные материалы должны быть упакованы крупными партиями в запечатанные контейнеры, оснащенные водостойким уплотнителем. Поврежденные упаковки должны быть осмотрены на предмет того, привело ли повреждение к загрязнению материала. Загрязненный материал должен быть отбракован.

5.4 Требования к изготовлению

5.4.1 Требования обеспечения качества. Общее

5.4.1.1 Производственные операции должны выполняться в соответствии со спецификациями производителя в письменном виде, которые должны соответствовать требованиям данного раздела и требованиям раздела по производству.

5.4.1.2 Требования контроля качества для материалов, которые должны использоваться при производстве вспомогательного оборудования согласно 5.3.6—5.3.8.

5.4.2 Требования обеспечения качества. Документация

5.4.2.1 Любая обработка, которая конвертирует или воздействует на свойства материала, включая формовку, вулканизацию, отделку, сварку и покрытие, должна документироваться в спецификациях производителя. Спецификация должна включать отчет об области применения, лимитах критически важных параметров процесса, методах инспекции и испытания, а также критериях приемки/отбраковки. Спецификации должны быть согласованы инженерным и производственным персоналом, который назначит производитель. Спецификации производителя должны представлять собой контролируемые документы, которые должны быть доступны для оператора производственного оборудования.

5.4.2.2 Документ со спецификацией производителя должен быть доступен для рассмотрения заказчиком на территории производителя, в нем, как минимум, должно документироваться следующее:

- методология всего производственного процесса, включая контроль качества и неразрушающий контроль для вспомогательного оборудования, т. е. все элементы, включая крепеж, хомуты, смазку и все прочие предметы, которые являются неотъемлемой частью конечного продукта. Для получения информации о процессах, которые требуют задокументированной методологии, см. 5.4.3. Также см.

информацию по требованиям к ПСИ для готовой продукции, т. е. для конкретного вспомогательного оборудования в разделе по ПСИ;

- ссылки на спецификации и источники всех материалов, использованных при производстве вспомогательного оборудования, включая такие материалы, как смазку и материалы покрытий;

- все параметры, относящиеся к качеству готовой продукции, которые можно отследить в ходе процесса производства. Должны быть указаны как номинальные значения, так и диапазоны данных параметров. Информацию о минимальном наборе параметров, которые должны отслеживаться для полимерных и композитных элементов, см. 5.4.3.11.

5.4.2.3 Изготовитель должен постоянно хранить информацию о сроке службы вспомогательного оборудования, которая относится к производству, включая записи при производстве, сертификаты, документацию по осмотру и ПСИ.

5.4.3 Требования обеспечения качества. Контроль процесса

5.4.3.1 Все основные шаги производственного процесса подлежат инспекции. План производителя по обеспечению качества должен уточнять места, подлежащие инспекции, методы инспекции и критерии приемки. Результаты всех инспекций должны быть записаны. Производитель должен записать любое несоответствие, установленное в ходе производства вспомогательного оборудования.

5.4.3.2 У изготовителя должна, как минимум, быть задокументированная методология в тех случаях, когда это применимо, для следующих производственных процессов металлических элементов:

- машинной обработки;
- сварки конструктивных элементов (см. 5.4.3.3);
- неразрушающего контроля сварных соединений;
- нанесения покрытий, таких как антикоррозионное покрытие и покрытия против биологических наростов.

Прикрепления анодов системы коррозионной защиты в тех случаях, когда это применимо.

5.4.3.3 Производственные процессы для металлических элементов, включая сварочные операции, должны выполняться в соответствии с положениями ГОСТ 5264, ГОСТ 8713, ГОСТ 11533, ГОСТ 11534, ГОСТ 14771, ГОСТ 14776, ГОСТ Р ИСО 5817.

5.4.3.4 У производителя крепежа должны быть задокументированные процедуры контроля качества обработки крепежа. Данные процедуры должны включать требования по мониторингу температуры и продолжительности термальной обработки, что даст возможность убедиться в том, что предел текучести/твердость, которые необходимы, чтобы избежать водородной хрупкости или для соответствия прочим функциональным требованиям, находятся в соответствии с соответствующим стандартом на крепеж.

5.4.3.5 Производитель крепежа должен обладать соответствующими методами испытания во время производства, чтобы убедиться в том, что приемлемые диапазоны механических свойств находятся в соответствии с применимым стандартом на крепеж (например, твердость и предел текучести) для обрабатываемых материалов (готовой продукции), и что такие диапазоны соблюдаются для избежания водородной хрупкости или обеспечения прочих функциональных требований.

5.4.3.6 У производителя должна, как минимум, быть задокументированная методология в тех случаях, когда это применимо, для следующих производственных процессов полимерных элементов:

- смешивание составляющих элементов;
- подготовка формовки;
- процесс формовки;
- удаление из формы;
- вулканизация;
- отделка поверхностей, т. е. удаление заусенцев;
- несение защитных покрытий, таких как покрытие от истирания и покрытие против морского обрастания.

5.4.3.7 У производителя должны быть процедуры, требуемые для обеспечения того, что составляющие материалы сырья для полимерных и композитных материалов смешиваются в пропорциях, указанных в инструкциях поставщика сырья. У производителя должны быть доступны отчеты по пропорциям смешения, которые использовались во время производства. Данные отчеты должны согласовываться ответственным производственным персоналом.

5.4.3.8 Сборочная спецификация производителя должна включать процедуры, гарантирующие, что во время смешения составляющих элементов полимерного материала температуры, которые полу-

чаются в результате экзотермических реакций, не вызовут наносящие урон остаточные напряжения, которые могут привести к превышению допустимых пределов температур для материалов.

5.4.3.9 Во время процесса формовки полимерных и композитных элементов должны отслеживаться и записываться как минимум следующие параметры процесса:

- температура формовки;
- объем вводимого в форму материала, если это применимо,
- температура вулканизации;
- продолжительность вулканизации.

5.4.3.10 Производитель должен определить и задокументировать приемлемое время вулканизации полимерных и композитных элементов на основании результатов испытаний модели или натурных испытаний, которые демонстрируют, что свойства материала, требуемые для удовлетворения функциональных требований (в соответствии с применимыми разделами по требованиям к материалам данного стандарта), были достигнуты. Данное время вулканизации необходимо соблюдать во время процесса производства.

5.4.3.11 У производителя должна, как минимум, быть задокументированная методология для следующих производственных процессов композитных элементов, осуществляемых вручную:

- процессы, перечисленные в 5.4.3.6;
- покрытие из армирующего стекловолокна;
- обработка слоев связывающего материала;
- укладка армирующего стекловолокна;
- использование ролика в случае, если потребуется удалить воздух, оставшийся между слоями;
- нанесение связующего материала.

5.4.3.12 В тех случаях, когда это применимо, сборочная спецификация производителя должна включать процедуры, гарантирующие, что в результате нанесения покрытий образуется однородный слой покрытия указанной толщины. У производителя должны быть доступны отчеты по процедурам, которые отслеживались во время производства. Отчеты должны согласовываться ответственным производственным персоналом.

5.4.3.13 Приемка несоответствующего элемента осуществляется по усмотрению заказчика.

5.4.3.14 Затяжку болтов рекомендуется выполнять в соответствии с [8].

5.4.4 Требования обеспечения качества. Обращение во время изготовления

У изготовителя должны быть задокументированные процедуры по обращению с продукцией промежуточной готовности и готовой продукцией во время изготовления, упаковки и хранения. Процедуры должны включать следующие требования:

- сведение к минимуму ущерба защитным покрытиям на элементах;
- предотвращение ущерба элементам из-за обращения с устройствами, у которых имеются острые или колющие части, такие как болты или заклепки;
- предотвращение ущерба элементам из-за их волочения по земле или ударов об острые предметы.

5.4.5 Производственные допуски

5.4.5.1 Производитель должен уточнить допуски по размерам для всех размеров вспомогательного оборудования на технических чертежах. Данные допуски должны быть проверены на приемлемость в процессе проектирования, чтобы на функциональные требования вариации в пределах указанных допусков влияния не оказывали.

5.4.5.2 Если в основе размерных критериев лежат производственные, а не проектные соображения, то производитель должен задокументировать, что используемые критерии отвечают проектным требованиям.

5.4.6 Ремонт

5.4.6.1 У производителя должны быть задокументированные и прошедшие аттестацию процедуры для выполнения ремонта в тех случаях, когда это применимо. Данные процедуры должны быть доступны для рассмотрения заказчиком. Производитель должен документально подтвердить при помощи дополнительных испытаний и/или расчетов, что ремонт вспомогательного оборудования не нарушает конструкционные или долгосрочные требования к вспомогательному оборудованию.

5.4.6.2 Заказчик должен сделать доступными процедуры ремонта повреждений, нанесенных защитным покрытиям поверхности.

5.5 Документация

5.5.1 Общие положения

5.5.1.1 Минимальная документация, которую производитель должен сделать доступной для заказчика, должна быть такой, как указано в данном подразделе. Требования к документации по материалам и процессу производства должны быть такими, как указано в соответствующих разделах данного стандарта, кроме того, они обобщены в данном подразделе. Данный подраздел предназначен для того, чтобы свести вместе требования к документации, изложенные в настоящем стандарте, в один центральный раздел.

5.5.1.2 Изготовитель должен обеспечить доступность для заказчика следующих документов по постоянному вспомогательному оборудованию при изложенных обстоятельствах, а также обеспечить их доступность в указанное время:

а) обобщающий документ — до начала проектирования, если задокументированный опыт эксплуатации предоставляется как подтверждение долгосрочных свойств материала (см. 5.3.2.3);

б) исходные данные проектирования — до начала проектирования;

в) отчет о проектировании — до начала производства или же в согласованный день после окончания производства;

г) анализ усталости конструкций может быть включен в более поздние ревизии отчета о проектировании на дату, также перенесенную на более поздний срок, если приложение усталостных нагрузок неизбежно по состоянию на день, который предшествует такому добавлению предпроизводственных ревизий в отчет о проектировании, или же если есть прочие резонные соображения такого исключения;

д) план качества производства — перед производством;

е) процедуры — до начала монтажа;

ж) исполнительная документация — с поставленным вспомогательным оборудованием;

и) детальные технические чертежи — до изготовления.

На технические чертежи могут даваться ссылки в отчете о проектировании.

5.5.2 Исходные данные для проектирования

Исходные данные для проектирования должны содержать параметры, указанные заказчиком в соответствии с разделом о функциональных требованиях к вспомогательному оборудованию, о котором идет речь. Если сюда входит большое количество данных, то на данные может предоставляться ссылка или они могут включать в приложение:

- расчетные условия нагружения;
- расчетные критерии, включая коэффициенты использования и запаса.

Если производитель сделал определенные заключения по каким-либо параметрам проектирования, то в исходных данных проектирования должно быть указано, что данные значения приняты. Все изменения по проекту следует отражать в последующих ревизиях исходных данных проектирования. Рекомендации по исходным данным для проектирования представлены в ГОСТ Р 59308.

5.5.3 Отчет о проектировании

5.5.3.1 Отчет о проектировании должен содержать описание вспомогательного оборудования, включая следующее:

а) идентификация вспомогательного оборудования;

б) идентификация гибкой трубы (труб), с которыми связано вспомогательное оборудование;

в) идентификация функции, геометрии и свойств каждого элемента вспомогательного оборудования;

г) краткое описание принципа проектирования и методологии;

д) назначение материала для всех элементов, включая сорта материалов;

е) масса в воздухе и в морской воде;

ж) плотность материалов;

и) описание используемого крепежа как минимум со следующей информацией:

1) материал;
2) марка;
3) прочность на растяжение;
4) предел текучести;

к) описание системы защиты от коррозии;

л) критерии проектирования;

м) результаты анализов случаев нагрузок, определенных в исходных данных проектирования;

н) рассчитанные напряжения и деформации во всех структурных элементах вспомогательного оборудования, включая крепеж, для каждого случая проектирования или в тех случаях, когда в основе элемента вспомогательного оборудования лежат исключительно структурная прочность, напряжения и деформации, рассчитанные для наиболее жесткого случая проектных нагрузок для этого элемента;

п) демонстрация того, что рассчитанные напряжения и деформации не превышают проектные критерии;

р) демонстрация того, что рассчитанные циклические напряжения не превышают задокументированный и верифицированный предел прочности материала (согласованный с заказчиком) или же, в противном случае, демонстрация того, что повреждение от усталости не превышает проектные критерии.

5.5.3.2 В отчете о проектировании необходимо привести ссылки на нормы и стандарты, использованные при проектировании вспомогательного оборудования.

5.5.3.3 В отчете о проектировании должны быть приведены все заключения, которые были сделаны по отношению к любым исходным данным. Производитель должен, как минимум, указать источник всех данных, предоставленных заказчиком, включая данные по проектным нагрузкам. Производитель должен указать в отчете по проектированию или обеспечить доступность источника всех оставшихся исходных данных, которые использовались в проекте вспомогательного оборудования.

5.5.3.4 Спецификация материалов и данных должна быть включена в отчет о проектировании, если только не будет выдана отдельная документация по спецификации материалов. Данные по металлическим материалам должны включать предел текучести или предел прочности на растяжение, а также параметры усталости для динамических вариантов использования (наклон S-N кривой, предел пересечения и прочности). Данные по полимерным или композитным материалам должны включать свойства материалов, приведенные в разделе по требованиям к аттестации для соответствующего вспомогательного оборудования.

5.5.3.5 По каждому элементу должно быть документально подтверждено, что он обладает достаточной конструкционной прочностью к проектным нагрузкам и напряжениям, перечисленным в отчете по проектированию, с коэффициентами использования и запаса, указанными в исходных данных проектирования.

5.5.4 План качества производства

План качества производства должен уточнять все процедуры контроля качества, включая точки, в которых проводится инспекция и процедуры испытания. План качества производства может быть включен в сборочную спецификацию. План качества производителя должен соответствовать 5.3.7 и 5.4.3.1.

5.5.5 Процедуры монтажа

Изготовитель должен предоставить заказчику процедуры монтажа для вспомогательного оборудования. Процедуры должны содержать как минимум следующее в тех случаях, когда это применимо:

- требуемое оборудование;
- усилия для крепежа и хомутов;
- указание на то, какой именно крепеж должен использоваться для закрепления определенного элемента;
- пошаговые процедуры монтажа.

Вышеупомянутые процедуры должны обеспечивать, в случае, если они соблюдаются, повторяемость на таком уровне, при котором функциональные требования к вспомогательному оборудованию будут удовлетворены.

5.5.6 Исполнительная документация

Исполнительная документация должна, как минимум, включать следующее:

- справочный номер заказа о закупке;
- описания оборудования;
- ссылки на проектные спецификации и чертежи;
- сертификаты на материалы;
- контрольные замеры размеров;
- ПСИ и процедуры испытания прототипов, включая результаты испытаний. Рекомендации по содержанию процедур испытания прототипов и отчетов по испытаниям, см. [9];
- все несоответствия, обнаруженные в ходе производства и выполненного ремонта;
- спецификации и аттестацию процедур сварки;
- аттестационные испытания сварщиков;
- карта сварки;

- квалификации оператора неразрушающего контроля и результаты неразрушающего контроля;
- отчеты о термической обработке.

5.6 Приемо-сдаточные испытания

5.6.1 Общие положения

5.6.1.1 Информацию по конкретным ПСИ соответствующего вспомогательного оборудования представлены в 6.7, 7.7, 8.7, 9.8, 10.7, 11.7, 12.9, 14.7, 15.7, 16.7, 17.7, 18.7, 19.6, 20.7, 21.7, 22.7, 23.9, 24.7.

5.6.1.2 Вспомогательное оборудование должно пройти ПСИ согласно тому, что указано в подразделах по ПСИ данного стандарта, с целью проверить соответствие процедуры изготовления вспомогательного оборудования требованиям стандарта.

5.6.1.3 Отчет по каждому ПСИ должен быть предоставлен заказчику в качестве части исполнительной документации (см. 5.5.6). В отчет об испытании должны быть включены текущие сертификаты/калибровочные сертификаты на все оборудование для испытания. В тех случаях, когда это применимо, все оборудование, регистрирующее давление, должно калиброваться не реже, чем каждые три месяца.

5.6.1.4 Если критерии приемлемости по испытанию не соблюдаются, причина этого должна быть установлена, а заказчику предоставлен отчет. В отчет должны быть добавлены предлагаемые устранения причины или иные критерии испытания.

5.6.2 Визуальный осмотр и неразрушающий контроль. Металлические элементы

5.6.2.1 Должен быть проведен визуальный осмотр поверхности металлических элементов на предмет наличия дефектов, включая заусенцы, трещины, царапины, порезы, раковины, коррозию и обесцвеченные области, такие как участки с размытой окраской, обожженные, запятнанные, за исключением обесцвеченных участков в районе сварки. Любые обнаруженные дефекты, которые превышают лимиты, разрешенные по процедурам производителя, должны быть зарегистрированы и предоставлены на рассмотрение заказчику.

5.6.2.2 Неразрушающий контроль сварных швов металлических элементов должен быть проведен в соответствии с ГОСТ 7512, ГОСТ 18442, ГОСТ ISO 17638, ГОСТ Р ИСО 17640 в зависимости от выбранного метода.

5.6.3 Визуальный осмотр. Полимерные и композитные элементы

Поверхность готовых полимерных и композитных элементов должна быть визуально осмотрена на предмет различных дефектов, таких как вздутия, трещины, царапины, пузырьки, обесцвечивание или заусенцы. Любые обнаруженные дефекты, которые превышают лимиты, разрешенные по процедурам производителя, должны быть зарегистрированы и предоставлены на рассмотрение заказчику.

5.6.4 Количество ПСИ

В тех случаях, когда ПСИ для полимерных и композитных элементов применяются только к части, а не ко всей продукции в соответствии с дальнейшими подразделами о ПСИ данного стандарта, такие ПСИ должны включать первое формованное изделие, а частота их проведения должна равномерно распределяться между первым и последним формованным изделием.

5.7 Маркировка и упаковка

5.7.1 Маркировка

Маркировка вспомогательного оборудования должна способствовать постоянной идентификации оборудования в течение оговоренного срока службы. Маркировка на вспомогательном оборудовании должна, как минимум, включать следующее:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- массу;
- маркировку (см. 5.1.8).

5.7.2 Упаковка

5.7.2.1 Вспомогательное оборудование должно быть упаковано в соответствии со спецификациями производителя. Канаты, захваты и прочее требуемое транспортировочное оборудование должно быть указано в процедурах упаковки.

5.7.2.2 Упаковка должна выполняться таким образом, чтобы вспомогательное оборудование было защищено от всех ожидаемых явлений окружающей среды при хранении на улице.

5.7.2.3 Упаковка вспомогательного оборудования должна обеспечивать его безопасность на всех этапах транспортировки до начала монтажа по процедурам, согласованным производителем и заказчиком.

6 Элементы жесткости на изгиб

6.1 Применяемость

6.1.1 Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к элементам жесткости на изгиб.

6.1.2 Требования раздела 6 применяются к статическим и динамическим элементам жесткости на изгиб, временным элементам жесткости на изгиб и постоянным элементам жесткости на изгиб.

6.2 Функциональные требования

6.2.1 Общие положения

Минимальные общие функциональные требования к элементам жесткости на изгиб, соответствие которым должен продемонстрировать производитель, заключаются в следующем.

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- поддерживать минимальный радиус изгиба гибкой трубы на уровне выше того значения, которое приведено заказчиком для указанного срока службы.
- обеспечивать надежную фиксацию на концевом фитинге гибкой трубы или опорной конструкции в течение указанного срока службы;
- передавать нагрузки с гибкой трубы на опорную конструкцию.

6.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, с которой соединен элемент жесткости на изгиб, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы, который должен указываться только для постоянных элементов жесткости на изгиб;
- внешний диаметр;
- допуск по внешнему диаметру;
- минимальный радиус изгиба для эксплуатации и хранения;
- значения жесткости на изгиб, которые применимы для всех условий проектирования/эксплуатации. Данные значения зависят от сочетания температур внутреннего флюида и температур окружающей среды (воздух или морская вода, в зависимости от того, что применимо), а также от внутреннего давления, которое относится к таким условиям проектирования/эксплуатации. В дополнение, жесткость на изгиб влияет на характеристики гистерезиса гибкой трубы;
- осевая жесткость, если это необходимо производителю. Осевая жесткость может использоваться в качестве исходных данных для локального анализа элементов жесткости на изгиб;
- детальный чертеж концевого фитинга на том конце гибкой трубы, где находится элемент жесткости на изгиб, предназначенного для стыковки со смежными стыковочными конструкциями.

6.2.3 Параметры проектирования элемента жесткости на изгиб

При проектировании должны быть уточнены следующие параметры для элемента жесткости на изгиб:

- является ли элемент жесткости на изгиб динамическим или статическим;
- является ли элемент жесткости на изгиб временным или постоянным;
- угол выхода и угол изгиба, включая допуск, для элемента жесткости на изгиб, которые требуются для ориентации гибкой трубы в среднем положении;
- любые ограничения, которые относятся к размерам элемента жесткости на изгиб, выраженные в виде максимальной длины и максимального диаметра;
- температуры, которым подвергается элемент жесткости на изгиб (в соответствии с 5.1.2).

6.2.4 Опорная конструкция заказчика

6.2.4.1 Заказчик должен предоставить детальные чертежи опорной конструкции, с которой должна соединяться стыковочная конструкция элемента жесткости на изгиб, такая как фланец, концевой фитинг, I-образная труба, промежуточное соединение, указать потребность в запорном механизме.

Рекомендации, относящиеся к стыковке опорной конструкции со стыковочной конструкцией, представлены в ГОСТ Р 59308.

6.2.4.2 В тех случаях, когда это применимо, заказчик должен указать любые ограничения, относящиеся к размерам I-образных труб, и информацию, что элемент жесткости на изгиб требует пространственной совместимости с I-образной трубой.

6.2.4.3 Заказчик должен указать материал опорной конструкции, покрытия для защиты от коррозии, которые наносятся на нее, и предоставить подробную информацию о системе защиты от коррозии для опорной конструкции.

6.2.4.4 Заказчик должен указать максимально допустимый изгибающий момент и сдвигающую силу в своей опорной конструкции.

6.2.4.5 Проектировщик элемента жесткости на изгиб должен указать все необходимые элементы для монтажа.

6.2.5 Внешняя среда

6.2.5.1 Требования к элементу жесткости на изгиб по параметрам окружающей среды, которые относятся к воздействию солнечного света, следует уточнять в соответствии с 5.1.3. В дополнение к 5.1.3 следует указать, будет ли воздействие солнечного света на элемент жесткости зависеть от его конкретного местонахождения и предумотрены ли конструкции, обеспечивающие частичную или полную защиту элемента от солнечного света.

6.2.5.2 Заказчик должен указать местонахождение элемента жесткости на изгиб и привести информацию, соединена ли она с верхней конструкцией, промежуточной или с морским дном, а также контактирует ли элемент жесткости на изгиб с морской водой в течение своего срока службы.

6.2.6 Защита от коррозии

Требования по защите от коррозии для стыковочной конструкции элемента жесткости на изгиб и крепежа должны уточняться в соответствии с 5.2.6, если существует система защиты от коррозии, которая, ввиду близкого расположения, распространяет свое действие на стыковочную конструкцию. В качестве альтернативы заказчик может указать потребность в устойчивом к коррозии материале для стыковочной конструкции.

6.2.7 Мониторинг целостности и состояния

Заказчик должен указать все требования к защитным внутренним вкладышам элементов жесткости на изгиб для I-образных труб, которые должны заменяться водолазами.

6.2.8 Проектные нагрузки

6.2.8.1 Если общий анализ не входит в объем работ производителя, заказчик должен указать следующее:

- проектные нагрузки для элементов жесткости на изгиб применительно к фактическим усилиям и отклонению углов от среднего значения. Эти данные могут быть предоставлены в виде графика зависимости усилия от угла сгиба. Сочетания фактического усилия и угла, которые анализируются, должны быть достаточными для того, чтобы охватить все возможные случаи нагрузок, включая нагрузки от установки, применительно к случаям нагрузок, указанным для гибкой трубы ГОСТ Р 59309. Необходимо определить процедуру определения угла;
- максимальная сдвигающая сила и изгибающие моменты, действующие на основание элемента жесткости на изгиб;
- усталостные нагрузки для динамических элементов жесткости на изгиб применительно к изгибающему моменту и сдвигающей силе, которые действуют на основание элемента жесткости на изгиб вместе с соответствующим количеством циклов для каждого изгибающего момента и диапазона сдвигающей силы. В качестве альтернативы эти данные могут быть предоставлены в виде схемы фактического усилия по отношению к углу для всех усталостных волновых нагрузок.

6.2.8.2 В тех случаях, когда общий анализ входит в объем работ производителя, заказчик должен указать все необходимые данные, которые требуются для выполнения глобального анализа системы гибких труб с целью расчета таких нагрузок. Эти данные должны включать подробную информацию о всей системе гибких труб, платформе/технологическому судну, с которыми она соединена, и о внешней среде, действующей на нее. Перечень дополнительных данных, необходимых для выполнения анализа, представлен в ГОСТ Р 59309.

6.2.9 ЗИП

Заказчику следует указать требуемое количество запасного крепежа для стыковочной конструкции. Запасные части допускается использовать для компенсации любых потерь вследствие повреждений или, например, неправильной установки.

6.3 Требования к проектированию

6.3.1 Нагрузки

Классы и подклассы локальных нагрузок для элементов жесткости на изгиб перечислены в таблице 5. В таблице приведено разграничение нагрузок, действующих на статические элементы жесткости на изгиб и тех, которые действуют на динамические.

Таблица 5 — Классы и подклассы локальных нагрузок на элементы жесткости на изгиб

Классы и подклассы нагрузок	Применимость	
	Статические	Динамические
Функциональные нагрузки		
Нагрузки, возникающие из-за расширения и сжатия гибкой трубы под действием растягивающего напряжения, внутреннего давления и температурных влияний в течение срока службы, в ходе испытаний на утечки или на структурную целостность (см. [9])	X	X
Нагрузки по причине нециклического изгибания гибкой трубы	X	X
Нагрузки, оказываемые элементами крепежа, соединяющими стыковочную конструкцию с опорной конструкцией заказчика	X	X
Нагрузки по причине скручивания гибкой трубы	X	X
Нагрузки во время грузовых операций, транспортировки и установки	X	X
Нагрузки, вызванные термическим ударом	X	X
Гидростатическое давление[1)]	X	X
Нагрузки по причине допусков при позиционировании установки (применительно к средней ненагруженной позиции элемента жесткости на изгиб)	X	X
Нагрузки от воздействия окружающей среды		
Нагрузки по причине циклического изгибания гибкой трубы при динамических вариантах применения в течение указанного срока службы	—	X
Нагрузки по причине вибрации, вызванной вихреобразованием гибкой трубы (вызывает вибрации в элементах элемента жесткости на изгиб)[2)] (см. также ГОСТ Р 59308)	—	X
Случайные нагрузки		
Случайные нагрузки гибкой трубы, которые воздействуют на конфигурацию трубы и/или на элемент жесткости на изгиб, в тех случаях, когда их указывает заказчик: - внутреннее избыточное давление; - повреждение отсека судна или непреднамеренное затопление, если это применимо; - отказ движителей судна, если это применимо; - отказ буровой трубы, если это применимо; - разрыв якорного каната; - поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если это применимо	X	X

[1)] Может не приниматься во внимание, если документально подтверждено, что материал не подвержен гидростатическому воздействию на расчетной глубине воды.

[2)] Нагрузка от вибрации, вызванной вихреобразованием на гибкую трубу, зависит от географического местонахождения эксплуатируемого месторождения и, в частности, от текущей нагрузки в данном местонахождении.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

6.3.2 Методология проектирования

6.3.2.1 Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

а) размеры всех элементов, включая:

1) корпус элемента жесткости на изгиб,

2) стыковочную конструкцию;

3) внешние покрытия;

4) крепежные элементы;

б) усилия хомута для прикрепления элемента жесткости на изгиб к опорной конструкции согласно 6.3.6.1;

в) результаты проектирования клеевого соединения в соответствии с 6.3.7,

г) выбранные внешние покрытия:

1) сертификация поверхностного покрытия;

2) записи о нанесении покрытий и результаты испытания на сцепление от поставщика, который поставляет покрытия производителю;

3) статус аттестации примененной системы покрытий.

Эксплуатационные характеристики в течение срока службы должны соответствовать требованиям 6.3.10 или 6.3.11.

6.3.2.2 В методологии проектирования должны учитываться сбои при монтаже концевого фитинга или опорного фланца.

6.3.3 Критерии проектирования элемента жесткости на изгиб

Элемент жесткости на изгиб не должен позволять минимальному радиусу изгиба гибкой трубы во время эксплуатации упасть ниже минимального значения, указанного заказчиком, которое влияет на все возможные сочетания нагрузок для гибкой трубы в течение указанного срока службы в соответствии с ГОСТ Р 59309. Если корпус элемента жесткости на изгиб включает в себя две независимо сформованные части, а именно внутренний и внешний рукава, то должно быть документально подтверждено, что при сползании или полной потере внутреннего рукава изгиб гибкой трубы не будет ниже минимального радиуса ее изгиба.

6.3.4 Проектирование элемента жесткости на изгиб. Общие положения

6.3.4.1 Реактивные нагрузки, которые вырабатываются элементом жесткости на изгиб и сдвигающей силой, необходимо оценить у основания элемента жесткости на изгиб.

6.3.4.2 Методология локального анализа должна подтверждаться результатами полномасштабных испытаний на изгибание с использованием текущих или характерных проектов (см. также ГОСТ Р 59308). Конкретные проекты могут подтверждаться статическими испытаниями на изгиб по запросу заказчика.

6.3.4.3 Производитель должен задокументировать, что проект отвечает указанным требованиям, которые влияют на все возможные сочетания жесткости на изгиб гибкой трубы. Проект элемента жесткости на изгиб должен описывать нелинейную жесткость на изгиб гибкой трубы в зависимости от характеристики гистерезиса.

6.3.4.4 Если элемент жесткости на изгиб необходимо прикрепить к опорной конструкции, такой как концевой фитинг, то элемент жесткости на изгиб должен быть спроектирован таким образом, чтобы безопасно передавать нагрузки на опорную конструкцию (т. е. чтобы максимальная сдвигающая сила и изгибающий момент в опорной конструкции не были превышены).

6.3.4.5 Проект элемента жесткости на изгиб должен гарантировать, что элемент жесткости на изгиб будет зафиксирован в осевом направлении.

6.3.5 Проектирование корпуса элемента жесткости на изгиб

6.3.5.1 Производитель должен продемонстрировать, что гибкая труба не нарушает указанный минимальный радиус изгиба ни по длине элемента жесткости на изгиб, ни в области непосредственно за наконечником элемента жесткости. Корпус элемента жесткости на изгиб должен моделироваться с использованием нелинейных свойств материала (когда критерии минимального радиуса изгиба проверяются аналитически при помощи локального анализа).

6.3.5.2 В проекте должны быть учтены свойства материалов корпуса элемента жесткости на изгиб при взаимодействии с сочетаниями температуры внешней оболочки и окружающего воздуха либо температуры морской воды, если это применимо, которые напрямую влияют на минимальные и максимальные температуры материала.

6.3.5.3 Когда требуются значительные переходы жесткости в элементе жесткости на изгиб, такие как переходы на стыковочную конструкцию, методология проектирования должна быть такой, чтобы сводить к минимуму максимальные вариации деформации и напряжения вблизи от данных участков.

6.3.5.4 При проектировании элемента жесткости на изгиб или в процедурах производства производитель должен учесть дефекты изготовления (если таковые имеются), которые невозможно обнаружить после изготовления.

6.3.5.5 Должно быть документально подтверждено, что овализация наконечника элемента жесткости на изгиб не влияет на эксплуатационные характеристики элемента жесткости на изгиб.

6.3.6 Проектирование стыковочной конструкции

6.3.6.1 Преднатяжение крепежа для прикрепления жесткой насадки к опорной конструкции должно рассчитываться и указываться в процедурах установки (см. 6.6.2). Преднатяжение должно быть достаточно сильным для того, чтобы гарантировать, что все элементы элемента жесткости на изгиб надежно закреплены в своей позиции на весь указанный срок службы, но в то же время не приводить к повреждению никаких элементов элемента жесткости на изгиб. Уровень преднатяжения в крепеже должен проверяться, чтобы гарантировать, что срок службы до разрушения от усталости будет соблюден (см. 6.3.11.4). В соответствии с требованиями 5.2.4, напряжения во всем крепеже, которым элемент жесткости на изгиб крепится к опорной конструкции, должны быть проверены в проекте и установлены таким образом, чтобы находиться в допустимых пределах.

6.3.6.2 Стыковочная конструкция должна быть размерно совместимой или с опорной конструкцией, или с любой промежуточной конструкцией с учетом всех допусков в данных конструкциях. В свою очередь, любые промежуточные конструкции должны быть подобным же образом размерно совместимы с опорной конструкцией. Стыковочные конструкции, прилегающие к концевому фитингу, и устанавливаемые на концевом фитинге, должны быть совместимы по размерам, включая допуски по концевому фитингу.

6.3.6.3 Стыковочная конструкция должна быть спроектирована таким образом, чтобы не приводить к повреждению гибкой трубы во время установки или в течение указанного срока службы по причине контакта с внешней оболочкой гибкой трубы из-за использования защитного покрытия (см. 6.3.8.2) или по иной причине.

6.3.7 Проектирование элемента жесткости на изгиб из полимеров

6.3.7.1 Все стыки, включая стыки «металл—полимер», в которых использование клеевого соединения необходимо для придания конструкции прочности или герметичности, должны быть спроектированы таким образом, чтобы они могли выдерживать все силы, разрушающие клеевое соединение. Эти силы определяют в ходе локального анализа рабочих условий и процесса изготовления (включая объемную усадку). Для верификации методологии проектирования отдельного клеевого соединения между корпусом элемента жесткости на изгиб и стыковочной конструкцией должно быть проведено по крайней мере одно полномасштабное испытание на усталость (см. также ГОСТ Р 59308).

6.3.7.2 Необходимо документально зафиксировать обнаруженные места утечек на склеиваемых поверхностях и исследовать их для определения пригодности к работе в экстремальных условиях. При этом учитывают объемную усадку, возникающую при изготовлении, и объемное расширение в местах точечных коррозионных повреждений.

6.3.7.3 Технические характеристики клеящего раствора должны позволять ему выдерживать экстремальные силы, разрушающие клеевое соединение, и нежелательные (но возможные) условия, возникающие на стыковочной конструкции (такие, как коррозия, отсутствие шлифовки и т. п.).

6.3.8 Элементы жесткости на изгиб для I-образной трубы

6.3.8.1 В конструкциях колпаков элементов жесткости должен быть предусмотрен зазор между колпаком и раструбом/приемной воронкой I-образной трубы, включающий в себя допуски на размер.

6.3.8.2 При использовании внутреннего защитного вкладыша, предотвращающего повреждение гибкой трубы металлическими частями элемента жесткости, его конструкция должна обеспечивать срок службы, аналогичный сроку службы элемента жесткости и возможность быстрой замены водолазами (по требованию заказчика). Скорость износа такого вкладыша должна быть документально зафиксирована и проверена в ходе испытаний. Защитный вкладыш не должен иметь острые края, которые могут повредить гибкую трубу в местах их взаимного перемещения относительно друг друга. Вкладыш должен быть изготовлен из материала, не повреждающего внешнюю оболочку гибкой трубы при трении или абразивном изнашивании соответствующих поверхностей, в этих случаях износу должен подвергаться сам конусообразный вкладыш.

6.3.9 Верификация проектирования элемента жесткости на изгиб

После того, как производитель утвердит окончательную конструкцию элемента жесткости на изгиб, определенную в ходе локальных исследований, проводится верификация результатов общего анализа при помощи метода конечных элементов для трехмерных конструкций. Верификация осуществляется для всех расчетных случаев нагрузки на систему гибких труб. Проверке подлежит самая последняя конструкция элемента жесткости. В ходе общего анализа должны быть учтены свойства материала, из которого изготовлен элемент жесткости на изгиб, в зависимости от изменений температуры во время эксплуатации (см. 6.3.5.2). Если в ходе общих анализов для элемента жесткости на изгиб используется значение линейной жесткости, следует продемонстрировать, что такой расчет дает результаты с запасом. Верификация должна подтвердить выполнение критериев для гибкой трубы, а также критериев для минимального радиуса изгиба и усталостной стойкости. Если данные критерии не выполняются, проектировщик и производитель системы совместно осуществляют повторную проработку всех этапов проектирования до тех пор, пока эти критерии не будут выполнены. Рекомендации к данному процессу верификации приведены в ГОСТ Р 59308.

6.3.10 Срок службы. Неподвижные соединения

6.3.10.1 При проектировании необходимо учитывать ползучесть материала в следующих случаях:

а) когда неподвижный элемент жесткости на изгиб подвергается изгибающему воздействию в одном направлении в течение продолжительного периода времени. При этом учитывают характеристики ползучести материала;

б) когда элемент жесткости на изгиб подвергается постоянной нагрузке вследствие того, что из-за угла отклонения гибкой трубы от опорной конструкции он смещается из среднего ненагруженного положения.

6.3.10.2 При анализе ползучести должна учитываться температура, которую материал элемента жесткости достигает под воздействием внешней оболочки гибкой трубы или солнечных лучей, если применимо.

6.3.11 Срок службы. Подвижные соединения

6.3.11.1 Применяют требования 6.3.10.1 б).

6.3.11.2 При анализе усталостной долговечности стыковочных конструкций подвижного элемента жесткости на изгиб и соответствующих крепежных деталей должны учитываться следующие виды циклической нагрузки:

а) изгибающие моменты и сдвигающие силы, вызванные нагрузками, создаваемыми волнами и течениями; изменения эффективного растягивающего напряжения в гибкой трубе и нагрузки, создаваемые волнами и течением;

б) усталостные нагрузки, создаваемые вибрациями гибкой трубы, вызванными вихреобразованием, если применимо.

6.3.11.3 Если анализ усталостной долговечности может быть предоставлен только по факту производства, начальные данные усталостной нагрузки должны базироваться на консервативных предположениях.

6.3.11.4 Анализ усталостной долговечности должен установить величину необходимого предварительного растягивающего напряжения, при котором будет достигнут необходимый срок службы элемента жесткости на изгиб до его усталостного разрушения.

6.3.11.5 Усталостные характеристики корпуса элемента жесткости можно определить, проведя испытание материала элемента жесткости на усталость. Испытание должно продемонстрировать, что диапазон напряжений, в том числе концентрация напряжений, не превышают верифицированный предел выносливости, который указан в документации и утвержден заказчиком. Другой способ — составление графика отношения диапазона деформаций к количеству циклов. Достоверность второго способа должна быть подтверждена путем сравнения с результатами полномасштабного испытания.

6.3.11.6 При проектировании элемента жесткости необходимо учитывать повышение температуры полимера при увеличении частоты изгибных колебаний, например во время шторма, или во время циклических испытаний гибких труб на усталость при изгибе. Кроме того, максимальные деформации, которые полимерный материал элемента жесткости способен выдержать в ходе циклического испытания изгибными колебаниями высокой частоты, могут быть значительно ниже деформаций, которые он может выдержать при циклическом испытании изгибными колебаниями низкой частоты. Следовательно, при проектировании элемента жесткости на изгиб необходимо учитывать частоту изгибных колебаний, которая ожидается в месте эксплуатации. Наряду с расчетом температуры полимера и частоты изгибных колебаний при проектировании допускается использовать типовые показатели частоты нагру-

зок, полученные в мелкомасштабном испытании на усталость материала согласно 6.4.2.2 или другим способом.

6.3.12 Защита от коррозии

6.3.12.1 Минимальные требования к защите от коррозии для стыковочной конструкции приведены в 5.2.6.

6.3.12.2 Изготовитель должен спроектировать систему защиты от коррозии таким образом, чтобы площадь стыковочной конструкции, которая приклеивается к корпусу элемента жесткости на изгиб, а также внешние металлические поверхности были защищены от коррозии.

6.4 Требования к материалам

6.4.1 Общие положения

Требования этого подраздела применимы к полимерным материалам, используемым при изготовлении корпуса элемента жесткости на изгиб, и к металлическим материалам стыковочных конструкций.

6.4.2 Требования к аттестации. Полимерные материалы

6.4.2.1 Согласно программе аттестации изготовитель должен провести испытания полимерного материала элемента жесткости на изгиб и документально зафиксировать его свойства согласно таблице 6, не включая в испытание клеевое соединение с материалом стыковочных конструкций, которое, если для него не проводится мелкомасштабное испытание, может быть рассмотрено в процессе проектирования (см. также ГОСТ Р 59308). Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблице 6, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материала в образцах, подвергнутых старению. Минимальные требования к испытанию на старение приведены в 5.3.4.

Таблица 6 — Требования к аттестации полимерного материала корпуса элемента жесткости на изгиб

Испытания	Процедура испытания[1)]	Структурный элемент	Температура		Образец, подвергнутый старению
			мин.	макс.	
Приклеивание к материалу стыковочной конструкции	—	См. 6.4.2.3	—	X	X
Усталостная стойкость	—	См. 6.4.2.2	X[2)]	X[2)]	—
Жесткость	По ГОСТ 24621, ГОСТ 270	—	—	—	—
Прочность на разрыв	По ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553	—	—	X	—
Прочность на растяжение, модуль, деформация при разрыве[3)]	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	—	—	X	X
Поглощение воды	По ГОСТ 4650	—	—	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 стандарты, на которые приведены ссылки в данной таблице, могут заменяться другими международными или национальными стандартами, которые могут как соответствовать требованиям стандарта, на который приведена ссылка, так и превышать их.

[2)] Материал должен пройти достаточное количество испытаний на соответствие установленным требованиям к усталостной стойкости материала в данном диапазоне температур.

[3)] Свойства композитных материалов должны измеряться в направлении как вдоль, так и поперек волокон.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

6.4.2.2 Материалы, из которых изготовляются элементы жесткости на изгиб, в динамических соединениях должны обладать достаточной усталостной стойкостью, чтобы выдерживать циклические изгибающие нагрузки гибкой трубы. В мелкомасштабном испытании на усталость корпуса элемента жесткости должны быть смоделированы условия, которые будут наблюдаться в процессе эксплуатации материала: среднее напряжение/деформация, диапазон напряжений/деформаций, количество циклов и частота нагружения.

6.4.2.3 Мелкомасштабные испытания на герметичность сцепления материала корпуса элемента жесткости с материалом стыковочной конструкции должны использоваться только в качестве сравнительной меры для индикации характеристик сцепления. Для верификации методологии проектирования отдельного клеевого соединения между корпусом элемента жесткости на изгиб и стыковочной конструкцией должно быть проведено по крайней мере одно полномасштабное испытание на усталость (см. также ГОСТ Р 59308).

6.4.3 Требования к аттестации. Металлические материалы

6.4.3.1 Минимальные требования к аттестации металлических материалов стыковочных конструкций приведены в 5.3.3.

6.4.3.2 В соответствии с требованиями 5.2.6 следует избегать возникновения гальванической коррозии. Для этого необходимо подобрать соответствующий металлический материал, совместимый с материалом опорной структуры заказчика (см. 6.2.4), либо изолировать стыковочную конструкцию, используя защитные покрытия.

6.5 Требования к изготовлению

6.5.1 Требования обеспечения качества. Контроль процесса

6.5.1.1 В соответствии с требованиями 5.4.3.6, а также при использовании непрозрачного полимерного материала для изготовления элемента жесткости на изгиб, в спецификацию производителя на изготовление изделия должны быть включены процедуры отливки корпуса элемента жесткости на изгиб, предназначенные для удаления подповерхностных дефектов, таких как пустоты, в процессе его заливки и отверждения в пресс-форме. Пригодность данных процедур к удалению подповерхностных дефектов должна быть верифицирована и документально зафиксирована на основании предварительно проведенного рассечения отлитых корпусов элемента жесткости.

6.5.1.2 Производитель, как минимум, должен иметь задокументированную методологию для следующих процессов изготовления стыковочных конструкций:

- процессов, перечисленных в 5.4.3.2;
- нанесение клеящего состава (для склеивания с корпусом элемента жесткости на изгиб);
- отливки элемента жесткости на изгиб, как для тела элемента жесткости, так и для стыковочной конструкции.

6.5.1.3 Спецификация производителя на изготовление должна включать в себя процедуры, обеспечивающие выполнение нижеприведенных требований.

- поверхности стыковочной конструкции должны быть чистыми, они не должны быть покрыты пылью, грязью и другими посторонними веществами и должны быть надлежащим образом подготовлены к нанесению клеящего состава;
- необходимое качество обработки поверхности стыковочной конструкции перед нанесением клеящего раствора — необходимое условие целостности клеевого соединения;
- должны быть учтены эргономические и пространственные ограничения в месте нанесения клеящего состава вручную или при помощи пульверизатора;
- при операциях на стыковочной конструкции необходимо избегать повреждения нанесенного клеевого покрытия, чтобы не нарушить целостность клеевого соединения.

6.5.1.4 Производитель должен зафиксировать в спецификации на изготовление максимальное время, в течение которого стыковочная конструкция с нанесенным клеящим веществом может храниться без нарушения целостности клеевого соединения. Производитель должен соблюдать данный предельно допустимый срок.

6.5.1.5 При обработке поверхности корпуса элемента жесткости на изгиб, т. е. при таких операциях, как сошлифовывание пузырьковых включений, удалении грата или ремонт поверхностных дефектов, необходимо соблюдать предельную осторожность, чтобы не поцарапать и не проткнуть поверхность материала. Место повреждения может стать критической точкой на корпусе элемента жесткости на изгиб. Производитель должен иметь в наличии задокументированные процедуры, устанавливающие, каким образом должно выполняться это требование.

6.5.1.6 От каждой смеси полимерного или композитного материала должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний, и на соответствие спецификации производителя. Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на разрыв по ГОСТ 34370, ГОСТ 11262;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

Кроме того, при необходимости, вышеуказанные испытания проводят для каждой смеси ремонтного материала.

6.5.2 Надлежащее обращение с изделием в процессе изготовления

При обращении с элементом жесткости необходимо соблюдать предельную осторожность, чтобы не поцарапать или не проткнуть поверхность. Волочить его по земле или допускать его соприкосновения с острыми предметами не допускается. У производителя должны быть задокументированные в спецификации на изготовление процедуры, позволяющие избежать неправильного обращения с изделием.

6.5.3 Ремонт

В соответствии с требованиями 5.4.6 в случае использования ремонтного материала производитель должен иметь задокументированные аттестованные процедуры проведения ремонта корпуса элемента жесткости на изгиб. Эти ремонтные процедуры должны быть аттестованы в ходе, как минимум, мелкомасштабных испытаний и, при необходимости, полномасштабных испытаний. Необходимо продемонстрировать, что, независимо от обстоятельств использования ремонтного материала, клеевое соединение между ним и исходным материалом имеет большую прочность, чем сам исходный материал (т. е. когезионное разрушение в испытании). Это относится к ремонту как внутренних, так и внешних поверхностей. Если проводится ремонт внешних поверхностей корпуса элемента жесткости путем сошлифовывания пузырьковых включений, спецификация на изготовление должна содержать процедуры проведения такого ремонта. Эти процедуры должны выполнять требования соответствующего стандарта и должны гарантировать, что оставшийся материал будет иметь однородную структуру, и что поверхность не будет иметь дефектов, которые могут нарушить структурную целостность элемента жесткости. В допустимых пределах на дефекты должны быть указаны размеры и геометрия дефекта, допустимое количество дефектов определенного размера/геометрии.

6.6 Документация

6.6.1 Отчет о проектировании

6.6.1.1 Описание элемента жесткости на изгиб в отчете о проектировании должно, как минимум, включать в себя следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- внутренний диаметр корпуса элемента жесткости на изгиб;
- внешний диаметр основания элемента жесткости на изгиб;
- длина корпуса элемента жесткости на изгиб;
- проектная температура;
- минимальный радиус изгиба для условий хранения, установки и эксплуатации;
- максимальный угол отклонения от среднего положения и соответствующее эффективное растягивающее напряжение в процессе эксплуатации;
- кривая рабочей характеристики с указанием точки эффективного растягивающего напряжения и углов, при которых выполняются критерии минимального радиуса изгиба;
- кривая напряжения/деформации для всех температурных условий, рассмотренных при проектировании.

6.6.1.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные.

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу коэффициентов использования, если такие коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) задокументированную основу для пределов выносливости полимерных и композитных материалов или коэффициент запаса усталостной прочности в тех случаях, где это применимо;

е) обзор методологии проектирования системы катодной защиты в тех случаях, где это применимо;

ж) производственные и проектные допуски;

и) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

к) описание сварных швов, используемых для металлических элементов;

л) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

м) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) корпус элемента жесткости на изгиб,
2) стыковочную конструкцию;
3) внешние покрытия.
4) крепеж;

н) расчет усилий хомута для прикрепления элемента жесткости к опорной конструкции (в соответствии с 6.3.6.1);

п) проектирование клеевого соединения в соответствии с 6.3.7;

р) анализ срока службы в соответствии с требованиями 6.3.10 и 6.3.11;

с) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

6.6.1.3 Анализ усталостной долговечности может быть предоставлен позже, если более ранние ревизии отчета о проектировании предшествуют дате предоставления данных об усталостных нагрузках (см. 6.3.11.3) или если для такого непредоставления данных имеются прочие веские основания.

6.6.2 Процедура монтажа

В соответствии с требованиями 5.5.5 изготовитель должен предоставить заказчику инструкцию по установке элемента жесткости на гибкий трубопровод и описание процедуры соединения стыковочной конструкции со смежной конструкцией, включая данные о прикладываемых усилиях на хомуты.

6.7 Приемо-сдаточные испытания

6.7.1 Общие положения

Изготовитель должен провести ПСИ элементов элемента жесткости на изгиб, приведенные в таблице 7.

Таблица 7 — ПСИ элемента жесткости на изгиб

Составной элемент	Испытание	Обозначение стандарта, структурного элемента
Корпус элемента жесткости на изгиб	Размеры	См. 7.7.2
	Осмотр	См. 5.6.3 и 6.7.3
	Жесткость	ГОСТ 24621, ГОСТ 270
Стыковочная конструкция	Размеры	См. 6.7.2.2
	Осмотр	См. 5.6.2.1
	Неразрушающий контроль сварных швов	См. 5.6.2.2

6.7.2 Измерение размеров

6.7.2.1 Измерение размеров элемента жесткости должно подтвердить, что размеры изделия соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров корпуса элемента жесткости на изгиб:

- внутренний диаметр,
- внешний диаметр основания;
- длина.

6.7.2.2 При измерении размеров стыковочной конструкции должно быть подтверждено выполнение требований согласно 6.3.6.2.

6.7.3 Визуальный осмотр

Необходимо провести визуальный осмотр корпуса элемента жесткости на наличие вероятных дефектов, например трещин, царапин, выемок и пузырьковых включений. В случае обнаружения дефектов, которые выходят за пределы допусков, установленных производителем для ремонтных процедур, их необходимо показать заказчику.

6.8 Маркировка

6.8.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

6.8.2 Маркировка элемента жесткости на изгиб должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение оговоренного срока службы. Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- минимальный радиус изгиба при эксплуатации;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается элемент жесткости на изгиб.

7 Ограничители изгиба

7.1 Область применения

7.1.1 Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к ограничителям изгиба.

7.1.2 В разделе 7 приведены требования к ограничителям изгиба, используемым в статических условиях, а также дополнительные требования, предъявляемые к динамическим ограничителям изгиба. Требования применимы, как к металлическим, так и к гибридным ограничителям изгиба.

7.2 Функциональные требования

7.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к ограничителям изгиба, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- минимальный радиус изгиба гибкой трубы должен быть выше минимального значения, указанного заказчиком для данного срока службы;
- ограничитель изгиба должен надежно крепиться к опорной конструкции.

7.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, к которой крепится ограничитель изгиба, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- внешний диаметр;
- допуск по внешнему диаметру;
- минимальный радиус изгиба для эксплуатации и хранения;
- масса на единицу длины гибкой трубы;
- материал внешней оболочки.

Детальный чертеж концевого фитинга на том конце гибкой трубы, где находится ограничитель изгиба (для ограничителей изгиба, в которых в качестве соединительной конструкции используется реактивная муфта).

Величина овализации гибкой трубы при минимальном радиусе изгиба в условиях эксплуатации с указанием минимального и максимального диаметра трубы овального сечения.

Значения жесткости на изгиб, которые применимы для всех условий проектирования/эксплуатации. При определении этих значений должны учитываться комбинации температуры внутреннего флюида и температуры окружающей среды (воздух или морская вода, в зависимости от ситуации), а также внутреннее давление, возникающее в таких условиях проектирования/эксплуатации. В дополнение, при определении жесткости на изгиб должна приниматься во внимание гистерезисная характеристика гибкой трубы.

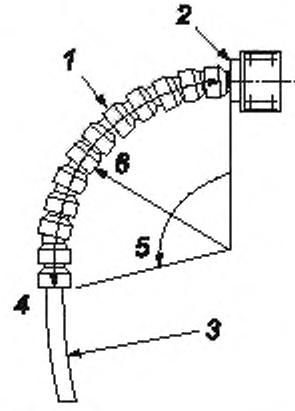
7.2.3 Параметры проектирования ограничителя изгиба

7.2.3.1 Заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- каким должен быть ограничитель изгиба статическим или динамическим;

- необходимую покрываемую длину. В этом случае следует указать угол изгиба покрываемого участка. Как вариант, можно указать покрываемую длину при минимальном радиусе изгиба гибкой трубы в условиях эксплуатации. На рисунке 4 показаны эти характеристики покрытия для стандартного полимерного ограничителя изгиба.

Температуры, которым подвергается ограничитель изгиба (в соответствии с 5.1.2).



1 — ограничитель изгиба, *2* — стыковочная конструкция; *3* — гибкая труба; *4* — покрываемая длина; *5* — угол изгиба покрываемого участка, *6* — минимальный радиус изгиба при эксплуатации

Рисунок 4 — Участок, покрываемый ограничителем изгиба

7.2.3.2 Рекомендуется, чтобы заказчик предоставил все требования к массе ограничителя изгиба.

В некоторых случаях может потребоваться ограничитель изгиба с нейтральной плавучестью. В этом случае можно указать необходимую плотность.

Для учета ограничений по физическим размерам указывается максимальный внешний диаметр ограничителя изгиба.

Так, например, ограничитель изгиба может помещаться в J-образную трубу, что налагает ограничения на его внешние размеры.

7.2.4 Опорная конструкция со стороны заказчика

7.2.4.1 Заказчик должен предоставить детальные чертежи опорной конструкции, к которой будет крепиться стыковочная конструкция ограничителя изгиба, например, фланец, концевой фитинг (см. 7.2.2), J-образная труба, хомут каната (в тех случаях, когда ограничитель изгиба не входит в объем поставки производителя хомутов каната). Чертежи должны быть достаточно информативными и содержать сведения о необходимых размерах и допусках стыковочной конструкции ограничителя изгиба и всех элементов крепежа, необходимых для надежной фиксации ограничителя изгиба в месте установки. Рекомендации по стыковке опорной конструкции со стыковочной конструкцией представлены в ГОСТ Р 59308.

7.2.4.2 Заказчик должен указать материал опорной конструкции, коррозионно-стойкое покрытие, нанесенное на нее, и предоставить подробную информацию о системе защиты от коррозии, используемой для опорной конструкции.

7.2.4.3 Заказчик должен указать максимально допустимый изгибающий момент и сдвигающую силу, действующую на его опорную конструкцию.

7.2.4.4 Проектировщик ограничителя изгиба должен указать все элементы, необходимые для монтажа.

7.2.5 Внешняя среда

7.2.5.1 Функциональные требования к окружающей среде — к воздействию солнечного света — следует указывать согласно 5.1.3. В дополнение к 5.1.3 следует указать, будет ли воздействие солнечного света на ограничитель изгиба зависеть от его конкретного местонахождения и предумотрены ли конструкции, обеспечивающие частичную или полную защиту ограничителя изгиба от солнечного света.

7.2.5.2 Заказчик должен предоставить информацию о месте установки ограничителя изгиба и указать, соединен ли он с надводным оборудованием, промежуточной конструкцией или с морским дном, а

также контактирует ли ограничитель изгиба с морской водой в течение всего срока службы или установлен/используется на поверхности и, следовательно, контактирует преимущественно с воздухом.

7.2.6 Защита от коррозии

Требования к защите от коррозии для стыковочной конструкции ограничителя изгиба, крепежных деталей и металлических элементов ограничителя изгиба должны указываться в соответствии с требованиями 5.2.6.

7.2.7 Требования к монтажу

Заказчик должен предоставить технические чертежи каждого направляющего желоба для забортных операций, над которыми будет установлен ограничитель изгиба.

7.2.8 Проектные нагрузки

7.2.8.1 Заказчик должен указать проектные нагрузки, воздействующие на ограничитель изгиба под действием изгибающего момента и сдвигающих сил, когда он изогнут до упора (заперт). При определении нагрузок вследствие изгибающего момента и сдвигающих сил необходимо учитывать максимальное расширение всех смежных с ограничителем изгиба подводных конструкций. При указании проектных монтажных нагрузок должны учитываться монтажные допуски, например допуски на угол навивки.

7.2.8.2 При необходимости, заказчик должен указать ударные нагрузки.

7.2.9 ЗИП

Заказчику следует указать требуемое количество в процентах запасных частей для ограничителя изгиба и запасных деталей крепежа для стыковочной конструкции. Запасные части могут использоваться для компенсации каких-либо потерь вследствие повреждений или, например, неправильной установки.

7.3 Требования к проектированию

7.3.1 Нагрузки

Нагрузки, действующие на ограничители изгиба подразделяются на функциональные, случайные и нагрузки от воздействия окружающей среды.

К функциональным нагрузкам относятся:

- гидростатическое давление;
- собственный вес (на воздухе и в воде);
- вес гибкой трубы;
- нагрузки, оказываемые элементами крепежа (используемого для соединения двух полуобечаек и для соединения элементов ограничителя изгиба с опорной конструкцией);
- нагрузки, передаваемые от гибкой трубы на ограничитель изгиба при его изгибе до упора (сдвигающая сила и изгибающий момент);
- статические реактивные нагрузки от стыковочной конструкции;
- воздействие движителей судов.

К случайным нагрузкам относятся:

- случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы;
- повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо;
- отказ движителей судна, если применимо;
- неисправность бурильной трубы, если применимо;
- разрыв якорного каната,
- поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо.

К нагрузкам от воздействия окружающей среды относятся:

- волнение;
- течение.

7.3.2 Методология проектирования

7.3.2.1 Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна содержать следующие обязательные документы (включая все выполненные расчеты), методологии и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

а) размеры всех элементов, включая такие обязательные, как:

1) размеры элементов ограничителя изгиба (длина, внешний и внутренний диаметр и т. д.);
2) размеры стыковочной конструкции;
3) размеры внешних покрытий;

4) размеры крепежных деталей;

5) размеры анодов системы коррозионной защиты;

б) радиус ограничителя изгиба в свободном состоянии и в деформированном состоянии при запирании (для проверки функции ограничения изгиба согласно 6.3.8);

в) усилия хомута для крепления ограничителя изгиба к опорной конструкции и скрепления полуобечаек друг с другом, если применимо (согласно 6.3.5.3 и 6.3.7.1);

г) выбранные внешние покрытия:

1) спецификацию покрытия поверхности;

2) журнал нанесения покрытий и результаты испытания на сцепление от поставщика, который поставляет покрытия производителю;

3) статус аттестации примененной системы покрытий;

д) данные о сроке службы согласно 7.3.10 и 7.3.11.

7.3.2.2 Методология локального анализа должна подтверждаться результатами полномасштабных испытаний новейших или более ранних типовых конструкций (см. также ГОСТ Р 59308).

7.3.2.3 В методологии проектирования должны учитываться ошибки при монтаже концевого фитинга или опорного фланца.

7.3.3 Критерии проектирования ограничителя изгиба

Нагруженный радиус сцепления для ограничителя изгиба должен быть не менее эксплуатационного радиуса минимального изгиба гибкой трубы, указанного производителем, который, в свою очередь, должен быть не менее или в 1,5 раза превышать радиус минимального изгиба гибкой трубы при хранении для статических и динамических условий использования в соответствии с ГОСТ Р 59309.

7.3.4 Критерии проектирования ограничителя изгиба. Общие положения

7.3.4.1 Конструкция изделия должна гарантировать, что изгибающие моменты и сдвигающие силы, воздействующие на ограничитель изгиба по всей его длине, не приведут к повреждению гибкой трубы ни на одном из концов ограничителя.

7.3.4.2 Производитель должен документально подтвердить соответствие конструкции изделия указанным требованиям для всех возможных комбинаций жесткости на изгиб гибкой трубы. При проектировании ограничителя изгиба необходимо учитывать жесткость при нелинейном изгибе гибкой трубы вследствие гистерезиса.

7.3.4.3 Ограничители изгиба могут присоединяться в местах, где отсутствует концевой фитинг и требуется их непосредственное крепление к трубе. В этом случае систему хомутов следует спроектировать таким образом, чтобы она не могла повредить трубу.

7.3.4.4 Конструкцией ограничителя изгиба должна быть предусмотрена защита от его смещения в осевом направлении.

7.3.5 Проектирование элементов ограничителя изгиба. Общие положения

7.3.5.1 На основании 5.2.4 соответствующая документация должна подтверждать, что контактное усилие между смежными элементами ограничителя изгиба во время сцепления не вызывают напряжения или деформации, выходящие допустимые пределы для соответствующего материала (см. также ГОСТ Р 59308).

7.3.5.2 При определении внутреннего диаметра ограничителя изгиба необходимо учитывать допуски по внешнему диаметру гибкой трубы, а также увеличение внутреннего диаметра гибкой трубы вследствие овализации при изгибании до максимального радиуса кривизны согласно расчетам для случаев установки и эксплуатации.

7.3.5.3 В определенных случаях необходимо рассчитать и указать усилия хомута для соединения полуобечаек ограничителя изгиба друг с другом при проведении монтажных процедур (см. 6.6.2). Необходимо определить усилия хомута, чтобы не допустить разделения полуобечаек в заданных условиях эксплуатации. Напряжение смятия, возникающее под действием усилий хомута, не должно вызывать в материале ограничителя изгиба напряжение и деформации, выходящие за допустимые пределы.

7.3.6 Проектирование элементов полимерного ограничителя изгиба

7.3.6.1 Свойства материала, используемого при проектировании ограничителя изгиба должны быть идентичны свойствам материала полномасштабного элемента после его изготовления, что определяется в ходе полномасштабного испытания (см. также ГОСТ Р 59308).

7.3.6.2 При проектировании должны быть учтены свойства полимерных материалов элемента ограничителя изгиба при воздействии на них различных комбинаций температуры внешней оболочки и температуры окружающего воздуха либо морской воды, в зависимости от конкретного случая, которые приводят к повышению/понижению температуры материала до максимальных/минимальных значений.

7.3.6.3 При определении нагруженного радиуса сцепления методология проектирования должна учитывать отклонение элементов полимерного ограничителя изгиба от свободного радиуса сцепления вследствие упругой деформации материала, а также любых температурных деформаций материала.

7.3.6.4 Элементы ограничителя изгиба должны быть спроектированы таким образом, чтобы смежные элементы были размерно совместимы друг с другом при сборке ограничителя изгиба. После изготовления изделий должна быть проведена их проверка на размерную совместимость, включающая в себя линейные и угловые измерения, контрольную сборку и испытание изделия в сборе.

7.3.7 Проектирование стыковочной конструкции

7.3.7.1 Для закрепления ограничителя изгиба в месте установки при помощи стыковочной конструкции необходимо рассчитать усилия хомута в соответствии с процедурами монтажа (см. 6.6.2). Усилия хомута должны обеспечивать удержание ограничителя изгиба в рабочем положении в течение оговоренного срока службы. Напряжение смятия, возникающее под действием усилий хомута, не должно вызывать в ограничителе изгиба или стыковочной конструкции напряжение и деформации, выходящие за допустимые пределы.

7.3.7.2 Стыковочная конструкция должна быть размерно совместима с опорной конструкцией с учетом всех допусков в этой конструкции. В частности, реактивные муфты должны быть размерно совместимы с концевым фитингом гибкой трубы с учетом допусков.

7.3.7.3 Соответствующая документация должна подтверждать, что стыковочная конструкция не передает на опорную конструкцию ни избыточную нагрузку (через болтовое соединение), ни контактное усилие, ни другую нагрузку, которая превышала бы уровень напряжения для этих конструкций или коэффициенты допустимого использования концевого фитинга (см. также ГОСТ Р 59309).

7.3.8 Верификация проектирования ограничителя изгиба

После проектирования элементов ограничителя изгиба необходимо рассчитать свободный и нагруженный радиус сцепления ограничителя изгиба с учетом конфигурации отдельных элементов, чтобы подтвердить, что радиусы сцепления соответствуют требуемым.

7.3.9 Срок службы. Статические условия эксплуатации

Согласно 6.3.10.2 необходимо подтвердить, что ползучесть полимерного ограничителя изгиба под действием постоянной нагрузки, возникающей при сцеплении, не приводит к возникновению напряжений, выходящих за допустимые пределы, и к несоответствию продукции функциональным требованиям в течение всего срока службы.

7.3.10 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

Инструкции и рекомендации по использованию ограничителей изгиба в динамических условиях эксплуатации приведены в ГОСТ Р 59308.

7.3.11 Защита от коррозии

7.3.11.1 Минимальные требования к защите от коррозии для металлических элементов ограничителя изгиба приведены в 6.3.12.

7.3.11.2 Полуобечайки элементов полимерного ограничителя изгиба должны соединяться друг с другом при помощи крепежа, изготовленного из коррозионно-стойкого металла.

7.3.11.3 В соответствии с требованиями 6.3.12.2 следует избегать гальванической коррозии стыковочной конструкции и ее крепежа. Для этого необходимо подобрать соответствующий металлический материал, совместимый с материалом опорной структуры заказчика (см. 6.2.4), либо обеспечить электрическую изоляцию стыковочной конструкции, используя защитные покрытия или другие способы.

7.4 Требования к материалам

7.4.1 Общие положения

Требования настоящего раздела применимы к элементам металлических и полимерных ограничителей изгиба и металлическим стыковочным конструкциям.

7.4.2 Требования к аттестации. Полимерные материалы

Согласно программе аттестации производитель должен провести испытания и документально зафиксировать свойства материалов полимерных ограничителей изгиба согласно таблице 8. Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблице 8, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материала в образцах, подвергнутых старению. Минимальные требования к испытанию на старение приведены в 5.3.4.

Таблица 8 — Требования к аттестации полимерного материала ограничителя изгиба

Испытания	Порядок проведения испытания [1)]	Температура		Образец, подвергнутый старению
		мин.	макс.	
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	—	—	—
Прочность на сжатие, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 25.503, ГОСТ 1497, ГОСТ 18299, ГОСТ 4651, ГОСТ ISO 7743	—	—	—
Плотность	По ГОСТ 14359, ГОСТ 15139	—	—	—
Жесткость	По ГОСТ 24621, ГОСТ 270	—	—	—
Температура тепловой деформации	По ГОСТ 32657, ГОСТ 34371, ГОСТ 12021	—	—	—
Ударная вязкость	По ГОСТ 4647, ГОСТ 9454	X	—	—
Прочность на сдвиг, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 24778, ГОСТ ISO 1827	—	—	—
Прочность на растяжение, модуль, удлинение при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	—	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

7.4.3 Требования к аттестации. Металлические материалы

7.4.3.1 Минимальные требования к аттестации металлического материала, используемого для изготовления элементов металлического ограничителя изгиба, приведены в 5.3.3.

7.4.3.2 Если ограничитель изгиба изготавливается из стандартной трубы, металлические материалы трубы должны проетироваться с учетом соответствующих положений ГОСТ Р 51164, ГОСТ Р 58284, ГОСТ Р 54382.

7.5 Требования к изготовлению

7.5.1 Требования к обеспечению качества. Контроль процесса

7.5.1.1 Изготовитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию процессов производства, перечисленных в 5.4.3.6, для элементов полимерных ограничителей изгиба.

7.5.1.2 Изготовитель должен иметь задокументированную методологию машинной обработки элементов полимерного ограничителя изгиба, если применимо.

7.5.1.3 Изготовитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию процессов производства, перечисленных в 5.4.3.2, для элементов металлических ограничителей изгиба.

7.5.1.4 От каждой смеси полимерного материала должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на разрыв по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

7.5.2 Требования обеспечения качества. Надлежащее обращение с изделием в процессе производства

Изготовитель должен иметь в наличии задокументированные инструкции по надлежащему обращению с элементами полимерного ограничителя изгиба.

7.5.3 Производственные допуски

7.5.3.1 Допуски для элементов ограничителя изгиба подбираются таким образом, чтобы в пределах этих допусков элементы ограничителя изгиба были размерно совместимы друг с другом.

7.5.3.2 Допуски для стыковочной конструкции подбираются таким образом, чтобы в пределах этих допусков она была размерно совместима с опорной конструкцией заказчика.

7.5.4 Ремонт

Элементы полимерного ограничителя изгиба, непригодные к использованию согласно требованиям 5.6.3, не подлежат ремонту и, следовательно, не могут быть заменены.

7.6 Документация

7.6.1 Отчет о проектировании

7.6.1.1 Описание ограничителя изгиба в отчете о проектировании должно, как минимум, включать в себя следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- размеры внутреннего отверстия элементов ограничителя изгиба;
- максимальный внешний диаметр элементов ограничителя изгиба;
- длину отдельных элементов ограничителя изгиба и общую длину ограничителя изгиба;
- свободный и нагруженный радиусы сцепления;
- проектную температуру;
- максимально допустимый изгибающий момент и сдвигающую силу;
- минимальный радиус изгиба при хранении, установке и эксплуатации.

7.6.1.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы,

б) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

в) задокументированную основу коэффициентов использования, если такие коэффициенты не приведены в данном стандарте;

г) задокументированную основу для пределов выносливости полимерных и композитных материалов или коэффициент запаса усталостной прочности в тех случаях, где это применимо;

д) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

и) описание сварных швов, используемых для металлических элементов;

к) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

л) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) размеры элементов ограничителя изгиба (длина, внешний и внутренний диаметр и т. д.);
2) размеры стыковочной конструкции;
3) размеры внешних покрытий;
4) размеры крепежных деталей;
5) размеры анодов системы коррозионной защиты;

м) свободный и нагруженный радиусы сцепления ограничителя изгиба (для проверки функции ограничения изгиба согласно 7.3.8);

н) расчет усилий хомута для крепления ограничителя изгиба к опорной конструкции и скрепления полуобечаек корпуса элемента друг с другом, если применимо (согласно 7.3.5.3 и 7.3.7.1);

п) анализ срока службы согласно 7.3.9 и 7.3.10;

р) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

7.6.2 Процедура монтажа

Изготовитель должен включить в процедуры монтажа следующее:

- процедуры, приведенные в 5.5.5;
- процедуры присоединения стыковочной конструкции к смежной конструкции с указанием применимых усилий хомута;

- процедуры сборки элементов ограничителя изгиба. Необходимо указать усилия хомута для соединения полуобечаек, если применимо;
- процедуры присоединения к металлическим ограничителям изгиба кабелей системы коррозионной защиты.

7.7 Приемо-сдаточные испытания

7.7.1 Общие положения

Производитель должен провести заводские ПСИ элементов жесткости на изгиб, приведенные в таблице 9. Необходимо провести испытания как минимум одного металлического и одного полимерного элемента.

Таблица 9 — ПСИ составных элементов жесткости на изгиб

Составной элемент	Испытание	Процент изделий от общего объема, подлежащий испытаниям	Структурный элемент
Элементы металлического ограничителя изгиба	Размеры	5 %[1] элементов, изготовленных машинным способом, но не менее 2	См. 7.7.2
	Визуальный контроль	100 %	См. 5.6.2.1
	Подгонка и сборка[2]	1 для каждой конструкции ограничителя изгиба	См. 7.7.3
	Свободный радиус сцепления[2]	1 для каждой конструкции ограничителя изгиба	См. 7.7.4
Элементы полимерного ограничителя изгиба	Размерный контроль[3]	5 %[1], но не менее 2	См. 7.7.2
	Визуальный контроль	100 %	См. 5.6.3 и 7.7.5
	Подгонка и сборка[2]	1 для каждой конструкции ограничителя изгиба	См. 7.7.3
	Жесткость	5 %[1], но не менее 1	ГОСТ 24621, ГОСТ 270[2]
	Свободный радиус сцепления[2]	1 для каждой конструкции ограничителя изгиба	См. 7.7.4
Стыковочная конструкция	Размерный контроль	100 %	См. 7.7.2
	Визуальный контроль	100 %	См. 5.6.2.1
	Неразрушающий контроль сварных швов	100 %	См. 5.6.2.2

[1] Значение, принятое в отраслевой практике производства работ.

[2] Согласно требованиям к гибридной конструкции ограничителя изгиба подгонка, сборка и проверка свободного радиуса сцепления проводятся только 1 раз.

[3] Согласно 5.6.4 размерному контролю подлежит первое формованное изделие, для остальных изделий осуществляется равномерная выборка между первым и последним изделиями.

7.7.2 Измерение размеров

Измерение размеров ограничителя изгиба и стыковочной конструкции должно подтвердить, что размеры этих элементов соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров элементов ограничителя на изгиб:

- внутренний диаметр,
- внешний диаметр;
- длина.

7.7.3 Сборка и испытания в сборе

7.7.3.1 Процедура

Все элементы ограничителя изгиба должны собираться на стыковочной конструкции или на типовой модели стыковочной конструкции в натуральную величину. Эта конструкция, в свою очередь, должна собираться на конструкции, которая является типовой моделью опорной конструкции в натуральную величину. Технические характеристики крепежа, используемого для соединения этих конструкций друг с другом, и усилия хомута должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования. Если элементы ограничителя изгиба состоят из полуобечаек, технические характеристики крепежа, используемого для соединения полуобечаек элементов ограничителя друг с другом, и усилия хомута должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования (см. 7.3.5.3). Необходимо провести измерения длины ограничителя изгиба.

7.7.3.2 Критерии приемки

Все элементы ограничителя изгиба по размерам должны быть совместимы друг с другом и стыковочной и опорной конструкциями или с их типовыми моделями в натуральную величину. Усилия хомута крепежных деталей не должны приводить к возникновению повреждений элементов ограничителя изгиба. Длина ограничителя изгиба должна соответствовать длине, указанной в технических чертежах, с учетом допусков по размерам.

7.7.4 Измерение свободного радиуса сцепления

7.7.4.1 Процедура

Измерение свободного радиуса сцепления ограничителя изгиба должно включать в себя измерение радиуса сцепления ограничителя изгиба в сборе (в сборе согласно 7.7.3) в ненагруженном состоянии.

7.7.4.2 Критерии приемки

Полученное значение радиуса сцепления должно быть равным или более значения свободного радиуса, рассчитанного в ходе проектирования.

7.7.5 Визуальный осмотр

Необходимо проверить элементы полимерного ограничителя изгиба на овальность. Производитель должен указать допустимые пределы овальности в спецификации на изготовление.

7.8 Маркировка и упаковка

7.8.1 Маркировка

7.8.1.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

7.8.1.2 Маркировка ограничителя изгиба должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение оговоренного срока службы. Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- свободный радиус сцепления;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается ограничитель жесткости.

7.8.2 Упаковка

Элементы ограничителя жесткости должны быть упакованы в соответствующий защитный материал, например в воздушно-пузырчатую упаковочную пленку.

8 Раструбы

8.1 Область применения

8.1.1 Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к раструбам.

8.1.2 Требования раздела 8 применяются к раструбам, предназначенным для контроля изгиба в статических и динамических условиях эксплуатации.

8.2 Функциональные требования

8.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к раструбам, выполнение которых должен обеспечить изготовитель:

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- обеспечение такого положения гибкой трубы, при котором ее минимальный радиуса изгиба будет выше значения, указанного заказчиком;
- обеспечение надежной фиксации на опорной конструкции в течение установленного срока службы;
- передача нагрузок с гибкой трубы на опорную конструкцию.

8.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, защиту которой обеспечивает раструб, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- внешний диаметр;
- допуск по внешнему диаметру;
- минимальный радиус изгиба для эксплуатации и хранения;
- стойкость гибкой трубы к смятию.

8.2.3 Параметры проектирования раструба

8.2.3.1 Заказчик должен указать следующие параметры для раструба:

а) необходимый профиль раструба, если заказчик рассчитал профиль раструба. Необходимо предоставить детальные чертежи раструба;

б) угол раструба в среднем положении по отношению к вертикальной оси;

в) все ограничения по физическим размерам раструба, выраженные в виде максимальной длины и максимального внешнего выходного диаметра.

Примечание — Изготовителю может потребоваться проведение предварительных изысканий для расчета профиля раструба с учетом как параметров трубы, так и производственного процесса.

8.2.3.2 Заказчик должен указать следующие параметры:

- все требования к массе раструба для ее минимизации и снижения общей нагрузки на судно/платформу или систему гибких труб;
- требования к покрытиям, предохраняющим от обрастания.

8.2.4 Опорная конструкция со стороны заказчика

8.2.4.1 Заказчик должен предоставить детальные чертежи опорной конструкции, к которой будет крепиться раструб, например I-образной трубы или хомута каната (в тех случаях, когда раструб не входит в объем поставки производителя хомутов для канатов). Чертежи должны быть достаточно информативными и содержать сведения о необходимых размерах и допусках раструба, необходимых для присоединения к опорной конструкции.

8.2.4.2 Заказчик должен указать материал опорной конструкции, коррозионно-стойкое покрытие, нанесенное на нее, и предоставить подробную информацию о системе защиты от коррозии, используемой для опорной конструкции.

8.2.5 Параметры проектирования I-образной трубы

Если раструб должен крепиться к I-образной трубе, заказчик должен указать фактический внутренний диаметр I-образной трубы, при наличии таких данных, либо, в качестве альтернативы, внешний диаметр и толщину стенки с допусками. Заказчик должен предоставить производителю детальные чертежи I-образной трубы, при их наличии.

8.2.6 Внешняя среда

8.2.6.1 Согласно требованиям 5.1.3 для раструбов из композитных материалов следует указать функциональные требования к окружающей среде — к воздействию солнечного света.

8.2.6.2 Заказчик должен указать, контактирует раструб с морской водой в течение срока службы или он расположен на поверхности и, как следствие, контактирует только с воздухом.

8.2.7 Проектные нагрузки

8.2.7.1 Заказчик должен указать проектные нагрузки, действующие на раструб, такие как эффективное растягивающее напряжение и угол отклонения гибкой трубы от оси раструба [если заказчик не предоставил профиль раструба согласно 8.2.3.1 а)]. При определении эффективного растягивающего напряжения и угла необходимо учитывать все возможные расчетные варианты нагрузки на гибкую трубу согласно ГОСТ Р 59309.

8.2.7.2 Если заказчик сам спроектировал раструб, он должен указать максимально допустимое давление в зоне контакта, оказываемое гибкой трубой на внутреннюю поверхность раструба.

8.2.7.3 Заказчик должен указать все усталостные нагрузки, действующие на раструб, определенные с учетом диапазона эффективных растягивающих напряжений гибкой трубы и углов отклонения и соответствующего количества циклов.

8.3 Требования к проектированию

8.3.1 Нагрузки

В отчете о проектировании производитель должен подтвердить, что раструб выполняет критерии проектирования для случаев, когда раструб подвергается нагрузкам (как в статических, так и динамических условиях, в зависимости от ситуации) при контакте гибкой трубы с его поверхностью, и случайным нагрузкам, которые воздействуют на конфигурацию гибкой трубы и/или раструб, таких как:

- внутреннее избыточное давление;
- повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо;
- отказ движителей судна, если применимо;
- неисправность бурильной трубы, если применимо;
- разрыв якорной линии;
- поломка системы привода турели плавучего сооружения для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо.

8.3.2 Методология проектирования

8.3.2.1 В документации, предоставленной для верификации методологии проектирования, должны быть указаны, как минимум, следующие использовавшиеся методологии, расчеты и инструменты программного обеспечения, а также следующие данные:

а) размеры всех элементов, включая такие обязательные, как:

1) длина раструба;
2) выходные размеры раструба;
3) толщина раструба;
4) внешние покрытия;
5) расчеты системы защиты от коррозии;
6) крепежные детали для крепления раструба к опорной конструкции или хомуту каната;

б) профиль раструба (если профиль рассчитывает производитель), рекомендации по выбору профиля для раструба представлены в ГОСТ Р 59308;

в) выбранные внешние покрытия:

1) спецификация покрытия поверхности;
2) записи о нанесении покрытий и результаты испытаний на сцепление от поставщика, который поставляет покрытия производителю;
3) статус аттестации примененной системы покрытий;

г) данные о сроке службы согласно 5.2.5.

8.3.2.2 В проекте должны быть учтены свойства материалов композитного раструба под воздействием температуры внешней оболочки гибкой трубы и температуры окружающего воздуха либо морской воды, в зависимости от конкретного случая, которые приводят к повышению/понижению температуры этого материала до максимальных/минимальных значений.

8.3.3 Критерии проектирования

8.3.3.1 Профиль раструба не должен позволять гибкой трубе изгибаться до радиуса меньше рабочего минимального радиуса изгиба ни при одной из возможных комбинаций нагрузок.

8.3.3.2 Профиль раструба должен защищать гибкую трубу от избыточной динамической нагрузки, приводящей к усталостному разрушению трубы до истечения указанного срока службы.

8.3.3.3 Давление, которое испытывает внешняя оболочка гибкой трубы при контакте с раструбом, не должно превышать значение допустимого контактного давления.

8.3.3.4 Для гибкой трубы устанавливается максимально допустимое сжимающее усилие, действующее на трубу при ее контакте с внутренней поверхностью раструба, которое определяется стойкостью гибкой трубы к смятию. Конструкция должна обеспечивать выполнение критериев стойкости к смятию с учетом наиболее критичного эффективного растягивающего напряжения, возникающего в момент контакта гибкой трубы с раструбом.

8.3.3.5 Угол входа должен быть как минимум на 5° больше расчетного значения для всех расчетных вариантов нагрузки с учетом различных факторов, включая повороты судна.

8.3.4 Проектирование раструба

8.3.4.1 Профиль раструба может быть изготовлен из нескольких секций, соединенных друг с другом. В этом случае необходимо документально подтвердить, что места переходов между смежными секциями не ухудшают способность раструба к ограничению изгиба до такой степени, что это приводит к невыполнению требований к минимальному радиусу изгиба или ухудшению усталостных характеристик гибкой трубы.

8.3.4.2 Раструб должен иметь такую конструкцию, при которой не будут возникать повреждения протяжного каната или раструба из-за истирания протяжного каната об раструб в ходе установки.

8.3.4.3 В конструкции раструба должны быть предусмотрены средства защиты от обрастания морскими организмами и попадания посторонних предметов, которые могут привести к изменению минимального радиуса изгиба, повреждению гибкой трубы или ухудшению усталостных характеристик гибкой трубы.

8.3.4.4 Профиль раструба должен быть спроектирован таким образом, чтобы кривизна гибкой трубы внутри раструба оставалась неизменной, что может привести к ухудшению усталостных характеристик гибкой трубы.

8.3.5 Проектирование раструба. Композитные раструбы

Производитель должен проверить конструкцию и убедиться, что упругие деформации раструба при контакте гибкой трубы с внутренними поверхностями раструба не приводят к уменьшению минимального радиуса изгиба.

Соединения между композитными раструбами и металлическими направляющими трубками должны быть спроектированы таким образом, чтобы они могли выдерживать изгибающие нагрузки в течение установленного срока службы. Для верификации свойств клеевого соединения необходимо провести полномасштабное испытание (см. также ГОСТ Р 59308).

8.4 Требования к материалам

8.4.1 Общие положения

8.4.1.1 Требования 8.4 применимы к металлическим и композитным раструбам.

8.4.1.2 Необходимо документально подтвердить, что материалы, используемые для покрытия внутренних поверхностей раструба, не приводят к увеличению жесткости раструба до уровня, при котором ухудшается способность профиля раструба к ограничению изгиба.

8.4.2 Требования к аттестации. Армированные волокном композиционные материалы

8.4.2.1 Производитель должен документально подтвердить, что свойства материалов композитных раструбов соответствуют требованиям таблицы 10. Под свойствами материалов подразумеваются свойства композитных материалов, а не их компонентов. Если даны соответствующие указания, свойства материалов, приведенные в таблице 10, необходимо измерить при минимальной температуре материала в процессе эксплуатации. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материалов в образцах, подвергнутых старению. Минимальные требования к испытанию на старение приведены в 5.3.4.

Таблица 10 — Требования к аттестации армированных волокном композиционных материалов раструба

Испытания	Процедура испытания[1)]	Температура		Образец, подвергнутый старению
		мин.	макс.	
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	—	—	—
Прочность на сжатие, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 25.503, ГОСТ 1497, ГОСТ 18299, ГОСТ 4651, ГОСТ ISO 7743	—	—	—

Окончание таблицы 10

Испытания	Процедура испытания[1)]	Температура		Образец, подвергнутый старению
		мин.	макс.	
Плотность	По ГОСТ 14359, ГОСТ 15139	—	—	—
Усталостная стойкость	—	X[2)]	X[2)]	—
Ударная вязкость	По ГОСТ 4647, ГОСТ 9454	X	—	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	—	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта, либо могут превышать их.

[2)] Материал должен пройти достаточное количество испытаний на соответствие установленным требованиям к усталостной стойкости материала в данном диапазоне температур.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

8.4.2.2 Композитные материалы, из которых изготавливают раструбы, в динамических условиях должны обладать достаточной усталостной стойкостью, чтобы выдерживать циклические изгибающие нагрузки, возникающие при контакте с гибкой трубой. В мелкомасштабном испытании на усталость материала раструба должны быть смоделированы условия, которые будут наблюдаться в процессе эксплуатации материала: среднее напряжение/деформация, диапазон напряжений/деформаций и количество циклов.

8.5 Требования к изготовлению

8.5.1 Требования к обеспечению качества. Контроль процесса

8.5.1.1 Изготовитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию процессов изготовления, перечисленных в 5.4, процесса намотки волокон на трубные секции раструбов и процесса ручного наслаивания профилированных секций для композитных раструбов.

8.5.1.2 От каждой смеси композитного материала должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на разрыв по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

8.5.2 Обработка поверхности

Внутренняя поверхность раструба должна быть равномерно гладкой и не должна иметь острых углов и краев, которые способны повредить внешнюю оболочку гибкой трубы. У производителя должны быть задокументированные в спецификации на изготовление процедуры, позволяющие выполнить эти требования.

8.5.3 Производственные допуски

Допуски размеров для профиля раструба должны быть такими, чтобы требования к минимальному радиусу изгиба и усталостным характеристикам оставались выполненными в пределах этих допусков.

8.6 Документация

8.6.1 Отчет о проектировании

8.6.1.1 Описание раструба в отчете о проектировании должно, как минимум, включать в себя следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- описание профиля;
- входной и выходной размеры;
- толщина стенок;
- длина;

- максимально допустимый угол отклонения гибкой трубы от оси раструба и соответствующее эффективное растягивающее напряжение в процессе эксплуатации.

8.6.1.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы, включая процедуры расчетов параметров проектирования, которые требуются для отчета о проектировании;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу коэффициентов использования, если такие коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) задокументированную основу для пределов выносливости полимерных и композитных материалов или коэффициента запаса усталостной прочности в тех случаях, где это применимо;

е) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты в тех случаях, где это применимо;

ж) производственные и проектные допуски;

и) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

к) описание сварных швов, используемых для металлических элементов;

л) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5,

м) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) длину раструба;
2) выходные размеры раструба;
3) толщину раструба;
4) внешние покрытия;
5) расчеты системы защиты от коррозии;
6) крепежные детали для крепления раструба к опорной конструкции или хомуту каната;

н) расчет профиля раструба (если профиль рассчитывает производитель), см. рекомендации по выбору профиля для раструба в ГОСТ Р 59308;

п) анализ срока службы в соответствии с требованиями 5.2.5.2 или 5.2.5.3;

р) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

8.6.2 Процедуры монтажа

8.6.2.1 Согласно 5.5.5 изготовитель должен предоставить заказчику процедуры присоединения раструба к опорной конструкции с указанием применимых усилий хомута, если необходимо.

8.6.2.2 Производитель должен предоставить заказчику процедуры соединения полуобечаек раструба друг с другом, если необходимо, с указанием применимых усилий хомута.

8.7 Приемо-сдаточные испытания

8.7.1 Измерение размеров

Измерение размеров раструба должно подтвердить, что профиль изделия соответствует техническим чертежам с учетом допусков по размерам.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров:

- входной диаметр;
- выходной диаметр;
- длина;
- диаметр раструба в нескольких местах, достаточных, чтобы подтвердить соответствие профиля проекту.

8.7.2 Визуальный осмотр

Необходимо осмотреть внутреннюю поверхность и края выходного отверстия раструба на наличие острых кромок, которые могли бы повредить гибкую трубу. Необходимо проверить внутреннюю поверхность на наличие возможных поверхностных дефектов, например, брызг металла после сварки, которые нарушают расчетный профиль, из-за чего не выполняются функциональные требования. Необходимо проверить степень обработки поверхности на соответствие проектным требованиям.

8.8 Маркировка

8.8.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

8.8.2 Маркировка раструба должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается раструб;
- массу.

9 Балластные модули и модули плавучести

9.1 Область применения

9.1.1 Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к балластным модуля и модулям плавучести.

9.1.2 Требования раздела 9 применяют к балластным модулям и модулям плавучести.

9.1.3 Требования настоящего раздела применимы ко всем элементам модуля, включая модульный элемент, внутренний зажим и детали крепежа.

9.2 Функциональные требования

9.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к балластным модулям и модулям плавучести, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- обеспечение необходимой чистой плавучести или чистого веса гибкой трубы в течение установленного срока службы;
- обеспечение надежного крепления к гибкой трубе в установленном месте в течение установленного срока службы.

9.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, к которой крепится модуль, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- проектные параметры гибкой трубы, необходимые для расчета хомута согласно 13.2.1;
- минимальный радиус изгиба при эксплуатации.

9.2.3 Параметры проектирования модулей плавучести

9.2.3.1 Заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры для модуля плавучести:

а) окончательную или начальную чистую плавучесть, в зависимости от конкретного случая, на единицу длины гибкой трубы. Выбор начальной плавучести или плавучести к концу срока службы определяется ее критичностью для проектирования системы, его нужно четко обосновать;

б) длину плавучей/нагруженной секции.

Вместо приведенного в перечислениях а) и б) заказчик может указать комбинацию из размера и количества модулей и необходимое расстояние между центрами. Заказчик должен указать, определено ли это расстояние для начальной плавучести или плавучести к концу срока службы, и пояснить, могут ли быть рассмотрены альтернативные комбинации размеров, количества модулей и расстояний, при котором достигается необходимая общая плавучесть/необходимая общая масса.

Условия, при которых целесообразно использовать значение начальной или чистой плавучести к концу срока службы, рассматриваются в ГОСТ Р 59308.

9.2.3.2 Заказчику следует указать допустимые допуски на необходимую чистую плавучесть и на длину плавучей секции, в случае указания этих параметров. Общие рекомендации по допускам для модуля плавучести приведены в ГОСТ Р 59308. При использовании более одного типа модулей плавучести необходимо указать вышеприведенные параметры с допусками для каждого типа модуля плавучести.

9.2.4 Параметры проектирования балластных модулей

9.2.4.1 Заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры для балластных модулей:

а) массу секции;

б) длину секции.

Вместо указанного в перечислениях а) и б) заказчик может указать комбинацию размеров и количества модулей и необходимое расстояние между центрами. Заказчик должен пояснить, могут ли быть рассмотрены альтернативные комбинации размеров, количества модулей и расстояний, при которых достигается необходимая общая масса.

9.2.4.2 Заказчику следует указать допуски на массу и длину секции балластного модуля (см. 9.6.3). При использовании более одного типа балластных модулей необходимо указать вышеприведенные параметры с допусками для каждого типа балластного модуля.

9.2.5 Общие параметры проектирования модулей

Заказчик должен указать следующие параметры для модулей:

- расстояние от центра к центру;
- все ограничения по физическим размерам модулей, выраженные либо в виде максимальной длины и максимальных внешних размеров, либо в виде предпочтительных размеров.

Примечание — Физические размеры модуля плавучести могут в определенной степени ограничивать достижимую чистую плавучесть;

- требования к покрытиям, препятствующим обрастанию морскими микроорганизмами.

Влияние расстояния между модулями рассмотрено в ГОСТ Р 59308.

9.2.6 Внешняя среда

9.2.6.1 Функциональные требования к окружающей среде — к воздействию солнечного света — следует указывать согласно 5.1.3. В дополнение к 5.1.3 следует указать, будет ли воздействие солнечного света на балластные модули зависеть от их конкретного местонахождения и предумотрены ли конструкции, обеспечивающие частичную или полную защиту модулей от солнечного света.

9.2.6.2 Заказчик должен указать максимальную глубину для модулей определенной длины, включая глубину установки и эксплуатации.

9.2.6.3 Заказчик должен указать плотность и толщину обрастания морскими организмами в диапазоне глубин, на которых устанавливаются соответствующие модули.

9.2.7 Защита от коррозии

Заказчик может указать необходимость использования коррозионно-стойкого материала для крепежных деталей модуля.

9.2.8 Требования к монтажу

9.2.8.1 Заказчик должен предоставить детальные чертежи площадок с шахтами на платформе или плавучем средстве для укладки трубопроводов, в зависимости от ситуации, если модули планируется устанавливать через шахты. Заказчик должен предоставить производителю необходимые для согласованной работы данные о комплексе укладочного оборудования (размеры шахты, высота межпалубного пространства, максимальная высота кранов и т. д.), которое будет использоваться при установке.

9.2.8.2 В случае использования при установке монтажных вышек заказчик должен предоставить сведения о доступном пространстве внутри вышки, которое может ограничивать размеры модулей.

9.2.9 Проектные нагрузки

9.2.9.1 Заказчик должен предоставить значения осевых нагрузок, передаваемых с элемента модуля на хомут как в процессе установки, так и эксплуатации.

9.2.9.2 Заказчик должен указать максимальную кривизну гибкой трубы на участке гибкой трубы с установленными модулями.

9.2.10 Количество

В рамках требований 9.2.3.1 б), 9.2.4.1 б) и 9.2.5 изготовитель может предложить такую комбинацию размеров и количества модулей, которая будет выполнять общие требования, приведенные в данных подпунктах.

9.2.11 ЗИП

Согласно 5.1.7 заказчик должен указать необходимое количество запасных частей и запасных крепежных деталей для каждого типа модуля.

9.3 Требования к проектированию

Нагрузки, действующие на балластные модули и модули плавучести, подразделяются на функциональные, случайные и нагрузки от воздействия окружающей среды.

К функциональным нагрузкам относятся:

- гидростатическое давление;
- ударные нагрузки и нагрузки при истирании во время грузовых операций, транспортировки и установки;
- нагрузки, возникающие из-за расширения и сжатия гибкой трубы, вызванные растягивающим напряжением, внутренним давлением и температурным воздействием в процессе эксплуатации, установки и в ходе испытаний на утечку или на прочность конструкции (см. также [9]);
- нагрузки, вызванные крепежными системами, например, хомутом внутреннего зажима;
- нагрузки, передаваемые от элемента плавучести (включая элемент плавучести, вес балластного модуля и модуля плавучести);
- нагрузки вследствие теплового расширения и сжатия внешней оболочки гибкой трубы (если материалы, используемые в модуле, расширяются с разной скоростью);
- нагрузки, вызванные термическим ударом;
- воздействие движителей судов.

К случайным нагрузкам относятся:

- случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы;
- повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо;
- отказ движителей судна, если применимо;
- неисправность бурильной трубы, если применимо;
- разрыв якорного каната;
- поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо.

К нагрузкам от воздействия окружающей среды относятся:

- волнение;
- течение.

9.4 Методология проектирования

9.4.1 Документация

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

а) размеры всех элементов, включая такие обязательные, как:

1) модульный элемент;
2) толщина внешней оболочки модульного элемента;
3) крепежные детали (используемые для фиксации внутреннего зажима и полуобечаек модульного элемента, если применимо);
4) корпус внутреннего зажима;
5) хомут внутреннего зажима;
6) внешний хомут, если применимо;

б) показатели потери плавучести/массы в течение срока службы согласно 9.4.3.1 и 9.4.4;

в) усилие затяжки согласно 9.4.6 и внешнее усилие хомута для скрепления полуобечаек элемента друг с другом согласно 9.4.6;

г) расчеты силы удара при слеминге (согласно 9.4.6.1);

д) допуски для отдельных модулей и допуски на плавучесть/массу всех модулей в совокупности;

е) данные о сроке службы согласно требованиям 5.2.5.

9.4.2 Критерии проектирования. Общие положения

Модуль должен быть спроектирован таким образом, чтобы рабочий минимальный радиус изгиба гибкой трубы оставался равным или более минимального значения, указанного заказчиком, при изгибании гибкой трубы в местах, где она с обеих сторон выходит из отверстия модуля.

9.4.3 Критерии проектирования модулей плавучести

9.4.3.1 Совокупную плавучесть необходимо рассчитать таким образом, чтобы в течение установленного срока службы она не выходила за верхние и нижние пределы чистой плавучести, указанной заказчиком, вследствие изменений, вызываемых, среди прочего, такими эффектами, как:

- поглощение воды полимерными или композитными элементами модуля;
- начальное упругое сжатие на рабочей глубине;
- ползучесть, см. 9.4.10.2;
- обрастание морскими микроорганизмами;
- производственные допуски.

Примечание — В ГОСТ Р 59308 даны рекомендации относительно количества модулей, при потере которых гибкая труба должна оставаться на месте. Приведенные выше варианты не являются такими потерями, так как они представляют собой вариации в плавучести материала, который до сих пор физически контактирует с гибкой трубой в месте его установки.

9.4.3.2 Гидростатическое давление смятия элемента плавучести в начале срока службы, определенное в ходе полномасштабного гидростатического испытания (см. 9.8.4), должно как минимум в 1,5 раза превышать гидростатическое давление на рабочей глубине. При определении этого значения необходимо учитывать статическое распределение давления смятия материала элемента плавучести, измеренное в ходе испытания.

9.4.4 Критерии проектирования балластных модулей

Все балластные модули должны быть спроектированы таким образом, чтобы в течение установленного срока службы их масса не выходила за значения массы, указанной в 9.2.4.1 а), вследствие изменений, вызываемых:

- обрастанием морскими микроорганизмами;
- поглощением воды полимерными или композитными элементами модуля;
- производственными допусками.

9.4.5 Проектирование модуля. Общие положения

9.4.5.1 Расчетное расстояние между центрами модулей должно быть, как минимум, достаточно большим, чтобы соседние модули не создавали помех друг другу при максимальной кривизне гибкой трубы в процессе установки или эксплуатации. Кроме того, расстояние между центрами модулей должно рассчитываться с учетом других ограничений по монтажу, указанных заказчиком, таких как, например, толщина крышки люка шахты. В этом случае расстояние между модулями должно быть достаточным, чтобы можно было закрыть крышку люка шахты в промежутке между двумя соседними модулями.

9.4.5.2 В модуле должны быть предусмотрены соответствующие пазы или точки подъема, совместимые с подъемным оборудованием, используемым для перемещения модуля в процессе производства, а также при транспортировке и установке.

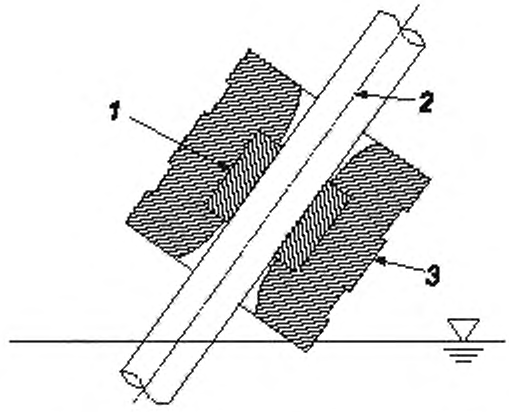
9.4.6 Проектирование внутреннего зажима

9.4.6.1 Внутренний зажим модуля должен быть спроектирован таким образом, чтобы оказываемое им контактное давление было достаточным для предотвращения скольжения модуля в течение установленного срока службы и во время установки.

При расчете контактного давления необходимо учесть следующее:

- эффекты, перечисленные в 13.3.3.2;
- нагрузки, передаваемые от модульного элемента на хомут, включая нагрузки, вызванные собственной плавучестью/собственной массой в воздухе и силами сопротивления.

При расчете контактного давления необходимо учитывать нагрузки, которые передаются от модульного элемента на зажим, когда модуль проходит через средний уровень воды и подвергается нагрузкам при слеминге. В этом расчете должна учитываться геометрия модульного элемента. Эти силы должны учитываться, когда продольная ось модуля отклоняется от вертикали, и возникающий изгибающий момент вызывает перекос внутреннего зажима по отношению к гибкой трубе. Эта ситуация проиллюстрирована на рисунке 5, на котором изображен типовой модуль плавучести и внутренний зажим в разрезе в момент прохождения через средний уровень воды.



1 — внутренний зажим; *2* — гибкая труба; *3* — элемент плавучести

Рисунок 5 — Прохождение модуля через средний уровень воды

9.4.6.2 Для крепежных систем, таких как крепежные элементы или хомуты, используемых, в частности, для фиксации внутреннего зажима в нужном месте, необходимо рассчитать и соответствующее усилие зажима (момент затяжки болта или растягивающее напряжение хомута) (см. 9.7.2). Необходимо рассчитать данное усилие таким образом, чтобы оно предотвращало скольжение модуля. При этом не должно превышаться допустимое контактное давление на гибкую трубу, и оказываться разрушающее воздействие на корпус внутреннего зажима.

9.4.7 Внешний крепеж

9.4.7.1 Системы внешнего крепежа должны быть спроектированы таким образом, чтобы они могли надежно фиксировать полуобечайки элемента друг с другом в течение установленного срока службы. Необходимо рассчитать и внести в процедуры монтажа соответствующее усилие хомута — момент затяжки болта или растягивающее напряжение хомута (см. также ГОСТ Р 59308). Необходимо рассчитать данное усилие таким образом, чтобы оно предотвращало ослабление соединения и разделение полуобечаек модульного элемента. При этом не должно оказываться разрушающее воздействие на модульный элемент. При расчете растягивающего натяжения хомута необходимо учитывать сжатие модульного элемента в течение всего срока службы, при котором может произойти ослабление и смещение хомута.

9.4.7.2 Система внешнего крепежа должна быть спроектирована таким образом, чтобы она могла выдерживать массу модуля в воздухе и силу плавучести модуля.

9.4.8 Требования к проектированию системы. Общий анализ

9.4.8.1 В соответствии с требованиями ГОСТ Р 59309 при проведении общего анализа для гибкой трубы необходимо проверить, не соприкасаются/сталкиваются ли модули с другими подводными конструкциями. При анализе на соприкосновение/столкновение необходимо учитывать внешние размеры модулей на всех направлениях, где происходит соприкосновение. Появление таких участков соприкосновения не допускается. Поэтому, если в ходе проведенного анализа установлено, что соприкосновение будет иметь место, необходимо изменить конструкцию, для исключения такой возможности.

9.4.8.2 При проведении общего анализа системы гибких труб необходимо учитывать, как начальную, так и окончательную чистую плавучесть системы.

9.4.9 Требования к проектированию системы. Верификация результатов общего анализа

Общий анализ райзера в заводском исполнении должен производиться для всех критических вариантов нагрузки с учетом окончательных размеров модулей.

9.4.10 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

9.4.10.1 Согласно с 5.2.5 при анализе усталостной долговечности для корпуса внутреннего зажима и хомута внутреннего зажима необходимо учитывать все изменения напряжения, вызванные расширением, сжатием и циклическим изгибанием гибкой трубы, которые приводят к превышению задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком).

9.4.10.2 Согласно 5.2.5.2 для элемента плавучести и других полимерных или композитных элементов в отчете о проектировании должно быть указано, что степень ползучести и поглощения воды не приводит к снижению плавучести, указанной заказчиком. В документации должна быть учтена температура корпуса внутреннего зажима при контакте с внешней оболочкой гибкой трубы.

9.4.10.3 Составные элементы внутреннего зажима должны быть спроектированы таким образом, чтобы ползучесть не снижала зажимную способность, и модуль не смещался с позиции под приложенной нагрузкой, либо чтобы не превышались допустимые уровни напряжений/деформаций в материале.

9.4.11 Защита от коррозии

Металлические элементы модулей должны быть изготовлены из коррозионно-стойкого металла.

9.5 Требования к материалам

9.5.1 Общие положения

9.5.1.1 Требования этого раздела должны применяться к композитно-синтактным пеноматериалам, используемым в элементах плавучести, металлическим и композитным материалам, используемым в хомутах внутренних зажимов, а также полимерным и композитным материалам, используемым в корпусах внутренних зажимов.

9.5.1.2 Производитель должен иметь задокументированное подтверждение устойчивости как противообрастающего покрытия, так и самой внешней оболочки модуля к обрастанию морскими организмами, если такие свойства необходимы.

9.5.2 Требования к аттестации. Плавучесть пенопласта, синтактных и композитно-синтактных пен

9.5.2.1 Производитель должен провести испытания и задокументировать свойства применяемых материалов согласно требованиям таблицы 11. Под свойствами материалов подразумеваются свойства композитных материалов, а не их элементов, таких как матрица, микросферы и макросферы. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материала в образцах, подвергнутых старению. Требования к испытанию на старение приведены в разделе 5.3.4.

Таблица 11 — Требования к аттестации плавучих материалов из пенопласта, синтактных и композитно-синтактных пен

Свойства материала	Порядок проведения испытания[1)]	Образец, подвергнутый старению
Модуль объемной упругости	—	—
Прочность на сжатие, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 4651, ГОСТ ISO 7743	—
Плотность	По ГОСТ 14359, ГОСТ 15139	—
Гидростатическое сопротивление ползучести	—	—
Гидростатическая устойчивость	—	X
Прочность на сдвиг, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 24778, ГОСТ ISO 1827	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	X
Поглощение воды	По ГОСТ 4650	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

9.5.2.2 При измерении поглощения воды должно учитываться прилагаемое гидростатическое давление, а также температура материала в рабочих условиях. Измерение должно быть проведено таким образом, чтобы на его основании можно было экстраполировать значение поглощения воды в конце срока службы.

9.5.3 Требования к аттестации. Полимерные материалы внешней оболочки

Производитель должен провести испытания и задокументировать свойства полимерных материалов внешней оболочки согласно требованиям таблицы 12. Если даны соответствующие указания, свой-

ства материала, приведенные в таблице 12, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материалов в образцах, подвергнутых старению. Минимальные требования к испытанию на старение приведены в 5.3.4.

Таблица 12 — Требования к аттестации полимерных материалов внешней оболочки

Свойства материала	Процедура испытания[1)]	Минимальная температура	Образец, подвергнутый старению
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	—	—
Плотность	По ГОСТ 14359, ГОСТ 15139	—	—
Жесткость	По ГОСТ 24621, ГОСТ 270	—	—
Ударная вязкость	По ГОСТ 4647, ГОСТ 9454	X	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	—	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

9.5.4 Требования к аттестации. Композитные материалы внутреннего зажима и хомута внутреннего зажима

Производитель должен провести испытания и задокументировать свойства композитных материалов, используемых для изготовления внутреннего зажима и хомута, согласно требованиям таблиц 13 и 14 соответственно. Под свойствами материалов подразумеваются свойства композитных материалов, а не их элементов. Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблицах 13 и 14, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материалов в образцах, подвергнутых старению.

Таблица 13 — Требования к аттестации композитных материалов внутреннего зажима

Свойства материала	Процедура испытания[1)]	Максимальная температура	Образец, подвергнутый старению
Прочность на сжатие, модуль, удлинение при разрыве	По ГОСТ 4651, ГОСТ ISO 7743	X	X
Сопротивление ползучести	—	X	—
Плотность	По ГОСТ 14359, ГОСТ 15139	—	—
Прочность на растяжение, модуль, удлинение при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

Таблица 14 — Требования к аттестации армированных волокном композитных материалов хомута внутреннего зажима модуля

Свойства материала	Процедура испытания[1)]	Максимальная температура	Образец, подвергнутый старению
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	—	—
Сопротивление ползучести	—	X	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве[2)]	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262, ГОСТ ISO 37	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

[2)] Свойства должны измеряться в направлении вдоль волокон.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

9.5.5 Требования к аттестации. Металлические материалы

9.5.5.1 Минимальные требования к аттестации металлических элементов модулей, таких как хомуты и болты, приведены в 5.3.3.

9.5.5.2 Марки материалов из титановых сплавов должны соответствовать требованиям стандарта, например ГОСТ 22178 для полос, листов и пластин или ГОСТ 26492 для прутков и заготовок.

9.5.6 Требования обеспечения качества. Общие положения

Измерение устойчивости микросфер к гидростатическому смятию должно проводиться на заводе поставщика или производителя сырья, один раз для каждой партии.

9.6 Требования к изготовлению

9.6.1 Требования к обеспечению качества. Контроль процесса

9.6.1.1 В спецификацию на изготовление элементов плавучести из композитно-синтактных пен должны быть внесены следующие производственные процессы:

- процессы, перечисленные в 5.4.3.6;
- введение композитно-синтактной пены во внешнюю оболочку, если необходимо;
- изготовление или применение внешней оболочки;
- покрытие микро- и макросфер;
- смешивание макро- и макросфер с материалом матрицы (только для синтактных или композитно-синтактных пен).

9.6.1.2 В спецификацию на изготовление балластных модульных элементов должны быть внесены следующие производственные процессы:

- изготовление внешней оболочки, см. 5.4.3.6,
- введение утяжелителя во внешнюю оболочку.

9.6.1.3 Согласно 5.4.3.3 сварка титана должна проводиться согласно требованиям соответствующего стандарта, например ГОСТ Р ИСО 5817.

9.6.1.4 В спецификацию на изготовление должны быть включены процедуры, целью которых является удаление острых включений и кромок на поверхности корпуса внутреннего зажима, контактирующих с внешней оболочкой гибкой трубы, которые остались после отливки и могут повредить гибкую трубу.

9.6.1.5 От каждой смеси композитно-синтактного материала должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Объем характеристик, проверяемых в испытаниях.

- плотность по ГОСТ 14359, ГОСТ 15139;
- гидростатическая устойчивость по ГОСТ 4650.

От каждой смеси композитного (корпус внутреннего зажима) или полимерного (наружная оболочка) материала должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на разрыв по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553.
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

9.6.2 Хранение

Производитель должен определить максимальную высоту (выраженную в количестве высот модулей), до которой допускается укладка модулей друг на друга, не приводящая к их повреждению. Во время хранения, транспортировки и на других этапах высота укладки не должна превышать это значение.

9.6.3 Производственные допуски

9.6.3.1 Плавучесть/масса каждого модуля и плавучесть/масса плавучей секции гибкой трубы должны быть в пределах оговоренных допусков.

9.6.3.2 Допуски для элементов модулей необходимо выбрать таким образом, чтобы в пределах этих допусков их пригонка друг к другу не вызывала сложностей.

9.6.3.3 Допуски для корпуса внутреннего зажима необходимо выбрать таким образом, чтобы в пределах этих допусков он был размерно совместим с гибкой трубой.

9.6.3.4 Производственные допуски для полусфер макросфер необходимо выбрать таким образом, чтобы при сборке полусферы совмещались правильно.

9.7 Документация

9.7.1 Отчет о проектировании

9.7.1.1 Описание модуля в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- внутренние и внешние размеры модулей и диаметры всех пазов;
- длина модуля;
- проектная глубина;
- проектная температура внутреннего зажима;
- начальная и окончательная плавучесть или масса всех модулей и отдельного модуля.

9.7.1.2 Отчет о проектировании модуля должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу коэффициентов использования, если такие коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) задокументированную основу для пределов выносливости полимерных и композитных материалов или коэффициента запаса усталостной прочности в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) описание процедур и устройств, которые используются для контроля производственных процессов;

и) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

к) описание сварных швов, используемых для хомута внутреннего зажима;

л) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

м) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) модульный элемент;

2) толщину внешней оболочки модульного элемента;

3) крепежные детали (используемые для фиксации внутреннего зажима и полуобечаек модульного элемента, если применимо);

4) корпус внутреннего зажима;

5) внутренний хомут;

6) внешний хомут, если применимо;

н) расчет потерь плавучести/массы в течение срока службы (согласно 9.4.3.1 и 9.4.4);

п) расчет контактного давления внутреннего зажима и усилия зажима (согласно 9.4.6);

р) расчет внешнего усилия зажима для скрепления полуобечаек модульного элемента друг с другом согласно 9.4.7;

с) расчеты силы удара при слеминге согласно 9.4.6.1;

т) допуски для отдельных модулей и допуски на плавучесть/массу всех модулей в совокупности;

у) анализ срока службы согласно требованиям 9.4.10;

ф) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

9.7.2 Процедуры монтажа

Изготовитель должен включить в процедуры монтажа следующее:

- процедуры, приведенные в 5.5.5;
- процедуру фиксации внутреннего зажима и хомута внутреннего зажима с указанием момента затяжки болта для хомута внутреннего зажима;
- процедуру сборки модулей. Для нее должны быть указаны усилия зажима для внешнего хомута или болтов, скрепляющих сегменты модуля друг с другом.

9.8 Приемо-сдаточные испытания

9.8.1 Общие положения

Производитель должен провести заводские ПСИ для элементов модуля за исключением гидростатического испытания. Гидростатическое испытание проводится по требованию заказчика. Количество испытуемых элементов плавучести указывается заказчиком.

9.8.2 Измерение размеров

Измерение размеров элементов модуля должно подтвердить, что размеры этих элементов соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров модуля:

- диаметр отверстия элемента и внутреннего зажима;
- внешний диаметр элемента и внутреннего зажима;
- длина модульного элемента;
- размеры паза внутреннего зажима.

9.8.3 Подгонка и испытание в сборе

9.8.3.1 Процедура

Модуль необходимо смонтировать на образце гибкой трубы, при его наличии, или на типовой модели гибкой трубы в натуральную величину. Необходимо установить все элементы, из которых состоит модуль плавучести, включая внутренний зажим, элементы плавучести и крепежные детали, необходимые для фиксации этих элементов в нужном месте. Технические характеристики крепежа, используемого для соединения этих элементов друг с другом, и усилия зажима должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования (см. 9.4.6.2).

9.8.3.2 Критерии приемки

Критерием приемки является полная размерная совместимость элементов друг с другом.

9.8.4 Полномасштабное гидростатическое испытание

9.8.4.1 Процедура

Гидростатическое давление в испытании должно составлять не менее 110 % давления на проектной глубине. Продолжительность испытания устанавливает заказчик. Гидростатическое давление должно оставаться стабильным в течение времени, равного указанной продолжительности испытания.

Примечание — Испытание при гидростатическом давлении, равном как минимум 110 % давления, на проектной глубине является стандартом отраслевой практики производства работ.

9.8.4.2 Критерии приемки

Критерием приемки является отсутствие постоянной деформации или повреждений элемента плавучести. Плавучесть, значение которой измеряется после испытания, экстраполируется до значения для конца срока службы и умножается на общее количество элементов плавучести, должна соответствовать требованиям к чистой плавучести.

9.8.5 Испытание плавучести

9.8.5.1 Процедура

Элемент плавучести должен быть полностью погружен в морскую или пресную воду, после чего измеряется его плавучесть. Если плавучесть измеряется в пресной воде, полученное значение необхо-

димо факторизовать для учета указанной плотности морской воды. Испытание на плавучесть необходимо провести для 10 % или одного элемента плавучести, в зависимости от того, какое число больше. Плавучесть остальных элементов плавучести можно рассчитать методом корреляции их массы в воздухе и размеров с массой и размерами элементов плавучести, прошедших испытание на плавучесть.

9.8.5.2 Критерии приемки

Показатель плавучести должен находиться в пределах согласованных допусков. В качестве этих допусков необходимо использовать допуски, указанные заказчиком или, как вариант, допуски, указанные производителем.

ПСИ элементов модулей плавучести описаны в таблице 15.

Таблица 15 — ПСИ элементов модулей плавучести

Компонент	Испытание	Процент изделий от общего объема, подлежащий испытанию
Модуль	Подгонка и сборка	5 %[1], но не менее 2 (не из числа элементов, прошедших размерный контроль)
Модульный элемент	Размерный контроль[2]	5 %[1], но не менее 2 (не из числа элементов, прошедших подгонку и испытание в сборе)
	Масса в воздухе	100 %[3]
	Визуальный контроль	100 %
Элемент плавучести	Плавучесть	10 %[4]
	Полномасштабное гидростатическое испытание[5]	Указывает заказчик
Корпус внутреннего зажима	Размерный контроль[2]	5 %[1], но не менее 2 (не из числа элементов, прошедших подгонку и испытание в сборе)
	Масса в воздухе	100 %
	Визуальный контроль	100 %
Хомут внутреннего зажима	Размерный контроль[2]	5 %[1], но не менее 2 (не из числа элементов, прошедших подгонку и испытание в сборе)
	Визуальный контроль	100 %
	Неразрушающий контроль сварных швов[6]	100 %

[1] Значение, принятое в отраслевой практике производства работ.

[2] Размерному контролю подлежит первое формованное изделие, для остальных изделий осуществляется равномерная выборка между первым и последним изделиями.

[3] Указана 100 % масса в воздухе, так как это является общепринятым в современной производственной практике.

[4] Выборка 10 % для проведения испытаний является стандартной в современной отраслевой практике.

[5] Испытание должно проводиться только по требованию заказчика.

[6] Только для металлических хомутов внутренних зажимов.

9.9 Маркировка и упаковка

9.9.1 Маркировка

9.9.1.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

9.9.1.2 Маркировка модуля должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;

- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- значение проектной глубины;
- значение чистой плавучести или чистого веса в морской воде;
- значение массы;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается модуль.

9.9.2 Упаковка

Каждый модуль плавучести должен быть упакован со всеми элементами, необходимыми для его монтажа на гибкую трубу. К ним относятся, соответственно: корпус внутреннего зажима, хомут внутреннего зажима, элементы плавучести, внешние хомуты и крепежные детали.

10 Подводные буи

10.1 Область применения

10.1.1 Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к подводным буям.

10.1.2 Требования раздела 10 применяют к раме подводного буя, цистернам плавучести и элементам плавучести подводной системы буев. Специальные требования к канатам, основаниям канатов и зажимным устройствам подводных буев приведены в разделах 11, 12 и 13 соответственно. В настоящем разделе не рассматриваются неплавучие опорные конструкции райзеров.

10.2 Функциональные требования

10.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к подводным буям, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования;
- обеспечение необходимой чистой плавучести всех присоединенных гибких труб в течение установленного срока службы;
- обеспечение надежной фиксации всех гибких труб на подводном буе в течение установленного срока службы,
- обеспечение надежной фиксации при помощи канатов на основаниях канатов в течение установленного срока службы, если применимо.

10.2.2 Параметры проектирования гибких труб

10.2.2.1 Заказчик должен указать количество гибких труб, закрепляемых на подводном буе.

10.2.2.2 Для всех гибких труб, которые закрепляются на подводном буе, заказчик должен предоставить, как минимум, следующие данные:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- детальные чертежи предварительной конфигурации, имеющейся в наличии, с указанием положения подводного буя в системе гибких труб и по отношению к морскому дну или среднему уровню воды;
- минимальный радиус изгиба при эксплуатации;
- масса на единицу длины гибкой трубы, в порожнем и заполненном состоянии. При этом необходимо указать массу на единицу длины в порожнем состоянии и плотность внутреннего флюида. Заказчик должен указать все изменения массы на единицу длины в течение срока службы,
- длина гибкой трубы и присоединенная масса на единицу длины, которые позволят рассчитать массу гибкой трубы.

10.2.3 Температурные режимы для цистерны плавучести

Если установка подводных буев с цистернами плавучести будет проводиться силами заказчика или компанией, уполномоченной заказчиком, он должен указать минимальную и максимальную температуру воздуха в следующих условиях:

- опрессовка;
- хранение;
- транспортировка;
- установка.

10.2.4 Параметры проектирования подводных буев

10.2.4.1 Заказчик должен указать необходимую минимальную окончательную или начальную чистую плавучесть с указанием допусков.

Условия, при которых целесообразно использовать значение начальной или чистой плавучести к концу срока службы, приведены в ГОСТ Р 59308.

10.2.4.2 Заказчику следует указать все требования к маркировке противообрастающих покрытий.

10.2.4.3 Заказчик должен указать массу системы канатов в воде, если система канатов не входит в объем поставки производителя подводных буев.

10.2.4.4 Заказчик должен указать массу основания канатов в воздухе или в воде, в зависимости от конкретного случая, или любую другую присоединенную массу, если эти конструкции подвешены свободно к подводному бую в процессе установки и не входят в объем поставки производителя подводных буев.

10.2.5 Параметры проектирования подводных буев. Цистерны плавучести

Заказчик должен указать требования к использованию нескольких цистерн плавучести и к секционированию цистерн. Таким образом, при проектировании закладывается резерв на случай потери цистерны/секции. Кроме того, заказчик должен указать свои требования к резервированию при проектировании канатов. Факторы, которые целесообразно учесть при определении данных требований, приведены в ГОСТ Р 59308.

10.2.6 Внешняя среда. Общие положения

10.2.6.1 Заказчик должен указать плотность и толщину обрастания морскими организмами на глубине установки подводного буя.

10.2.6.2 Заказчик должен указать максимальную глубину, на которой может устанавливаться подводный буй.

10.2.6.3 По требованию производителя заказчик должен указать характеристики волн и течений, соответствующие наиболее критическим гидродинамическим нагрузкам на подводный буй. При указании характеристик течений заказчик должен предоставить сведения о скоростном профиле течения на нужной глубине для расчета скорости течения в места установки подводного буя. Кроме того, заказчик должен указать направление течения. При указании характеристик волн заказчик должен предоставить данные о характерной высоте и амплитуде волн, их периодах, направленности и прочие параметры, связанные с применяемым спектром морского волнения.

10.2.7 Внешняя среда. Элементы плавучести

Функциональные требования к окружающей среде — к воздействию солнечного света — следует указывать согласно 5.1.3.

10.2.8 Защита от коррозии

Заказчик может установить требования по защите от коррозии металлических элементов подводного буя согласно 5.2.6. Этими металлическими элементами могут быть рама подводного буя, цистерны плавучести, соединительная аппаратура и крепеж.

10.2.9 Проверка и контроль состояния. Общие положения

Заказчику следует указать следующие требования к целостности и контролю состояния подводного буя:

- расположение анодов для облегчения проверок системы коррозионной защиты в ходе общего визуального осмотра;
- требование по установке на подводный буй инклинометра для определения наклона буя, если это целесообразно.

10.2.10 Проверка и контроль состояния. Цистерны плавучести

Заказчику следует указать устройства для обнаружения утечек для подводного буя, если это целесообразно.

10.2.11 Требования к установке

10.2.11.1 Заказчику следует указать, будут ли привлекаться водолазы для установки подводного буя или нет.

10.2.11.2 Если установка будет проводиться силами заказчика или компании, уполномоченной заказчиком, он должен указать требования к совместимости подводного буя с инструментами ТНПА, применяемых в процессе установки.

10.2.11.3 Если установка будет проводиться силами заказчика, он должен указать максимальную массу подводного буя, на которую рассчитано имеющееся в распоряжении подъемное оборудование, и должен указать требования к совместимости подводного буя с подъемным оборудованием.

10.2.11.4 Если установка будет проводиться силами заказчика, он должен указать пространственные характеристики места установки, такие как ширину, высоту и длину для согласования размеров подводного буя.

10.2.12 Проектные нагрузки

10.2.12.1 Заказчик должен указать стойкость гибкой трубы к смятию.

10.2.12.2 Заказчику следует указать минимально допустимое эффективное растягивающее напряжение в канатах.

10.2.12.3 Если общий анализ системы гибких труб не входит в объем поставки производителя, проектировщик системы гибких труб должен предоставить следующие данные:

- максимально допустимое эффективное растягивающее напряжение системы канатах (включая канат и все стропы), прикрепленной к раме подводного буя;
- усталостные нагрузки, включая минимальное, максимальное и среднее растягивающее напряжение канатах и углы канатах в трех измерениях, а также соответствующее количество циклов для каждого диапазона растягивающих напряжений и углов каната;
- минимальное и максимальное эффективное растягивающее напряжение на верхнем и нижнем участке каждой гибкой трубы, соединенной с подводным буем, в точке отхода от подводного буя;
- минимальный и максимальный угол отхода каждой гибкой трубы от подводного буя в горизонтальной плоскости, в вертикальной плоскости, параллельной продольной оси гибкой трубы, и в вертикальной плоскости, перпендикулярной продольной оси гибкой трубы.

10.2.12.4 При расчете указанных выше нагрузок необходимо учитывать возможные комбинации нагрузок и условия нагружения гибких труб согласно ГОСТ Р 59309, а также воздействие всех случайных нагрузок, при условии, что годовая вероятность возникновения таких проектных нагрузок составляет не менее 10^{-4}. При расчете указанных выше нагрузок необходимо учитывать влияние монтажных допусков на канатах и райзерное основание, включая влияние на эффективное растягивающее напряжение и углы отхода гибкой трубы, а также нагрузки, действующие на подводные буи, которые подразделяются на функциональные, случайные и нагрузки от воздействия окружающей среды.

К функциональным нагрузкам относятся:

- нагрузки со стороны гибких труб (эффективное растягивающее напряжение);
- нагрузки, обусловленные собственной плавучестью (включая эффект динамического усиления);
- нагрузки, обусловленные собственным весом на поверхности или до перехода в состояние плавучести;
- нагрузки, обусловленные весом гибких труб, зафиксированных на подводном буе (вес в воде), включая вес внутреннего флюида;
- статические и динамические реактивные нагрузки от каната;
- нагрузки при транспортировании и монтаже.
- нагрузки, обусловленные весом гибких труб (массу в воздухе), прикрепляемых к подводному бую на поверхности;
- нагрузки, обусловленные весом груза для стабилизации оттяжек/основания канатов, если применимо;
- нагрузки, возникающие во время транспортировки подводного буя, включая нагрузки, обусловленные движением транспортного судна,
- эффективные растягивающие напряжения и кривизну гибкой трубы в процессе установки,
- нагрузки от ударного воздействия волн при приближении подводного буя к среднему уровню воды;
- нагрузка, возникающая при мокрой буксировке, если применимо;
- нагрузки, действующие на цистерны плавучести;
- внутреннее давление при опрессовке и в процессе эксплуатации. Включает в себя действие динамических нагрузок вследствие перемещения подводного буя. Включает в себя изменения давления (от давления при опрессовке до давления при установке) из-за колебаний температуры окружающей среды;
- нагрузки, обусловленные собственным весом при балластировке цистерн плавучести;
- нагрузки, действующие на элементы плавучести:
- гидростатическое давление;
- ударные нагрузки и нагрузки при истирании во время грузовых операций, транспортировки и установки;
- воздействие движителей судов.

К случайным нагрузкам относятся:

- случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы и подводный буй;
- повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо;
- отказ движителей судна, если применимо;
- неисправность бурильной трубы, если применимо;
- разрыв якорного каната;
- поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо;
- нагрузки, вызванные затоплением секции цистерны плавучести или самой цистерны плавучести;
- нагрузки, вызванные обрывом каната.

К нагрузкам от воздействия окружающей среды относятся:

- волнение;
- течение;
- ветер (в процессе установки буя).

10.2.13 Маркировка

Заказчик может указать требования к маркировке рамы подводного буя и элементов плавучести. Минимальные требования к маркировке приведены в 10.8.

10.2.14 ЛКП

Заказчик должен указать требования к нанесению ЛКП на раму подводного буя и цистерн или элементы плавучести.

10.3 Требования к проектированию

10.3.1 Нагрузки

10.3.1.1 Заказчик может указать вероятность возникновения нагрузок конкретных классов или подклассов, основываясь на специфичных для проекта условиях. Вероятность возникновения случайных событий (затопление цистерны плавучести и обрыв каната) должен указывать владелец системы. Если заказчик не предоставляет данные о вероятности тех или иных событий, а такие данные необходимы, производитель должен предложить параметры вероятности, которые будут использованы для отдельных событий в исходных проектных данных.

10.3.1.2 Нагрузки, действующие на подводные буи, представлены в 10.2.12.4.

10.3.2 Методология проектирования

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполняемые расчеты и используемые программные инструменты, а также следующие данные:

а) размеры элемента плавучести;

б) толщину внешней оболочки элемента;

в) характеристики элемента плавучести:

1) потери плавучести в течение срока службы согласно 9.4.3.1;

2) допуски для отдельных модулей и допуски на плавучесть/массу всех модулей в совокупности;

3) данные о сроке службы согласно требованиям 10.3.13;

г) документацию на канаты согласно 11.3.2, если применимо;

д) документацию на основание каната согласно 12.5.2;

е) документацию на хомуты согласно 13.3.1, если применимо;

ж) размеры всех элементов, включая такие обязательные, как:

1) профили направляющих желобов согласно 10.3.3.2 и 10.3.7.3;

2) расстояние между гибкими трубами согласно ГОСТ Р 59308;

3) конструктивные элементы рамы подводного буя согласно 10.3.7.1;

4) зазор между гибкими трубами и стенками направляющих желобов согласно 10.3.7.4;

5) крепежные детали;

6) защитные покрытия;

7) размеры анодов системы коррозионной защиты;

и) усилия хомута для соединения конструктивных элементов рамы подводного буя друг с другом;

к) информацию о сроке службы согласно 5.2.5.

10.3.3 Критерии проектирования. Общие положения

10.3.3.1 Не допускается превышение значения стойкости к смятию для гибких труб, проложенных в направляющих желобах, необходимо учитывать наиболее критическое эффективное растягивающее напряжение и радиус отдельного направляющего желоба.

10.3.3.2 Радиус трехмерного изгиба гибких труб в направляющих желобах должен как минимум в 1,25 раза превышать наибольший минимальный радиус изгиба при хранении гибких труб на опорах.

Примечание — Значение 1,25 является общепринятым в современной отраслевой практике и идентично динамическому коэффициенту запаса для минимального радиуса изгиба гибкой трубы на случай нарушения нормального режима эксплуатации. Тем не менее, этот радиус легко выдержать, поскольку гибкая труба опирается на неподвижный объект.

10.3.3.3 Не допускается, чтобы плавучесть подводного буя в течение установленного срока службы поднималась выше или опускалась ниже необходимой чистой плавучести вследствие ее колебаний, вызываемых, среди прочего, такими причинами, как:

- обрастание морскими микроорганизмами,
- производственные допуски, см. 10.5.6;
- потеря плавучести полимерными и композитными цистернами плавучести, в зависимости от конкретного случая, вследствие таких эффектов, как поглощение воды, начальное упругое сжатие на проектной глубине и ползучесть;
- остатки воды в цистернах плавучести, если применимо, например, если цистерны загружены балластом для установки;
- потеря плавучести элементами плавучести из синтактных и композитно-синтактных пен, в зависимости от конкретного случая, вследствие таких эффектов, как поглощение воды, начальное упругое сжатие на проектной глубине и ползучесть,
- повреждение защитного покрытия элемента плавучести.

10.3.4 Параметры проектирования. Цистерны плавучести

Подводный буй должен выполнять функциональные требования при всех комбинациях нагрузок и условиях нагружения в случае потери плавучести одной секцией цистерны при всех целых канатах, или в случае потери одного каната при всех целых цистернах, если заказчик не указал иное (см. 10.2.5). Любым из этих событий можно пренебречь, если будет доказано, что годовая вероятность возникновения таких событий составляет менее 10^{-4} (см. ГОСТ Р 59309). Требования к сохранению функциональности при всех комбинациях нагрузок и условиях нагружения можно смягчить, если будет доказано, что годовая вероятность возникновения условий нагружения, которые можно игнорировать, составляет менее 10^{-4} в течение срока службы (т. е. 0,2 % в течение 20-летнего срока службы) в промежутке между проверками целостности и состояния. Как вариант, чтобы исключить необходимость проектирования на случай обрыва каната можно использовать достаточно высокий коэффициент запаса прочности каната, при котором, как можно доказать при помощи анализа надежности согласно 5.2.3, достигается та же самая вероятность обрыва, что и для приведенных выше показателей. Требования сертифицирующих органов имеют приоритет над данными требованиями.

Примечание — Показатель вероятности 10^{-4} используется в целях обеспечения сопоставимости с допущением, приведенном в ГОСТ Р 59309, о том, что комбинации нагрузок с годовой вероятностью возникновения менее 10^{-4} могут быть проигнорированы.

10.3.5 Параметры проектирования. Элементы плавучести

Гидростатическое давление смятия элемента плавучести в начале срока службы, определенное в ходе полномасштабного гидростатического испытания (см. 9.8.4), должно как минимум в 1,5 раза превышать гидростатическое давление на рабочей глубине. При определении этого значения необходимо учитывать статическое распределение давления смятия материала элемента плавучести, измеренное в ходе испытания.

10.3.6 Проектирование подводных буев. Общие положения

10.3.6.1 Требования к проектированию хомутов для подводных буев, при их наличии, приведены в 13.3.2. Требования к проектированию основания канатов приведены в 12.5, а требования к проектированию канатов в 11.3.5.

10.3.6.2 Внешние размеры подводного буя должны рассчитываться с учетом доступного пространства на палубе судна-трубоукладчика.

10.3.7 Проектирование подводных буев. Общие положения

10.3.7.1 Рама подводного буя должна проектироваться с учетом требований соответствующих положений стандартов, указанных в 5.2.4.

10.3.7.2 При проектировании рамы подводного буя необходимо учитывать сценарии, в которых подводный буй устанавливается до присоединения гибких труб, а, следовательно, на него действует большая сила плавучести, чем в случае эксплуатации с гибкими трубами, когда их масса противодействует силе плавучести.

10.3.7.3 При проектировании направляющих желобов необходимо учитывать диапазон углов отхода гибких труб как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости, взяв за основу углы, предоставленные заказчиком. Конструкция направляющего желоба должна предотвращать локальный избыточный изгиб гибкой трубы на его концах до радиуса меньше установленного минимального радиуса изгиба для условий эксплуатации.

10.3.7.4 Зазор между стенками направляющего желоба и гибкой трубой должен рассчитываться с учетом изменений внешнего диаметра гибкой трубы вследствие влияний растягивающих напряжений, внутреннего давления и температуры.

10.3.7.5 Рама подводного буя должна быть размерно совместимой с другими элементами подводного буя, такими как:

- элементы или цистерны плавучести, в зависимости от конкретного случая;
- соединительные устройства для канатов;
- хомуты, если используются.

10.3.7.6 При проектировании необходимо оценить вращение подводного буя, вызванное неравномерным эффективным растягивающим напряжением в присоединенных гибких трубах и всевозможными несимметричными гидродинамическими нагрузками, если такие нагрузки, действующие на гибкие трубы или подводный буй, превышают допустимые пределы. Для этого применяют анализ методом конечных элементов для трехмерных конструкций. При этом следует учитывать углы отхода гибких труб от подводного буя (которые предоставляет проектировщик системы гибких труб, если общий анализ системы гибких труб не входит в объем поставки производителя).

10.3.7.7 При проектировании необходимо соблюдать вертикальность хомутов на раме подводного буя по отношению к направляющим желобам, чтобы предотвратить избыточное изгибание гибких труб с обеих сторон хомута.

10.3.8 Проектирование рам подводных буев. Элементы плавучести

Рама подводного буя должна быть спроектирована таким образом, чтобы элементы плавучести оставались надежно зафиксированными в конструкции подводного буя в течение установленного срока службы. Производитель должен иметь в наличии расчеты или другие документы, подтверждающие надежность фиксации элементов плавучести в раме.

10.3.9 Параметры проектирования подводных буев. Цистерны плавучести

10.3.9.1 Проектирование цистерн плавучести, представляющих собой сосуды высокого давления, должно осуществляться в соответствии с ГОСТ Р 54803, ГОСТ Р 54522.

10.3.9.2 Если при проектировании цистерн плавучести предусматривается резервирование (см. 10.3.4), то цистерны плавучести (в случае конструкции из нескольких цистерн) или секции (в случае многосекционных цистерн плавучести) должны быть расположены таким образом, чтобы в случае затопления одной секции/одной цистерны возникающая неравномерность растягивающего напряжения канатов не привела к возникновению рывковой нагрузки на канаты, потере растягивающего напряжения в канатах или его снижения ниже минимально допустимого эффективного растягивающего напряжения, указанного заказчиком (см. 11.3.5.4).

10.3.9.3 Цистерна плавучести должна быть спроектирована таким образом, чтобы затопление одной секции цистерны не приводило к повышению вероятности отказа смежных секций.

10.3.9.4 Впускные клапаны цистерн плавучести должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдерживать созданное давление в течение всего срока службы. Проектная документация должна включать в себя положение о защите клапанов в процессе обычных погрузочно-разгрузочных работ.

10.3.10 Требования к проектированию системы. Общее проектирование

10.3.10.1 При общем проектировании подводного буя необходимо учесть монтажные допуски на основания канатов и райзеров, а также монтажные допуски по углу подвешивания гибкой трубы в верхней точке.

10.3.10.2 При проведении общего анализа системы гибких труб необходимо учитывать, как начальную, так и чистую плавучесть к концу срока службы системы.

10.3.11 Срок службы. Динамические условия эксплуатации. Общие положения

10.3.11.1 Необходимо провести анализ усталостной долговечности для следующих участков:

- точки присоединения каната;
- крепления направляющих желобов;
- крепления хомутов, если необходимо.

10.3.11.2 При анализе усталостной долговечности необходимо учитывать следующие циклические нагрузки, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком):

- эффективное растягивающее напряжение канатов;
- эффективное растягивающее напряжение гибких труб.

10.3.12 Срок службы. Цистерны плавучести

Изготовитель должен подтвердить расчетами, что никакие потери плавучести вследствие ползучести полимерного или композитного материала цистерн не вызывают снижения плавучести ниже требуемого значения чистой плавучести.

10.3.13 Срок службы. Элементы плавучести

В отчете о проектировании должно быть указано, что уровень ползучести и поглощения воды элементами плавучести не вызывает снижения плавучести ниже требуемого значения чистой плавучести.

10.3.14 Защита от коррозии. Общие положения

10.3.14.1 Система защиты от коррозии должна быть спроектирована таким образом, чтобы она обеспечивала защиту всех металлических элементов рамы подводного буя, а также соединительных приспособлений, которые непосредственно контактируют с рамой подводного буя, в течение всего срока службы. К таким элементам относятся все конструктивные элементы рамы подводного буя, а также болты, скобы, треугольные такелажные планки, проушины, направляющие желоба и хомуты (если у хомутов отсутствует собственная система защиты от коррозии). В расчетах производителя системы коррозионной защиты должны быть предоставлены доказательства такой защиты для вышеперечисленных элементов.

10.3.14.2 При проектировании системы коррозионной защиты необходимо учитывать утечки тока через присоединенные канаты и стропы.

10.3.15 Защита от коррозии. Цистерны плавучести

На внутренние поверхности цистерн плавучести должно наноситься коррозионно-стойкое покрытие, если цистерны подлежат заполнению водой на любом этапе, как во время опрессовки, так и при балластировке во время установки, за исключением следующих случаев:

- цистерна плавучести изготовлена из коррозионно-стойкого материала;
- предусмотрен соответствующий припуск на коррозию;
- в воду добавлен соответствующий ингибитор коррозии.

10.4 Требования к материалам

10.4.1 Общие положения

10.4.1.1 Требования этого раздела должны применяться к металлическим материалам, используемым для изготовления рамы подводного буя, металлическим, композитным и полимерным материалам, используемым для изготовления цистерн плавучести, а также пенопласту, синтактическим и композитно-синтактическим пенам, используемым для изготовления элементов плавучести.

10.4.1.2 У производителя должны быть задокументированные подтверждения пригодности всех противообрастающих покрытий, наносимых на подводный буй, к применению в конкретной ситуации и внешних условиях.

10.4.2 Требования к аттестации. Металлические материалы

Аттестация металлических материалов для изготовления цистерн плавучести, представляющих собой сосуды высокого давления, должна проводиться в соответствии с ГОСТ Р 54803, ГОСТ Р 54522.

10.4.3 Требования к аттестации. Плавучесть пенопласта, синтактных и композитно-синтактных пен

Требования к аттестации элементов плавучести из пенопласта, синтактически и композитно-синтактических пен приведены в разделе 9.5.2.

10.4.4 Требования к аттестации. Полимерные материалы внешней оболочки

Аттестация полимерных материалов внешней оболочки элементов плавучести должна проводиться согласно требованиям 9.5.3.

10.5 Требования к изготовлению

10.5.1 Требования к обеспечению качества. Общий контроль процесса

10.5.1.1 Минимальные требования к контролю процесса производства канатов, оснований и хомутов канатов (если применимо) приведены в 11.5.1, 12.7.2 и 14.5 соответственно.

10.5.1.2 Производитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию процессов производства рамы подводного буя.

10.5.2 Требования к обеспечению качества. Контроль процесса производства цистерн плавучести

10.5.2.1 Изготовление цистерн плавучести, представляющих собой сосуды высокого давления, должно осуществляться в соответствии с ГОСТ Р 54803, ГОСТ Р 54522.

10.5.2.2 От каждой смеси композитного материала цистерны плавучести должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний. Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на разрыв по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

10.5.3 Требования к обеспечению качества. Контроль процесса изготовления элементов плавучести

10.5.3.1 Изготовитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию процессов изготовления элементов плавучести из пенопласта, синтактных и композитно-синтактных пен:

- изготовление или применение внешней оболочки;
- покрытие макро- и макросфер (только для синтактных или композитно-синтактных пен);
- смешивание макро- и макросфер с материалом матрицы (только для синтактных или композитно-синтактных пен).

10.5.3.2 От каждой смеси пенопластового, синтактного или композитно-синтактного материала должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- плотность по ГОСТ 14359, ГОСТ 15139;
- гидростатическая устойчивость по ГОСТ 4650.

10.5.4 Требования обеспечения качества. Погрузочно-разгрузочные работы и транспортировка в процессе производства

Подъем подводного буя должен осуществляться с учетом требований соответствующих положений стандартов, указанных в 5.2.3.

10.5.5 Направляющий желоб

Производитель должен обеспечить чистовую шлифовку металла направляющего желоба в непосредственной близости от гибких райзеров во избежание их повреждения.

10.5.6 Производственные допуски

10.5.6.1 Размерные и производственные допуски необходимо выбрать таким образом, чтобы в пределах этих допусков сохранялась необходимая чистая плавучесть подводного буя.

10.5.6.2 Размерные и производственные допуски для направляющих желобов необходимо выбрать таким образом, чтобы в пределах этих допусков выполнялось соответствие направляющих желобов требованиям, приведенным в 10.3.7.3 и 10.3.7.4.

10.6 Документация

10.6.1 Отчет о проектировании

10.6.1.1 Описание подводного буя в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующее:

а) данные, приведенные согласно 5.5.3.1;

б) высота от морского дна до верхней точки радиуса направляющего желоба;

в) физические размеры рамы;

г) длина канатов;

д) радиус направляющего желоба;

е) массовые доли отдельных элементов и общая чистая плавучесть;

ж) начальная плавучесть и плавучесть к концу срока службы всей системы подводного буя;

и) параметры цистерны плавучести:

1) внутреннее давление, если применимо;
2) номинальное внутреннее и внешнее давление;
3) длина и диаметр;
4) толщина стенок;
5) начальная плавучесть и плавучесть к концу срока службы каждой композитной цистерны плавучести;

к) параметры элемента плавучести:
1) размеры;
2) проектная глубина;
3) начальная и окончательная чистая плавучесть каждого элемента.

10.6.1.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу коэффициентов использования, если такие коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) задокументированную основу для пределов выносливости полимерных и композитных материалов или коэффициента запаса усталостной прочности в тех случаях, где это применимо;

е) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты,

ж) производственные и проектные допуски;

и) описание процедур и устройств, которые используются для контроля производственных процессов;

к) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

л) описание сварных швов, использовавшихся для сварки рамы подводного буя;

м) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5,

н) следующая документация на элемент плавучести, если применимо:
1) расчет размеров элемента плавучести;
2) расчет толщины внешней оболочки элемента;
3) расчет потерь плавучести в течение срока службы согласно 9.4.3.1;
4) допуски для отдельных модулей и допуски на плавучесть/массу всех модулей в совокупности;

п) анализ срока службы согласно 10.3.11—10.3.13;

р) документацию на канаты согласно 11.6.1, перечисление в);

с) документацию на основание каната согласно 12.8.3, перечисление л);

т) документацию на хомуты согласно 14.6.1, перечисление 1);

у) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:
1) профили направляющих желобов согласно 10.3.3.2 и 10.3.7.3;
2) расстояние между гибкими трубами (см. также ГОСТ Р 59308);
3) размеры конструктивных элементов рамы подводного буя, спроектированных согласно 10.3.7.1;
4) зазор между гибкими трубами и станками направляющих желобов согласно 10.3.7.4;
5) крепежные детали;
6) защитные покрытия;
7) размеры анодов системы коррозионной защиты;

ф) расчет усилий хомута для соединения конструктивных элементов рамы подводного буя друг с другом;

х) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

10.7 Приемо-сдаточные испытания

10.7.1 Общие положения

Производитель должен провести, как минимум, те заводские ПСИ, которые приведены в таблице 16, за исключением гидростатического испытания элементов плавучести. Гидростатическое испытание должно проводиться только по требованию заказчика.

Таблица 16 — ПСИ подводных буев

Компонент	Испытание	Процент изделий от общего объема, подлежащий испытанию
Подводный буй	Подгонка и сборка	100 %
Рама подводного буя	Размерный контроль	100 %
	Визуальный контроль	100 %
	Неразрушающий контроль сварных швов	100 %
	Масса в воздухе	100 %
	Точки крепления канатов	100 %
	Контроль нагружением точек подъема	100 %
Цистерна плавучести	Испытание под давлением[1)]	100 %
	Испытание на утечку[2)]	100 %
Элемент плавучести	Размерный контроль	100 %
	Визуальный контроль	100 %
	Плавучесть	10 % или, как минимум, 1 элемент плавучести, в зависимости от того, что больше
	Масса в воздухе	100 %
	Полномасштабное гидростатическое испытание[3)]	Указывает заказчик
Канаты	Размерный контроль	100 %
	Визуальный контроль	100 %
	Масса в воздухе	100 %
Канатное основание	Размерный контроль	100 %
	Визуальный контроль	100 %
	Масса в воздухе	100 %
	Неразрушающий контроль сварных швов	100 %
	Подгонка и сборка	100 %
	Испытание под нагрузкой соединительных приспособлений	100 %
	Контроль нагружением точек крепления канатов	100 %
	Контроль нагружением точек подъема	100 %

Окончание таблицы 16

Компонент	Испытание	Процент изделий от общего объема, подлежащий испытанию
Хомуты[4)]	Размерный контроль	100 %
	Визуальный контроль	100 %
	Подгонка и сборка	100 %
	Неразрушающий контроль сварных швов	100 %
	Масса в воздухе	100 %

[1)] Только для цистерн плавучести, которые являются сосудами под давлением.

[2)] Для цистерн плавучести, которые не являются сосудами под давлением.

[3)] Испытание должно проводиться только по требованию заказчика.

[4)] Для подводных буев с хомутами.

10.7.2 Измерение массы

Необходимо измерить массу в воздухе либо для всех фактически изготовленных элементов в совокупности, либо для отдельных элементов; в последнем случае производится расчет общей массы.

10.7.3 Контрольное нагружение точек присоединения канатов и точек подъема

Необходимо провести контрольное нагружение точек присоединения канатов, если этого требуют применимый стандарт или нормативные акты. Необходимо провести контрольное нагружение точек подъема на раме подводного буя, если этого требует соответствующий стандарт по грузоподъемному оборудованию, используемому в морских условиях. В случаях, когда очевидна непрактичность проведения контрольного нагружения на имеющемся испытательном оборудовании с учетом величины нагрузки, размера конструкции или отсутствия достаточного количества точек реакции, заказчик и сертифицирующий орган должны договориться об отказе от проведения контрольного нагружения, и в таком случае верификация способности выдерживать нагрузку может основываться только на расчетах, неразрушающем контроле и контроле качества сырья.

10.7.4 Измерение размеров

Измерение размеров элементов подводного буя должно подтвердить, что размеры этих элементов соответствуют размерам, указанным в технической документации, с учетом допусков по размерам.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров модуля:

- высота, ширина и толщина рамы;
- диаметр и длина цистерны плавучести;
- высота, ширина и толщина элемента плавучести;
- размеры точек крепления канатов к раме подводного буя с указанием диаметра отверстия.

10.7.5 Подгонка и испытание в сборе

10.7.5.1 Процедура

Необходимо провести испытания соединительных приспособлений для канатов для подтверждения их совместимости с соответствующими точками крепления на раме подводного буя. Если применимо, необходимо вставить в пазы элементы плавучести, чтобы подтвердить их совместимость с посадочными местами на раме подводного буя. Если применимо, необходимо провести испытания хомутов в случаях, когда хомуты не являются элементами конструкции подводного буя, чтобы подтвердить возможность их фиксации на раме подводного буя.

10.7.5.2 Критерии приемки

Критерием приемки является полная размерная совместимость элементов подводного буя друг с другом.

10.7.6 Испытание цистерн плавучести

10.7.6.1 Опрессовка цистерн плавучести, представляющих собой сосуды высокого давления, должна осуществляться в соответствии с ГОСТ Р 54803 и ГОСТ Р 54522.

10.7.6.2 Для цистерн плавучести, которые не являются сосудами высокого давления, должно быть проведено испытание на герметичность в соответствии с [10].

10.7.7 Испытание элементов плавучести

10.7.7.1 Процедура

Плавучесть можно определить путем непосредственного погружения элемента плавучести в воду. Как вариант, если очевидна непрактичность такого погружения в условиях имеющегося испытательного оборудования из-за размеров элемента плавучести, плавучесть можно рассчитать на основе размеров элемента плавучести. Испытание на плавучесть необходимо провести для 10 % или одного элемента плавучести, в зависимости от того, какое число больше. Плавучесть остальных элементов плавучести можно рассчитать методом корреляции их массы в воздухе и размеров с массой и размерами элементов плавучести, прошедших испытание на плавучесть.

Примечание — Выборка 10 % для проведения испытаний является стандартной в современной отраслевой практике.

10.7.7.2 Критерии приемки

Из общей плавучести элементов плавучести необходимо вычесть вес в воде всех неплавучих элементов подводного буя, при этом необходимо учесть изменения плавучести в течение срока службы. Полученный результат должен удовлетворять требования к плавучести.

10.8 Маркировка

10.8.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

10.8.2 Маркировка подводного буя должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка на раме подводного буя должна, как минимум, содержать следующие данные:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- идентификатор гибкой трубы для каждого направляющего желоба;
- массу.

10.8.3 Маркировка на раме цистерн или элементах плавучести должна, как минимум, содержать следующие данные:

- название или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- проектную глубину;
- чистую плавучесть;
- массу.

11 Канаты

11.1 Область применения

11.1.1 В данном разделе приведены требования к канатам для подводного буя и канатам, используемым в системах канатного крепления гибких райзеров. Требования к подводным буям и хомутам для канатов приведены в разделах 10 и 13 соответственно. Данные разделы также применимы к гибридным системам канатов, например комбинациям из цепей или стальных канатов с синтетическими канатами.

11.1.2 Параметры, указанные в 11.2.2 и 11.2.5 допускается применять только в случаях, когда производитель подводного буя или хомута для каната закупает канат отдельно.

11.1.3 Информация о сырье, механических испытаниях, проверках и требованиях к маркировке для цепей, изготовленных с применением стыковой сварки, и проволочных канатов различных классов и конструкций содержится в ГОСТ 228, ГОСТ 3241 и ГОСТ 30188.

11.2 Функциональные требования

11.2.1 Общие положения

11.2.1.1 Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к канатам, выполнение которых должен обеспечить производитель:

а) функциональные требования;

б) обеспечение необходимой минимальной разрывной нагрузки/необходимого минимального сопротивления разрыву;

в) обеспечение необходимой длины каната.

11.2.1.2 Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к канатам, выполнение которых должен обеспечить производитель подводного буя или хомута для каната:

а) функциональные требования;

б) обеспечение надежной фиксации рамы подводного буя или хомута для каната на его основании в течение установленного срока службы;

в) предоставление гибкой трубы на канатном креплении указанной конфигурации.

11.2.2 Параметры проектирования канатов

Заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры для канатов:

а) необходимую длину с указанием допусков;

б) тип необходимого каната, т. е. цепь, стальной или синтетический канат;

в) сорт материала для цепи;

г) другие необходимые конструктивные элементы для нужного типа каната, например, такие как:

1) цепь: с распорками или без распорок;

2) стальной канат: шестижильный, спиральный или многожильный;

3) синтетический канат: полиэфирный, арамидный, нейлоновый или из сверхвысокомолекулярного полиэтилена;

д) материал оболочки для стальных или синтетических канатов, например полиуретан или полиэтилен;

е) необходимую минимальную разрывную нагрузку/необходимое минимальное сопротивление разрыву, которые позволят выдержать максимальное растягивающее напряжение в процессе установки и эксплуатации;

ж) указанные допуски должны соответствовать требованиям стандарта, применимого к типу приобретаемого каната, если применимо. Требования к допускам для цепей, стальных и синтетических канатов приведены в ГОСТ 228, ГОСТ 30188, ГОСТ 30055.

11.2.3 Защита от коррозии

Требования к защите от коррозии канатов и/или их концевых заделок. Требования к системе коррозионной защиты следует указать, если при расчете системы коррозионной защиты подводного буя, хомутов для канатов или оснований канатов не была предусмотрена достаточная защита для дополнительных элементов.

Примечание — Требования к системе коррозионной защиты, относящиеся к цепям и стальным канатам, допускается применять к металлическим концевым заделкам синтетических канатов.

11.2.4 Проверка и контроль состояния

Заказчик должен указать все требования к оборудованию для контроля натяжения, которое должно функционировать в течение всего срока службы.

11.2.5 Требования по стыковке

11.2.5.1 Заказчик должен указать необходимый тип каната и концевой заделки (например, сращивание, замок и т. п.).

11.2.5.2 Заказчик должен указать все требования к соединительным приспособлениям для стыковки с соединениями на основании каната и раме подводного буя или хомуте каната. Соединительные приспособления могут также понадобиться для соединения двух различных типов канатов в гибридной системе канатов. Необходимо указать тип и требуемое значение безопасной рабочей нагрузки для всех соединительных приспособлений.

11.2.6 Проектные нагрузки

Заказчик должен указать, какие усталостные нагрузки действуют на канат, на основании общего анализа системы гибких труб. Указанные усталостные нагрузки должны включать в себя минимальное, максимальное и среднее растягивающее напряжение каната и углы каната в трех измерениях, а также соответствующее количество циклов для каждого диапазона растягивающих напряжений и углов каната.

11.2.7 Количество

Заказчик должен указать необходимое количество канатов.

11.2.8 ЗИП

11.2.8.1 Заказчик должен указать необходимое количество запасных канатов.

11.2.8.2 Рекомендуется заказать, как минимум, один запасной канат, чтобы иметь возможность произвести замену в случае обрыва каната для сценариев, в которых конструкция подводного буя предусматривает возможность обрыва каната.

11.2.9 ЛКП

Заказчику следует указать свои пожелания к нанесению ЛКП на защитную оболочку стальных и синтетических канатов.

11.3 Требования к проектированию

11.3.1 Нагрузки

Классы и подклассы локальных нагрузок для канатов перечислены в таблице 17. В таблице нагрузки разделены на нагрузки, действующие на канаты подводного буя и нагрузки, действующие на канаты гибких труб.

Таблица 17 — Классы и подклассы локальных нагрузок для канатов подводных буев и гибких труб

Классы и подклассы нагрузок	Область применения	
Функциональные нагрузки	Канаты подводного буя	Канаты гибких труб
Ударные нагрузки и нагрузки при истирании во время погрузочно-разгрузочных операций, транспортировки и установки	X	X
Истирание о морское дно	X	X
Массу основания каната, если применимо	X	X
Нагрузки от воздействия окружающей среды		
Растягивающие нагрузки, вызванные движением системы гибких труб, включая начальную и чистую плавучесть к концу срока службы системы подводного буя (включая вибрации гибкой трубы, вызванные вихреобразованием, а также пробковый режим и переход потока в другое состояние в гибкой трубе)	X	X
Случайные нагрузки		
Случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы и/или канат, в тех случаях, когда их указывает заказчик: - повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо; - отказ движителей судна, если применимо; - неисправность бурильной трубы, если применимо; - разрыв якорного каната; - поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо	—	—
Избыточное нагружение вследствие обрыва одного или нескольких других канатов	X	X
Избыточное нагружение вследствие протечки цистерны плавучести подводного буя.	X	—
Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».		

11.3.2 Методология проектирования

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна содержать следующие обязательные документы (включая все выполненные расчеты), методологии и использованные программные инструменты:

- доказательства того, что канат может выдерживать максимальные нагрузки (согласно 11.3.5.2);
- данные о сроке службы согласно требованиям 11.3.8.

11.3.3 Критерии проектирования. Общие положения

Коэффициенты запаса прочности канатов должны приниматься с учетом соответствующих положений ГОСТ 11265, ГОСТ Р 58773, СП 38.13330. Выбранный коэффициент запаса должен обеспечивать уровень прочности не менее коэффициентов использования, приведенных в таблице 1 для данного вида нагружения.

11.3.4 Критерии проектирования. Канаты подводного буя

Канаты должны выполнять функциональные требования при всех комбинациях нагрузок и условиях нагружения в случае потери плавучести одной секции цистерны при всех целых канатах, или в случае потери одного каната при всех целых цистернах. Любым из этих событий можно пренебречь, если будет доказано, что эквивалентная годовая вероятность возникновения таких событий составляет менее 10^{-4} согласно ГОСТ Р 59309. Требование сохранения функциональности при всех комбинациях нагрузок и условиях нагружения можно смягчить, если будет доказано, что годовая вероятность возникновения условий нагружения, не принимаемых во внимание, составляет менее 10^{-4} в течение срока службы (т. е. 0,2 % в течение 20-летнего срока службы) в промежутке между проверками целостности и состояния. Требования сертифицирующих органов имеют приоритет над данными требованиями. Как вариант, при проектировании каната можно использовать достаточно высокий коэффициент запаса, при котором достигается та же самая вероятность обрыва, что и для приведенных выше показателей, что можно доказать с помощью анализа надежности.

Примечание — Показатель вероятности 10^{-4} используется в целях обеспечения сопоставимости с допущением, приведенным в ГОСТ Р 59309, о том, что комбинации нагрузок с годовой вероятностью возникновения менее 10^{-4} могут быть проигнорированы.

11.3.5 Проектирование каната. Общие положения

11.3.5.1 В этом разделе приведены стандартные требования, как для канатов подводных буев, так и для канатов гибких труб.

11.3.5.2 Изготовитель подводного буя/хомута каната должен спроектировать канат, который в состоянии выдержать максимальные растягивающие напряжения, определенные в ходе общего анализа системы гибких труб. При этом должны быть учтены все нагрузки, обусловленные весом основания каната, если при установке канат погружается на дно с прикрепленным к нему основанием.

11.3.5.3 Изготовитель подводного буя/хомута каната должен провести анализ местных напряжений на концевых заделках каната и соединительных приспособлениях и внести его в отчет о проектировании. Анализ напряжений должен включать в себя точное моделирование местной геометрии, которая приводит к возникновению концентрации напряжений. При анализе напряжений необходимо учитывать углы канатов в трех измерениях для всех комбинаций нагрузок и условий нагружения.

11.3.5.4 В ходе анализа по методу конечных элементов проектировщик системы гибких труб должен доказать, что ни при каких комбинациях нагрузок и условиях нагружения канат не подвергается действию рывковой нагрузки, не нем не происходит потери растягивающего напряжения или его снижения до уровня ниже уровня минимального допустимого эффективного растягивающего напряжения, указанного заказчиком.

11.3.5.5 Производитель подводного буя/хомута каната должен учесть удлинение синтетических канатов при приложении растягивающего напряжения.

11.3.5.6 Конфигурация соединения каната с подводным буем/хомутом каната и основанием каната должна быть такой, чтобы канат подвергался только воздействию растягивающих нагрузок. Он не должен подвергаться действию крутящих нагрузок или изгибающего момента, за исключением случаев, когда особая конструкция каната и соединительных приспособлений позволяет им выдерживать такие нагрузки.

11.3.6 Проектирование канатов для подводного буя

Если конструкция подводного буя предусматривает обрыв каната, канат должен иметь такую конфигурацию, которая будет облегчать его замену в случае обрыва.

11.3.7 Проектирование канатов для гибких труб

Канат должен иметь такую прочность, при которой гибкая труба сможет отсоединиться от каната до разрушения структуры трубы (за исключением случаев разрыва трубы или наличия ограничителя нагрузки на соединении с канатом).

11.3.8 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

11.3.8.1 Производитель подводного буя/хомуты каната должен иметь документацию, подтверждающую, что канат и смежное соединительное приспособление в состоянии противостоять износу поверхностей обоюдного контакта в течение установленного срока службы.

11.3.8.2 При анализе усталостной долговечности канатов необходимо учитывать циклическое растягивающее напряжение канатов, определенное в ходе общего анализа. Анализ усталостной долговечности должен охватывать все соединительные приспособления. Определение циклических напряжений должно проводиться согласно 11.3.5.3.

11.3.8.3 Задокументированное удлинение каната вследствие ползучести не должно превышать допуски, приведенные в 11.2.2 а).

11.3.9 Защита от коррозии

Припуски на коррозию для цепей должны назначаться согласно требованиям ГОСТ 9.014.

11.4 Требования к материалам

11.4.1 Общие положения

11.4.1.1 Требования настоящего раздела применимы к металлическим и синтетическим материалам, используемым для изготовления канатов.

11.4.1.2 У производителя должны быть задокументированные доказательства стойкости защитных оболочек к истиранию о морское дно, подтверждающие выполнение функциональных требований к канату.

11.4.2 Требования к аттестации. Материалы цепей и стальных канатов

Аттестация материалов цепей и стальных канатов должна проводиться согласно требованиям соответствующего стандарта, такого как ГОСТ 5639 для цепей и ГОСТ 7372, ГОСТ 5269 для стальных канатов.

11.4.3 Требования к аттестации. Материалы синтетических канатов

11.4.3.1 Аттестация материалов цепей и стальных канатов должна проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 30055 и ГОСТ Р 58753.

11.4.3.2 У производителя должны быть задокументированные доказательства стойкости материалов канатов к проникновению частиц, подтверждающие выполнение функциональных требований к канату.

11.4.4 Требования обеспечения качества

11.4.4.1 Контроль качества сырья для цепей и сырья для стальных канатов должен проводиться согласно требованиям ГОСТ 5639 для цепей и ГОСТ 7372, ГОСТ 5269 для стальных канатов.

11.4.4.2 Контроль качества сырья для синтетических канатов должен проводиться согласно требованиям действующих стандартов.

11.5 Требования к изготовлению

11.5.1 Контроль производственного процесса и производственных допусков по длине для стальных цепей и стальных канатов должен проводиться согласно требованиям ГОСТ 5639 для цепей и ГОСТ 7372, ГОСТ 5269 для стальных канатов.

11.5.2 Контроль производственного процесса и производственных допусков по длине каната для синтетических канатов должен проводиться согласно требованиями действующих стандартов.

11.6 Документация

11.6.1 Описание канатов в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующие данные:

а) данные, приведенные согласно 5.5.3.1;

б) минимальную разрывную нагрузку (для цепей и стальных канатов) или минимальное сопротивление разрыву (для синтетических канатов);

в) длину и диаметр;

г) описание всех защитных оболочек;

д) описание концевых заделок;

е) описание всех соединительных приспособлений и соответствующее номинальное значение безопасной рабочей нагрузки;

ж) полное удлинение синтетических канатов, обусловленное ползучестью.

11.6.2 В отчете о проектировании должно быть указано максимальное растягивающее напряжение каната и расчетные варианты усталостных нагрузок каната.

11.6.3 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для коэффициентов концентрации напряжений, используемых для соединительных приспособлений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) задокументированную основу для пределов выносливости полимерных и композитных материалов или коэффициента запаса усталостной прочности в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

и) описание сварных швов, используемых для металлических элементов,

к) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

л) доказательства того, что канат может выдерживать максимальные нагрузки (согласно 11.3.5.2);

м) анализ срока службы согласно требованиям 11.3.8;

н) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

11.7 Приемо-сдаточные испытания

Все канаты должны пройти контрольную проверку и испытание на разрыв под нагрузкой согласно требованиям ГОСТ 5639 для цепей, ГОСТ 7372, ГОСТ 5269 для стальных канатов. Контрольная проверка и испытание на разрыв под нагрузкой для гибридных канатов должно охватывать соединительные приспособления, соединяющие вместе различные типы канатов.

11.8 Маркировка и упаковка

11.8.1 Маркировка

11.8.1.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

11.8.1.2 Согласно рекомендациям ГОСТ 3241 на оболочку или видимую часть каната должна быть нанесена отчетливо различимая маркировка, позволяющая контролировать перекручивание каната.

11.8.1.3 Маркировка каната должна выполняться согласно требованиям соответствующего стандарта, например ГОСТ 3241.

11.8.1.4 Маркировка соединительных приспособлений должна выполняться согласно требованиям ГОСТ 14192.

11.8.2 Упаковка

Каждый канат должен быть упакован со всеми закупленными соединительными приспособлениями.

12 Основания райзеров и канатов

12.1 Область применения

12.1.1 В данном разделе приведены требования к основаниям райзеров и канатов. Требования к подводным буям, канатам и хомутам канатов приведены в разделах 10, 11 и 13 соответственно.

12.1.2 Требования к райзерным основаниям, приведенные в следующих разделах, в первую очередь, основаны на передаче нагрузок от гибкой трубы. Аналогично, требования к канатным основаниям основаны на нагрузках, передаваемых от канатов. Проектирование фундамента и проектирование клапанов райзерного основания не рассматривается, но приводятся ссылки на стандарты, применимые в этих случаях. Тем не менее, подраздел «Функциональные требования» содержит требование к заказчику о предоставлении данных, используемых при проектировании фундамента.

12.2 Функциональные требования. Общая часть

12.2.1 Общие положения

В этом разделе приведены стандартные функциональные требования как для оснований райзеров, так и для оснований канатов. Требования к специальным основаниям райзеров и канатов приведены в 12.3 и 12.4, соответственно.

12.2.2 Параметры проектирования оснований

Заказчик должен указать все ограничения по физическим размерам основания, такие как максимальная длина, ширина и высота.

12.2.3 Внешняя среда

12.2.3.1 Заказчик должен указать следующие параметры грунтов в месте установки основания:

- описание;
- прочность недренированного грунта на сдвиг;
- угол внутреннего трения.

Там, где применимо, необходимо указать изменения этих параметров с изменением глубины.

12.2.3.2 Заказчик должен указать максимальную глубину воды в месте установки основания.

12.2.3.3 Заказчик должен указать характеристики волн и течений, соответствующие наиболее критическим гидродинамическим нагрузкам на основание. Заказчик должен указать скорость течений у морского дна и скорость всех других течений, необходимую для расчета скорости течений на высоте над уровнем морского дна, эквивалентной высоте основания.

12.2.4 Защита от коррозии

Следует указать требования к защите оснований от коррозии.

12.2.5 Мониторинг целостности и состояния

Заказчик может указать требования к расположению анодов для облегчения интеграции системы коррозионной защиты и проверок целостности и состояния.

12.2.6 Требования к монтажу

Если установка проводится силами заказчика, он должен предоставить следующую информацию:

- совместимость основания с подъемным оборудованием;
- ограничения по массе основания для обеспечения совместимости с подъемным оборудованием;
- ограничения по размерам основания для обеспечения возможности установки на судно-трубоукладчик.

12.3 Функциональные требования. Основания райзеров

12.3.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к основаниям райзеров, выполнение которых должен обеспечить изготовитель:

- функциональные требования;
- сохранение положения в указанном месте на морском дне в течение всего срока службы;
- предоставление герметичных соединений между гибкими трубами и выкидными трубопроводами.

12.3.2 Параметры проектирования гибких труб

Для всех гибких труб, которые закрепляются на райзерном основании, заказчик должен предоставить, как минимум, следующие данные:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- необходимое количество соединений для гибких труб;
- необходимый угол установки соединений для гибких труб. Это показатель ориентации гибкой трубы при ее присоединении к основанию.

12.3.3 Параметры проектирования оснований райзеров

Для всех выкидных трубопроводов, которые закрепляются на основании райзера, заказчик должен предоставить, как минимум, следующие данные:

- необходимое количество соединений для выкидных трубопроводов;
- внешний и внутренний диаметр и соответствующие допуски.

12.3.4 Соединители

Заказчик должен предоставить детальные чертежи соединителей гибкой трубы и выкидной трубы с райзерным основанием.

12.3.5 Параметры внутреннего флюида

Согласно ГОСТ Р 59309 необходимо указать параметры внутреннего флюида для каждой гибкой трубы, присоединенной к райзерному основанию.

12.3.6 Теплоизоляция

Заказчику следует указать все требования к теплоизоляции элементов райзерного основания. Требования к теплоизоляции трубных элементов должны быть указаны в виде коэффициента теплопроводности U.

12.3.7 Требования к монтажу

12.3.7.1 Кроме требований к монтажу, приведенных в 12.2.6, заказчик должен указать требования к совместимости райзерного основания с инструментами ТНПА, применяемых в процессе установки.

12.3.7.2 Заказчику следует указать все требования к доступности основания райзера для водолазов.

12.3.8 Проектные нагрузки

12.3.8.1 Для всех гибких труб, присоединенных к райзерному основанию, заказчик должен указать величину максимальной и усталостной нагрузки, передаваемой от гибкой трубы к райзерному основанию. При этом необходимо указать эффективные растягивающие напряжения, сдвигающие силы и изгибающий момент, определенные в ходе общего анализа гибкой трубы. Заказчик должен указать усталостные нагрузки, включая минимальное, среднее и максимальное эффективное растягивающее напряжение, сдвигающие силы и изгибающий момент, а также соответствующее количество циклов для каждого диапазона нагрузок. Такая передача нагрузок осуществляется через конечный фитинг гибкой трубы и/или элемент жесткости на изгиб. При определении указанных нагрузок необходимо учитывать монтажные допуски по вращению и поступательному движению.

12.3.8.2 Заказчик должен указать максимальное внутреннее давление и рабочее внутреннее давление для трубопроводов райзерного основания.

12.4 Функциональные требования. Основания канатов

12.4.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к основаниям канатов, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования;
- обеспечение надежного закрепления всех канатов в течение установленного срока службы;
- сохранение положения в указанном месте на морском дне в течение установленного срока службы.

12.4.2 Параметры проектирования оснований канатов

Заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- подробные данные о канатах, закрепляемых на основании, такие как тип каната и соединительное приспособление;
- подробные данные о канатных соединениях, которые должны быть установлены на основании канатов, например, проушины, необходимые для закрепления канатных скоб (см. 11.2.5).

12.4.3 Проектные нагрузки оснований канатов

На основании общего анализа системы гибких труб заказчик должен указать максимальные и усталостные нагрузки при растяжении, которые передаются на основание от каната. Максимальные нагрузки должны определяться с учетом максимального растягивающего напряжения каната и диапазона углов каната в трех измерениях. Указанные усталостные нагрузки должны включать в себя минимальное, максимальное и среднее растягивающее напряжение каната и углы каната в трех измерениях, а также соответствующее количество циклов для каждого диапазона нагрузок и углов каната.

12.4.4 Маркировка

Заказчик может указать требования к маркировке основания канатов. Минимальные требования к маркировке приведены в 12.10.2.

12.5 Требования к проектированию

12.5.1 Нагрузки

Классы и подклассы локальных нагрузок для оснований райзеров и канатов перечислены в таблице 18.

Таблица 18 — Классы и подклассы локальных нагрузок для оснований райзеров и канатов

Классы и подклассы нагрузок	Область применения	
Функциональные нагрузки	Основание райзера	Основание каната
Давление внутреннего флюида	X	—
Статические и динамические реактивные нагрузки от присоединенных канатов с учетом начальной плавучести и плавучести к концу срока службы подводного буя и плавучих систем гибких труб	—	X
Нагрузки, обусловленные собственным весом (включая балласт)	X	X
Статические и динамические реактивные нагрузки, передаваемые от гибкой трубы	X	
Пробковый режим в гибкой трубе	X	X
Вибрации гибкой трубы, вызванные вихреобразованием	X	X
Силы, вызываемые потоком флюида, например, в изгибах	X	—
Вибрации, вызванные потоком газа при прохождении через каркас гибких труб[1)]	X	—
Нагрузки, вызванные расширением соседних трубопроводов	—	—
Нагрузки при установке		
Нагрузки от ударного воздействия волн при спуске основания, когда оно пересекает средний уровень воды	—	—
Нагрузки, вследствие придания временной плавучести	X	X
Нагрузки от воздействия окружающей среды		
Ветровые нагрузки в процессе установки	X	X
Гидродинамические нагрузки	X	X
Случайные нагрузки		
Случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы и/или основания райзеров или канатов, в тех случаях, когда их указывает заказчик: - повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо; - отказ движителей судна, если применимо; - неисправность бурильной трубы, если применимо; - разрыв якорного каната; - поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо; - падение объектов	X	X

1) Только для райзерных оснований, подсоединенных к гибким трубам газовых систем.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

12.5.2 Методология проектирования

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна содержать следующие обязательные документы (включая все выполненные расчеты), методологии и использованные программные инструменты:

а) размеры всех элементов, включая такие обязательные, как (см. 12.5.3.2):
   1) габариты основания;
   2) размеры бетонного башмака;
   3) размеры труб, если применимо;
   4) размеры структурных элементов основания;
   5) крепежные детали;
   6) защитные покрытия;
   7) размеры анодов системы коррозионной защиты;
б) проектирование оснований каната и райзера (согласно 12.5.4—12.5.5),
в) проектирование клапанов (согласно 12.5.4.2);
г) данные о сроке службы (согласно 12.5.6).

12.5.3 Проектирование фундамента

12.5.3.1 Фундаменты должны проектироваться с учетом соответствующих положений ГОСТ Р 54483, ГОСТ Р 57555, ГОСТ Р 58283, СП 58.13330, СП 369.1325800, см. также [2].

12.5.3.2 Проектирование фундаментов должно осуществляться с учетом требований соответствующих положений стандартов, указанных в 5.2.4.

12.5.4 Проектирование основания райзера

12.5.4.1 Место расположения райзерного основания должно выбираться с учетом общего расположения системы, чтобы не происходило превышение рабочих минимальных радиусов изгиба ни при одном расчетном варианте нагрузки, и уменьшалась вероятность максимального отклонения гибкой трубы в верхней части.

12.5.4.2 Проектирование клапанов в основании райзера должно осуществляться в соответствии с требованиями стандарта, например, ГОСТ Р 51365.

12.5.4.3 При проведении анализа напряжений и анализа фундамента для основания райзера необходимо учитывать максимальные силы реакции гибкой трубы, а также влияние монтажных допусков на эти силы. При осуществлении этих анализов также необходимо учитывать направление действия сил в трех измерениях и точки их приложения.

12.5.4.4 При проектировании райзерной системы необходимо предусмотреть монтажные допуски для основания райзера.

12.5.4.5 Труба и J-образные трубы должны быть, по возможности, расположены таким образом, чтобы концевой фитинг статической трубы не подвергался действию изгибающего момента.

12.5.5 Проектирование основания каната

12.5.5.1 При анализе напряжений и анализе фундамента для основания каната необходимо учитывать максимальные растягивающие напряжения канатов и углы, под которыми отходят канаты в трех измерениях, для всех комбинаций нагрузок и условий нагружения. Производитель подводного буя/хомута каната должен провести анализ местных напряжений в точках крепления канатов и внести его в отчет о проектировании. При анализе напряжений необходимо учитывать концентрации напряжений в точках крепления канатов, для этого проводится точное моделирование локальной геометрии (см. 11.3.5.2).

12.5.5.2 В соответствии с требованиями ГОСТ Р 59309 в процессе общего проектирования необходимо проверить наличие мешающего взаимодействия между гибкой трубой и основанием каната.

12.5.6 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

12.5.6.1 При анализе усталостной долговечности райзерного основания необходимо учитывать все циклические нагрузки, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком). Должны быть рассмотрены такие циклические нагрузки, как силы реакции гибкой трубы (с учетом их направления и точек приложения) и вибрации, вызываемые газовым потоком, если применимо (рассмотрение этого типа нагрузки приведено в ГОСТ Р 59308). Анализ усталостной долговечности должен включать в себя проверки опор всех зажимных стыковочных устройств.

12.5.6.2 При анализе усталостной долговечности основания каната необходимо учитывать все циклические растягивающие напряжения каната и углы в трех измерениях, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком). Анализ усталостной долговечности охватывать точки крепления каната и соединительные приспособления.

12.5.7 Защита от коррозии

12.5.7.1 При проектировании системы антикоррозионной защиты необходимо учитывать все утечки тока в системе защиты через присоединенные цепи и стальные канаты или металлические концевые заделки синтетических канатов.

12.5.7.2 Для вычисления необходимой массы анодов в расчетах катодной защиты должна быть учтена площадь поверхности всех соединительных приспособлений, которые напрямую контактируют с основанием каната.

12.6 Требования к материалам

Минимальные требования к материалам приведены в 5.3.

12.7 Требования к изготовлению

12.7.1 Общие положения

12.7.1.1 Минимальные требования к изготовлению приведены в 5.4.

12.7.1.2 Изготовление клапанов райзерного основания должно осуществляться в соответствии с требованиями соответствующего стандарта, например ГОСТ Р 51365.

12.7.2 Контроль производственного процесса

У производителя должна быть, как минимум, задокументированная методология для следующих процессов производства оснований райзеров и канатов:

- процессы;
- установка балластного материала;
- установка проушин или подъемных петель.

12.8 Документация

12.8.1 Отчет о проектировании райзерного основания должен включать в себя, как минимум, следующие данные:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- главные размеры;
- описание клапанов,
- описание точек подъема;
- описание стыковочных устройств ТНПА;
- номинальное внутреннее давление.

12.8.2 Описание основания каната в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующие данные:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- главные размеры;
- описание точек подъема;
- описание соединительных приспособлений для каната.

12.8.3 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы,

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

и) описание использовавшихся сварных швов;

к) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

л) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум (см. 12.5.3.2):

1) габариты основания;
2) размеры бетонного башмака;
3) размеры труб, если применимо;
4) размеры структурных элементов основания;
5) крепежные детали;
6) защитные покрытия;
7) размеры анодов системы коррозионной защиты;

м) проектирование фундамента (согласно 12.5.3);

н) проектирование клапанов (согласно 12.5.4.2);

п) анализ срока службы (согласно 12.5.6);

р) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

12.9 Приемо-сдаточные испытания

12.9.1 Общие положения

12.9.1.1 В этом разделе приведены стандартные требования к заводским ПСИ как для райзерных, так и для оснований канатов. Требования к заводским ПСИ для специальных оснований райзеров и канатов приведены в 12.9.2 и 12.9.3, соответственно.

12.9.1.2 Измерение массы основания в воздухе должно подтвердить, что масса является допустимой для используемого подъемного оборудования, и в комбинации с измерениями размеров должно подтвердить, что вес райзерного основания в морской воде соответствует проектным значениям.

12.9.1.3 Необходимо провести контрольное нагружение точек подъема на основании, если этого требует соответствующий стандарт.

12.9.2 Основание райзера

12.9.2.1 Изготовитель должен провести заводские ПСИ основания райзера.

12.9.2.2 Измерение размеров должно подтвердить, что размеры всех элементов соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам. Размерный контроль должен подтвердить размерную совместимость райзерного основания с гибкой трубой и концевыми заделками трубопровода или промежуточными соединителями. Определяемые размеры райзерного основания должны включать в себя размеры, которые являются критическими для функционирования и установки райзерного основания (т. е. его высота, ширина и длина, диаметр подъемных петель и т. п.). Измерение размеров в комбинации с измерением массы в воздухе должно подтвердить, что вес райзерного основания в морской воде соответствует проектным значениям.

12.9.2.3 Неразрушающий контроль сварных швов должен быть проведен в соответствии с ГОСТ 7512, ГОСТ 18442, ГОСТ ISO 17638, ГОСТ Р ИСО 17640 в зависимости от выбранного метода.

12.9.2.4 Подгонка и испытание в сборе должны подтвердить успешное закрепление всех соединителей на райзерном основании и совместимость инструментов, используемых ТНПА с райзерным основанием. Рекомендации по подгонке и испытанию в сборе подводного оборудования приведены в ГОСТ Р 59305.

12.9.2.5 Для подтверждения герметичности трубопроводов в райзерном основании необходимо провести гидроиспытание давлением, которое должно минимум в 1,5 раза превышать проектное давление. Местные нормы и регулирующие органы могут требовать проведение испытаний при более высоких значениях давления. В этом случае требования таких органов имеют преимущество перед данными требованиями.

12.9.2.6 Если основания райзеров имеют раздвижные опорные башмаки (для уменьшения их профиля при установке), испытание перед установкой должно подтвердить их функционирование.

12.9.3 Основание каната

12.9.3.1 Производитель должен провести заводские ПСИ основания каната.

12.9.3.2 Измерение размеров должно подтвердить, что размеры всех элементов соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам. Определяемые размеры основания каната должны включать в себя размеры, которые являются критическими для функционирования и установки основания каната (т. е. его высота, ширина и длина, диаметр подъемных петель и т. п.). Измерение размеров в комбинации с измерением массы в воздухе должно подтвердить, что масса основания каната в морской воде соответствует проектным значениям.

12.9.3.3 Подгонка и испытание в сборе должны подтвердить успешное закрепление всех соединительных приспособлений на основании каната и совместимость инструментов используемых ТНПА с основанием каната.

12.9.3.4 Необходимо провести контрольное нагружение соединительных приспособлений, если этого требует соответствующий стандарт.

12.10 Маркировка

12.10.1 Маркировка. Основание райзера

Маркировка основания райзера должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка на райзерном основании должна содержать, как минимум, следующие данные:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- идентификатор гибкой трубы для каждого присоединения гибкой трубы;
- идентификатор трубопровода для каждого присоединения трубопровода;
- массу;
- номинальное давление для элементов.

12.10.2 Маркировка. Основание каната

Маркировка основания каната должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка на основании каната должна содержать, как минимум, следующие данные:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- массу.

13 Общие требования к зажимным устройствам

13.1 Область применения

Данный раздел содержит минимальные требования к зажимным устройствам, которые носят общий характер.

13.2 Функциональные требования

13.2.1 Общие положения

Заказчик должен указать следующие обязательные параметры гибких труб для зажимных устройств:

- внешний диаметр, включая допуски. Если за основу проектирования берется фактический внешний диаметр, заказчик должен указать фактический внешний диаметр в месте установки хомута, как только он станет известен;
- материал внешней оболочки;
- коэффициент трения между слоями гибкой трубы. Если коэффициент трения определяется не между гибкой трубой, заказчик и производитель должны согласовать метод определения параметров трения между хомутом и внешней оболочкой гибкой трубы. Для условий установки и эксплуатации должны быть указаны различные значения трения. Производитель гибкой трубы должен иметь в наличии документацию, подтверждающую указанные параметры трения гибкой трубы согласно ГОСТ Р 59309;
- уменьшение толщины внешнего покрытия, если применимо, вследствие ползучести или других причин в течение срока службы;
- величину максимальной овализации гибкой трубы в процессе установки и эксплуатации в виде минимального и максимального диаметра трубы овального сечения.

Инструкции для случаев овализации гибкой трубы приведены в [9].

13.2.2 Проектные нагрузки хомутов

13.2.2.1 Заказчик должен предоставить данные об изменениях внешнего диаметра гибкой трубы, возникающих вследствие растягивающего напряжения, внутреннего давления и температурных воздействий в течение срока службы, как для условий установки, так и для условий эксплуатации.

13.2.2.2 Заказчик должен указать максимально допустимое контактное давление, которое может возникать при контакте гибкой трубы и зажимного механизма.

13.2.2.3 Данные об усталостных нагрузках, при необходимости, должны включать в себя количество циклов для каждого диапазона расширений/сжатий гибкой трубы и каждого диапазона изгибающих моментов гибкой трубы. Диапазон изгибающих моментов должен включать в себя минимальный и максимальный радиусы изгиба, а также указания о направлении изгибающего действия (положительное или отрицательное).

13.3 Требования к проектированию

13.3.1 Методология проектирования хомутов

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

а) размеры всех элементов, включая такие обязательные, как:
   1) внешний и внутренний диаметры хомута;
   2) внешний и внутренний диаметры внутреннего вкладыша, если применимо;
   3) внешние покрытия;
   4) крепежные детали;

б) усилие для скрепления сегментов хомута друг с другом (согласно 13.3.3.2);

в) внешние покрытия:
   1) спецификация покрытия поверхности;
   2) записи о нанесении покрытий и результаты испытания на сцепление от поставщика, который поставляет покрытия производителю;
   3) статус аттестации примененной системы покрытий;

г) данные о сроке службы согласно требованиям 13.3.4.

13.3.2 Критерии проектирования хомутов

13.3.2.1 Составляющая зажимной способности должна быть, как минимум, в 1,5 раза больше максимального осевого усилия, действующего на гибкую трубу. Этот коэффициент запаса не должен применяться для процессов сжатия и расширения гибкой трубы.

Примечание — В основе этого коэффициента лежит минимальное значение, принятое в современной отраслевой практике.

13.3.2.2 Контактное давление, оказываемое хомутом, не должно превышать допустимое контактное давление, указанное заказчиком.

13.3.3 Требования к проектированию хомутов

13.3.3.1 При анализе напряжений хомута необходимо учитывать растягивающие напряжения крепежного элемента и/или хомута, в зависимости от конкретного случая, используемого для создания усилия обжатия.

13.3.3.2 Для крепежных систем, таких как болты или хомуты, необходимо рассчитать соответствующее усилие для соединения сегментов хомута друг с другом и указать его в отчете о проектировании и монтажных процедурах. Необходимо рассчитать данное усилие таким образом, чтобы оно предотвращало соскальзывание хомута. При этом не должны превышаться допустимое контактное давление на гибкую трубу и пределы использования корпуса хомута. Крепежные системы должны быть оснащены средствами для защиты от ослабления соединения в течение срока службы.

При расчете зажимной способности и конструкции хомута должны учитываться следующие параметры:

- расширение и сжатие гибкой трубы;
- максимальная кривизна и эффективное растягивающее напряжение гибкой трубы;
- расширение и сжатие хомута вследствие контакта с внешней оболочкой гибкой трубы;
- максимальную овальность трубы и внутреннего зажима в процессе установки и эксплуатации;
- ползучесть элементов хомута (см. 13.3.4);

- определяющее трение. Это может быть трение между хомутом и гибкой трубой или трение внутри гибкой трубы между ее слоями;
- снижение толщины гибкой трубы и/или внешнего покрытия гибкой трубы в течение срока службы, обусловленное ползучестью;
- гидростатическое давление на проектной глубине.

13.3.3.3 При определении максимально допустимого контактного давления, предоставляемого заказчиком, должны быть приняты во внимание напряжения и деформации во всех слоях гибкой трубы с учетом допустимого использования или максимально допустимых деформаций, приведенных в ГОСТ Р 59309. Кроме того, допустимое контактное давление должно быть таким, чтобы не происходило превышения пределов ползучести полимерных слоев гибкой трубы, когда они бы проникали в зазоры металлических слоев. Производитель гибкой трубы должен документально подтвердить, что эти параметры были учтены в расчетах максимально допустимого контактного давления.

13.3.3.4 Необходимо документально подтвердить, что распределение контактного давления, оказываемого хомутом, по окружности трубы не приводит к овализации гибкой трубы выше допустимого уровня. Рекомендации для случаев овализации приведены в [9].

13.3.4 Срок службы хомутов

Необходимо документально подтвердить, что ползучесть при сжатии внутренних полимерных вкладышей или корпусов хомутов, возникающая при контакте с гибкой трубой под действием зажимного усилия, в течение срока службы не превысит такого значения, при котором хомут ослабнет и гибкая труба станет подвижной относительно хомута.

13.4 Требования к материалам

Изготовитель должен провести испытания и задокументировать свойства полимерных материалов внутреннего вкладыша согласно требованиям таблицы 19. Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблице 19, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материалов в образцах, подвергнутых старению.

Таблица 19 — Требования к аттестации полимерных материалов внутренних вкладышей

Свойства материала	Процедура испытания[1)]	Максимальная температура	Образец, подвергнутый старению
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	—	—
Жесткость	По ГОСТ 24621, ГОСТ 270	—	—
Озоностойкость[2)]	По ГОСТ 9.026	—	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

[2)] Применимо в условиях хранения.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

13.5 Документация

Описание хомута в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующие данные:

- внешний и внутренний диаметры;
- другие внешние размеры;
- длину;
- проектную глубину;
- проектную температуру;

- зажимную способность;
- описание внутреннего вкладыша, если применимо;
- описание точек подъема, если применимо.

14 Хомуты подводных буев

14.1 Область применения

Требования, изложенные в разделах 5 и 13, также применимы к хомутам подводных буев.

14.2 Функциональные требования

14.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к хомутам подводного буя, выполнение которых должен обеспечить изготовитель:

- функциональные требования;
- обеспечение надежной фиксации гибкой трубы на подводном буе в течение установленного срока службы.

14.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, на которой закрепляется хомут, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- внутренний диаметр,
- условия эксплуатации;
- срок службы.

Проектные параметры гибкой трубы, необходимые для расчета хомута согласно 13.2.1.

14.2.3 Внешняя среда

Заказчик должен указать максимальную глубину воды, на которой должен устанавливаться хомут.

14.2.4 Защита от коррозии

Требования по защите от коррозии металлических элементов хомута, таких как корпус хомута и крепежные элементы, можно указать согласно 5.2.6, где приведены требования к защите от коррозии, отличные от таких требований к раме подводного буя (см. 10.2.8).

14.2.5 Требования к монтажу

14.2.5.1 Заказчику следует указать все требования к совместимости хомута с подъемным оборудованием.

14.2.5.2 Заказчик должен указать, требуются ли для установки хомута на конструкции подводного буя водолазы. Если установка производится без помощи водолазов, заказчик должен указать все требования к совместимости хомута с инструментами ТНПА.

14.2.6 Проектные нагрузки

14.2.6.1 Заказчик должен предоставить данные об изменениях внешнего диаметра гибкой трубы, возникающих вследствие растягивающего напряжения, внутреннего давления и температурных воздействий в течение срока службы, как для условий установки, так и для условий эксплуатации.

14.2.6.2 Заказчик должен указать максимально допустимое контактное давление, которое может возникать при контакте гибкой трубы и зажимного механизма.

14.2.6.3 Данные об усталостных нагрузках, при необходимости, должны включать в себя количество циклов для каждого диапазона расширений/сжатий гибкой трубы и каждого диапазона изгибающих моментов гибкой трубы. Диапазон изгибающих моментов должен включать в себя минимальный и максимальный радиусы изгиба, а также указания о направлении изгибающего действия (положительное или отрицательное).

14.2.6.4 Заказчик должен указать минимальное и максимальное фактическое растягивающее напряжение гибкой трубы на верхнем и нижнем участке гибкой трубы, действующее с обеих сторон от хомута гибкой трубы.

14.2.7 ЗИП

Заказчик должен указать необходимое количество запасных хомутов подводного буя и необходимый процент запасных крепежных деталей для хомутов для замены утраченных, например вследствие повреждений.

14.3 Требования к проектированию

14.3.1 Нагрузки

Нагрузки, действующие на хомуты подводных буев, подразделяются на функциональные, случайные и нагрузки от воздействия окружающей среды.

К функциональным нагрузкам относятся:

- эффективное растягивающее напряжение в гибкой трубе (эффективное растягивающее напряжение на верхнем и нижнем участке);
- ударные нагрузки и нагрузки при истирании во время грузовых операций, транспортировки и установки;
- нагрузки, возникающие вследствие изибания трубы;
- нагрузки, вызванные крепежными системами;
- нагрузки вследствие теплового расширения и сжатия внешней оболочки гибкой трубы (если материалы, используемые в модуле, расширяются с разной скоростью);
- воздействие движителей судов.

К случайным нагрузкам относятся:

- случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы;
- повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо;
- отказ движителей судна, если применимо;
- неисправность бурильной трубы, если применимо;
- разрыв якорного каната;
- поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо.

К нагрузкам от воздействия окружающей среды относятся:

- волнение;
- течение.

14.3.2 Проектирование хомутов для подводного буя

Согласно 13.3.3.2 при расчете зажимной способности и конструкции хомута необходимо принимать во внимание усилие, необходимое для сопротивления максимальному дифференциальному растягивающему напряжению гибкой трубы между ее верхним и нижним участками.

14.3.3 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

14.3.3.1 В ходе проектирования необходимо проверить, что ползучесть при сжатии внутренних полимерных вкладышей, возникающая при контакте с гибкой трубой под действием обжимного усилия, в течение срока службы не превысит такого значения, при котором хомут ослабнет и гибкая труба станет подвижной относительно хомута.

14.3.3.2 При анализе усталостной долговечности хомутов подводного буя необходимо учитывать колебания напряжений, возникающих вследствие контакта с гибкой трубой.

При анализе усталостной долговечности необходимо учитывать следующие циклические нагрузки, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком):

- расширение и сжатие гибкой трубы;
- изменения эффективного растягивающего напряжения гибкой трубы;
- изгибание гибкой трубы;
- усталостный анализ должен охватывать крепления хомутов.

14.3.4 Защита от коррозии

Хомуты подводного буя должны быть защищены при помощи соответствующей системы коррозионной защиты, если при расчете коррозионной системы подводного буя не была предусмотрена достаточная защита дополнительных элементов.

14.4 Требования к материалам

14.4.1 Общие положения

Требования этого подраздела применимы к металлическим материалам корпуса хомута и к полимерным материалам внутреннего вкладыша хомута.

14.5 Требования к изготовлению

14.5.1 Изготовитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию для следующих производственных процессов:

- производство металлических хомутов;
- присоединение точек подъема.

14.5.2 От каждой смеси полимерного материала внутреннего вкладыша должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на разрыв по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

14.6 Документация

14.6.1 Отчет о проектировании

Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

и) описание использовавшихся сварных швов;

к) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

л) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) внешний и внутренний диаметры хомута;
2) внешний и внутренний диаметры внутреннего вкладыша, если применимо;
3) внешние покрытия;
4) крепежные детали;

м) расчет усилия хомута для скрепления сегментов друг с другом (согласно 13.3.3.2);

н) анализ срока службы согласно 14.3.3;

п) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

14.6.2 Процедуры монтажа

Изготовитель должен предоставить пошаговые процедуры сборки хомута подводного буя и его закрепления на гибкой трубе. Кроме того, при необходимости, изготовитель должен предоставить процедуру закрепления хомута подводного буя на раме подводного буя.

14.7 Приемо-сдаточные испытания

14.7.1 Общие положения

Изготовитель должен провести заводские ПСИ хомутов подводного буя.

14.7.2 Измерение размеров

Измерение размеров элементов хомута подводного буя должно подтвердить, что размеры этих элементов соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров хомута подводного буя:

- диаметр отверстия;
- внешний диаметр,
- длина.

14.7.3 Подгонка и испытание в сборе

14.7.3.1 Процедура

Хомут необходимо смонтировать на образце гибкой трубы, при его наличии, или на типовой модели гибкой трубы в натуральную величину. Необходимо установить все элементы, из которых состоит хомут, включая внутренний вкладыш и все крепежные детали, необходимые для фиксации этих элементов в нужном положении. Технические характеристики крепежа, используемого для соединения элементов хомута друг с другом, и усилия хомута должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования.

14.7.3.2 Критерии приемки

После сборки хомута подводного буя размеры его отверстия должны быть совместимы с размерами гибкой трубы. Все элементы хомута должны быть размерно совместимы друг с другом.

14.7.4 Неразрушающий контроль сварных швов

Неразрушающий контроль сварных швов должен быть проведен в соответствии с ГОСТ 7512, ГОСТ 18442, ГОСТ ISO 17638, ГОСТ Р ИСО 17640 в зависимости от выбранного метода.

14.8 Маркировка

14.8.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

14.8.2 Маркировка хомута подводного буя должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы.

Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается хомут;
- при необходимости, соответствующую маркировку сегментов хомута, которая позволит повторно собрать его для установки. Эта маркировка наносится до разделения сегментов в ходе производственного процесса.

15 Хомуты канатов

15.1 Область применения

15.1.1 Требования, изложенные в разделах 5 и 13, также применимы к хомутам канатов.

15.1.2 В разделе 15 не рассматриваются ограничители канатов и приспособления для ограничения изгиба, закрепляемые на хомуте каната. Требования к ограничителям изгиба, закрепляемым на хомутах канатов, приведены в разделе 7.

15.1.3 Требования этого раздела применимы к зажимным устройствам, используемым с гибкими трубами.

15.2 Функциональные требования

15.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к хомутам канатов, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования;
- обеспечение надежной фиксации гибкой трубы на канате в течение установленного срока службы.

15.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, на которой закрепляется хомут каната, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- проектные параметры гибкой трубы, необходимые для расчета хомута согласно 13.2.1;
- минимальный радиус изгиба при эксплуатации.

15.2.3 Параметры проектирования хомутов канатов

15.2.3.1 Заказчик должен указать место расположения хомутов канатов на гибкой трубе.

15.2.3.2 Рекомендуется, чтобы заказчик предоставил следующие параметры:

- требования к массе хомута каната, включая допуски;
- требования к приспособлениям для ограничения изгиба на выходе гибкой трубы из хомута;
- требования к поворотным проушинам,
- требования к противообрастающим покрытиям.

15.2.4 Функциональные требования к ограничителям изгиба

Если для предотвращения избыточного изгибания гибкой трубы на выходах из хомута каната необходимо использовать ограничитель изгиба, заказчик должен указать следующие функциональные требования к такому ограничителю, приведенные в специальных подразделах:

- элементы жесткости на изгиб (см. 6.2);
- ограничители изгиба (см. 7.2);
- раструбы (см. 8.2).

15.2.5 Внешняя среда

15.2.5.1 Заказчик должен указать максимальную глубину воды, на которой должен устанавливаться хомут.

15.2.5.2 Если хомут каната содержит элементы из полимерного или композитного материала, необходимо указать требования к внешней среде, а именно, к воздействию солнечного света.

15.2.5.3 Заказчик должен указать плотность и толщину обрастания морскими организмами на глубине установки хомута каната.

15.2.6 Защита от коррозии

Требования по защите от коррозии металлических элементов хомута, таких как корпус хомута и крепежные элементы.

15.2.7 Требования к установке

Заказчику следует указать все требования к совместимости хомута с подъемным оборудованием.

15.2.8 Проектные нагрузки

15.2.8.1 Заказчик должен предоставить данные об изменениях внешнего диаметра гибкой трубы, возникающих вследствие растягивающего напряжения, внутреннего давления и температурных воздействий в течение срока службы, как для условий установки, так и для условий эксплуатации.

15.2.8.2 Заказчик должен указать максимально допустимое контактное давление, которое может возникать при контакте гибкой трубы и зажимного механизма.

15.2.8.3 Заказчик должен указать величину максимальной кривизны гибкой трубы в месте установки хомута.

15.2.8.4 Заказчик должен указать максимальное растягивающее напряжение и диапазон углов в трех измерениях. Заказчик должен учесть все нагрузки, обусловленные весом основания каната, если при установке канат погружается на дно с прикрепленным к нему основанием каната.

15.2.8.5 На основании общего анализа системы гибких труб заказчик должен указать, какие усталостные нагрузки действуют на хомут каната со стороны каната. Указанные усталостные нагрузки должны включать в себя минимальное, максимальное и среднее растягивающее напряжение каната, и углы каната в трех измерениях, а также соответствующее количество циклов для каждого диапазона растягивающих напряжений каната.

15.2.8.6 Данные о других усталостных нагрузках, при необходимости, должны включать в себя количество циклов для каждого диапазона расширений/сжатий гибкой трубы и каждого диапазона изгибающих моментов гибкой трубы. Диапазон изгибающих моментов должен включать в себя минимальный и максимальный радиусы изгиба, а также указания о направлении изгибающего действия (положительное или отрицательное).

15.2.9 ЗИП

Заказчик должен указать необходимое количество запасных хомутов канатов, необходимый процент запасных крепежных деталей для хомутов.

15.3 Требования к проектированию

15.3.1 Нагрузки

Нагрузки, действующие на хомуты канатов, подразделяются на функциональные, случайные и нагрузки от воздействия окружающей среды.

К функциональным нагрузкам относятся:

- эффективное растягивающее напряжение в гибкой трубе;
- собственный вес;
- нагрузки, вызванные растягивающими напряжениями в канате;
- нагрузки, действующие на ограничитель изгиба;
- ударные нагрузки и нагрузки при истирании во время грузовых операций, транспортировки и установки;
- нагрузки, возникающие вследствие изгибания трубы;
- нагрузки, вызванные крепежными системами;
- нагрузки вследствие теплового расширения и сжатия внешней оболочки гибкой трубы (если материалы, используемые в модуле, расширяются с разной скоростью);
- воздействие движителей судов.

К случайным нагрузкам относятся:

- случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы;
- повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо;
- отказ движителей судна, если применимо;
- неисправность бурильной трубы, если применимо;
- разрыв якорного каната;
- поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо.

К нагрузкам от воздействия окружающей среды относятся:

- волнение;
- течение.

15.3.2 Проектирование хомутов канатов

15.3.2.1 Согласно 13.3.3.2 при расчете зажимной способности и конструкции хомута нужно принимать во внимание усилие, необходимое для сопротивления наиболее критической комбинации из растягивающего напряжения каната и угла, образуемого канатом в трех измерениях, в ходе установки и эксплуатации.

15.3.2.2 При изгибании гибкой трубы в местах, где она с обеих сторон выходит из отверстия хомута, минимальный рабочий радиус изгиба гибкой трубы не должен быть меньше минимального значения, указанного заказчиком. Чтобы проверить, не возникает ли избыточный изгиб гибкой трубы в этих местах, подверженных воздействию каких-либо комбинаций нагрузок и условий нагружения гибкой трубы, необходимо провести анализ системы гибких труб по методу конечных элементов и изменить конструкцию при наличии такого избыточного изгиба.

15.3.2.3 Согласно 5.2.4 при анализе напряжений на хомуте каната необходимо учитывать диапазон эффективных растягивающих напряжений и диапазон углов, образуемых канатом в трех измерениях. Необходимо провести анализ местных напряжений на концевых заделках канатов и соединительных приспособлениях и внести его в отчет о проектировании. Анализ напряжений должен включать в себя точное моделирование местной геометрии, которая приводит к возникновению концентрации напряжений.

15.3.3 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

15.3.3.1 В отчете о проектировании необходимо подтвердить, что ползучесть при сжатии внутренних полимерных или композитных вкладышей или корпусов хомутов, возникающая при контакте с гибкой трубой под действием обжимного усилия, в течение срока службы не превысит такого значения, при котором произойдет ослабление и смещение хомута, а также, что не будут превышены допустимые уровни напряжений/деформаций.

15.3.3.2 При анализе усталостной долговечности хомута необходимо учитывать колебания напряжений, возникающих вследствие контакта с гибкой трубой и канатами.

При анализе усталостной долговечности необходимо учитывать следующие циклические нагрузки, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком):

- расширение и сжатие гибкой трубы;
- изгибание гибкой трубы;
- эффективные растягивающие напряжения, включая диапазон углов, образуемых канатом в трех измерениях.

15.3.4 Защита от коррозии

Для вычисления необходимой массы анодов в расчетах катодной защиты должна быть учтена площадь поверхности всех соединительных приспособлений, которые напрямую контактируют с хомутом каната.

15.4 Требования к материалам

15.4.1 Общие положения

Требования этого раздела применимы к металлическим и композитным материалам корпуса хомута и к полимерным материалам внутреннего вкладыша хомута.

15.4.2 Требования к аттестации. Композитные материалы хомутов канатов

Производитель должен документально подтвердить, что свойства материалов композитных корпусов хомутов канатов соответствуют требованиям таблицы 20. Под свойствами материалов подразумеваются свойства композитных материалов, а не их элементов. Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблице 20, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материалов в образцах, подвергнутых старению.

Таблица 20 — Требования к аттестации композитных материалов хомутов канатов

Свойства материала	Процедура испытания[1)]	Температура		Образец, подвергнутый старению
		мин.	макс	
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	—	—	—
Прочность на сжатие, модуль удлинения при разрыве[2)]	По ГОСТ 4651, ГОСТ ISO 7743	—	X	—
Сопротивление ползучести	—	—	X	—
Плотность	По ГОСТ 14359, ГОСТ 15139	—	—	—
Ударная вязкость	По ГОСТ 4647, ГОСТ 9454	X	—	—
Прочность на растяжение, модуль, удлинение при разрыве[1)]	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	—	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

[2)] Свойства армированных композитных материалов должны измеряться в направлении как вдоль, так и поперек волокон.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

15.4.3 Требования к аттестации. Металлические материалы корпуса хомута

Минимальные требования к аттестации металлических материалов корпусов хомутов приведены в 5.3.3.

15.5 Требования к изготовлению

15.5.1 Изготовитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию для следующих производственных процессов:

- производство металлических хомутов;
- производство композитных хомутов;
- производство присоединяемых ограничителей изгиба, если применимо, по 6.5.1, 7.5.1 и 8.5.1 для элементов жесткости на изгиб, ограничителей изгиба и раструбов, соответственно;
- присоединение точек подъема;
- присоединение точек крепления каната к хомуту каната;
- присоединение ограничителей изгиба к хомуту каната, если применимо.

15.5.2 От каждой смеси полимерного материала внутреннего вкладыша или композитного материала корпуса хомута должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на разрыв по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

15.6 Документация

15.6.1 Отчет о проектировании

15.6.1.1 Описание хомута в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующие данные:

- минимальные параметры, приведенные в 13.5;
- описание присоединенных ограничителей изгиба;
- описание соединительных приспособлений.

15.6.1.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

и) описание сварных швов, используемых для металлических элементов;

к) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

л) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) внешний и внутренний диаметры хомута;
2) внешний и внутренний диаметры внутреннего вкладыша, если применимо;
3) внешние покрытия;
4) крепежные детали;

м) расчет усилия для скрепления сегментов хомута друг с другом (согласно 13.3.3.2),

н) анализ срока службы согласно требованиям 15.3.3;

п) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

15.6.2 Процедуры монтажа

Изготовитель должен включить в процедуры монтажа следующее:

- процедуры, приведенные в 5.5.5;
- пошаговые процедуры сборки хомута каната и его закрепления на гибкой трубе;
- процедуры сборки присоединяемых элементов жесткости на изгиб (см. 6.6.2) или ограничителей изгиба (см. 7.6.2), если применимо;
- процедуры закрепления ограничителя изгиба на хомуте каната, если применимо.

15.7 Приемо-сдаточные испытания

15.7.1 Общие положения

Производитель должен провести заводские ПСИ хомутов канатов.

15.7.2 Измерение размеров

Измерение размеров элементов хомутов канатов должно подтвердить, что размеры этих элементов соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров хомута каната.

- диаметр отверстия;
- внешний диаметр,
- длина.

15.7.3 Подгонка и сборка

15.7.3.1 Процедура

Хомут каната необходимо смонтировать на образце гибкой трубы, при его наличии, или на типовой модели гибкой трубы в натуральную величину. Необходимо установить все элементы, из которых состоит хомут, включая внутренний вкладыш и все крепежные детали, необходимые для фиксации этих элементов в нужном положении. При необходимости, на узле в сборе необходимо закрепить приспособления для ограничения изгиба. Технические характеристики крепежа, используемого для присоединения элементов хомута и приспособлений для ограничения изгиба, и усилия хомута должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования. Соединительные приспособления для канатов должны закрепляться в точках крепления на хомутах канатов.

15.7.3.2 Критерии приемки

После сборки хомута каната размеры его отверстия должны быть совместимы с размерами гибкой трубы. Все элементы хомута, включая соединительные приспособления для канатов и все приспособления для ограничения изгиба, должны быть размерно совместимы.

15.7.4 Неразрушающий контроль сварных швов

Неразрушающий контроль сварных швов должен быть проведен в соответствии с ГОСТ 7512, ГОСТ 18442, ГОСТ ISO 17638, ГОСТ Р ИСО 17640 в зависимости от выбранного метода.

15.8 Маркировка

15.8.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

15.8.2 Маркировка хомута каната должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается хомут;
- при необходимости, соответствующую маркировку сегментов хомута, которая позволит повторно собрать его для установки. Эта маркировка наносится до разделения сегментов в ходе производственного процесса.

15.8.3 Маркировка соединительных приспособлений должна выполняться согласно требованиям соответствующего стандарта.

16 Системы трубной обвязки

16.1 Область применения

16.1.1 Требования, изложенные в разделах 5 и 13, также применимы к системе трубной обвязки.

16.1.2 Требования раздела 16 применимы к хомутам и направляющим трубной обвязки.

16.2 Функциональные требования

16.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к связкам трубопроводов, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования;
- обеспечение надежной фиксации поддерживаемой трубы/поддерживаемых труб на опорной трубе в течение установленного срока службы;
- обеспечение достаточного расстояния между опорной и поддерживаемой трубой/поддерживаемыми трубами.

16.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибких труб в системе связки трубопроводов, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

а) внутренний диаметр;

б) условия эксплуатации;

в) срок службы;

г) проектные параметры гибкой трубы, необходимые для расчета хомута связки трубопроводов согласно 13.2.1;

д) параметры проектирования гибкой трубы, необходимые для проведения общего анализа системы связок трубопроводов, если общий анализ системы связки трубопроводов входит в объем поставки.

Информация о данных, необходимых для проведения общего анализа, приведена в ГОСТ Р 59309.

Предоставление информации, указанной в перечислении д), не требуется, если заказчик определил количество хомутов согласно 16.2.8 и указал проектную нагрузку в виде общей нагрузки на систему связки трубопроводов согласно 16.2.7.

16.2.3 Параметры проектирования системы связки трубопроводов

16.2.3.1 Заказчик должен указать потребность в расстоянии между трубами для обеспечения свободы перемещения поддерживаемой трубы/поддерживаемых труб в осевом направлении, например, в использовании направляющих, а не хомутов связки трубопроводов. При наличии такой потребности заказчик может указать соответствующее количество хомутов и направляющих связки трубопроводов согласно 16.2.8.

16.2.3.2 Заказчик должен указать следующие параметры:

- необходимое расстояние между опорной и поддерживаемыми трубами;
- все требования к расстоянию между хомутами/направляющими связки трубопроводов, если заказчик не указал количество проставок согласно 16.2.8;
- максимально допустимое осевое усилие, передаваемое от направляющей связки трубопроводов;
- изменения функциональных требований к хомутам связки трубопроводов после установки;
- наличие потребности в изменении характера функционирования хомутов связки трубопроводов: переход от функции хомута к функции направляющей и наоборот.

16.2.4 Другие поддерживаемые или опорные трубы

Заказчик должен указать следующие обязательные параметры для других опорных или поддерживаемых труб (кроме гибких труб):

а) количество поддерживаемых труб;

б) справочный диаметр;

в) функциональные характеристики трубы;

г) внешний диаметр, включая допуски. Если за основу проектирования берется фактический внешний диаметр, заказчик должен указать фактический внешний диаметр в месте установки хомута, как только он станет известен. Если данные о фактическом внешнем диаметре отсутствуют, производителю следует предусмотреть соответствующие небольшие допуски по внешнему диаметру;

д) внешний материал трубы;

е) коэффициент трения между проставкой связки трубопроводов и трубой. Если коэффициент трения определяется не внутри гибкой трубы, заказчик и производитель должны согласовать метод определения параметров трения между проставкой связки трубопроводов и внешней оболочкой гибкой трубы. Для условий установки и эксплуатации должны быть указаны различные значения трения. Производитель поддерживаемой трубы должен иметь в наличии документацию, подтверждающую указанные параметры трения;

ж) уменьшение толщины внешнего покрытия, если применимо, вследствие ползучести или других причин в течение срока службы;

и) величину максимальной овализации трубы в процессе установки и эксплуатации в виде минимального и максимального диаметра трубы овального сечения;

к) параметры проектирования трубы, необходимые для проведения общего анализа системы связки трубопроводов, если общий анализ системы связки трубопроводов входит в объем поставки производителя.

16.2.5 Температура

Заказчик должен указать температуру внешней оболочки других опорных и поддерживаемых труб.

16.2.6 Защита от коррозии

Необходимо указать требования к коррозионной защите крепежных элементов проставки связки трубопроводов или присоединенным натяжным устройствам.

16.2.7 Проектные нагрузки

16.2.7.1 Минимальные требования к указанию проектных нагрузок приведены в 5.1.6.

16.2.7.2 Заказчик должен указать изменения внешних диаметров опорной и поддерживаемой труб вследствие растягивающего напряжения, внутреннего давления и температурных воздействий.

16.2.7.3 Заказчик должен указать максимально допустимое контактное давление, которое зажимной механизм может оказывать на опорную трубу и поддерживаемые трубы, соединенные при помощи хомутов связки трубопроводов.

16.2.7.4 Заказчик должен указать максимальное эффективное растягивающее напряжение и кривизну опорной и поддерживаемых труб, рассчитанные путем общего анализа методом конечных элементов.

16.2.7.5 Заказчик должен предоставить значения максимальных осевых нагрузок и обычных для трубы нагрузок, передаваемых с опорной и поддерживаемых труб на хомуты и направляющие связки трубопроводов, включая динамические эффекты, а также эти же значения в процессе установки. Как вариант, заказчик может предоставить данные, которые потребуются производителю для проведения общего анализа согласно 16.2.2, перечисление д) и 16.2.4, перечисление к).

16.2.8 Количество

Заказчик должен указать количество хомутов и направляющих связки трубопроводов, которое может быть установлено как в ходе общего анализа, так и другим путем.

16.3 Требования к проектированию

16.3.1 Нагрузки

Нагрузки, действующие на проставки связки трубопроводов, подразделяются на функциональные, случайные и нагрузки от воздействия окружающей среды.

К функциональным нагрузкам относятся:

- нагрузки, обусловленные весом опорной и поддерживаемых труб (включая эффекты динамического усиления и вес в ходе установки);
- внутреннее давление в процессе эксплуатации, установки и испытаний на утечки или структурную целостность (см. также [9]);
- нагрузки, оказываемые элементами крепежа;
- нагрузки вследствие изгибания опорной и поддерживаемых труб;
- нагрузки вследствие воздействия температур;
- нагрузки, вызванные тепловым расширением и сжатием поддерживаемых турбопроводов;
- нагрузки, вызванные термическим ударом;
- ударные нагрузки и нагрузки при истирании;
- воздействие движителей судов.

К случайным нагрузкам относятся:

- случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы и/или соединитель;
- повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо;
- отказ движителей судна, если применимо;
- неисправность бурильной трубы, если применимо;
- разрыв якорного каната;
- поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо.

К нагрузкам от воздействия окружающей среды относятся:

- волнение;
- течение.

16.3.2 Методология проектирования

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

а) документация, перечисленная в 13.3.1, для хомутов связки трубопроводов и зажимного элемента направляющих связки трубопроводов (согласно 16.3.4.1 и 16.3.4.2);

б) расчеты размеров направляющих связки трубопроводов (согласно 16.3.4.3);

в) общие параметры для случаев проектирования, когда заказчик не указывает такие параметры (согласно 16.3.5):

1) расчеты расстояний между хомутами/направляющими связки трубопроводов;
2) расчеты расстояния между опорной и поддерживаемыми трубами;

г) данные о сроке службы согласно требованиям 16.3.6.

16.3.3 Критерии проектирования

16.3.3.1 Окружная составляющая зажимной способности должна как минимум в 1,5 раза превышать максимальное окружное усилие, необходимое, чтобы не допустить вращения поддерживаемой трубы вокруг оси опорной трубы.

Примечание — Этот коэффициент выбран в целях обеспечения сопоставимости с коэффициентом запаса для осевой зажимной способности, используемого для другого дополнительного оборудования в данном стандарте.

16.3.3.2 При использовании направляющих связки трубопроводов проектировщик системы гибких труб в ходе общего анализа по методу конечных элементов должен провести проверку на провисание поддерживаемой трубы. Имеющееся провисание должно быть зафиксировано в отчете о проектировании, чтобы не допустить в дальнейшем создания конфигурации, при которой в процессе эксплуатации рабочий минимальный радиус изгиба поддерживаемой трубы станет меньше допустимого значения, указанного заказчиком.

16.3.4 Проектирование системы связки трубопроводов

16.3.4.1 Необходимо рассчитать зажимную способность проставок связки трубопроводов в месте установки, чтобы не допустить вращение проставки вокруг поддерживаемой трубы. Зажимную способность и максимальную вращающую силу, которой нужно противостоять, необходимо указать в отчете о проектировании.

16.3.4.2 Хомуты связки трубопроводов должны быть спроектированы таким образом, чтобы не допускать относительного перемещения поддерживаемой трубы. При этом необходимо учесть максимальное уменьшение внешнего диаметра поддерживаемой трубы в процессе эксплуатации и допуски по внешнему диаметру поддерживаемой трубы или фактический внешний диаметр.

16.3.4.3 Направляющие связки трубопроводов не должны ограничивать относительное перемещение поддерживаемой трубы либо, при наличии соответствующих указаний, должны передавать осевое усилие в пределах, установленных заказчиком. В соответствующих расчетах необходимо учесть максимальное увеличение внешнего диаметра поддерживаемой трубы в процессе эксплуатации и допуски по внешнему диаметру поддерживаемой трубы или фактический внешний диаметр.

16.3.4.4 Если гибкая труба присоединена к стальному трубопроводу или стальной конструкции, она должна иметь надлежащую защиту от образования задиров при контакте трубы и стальных элементов, а также от потенциальной передачи высоких температур на нее от стальных элементов.

16.3.5 Общее проектирование

16.3.5.1 Соответствие проставок системы связки трубопроводов, а также соответствие положения и комбинаций хомутов и направляющих связки трубопроводов проектным критериям для опорной и поддерживаемых труб должно быть подтверждено в ходе общего анализа методом конечных элементов и зафиксировано в отчете о проектировании. При определении этих параметров необходимо учесть допуски по длине опорной и поддерживаемых труб.

Критерии проектирования для систем связки трубопроводов, которые должны быть выполнены в ходе вышеуломянутого общего анализа:

а) рабочий минимальный радиус изгиба поддерживаемой трубы между хомутами и направляющими связки трубопроводов;

б) эффективное растягивающее напряжение в поддерживаемой трубе между хомутами связки трубопроводов;

в) продольный изгиб поддерживаемой трубы между хомутами связки трубопроводов.

16.3.5.2 Допустимое эффективное растягивающее напряжение в опорной и поддерживающих трубах на случай установки системы связки трубопроводов должен определять проектировщик системы гибких труб.

16.3.5.3 На основании допусков по длине для опорных и поддерживаемых труб проектировщик системы гибких труб должен спроектировать систему трубной обвязки таким образом, чтобы разница в длине, а именно, конечной длине опорной и поддерживаемой трубы была скомпенсирована и предварительно рассчитана.

16.3.5.4 В случае присоединения к гибкой трубе трубопровода меньшего диаметра система связки трубопроводов должна быть спроектирована с учетом следующих параметров:

- относительное перемещение трубопроводов;
- относительные изменения длины двух трубопроводов (в частности, вследствие различных коэффициентов расширения гибких и стальных трубопроводов);
- внутреннее давление, растягивающее напряжение, внешнее давление, изгибание и изменения геометрии поперечного сечения, вызванные скручиванием.

16.3.6 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

В отчете о проектировании необходимо подтвердить, что ползучесть полимерных и композитных материалов системы связки трубопроводов не вызывает ослабление крепления проставок до значения, при котором произойдет их осевое смещение или вращение вокруг трубы, на которой они установлены, принимая во внимание следующее:

- ползучесть при сжатии проставок хомутов связки трубопроводов, возникающая при контакте с опорной или поддерживающей трубой и под действием усилия хомута;
- ползучесть при сжатии проставок направляющих связки трубопроводов, возникающая при контакте с опорной трубой и под действием усилия хомута;
- ползучесть при растяжении хомутов с учетом диапазона растягивающих напряжений, действующих на хомуты.

16.3.7 Защита от коррозии

16.3.7.1 Минимальные требования к защите от коррозии для крепежных деталей и натяжных устройств хомутов связки трубопроводов приведены в 5.2.6.

16.3.7.2 Металлические элементы хомута связки трубопроводов должны изготавливаться из коррозионно-стойкого металла, за исключением случаев временного использования систем связки трубопроводов, т. е. только при установке.

16.4 Требования к материалам

16.4.1 Общие положения

Требования настоящего раздела применимы к металлическим и армированным волокном композитным материалам крепежных элементов и хомутов, а также к полимерным и композитным материалам корпуса проставки.

16.4.2 Требования к аттестации. Полимерные материалы корпуса проставки трубной обвязки

Производитель должен провести испытания и задокументировать свойства материалов проставок трубной обвязки согласно требованиям таблицы 21. Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблице 21, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материалов в образцах, подвергнутых старению.

Таблица 21 — Требования к аттестации полимерных материалов проставок связки трубопроводов

Испытания	Процедура испытания[1)]	Температура		Образец, подвергнутый старению
		мин	макс.	
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	—	—	—
Плотность	По ГОСТ 14359, ГОСТ 15139	—	—	—
Жесткость	По ГОСТ 24621, ГОСТ 270	—	—	—
Ударная вязкость	По ГОСТ 4647, ГОСТ 9454	X	—	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	—	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

16.4.3 Требования к аттестации материалов. Армированные волокном композитные материалы хомута проставки трубной обвязки

Производитель должен провести испытания и задокументировать свойства армированных волокном композитных материалов хомутов проставки трубной обвязки согласно требованиям таблицы 22. Под свойствами материалов подразумеваются свойства композитных материалов, а не их элементов. Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблице 22, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материалов в образцах, подвергнутых старению.

Таблица 22 — Требования к аттестации армированных волокном композитных материалов хомутов проставок связки трубопроводов

Свойства материала	Процедура испытания[1)]	Максимальная температура	Образец, подвергнутый старению
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	—	—
Сопротивление ползучести	—	X	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве[2)]	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

[2)] Свойства должны измеряться в направлении вдоль волокон.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

16.4.4 Требования к аттестации. Металлические материалы крепежных элементов и хомутов

Минимальные требования к аттестации металлических крепежных элементов и хомутов приведены в 5.3.3.

16.5 Требования к изготовлению

16.5.1 Требования к обеспечению качества. Контроль процесса

16.5.1.1 Производитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию процессов производства проставок связки трубопроводов.

16.5.1.2 Производитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию процессов производства металлических натяжных устройств.

16.5.1.3 Производитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию процессов производства армированных волокном композитных хомутов проставок связки трубопроводов.

16.5.1.4 От каждой смеси полимерного материала для проставки связки трубопроводов должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на разрыв по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

16.5.2 Производственные допуски

Производитель должен иметь в наличии документы, подтверждающие следующее:

Производственные допуски по внутреннему диаметру направляющих желобов под поддерживаемые трубы в направляющих связки трубопроводов должны быть подобраны таким образом, чтобы при изменениях в пределах этих допусков свобода перемещения поддерживаемой трубы в осевом направлении не ограничивалась (согласно 16.3.4.3).

Производственные допуски по внутреннему диаметру хомутов связки трубопроводов должны быть подобраны таким образом, чтобы при изменениях в пределах этих допусков относительное перемещение поддерживаемой трубы оставалось ограниченным (согласно 16.3.4.2).

16.6 Документация

16.6.1 Отчет о проектировании

16.6.1.1 Описание системы связки трубопроводов в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- количество хомутов и направляющих связки трубопроводов;
- внешние размеры проставок связки трубопроводов;
- внутренний диаметр всех направляющих желобов под трубы в проставках связки трубопроводов;
- расстояние между опорной трубой и поддерживаемыми трубами;
- проектную температуру;
- описание крепежной системы (крепежные элементы или хомуты и натяжные устройства);
- проектные нагрузки хомутов и натяжных устройств;
- зажимную способность хомутов связки трубопроводов для опорной и поддерживаемых труб, а также зажимную способность направляющих связки трубопроводов для опорной трубы.

16.6.1.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) производственные и проектные допуски;

е) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

ж) описание сварных швов, используемых для натяжных устройств;

и) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

к) расчеты размеров направляющих связки трубопроводов (согласно 16.3.4.3);

л) расчеты следующих общих параметров для случаев проектирования, когда заказчик не указывает такие параметры (согласно 16.3.5):

1) расчеты расстояний между хомутами/направляющими связки трубопроводов;
2) расчеты расстояния между опорной и поддерживаемыми трубами;

м) анализ срока службы согласно 16.3.6;

н) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

16.6.2 Процедуры монтажа

Изготовитель должен включить в процедуры монтажа данные об усилиях хомута для фиксации проставок связки трубопроводов на опорных и поддерживаемых трубах.

16.7 Приемо-сдаточные испытания

16.7.1 Общие положения

Производитель должен провести ПСИ элементов систем связки трубопроводов, согласно 16.7.5. Испытания проводят отдельно для элементов хомутов, изготовленных методом литья под давлением, и отдельно для элементов, изготовленных другими методами формовки.

Примечание — Количество испытаний для элементов, изготовленных методом литья под давлением, относительно невелико, поскольку этот процесс характеризуется высоким уровнем воспроизводимости.

16.7.2 Подгонка и испытание в сборе

16.7.2.1 Процедура

Проставку связки трубопроводов необходимо смонтировать на образцах опорной и поддерживаемых труб, при их наличии, или на типовых моделях этих труб в натуральную величину. Необходимо установить все элементы, из которых состоит хомут/направляющая связки трубопроводов, включая

все крепежные элементы, хомуты и натяжные устройства, необходимые для фиксации этих элементов в нужном положении. Технические характеристики крепежных элементов и хомутов, используемых для соединения элементов проставок друг с другом, и усилия хомута должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования.

16.7.2.2 Критерии приемки

Направляющие желоба корпусов проставки связки трубопроводов должны соответствовать размерам опорной и поддерживаемых труб. Все элементы хомута/направляющей связки трубопроводов должны быть размерно совместимы друг с другом.

Направляющие связки трубопроводов не должны ограничивать относительное перемещение конструкции поддерживаемой трубы, либо, при наличии соответствующих указаний, должны передавать осевое усилие в пределах, установленных заказчиком. Хомуты связки трубопроводов должны ограничивать относительное перемещение конструкции поддерживаемой трубы.

16.7.3 Измерение размеров

Измерение размеров элементов системы связки трубопроводов должно подтвердить, что размеры этих элементов соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров проставки связки трубопроводов:

- диаметр(ы) направляющего желоба под поддерживаемую трубу;
- диаметр(ы) направляющего желоба под опорную трубу;
- опустимое расстояние между опорными и поддерживаемыми трубами;
- длина.

16.7.4 Визуальный осмотр

16.7.4.1 Визуальный осмотр проставки должен заключаться в проверке наличия острых краев, которые могут повредить опорную или поддерживаемые трубы. При обнаружении таких дефектов их необходимо устранить, либо элемент необходимо отбраковать.

16.7.4.2 Элементы связки трубопроводов, изготовленные по методу литья под давлением необходимо проверить на наличие видимых дефектов после их извлечения из формы.

16.7.5 Контроль нагружением

Необходимо провести контрольное нагружение хомута и натяжного устройства; степень нагружения согласовывают производитель и заказчик.

ПСИ проставок связки трубопроводов перечислены в таблице 23.

Таблица 23 — ПСИ проставок связки трубопроводов

Компонент	Испытание	Процент изделий от общего объема, подлежащий испытанию
Связка трубопроводов в сборе	Подгонка и сборка	5 %, при пропорциональной выборке хомутов и направляющих, но не менее 1 хомута и 1 направляющей (не из числа элементов, прошедших размерный контроль)
Проставка	Размерный контроль[1)]	5 %, при пропорциональной выборке хомутов и направляющих, но не менее 1 хомута и 1 направляющей (не из числа элементов, прошедших подгонку и испытание в сборе)
	Визуальный контроль	100 %
Хомут	Размерный контроль[1)]	5 % (не из числа элементов, прошедших подгонку и испытание в сборе)
	Визуальный контроль	100 %
Хомут и натяжное устройство	Контроль нагружением	1 для каждой уникальной конфигурации в сборе
Элементы, изготовленные методом литья под давлением	Подгонка и сборка	1 до начала производства основного объема плюс как минимум 1 единица или 0,01 %
	Размерный контроль[1)]	1 до начала производства основного объема плюс, как минимум 1 единица или 0,01 %

Окончание таблицы 23

Компонент	Испытание	Процент изделий от общего объема, подлежащий испытанию
	Визуальный контроль	100 %
	Контроль нагружением хомута	1 до начала производства основного объема плюс как минимум 1 единица или 0,01 %
[1] Размерному контролю подлежит первое формованное изделие, для остальных изделий осуществляется равномерная выборка между первым и последним изделием.		

16.8 Маркировка

16.8.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

16.8.2 Производитель гибкой трубы или опорной трубы должен четко обозначить места расположения проставок связки трубопроводов на внешней поверхности опорной трубы.

16.8.3 Маркировка проставок связки трубопроводов должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- идентификатор опорной и поддерживаемых труб, между которыми устанавливается проставка.

16.8.4 Каждая проставка связки трубопроводов должна быть упакована со всеми элементами, необходимыми для ее монтажа на гибкую трубу. В комплект поставки входят, в зависимости от конкретного случая, крепежные элементы, внешние хомуты и натяжные устройства.

16.8.5 Проставки связки трубопроводов должны быть упакованы в соответствующий защитный материал, например в воздушно-пузырчатую упаковочную пленку.

17 Ремонтные хомуты

17.1 Область применения

17.1.1 Требования раздела 17 применяют к ремонтным хомутам, а также к зажимным устройствам, используемым с гибкими трубами.

17.1.2 Требования, изложенные в разделах 5 и 13, также применимы к ремонтным хомутам.

17.2 Функциональные требования

17.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к ремонтным хомутам, выполнение которых должен обеспечить изготовитель:

- функциональные требования;
- обеспечение водонепроницаемости и герметичности под давлением участка гибкой трубы после ремонта. В ряде случаев может потребоваться устойчивость хомута к определенным видам ремонтных работ, в ходе которых возникает разность давлений в зоне повреждения и в окружающей морской воде.

17.2.2 Общие параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, на которой закрепляется ремонтный хомут, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- проектные параметры гибкой трубы, необходимые для расчета хомута согласно 13.2.1;
- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- период времени, в течение которого гибкая труба находится в эксплуатации;
- необходимый срок службы хомута должен равняться, как минимум, сроку службы гибкой трубы за вычетом этого периода времени;
- тип повреждения;
- размер поврежденной поверхности.

17.2.3 Параметры проектирования ремонтных хомутов

Заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- требования к уплотнению: погодозащищенность, водонепроницаемость или герметичность на давление;
- все химические вещества, которые используются для промывки гибкой трубы, и, следовательно, будут контактировать с ремонтным хомутом;
- все требования к хомуту по отводу уловленных газов, которые могут скапливаться в кольцевом пространстве гибкой трубы;
- все требования к хомуту по установке аппаратуры для контроля флюида в кольцевом пространстве гибкой трубы;
- температуры, которым подвергается ремонтный хомут.

17.2.4 Температура

В случае если есть данные о рабочей температуре внутреннего флюида в поврежденной гибкой трубе, их необходимо указать в температурной спецификации.

17.2.5 Внешняя среда

Заказчик должен указать максимальную глубину воды, на которой должен устанавливаться ремонтный хомут.

17.2.6 Монтаж

Заказчик должен указать требования к совместимости ремонтного хомута с инструментами ТНПА, используемыми для монтажа хомута.

17.2.7 Проектные нагрузки

17.2.7.1 Заказчик должен указать проектные нагрузки для ремонтного хомута согласно 13.2.2.

17.2.7.2 Заказчик должен указать разность давлений на поврежденном участке, которое хомут должен выдерживать (если применимо).

17.2.7.3 Заказчик должен указать величину максимальной кривизны гибкой трубы в месте установки хомута.

17.2.8 ЗИП

Заказчик может указать необходимое количество запасных ремонтных хомутов в процентах.

17.3 Требования к проектированию

17.3.1 Нагрузки

Нагрузки, действующие на ремонтные хомуты, полностью соответствуют нагрузкам, действующим на хомуты подводных буев, изложенные в 14.3.1.

17.3.2 Методология проектирования

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

- процедуры, приведенные в 5.5.5;
- подтверждение уплотняющей способности хомута согласно 17.3.3.1 и 17.3.3.2.

17.3.3 Проектирование ремонтных хомутов

17.3.3.1 Хомут должен, как минимум, обеспечивать водонепроницаемое уплотнение поврежденного участка гибкой трубы в течение установленного срока службы с учетом всех нагрузок.

17.3.3.2 Согласно 13.3.3.2 зажимная способность ремонтного хомута должна быть рассчитана на разность между давлением на участке повреждения и давлением окружающей морской воды, если этого требует заказчик.

17.3.3.3 Ремонтный хомут необходимо спроектировать так, чтобы он был совместим с инструментами ТНПА, используемыми при его установке на гибкую трубу.

17.3.3.4 Если применимо, к системам отвода газов для ремонтных хомутов должны применяться следующие проектные требования:

- система отвода газа должна быть спроектирована для безопасного удаления рассеянных элементов;
- через предохранительные спускные клапаны как часть системы отвода газов не должна проникать морская вода;
- при проектировании клапанов необходимо учитывать указанные условия обрастания морскими организмами.

17.3.4 Общее проектирование

Влияние массы ремонтного хомута на конструкцию гибкой трубы в целом необходимо проверить в ходе общего трехмерного анализа системы гибких труб, если ожидается, что это влияние будет значительным. Присоединенная масса ремонтных хомутов не должна приводить к нарушению критериев проектирования гибкой трубы согласно ГОСТ Р 59309.

17.3.5 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

17.3.5.1 При анализе срока службы необходимо учитывать эффекты от контакта материала ремонтного хомута с химическими веществами, применяемыми для промывки кольцевого пространства гибкой трубы. В ходе этого анализа необходимо рассмотреть соответствующие эффекты вследствие коррозии металлических материалов и старения полимерных и композитных материалов. Должно быть документально подтверждено, что ни одно из этих химических веществ не оказывает неблагоприятного влияния на эти материалы в течение установленного срока службы.

17.3.5.2 В отчете о проектировании необходимо подтвердить, что ползучесть при сжатии внутренних полимерных или композитных вкладышей или корпусов хомутов, возникающая при контакте с гибкой трубой под действием обжимного усилия, в течение срока службы не превысит такого значения, при котором произойдет ослабление и смещение хомута.

17.3.5.3 Согласно 5.2.5.3 при анализе усталостной долговечности хомута необходимо учитывать колебания напряжений, возникающих вследствие контакта с гибкой трубой. При анализе усталостной долговечности необходимо учитывать следующие циклические нагрузки, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком):

- расширение и сжатие гибкой трубы;
- изгибание гибкой трубы.

17.4 Требования к материалам

17.4.1 Требования этого раздела применимы к металлическим материалам корпуса хомута и к полимерным материалам внутреннего вкладыша хомута, а также вводимого герметика, если применимо.

17.4.2 Минимальные требования к аттестации металлических материалов корпусов хомутов приведены в 5.3.3.

17.4.3 Если применимо, необходимо документально подтвердить химическую устойчивость металлических материалов, используемых в трубопроводах с отводом газа, ко всем газам, отводимым через систему отвода газов в присутствии морской воды в течение установленного срока службы.

17.5 Требования к изготовлению

17.5.1 Минимальные требования к изготовлению приведены в 5.4.

17.5.2 От каждой смеси полимерного материала внутреннего вкладыша должен быть взят образец, для которого проводят испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на растяжение по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

17.6 Документация

17.6.1 Отчет о проектировании

17.6.1.1 Описание ремонтного хомута в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующие данные:

- минимальные параметры, приведенные в 13.5;
- узлы крепления инструментов на ТНПА;
- описание системы герметизации;
- проектное давление герметичного уплотнения, устойчивого к давлению.

17.6.1.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

и) описание использовавшихся сварных швов;

к) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

л) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) внешний и внутренний диаметры хомута;
2) внешний и внутренний диаметры внутреннего вкладыша, если применимо;
3) внешние покрытия;
4) крепежные детали;

м) расчет усилия хомута для скрепления сегментов хомута друг с другом согласно 13.3.3.2;

н) анализ срока службы согласно требованиям 13.3.4;

п) подтверждение уплотняющей способности хомута (согласно 17.3.3.1 и 17.3.3.2);

р) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

17.6.2 Процедуры монтажа

Производитель должен включить в процедуры монтажа следующее:

- процедуры, приведенные в 5.5.5;
- подготовку внешней оболочки гибкой трубы;
- процедуру закрепления ремонтного хомута на гибкой трубе;
- процедуру наложения уплотнения, если применимо;
- процедуру испытания целостности уплотнения.

17.7 Приемо-сдаточные испытания

17.7.1 Общие положения

Производитель должен провести ПСИ ремонтных хомутов.

17.8 Маркировка

17.8.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

17.8.2 Маркировка ремонтного хомута должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка на ремонтном хомуте должна содержать, как минимум, следующие данные:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается хомут;
- проектное давление;
- номер ремонтного хомута.

18 Уплотнения I- или J-образных труб

18.1 Область применения

Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к уплотнениям I- или J-образных труб.

18.2 Функциональные требования

18.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к уплотнениям I- или J-образных труб, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- обеспечение устойчивого к давлению уплотнения на I- или J-образных трубах, которое удерживает воду, содержащую ингибитор коррозии, внутри I- или J-образной трубы.

18.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, к которой крепится уплотнение для I- или J-образных труб, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- длину и массу на единицу длины;
- внешний диаметр;
- допуск по внешнему диаметру;
- проектные параметры гибкой трубы согласно 13.2.1, необходимые для проектирования хомута к уплотнению для I- или J-образных труб с зажимными устройствами;
- угол и/или кривизну гибкой трубы на выходе из I- или J-образной трубы.

18.2.3 Параметры проектирования I- или J-образных труб

Заказчик должен предоставить, как минимум, следующие параметры:

- фактический внутренний диаметр I- или J-образной трубы, если он известен, либо, как вариант, внешний диаметр и толщину стенки, включая допуски. Заказчик должен предоставить производителю детальные чертежи I- или Jобразной трубы, при их наличии;
- данные об обработке поверхности/профиле поверхности внутренней части I- или J-образной трубы, при их наличии;
- толщину внутренних покрытий;
- данные о наличии выступающих в полость I-или J-образной трубы сварных швах, которые значительно уменьшают внутренний диаметр трубы. Такие выступающие швы следует учитывать, только если они расположены рядом с уплотнением I- или J-образной трубы. При наличии таких выступающих швов необходимо указать их толщину;
- материал I- или J-образной трубы.

Заказчик должен указать период времени, в течение которого I- или Jобразная труба находится в эксплуатации, а также состояние канала трубы, при наличии таких данных.

Заказчик должен как можно скорее организовать процесс получения вышеупомянутых данных, поскольку он может занять определенное время. Заказчик должен изучить возможность организации проверки существующих I- или J-образных труб для получения вышеупомянутых данных, если они не были получены и задокументированы ранее.

18.2.4 Модификации I- или J-образных труб

Заказчик должен обсудить с производителем необходимость модификаций, таких как установка удлинителей или шлифовка сварных швов.

18.2.5 Внешняя среда

18.2.5.1 Функциональные требования к окружающей среде — к воздействию солнечного света — следует указывать согласно требованиям к элементам полимерных уплотнений, приведенных в 5.1.3.

18.2.5.2 Заказчик должен указать максимальную глубину воды в месте установки уплотнения I- или J-образной трубы.

18.2.6 Защита от коррозии

18.2.6.1 Требования по защите от коррозии металлических элементов уплотнения I- или J-образной трубы могут быть указаны согласно 5.2.6.

18.2.6.2 Заказчик должен предоставить лист технических данных для ингибитора коррозии, применяемого в I- или J-образной трубе, и указать концентрацию ингибитора коррозии в морской воде внутри I- или J-образной трубы.

18.2.7 Монтаж

18.2.7.1 Заказчик должен указать требования к монтажу уплотнения I- или J-образной трубы как с помощью водолазов, так и без их помощи. В основе этого требования должны лежать законодательные и нормативные требования.

18.2.7.2 Для установки уплотнений I- или J-образных труб без помощи водолазов заказчик должен указать мощность тяговых устройств верхних строений, включая их чувствительность, достигаемую в условиях эксплуатации.

18.2.8 Проектные нагрузки

18.2.8.1 Заказчик должен указать разность между внутренним давлением I- или J-образной трубы и внешним гидростатическим давлением.

18.2.8.2 Для уплотнений I- или J-образных труб с зажимным устройством заказчик должен указать проектные нагрузки хомута согласно 13.2.2.

18.2.9 ЗИП

Заказчику следует указать требуемое количество запасных крепежных деталей для установки уплотнения I- или J-образной трубы.

18.3 Требования к проектированию

18.3.1 Нагрузки

Нагрузки, действующие на уплотнения I- или J-образные трубы подразделяются на функциональные, случайные и нагрузки от окружающей среды.

К функциональным нагрузкам относятся:

- разница между давлением в I- или J-образной трубе и окружающей морской воде;
- нагрузки, оказываемые элементами крепежа, соединяющего элементы уплотнения I- или J-образной трубы;
- нагрузки, возникающие при втягивании гибкой трубы;
- растягивающие напряжения гибкой трубы на входе в I- или J-образную трубу;
- сжимающие нагрузки со стороны внутренней стенки I- или J-образной трубы, возникшие в результате герметизации;
- циклические нагрузки, вызванные тепловым расширением и сжатием под влиянием температуры внутреннего флюида гибкой трубы;
- нагрузки, вызванные термическим ударом;
- воздействие движителей судов.

К случайным нагрузкам относятся:

- повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо;
- отказ движителей судна, если применимо;
- неисправность бурильной трубы, если применимо;
- разрыв якорного каната;
- поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо.

К нагрузкам от воздействия окружающей среды относятся:

- волнение;
- течение.

18.3.2 Методология проектирования

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

а) размеры всех элементов, включая такие обязательные, как:

1) внешний диаметр уплотнения;
2) крепежные детали;
3) защитные покрытия;

б) усилия хомута для скрепления сегментов уплотнения I- или J-образной трубы друг с другом согласно 18.3.3.1;

в) тяговое усилие, необходимое для установки уплотнения I-или J-образной трубы без помощи водолазов согласно 18.3.4.2;

г) данные о сроке службы согласно требованиям 18.3.6 и 18.3.7.

18.3.3 Проектирование уплотнений I- или J-образных труб. Общие положения

18.3.3.1 Изготовитель должен рассчитать и внести в процедуры монтажа хомута для крепления элементов уплотнения I-или J-образной трубы. Эти усилия необходимо рассчитать, чтобы обеспечить сохранение целостности уплотнения и сохранение положения его элементов в течение установленного срока службы. При этом напряжения и деформации в элементах уплотнения I-или J-образной трубы не должны выходить за допустимые пределы.

18.3.3.2 При проектировании уплотнения I- или J-образной трубы необходимо учесть следующее:

- начальный контакт/зазор между I- или J-образной трубой и уплотнением;
- нелинейная зависимость между напряжениями и деформациями материала уплотнения,
- силы трения между уплотнением и внутренними стенками I- или J-образной трубы.

18.3.4 Проектирование уплотнений I- или J-образных труб, устанавливаемых без помощи водолазов

18.3.4.1 Согласно 13.3.3.2 при расчете сжимающей способности и проектировании хомута нужно учитывать усилие, необходимое для сопротивления силе, возникающей при втягивании уплотнения в I- или J-образную трубу.

18.3.4.2 Уплотнения I- или J-образных труб должны представлять собой устойчивые к давлению герметизирующие перегородки, отделяющие воду в I-образной трубе, содержащую ингибитор коррозии, от окружающей морской воды, работающие за счет тягового усилия в пределах тяговой мощности верхних строений. Уплотнение должно оставаться устойчивым к давлению при сохранении необходимого уплотняющего давления в течение установленного срока службы. Тяговое усилие должно быть проверено в ходе полномасштабного испытания на втягивание под нагрузкой согласно 18.7.4.

18.3.5 Проектирование уплотнений I- или J-образных труб, устанавливаемых с помощью водолазов

Уплотнения I- или J-образных труб, устанавливаемые с помощью водолазов, должны представлять собой устойчивые к давлению герметизирующие перегородки, отделяющие воду в I-образной трубе, содержащую ингибитор коррозии, от окружающей морской воды, работающие за счет усилий, производимых крепежом. Уплотнение должно оставаться устойчивым к давлению при сохранении необходимого уплотняющего давления в течение установленного срока службы.

18.3.6 Срок службы. Статические условия эксплуатации

18.3.6.1 Согласно 5.2.5.2 в отчете о проектировании необходимо подтвердить, что ползучесть при сжатии внутренних полимерных вкладышей в уплотнениях I- или J-образных труб с зажимными устройствами, вызванная контактом с гибкой трубой и действием обжимного усилия, в течение срока службы не превысит такого значения, при котором произойдет ослабление и смещение хомута.

18.3.6.2 В отчете о проектировании необходимо подтвердить, что ползучесть уплотнительных элементов, возникающая вследствие постоянных сжимающих усилий внутренних стенок I- или J-образных труб, не приводит к нарушению целостности уплотнения в течение установленного срока службы. При оценке ползучести необходимо учитывать температуру уплотнительных элементов, приобретаемую вследствие контакта с гибкой трубой.

18.3.7 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

Согласно 5.2.5.3 при анализе усталостной долговечности уплотнения I- или J-образной трубы необходимо учитывать колебания напряжений, возникающих вследствие контакта с гибкой трубой в динамических условиях эксплуатации.

При анализе усталостной долговечности необходимо учитывать следующие циклические нагрузки, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком):

- расширение и сжатие гибкой трубы;
- изменения эффективного растягивающего напряжения гибкой трубы;
- изгибание гибкой трубы.

18.3.8 Защита от коррозии

Металлические элементы уплотнения I- или J-образной трубы должны быть защищены системой коррозионной защиты, если этого требует заказчик.

18.4 Требования к материалам

18.4.1 Общие положения

Требования этого подраздела применимы к металлическим материалам корпуса хомутов уплотнений I- или J-образных труб и к полимерным материалам внутренних вкладышей хомутов уплотнений I- или J-образных труб.

18.4.2 Требования к аттестации. Металлические материалы

Минимальные требования к аттестации металлических материалов корпусов хомутов уплотнений I- или J-образных труб приведены в 5.3.3.

18.4.3 Требования к аттестации. Полимерные материалы уплотнительных элементов

18.4.3.1 Изготовитель должен провести испытания и задокументировать свойства материалов уплотнительных элементов согласно требованиям таблицы 23. Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблице 24, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. При расчете максимальной температуры необходимо учитывать температуру, приобретаемую вследствие контакта с гибкой трубой. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материалов в образцах, подвергнутых старению. Минимальные требования к испытанию на старение приведены в 5.3.4.

Таблица 24 — Требования к аттестации полимерных материалов уплотнительных элементов

Испытания	Процедура испытания[1)]	Температура		Образец, подвергнутый старению
		мин.	макс.	
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	—	—	—
Жесткость	По ГОСТ 24621, ГОСТ 270	—	—	—
Ударная вязкость	По ГОСТ 4647, ГОСТ 9454	X	—	—
Устойчивость к ингибитору коррозии	—	—	—	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	—	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

18.4.3.2 У производителя должны быть задокументированные доказательства совместимости материала уплотнительных элементов с ингибитором коррозии, используемым в I- или J-образной трубе в течение установленного срока службы.

18.4.4 Устойчивость к старению

Если согласно листу технических данных ингибитор коррозии совместим с материалом уплотнительных элементов, и есть соответствующие данные, подтверждающие совместимость в течение установленного срока службы, при проведении испытания на старение можно ограничиться водой как средой старения. В противном случае необходимо провести испытания на старение с использованием типовых концентраций ингибитора коррозии.

18.5 Требования к изготовлению

18.5.1 Требования к обеспечению качества. Контроль процесса

От каждой смеси полимерного материала уплотнительного элемента должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на растяжение по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

18.5.2 Производственные допуски

Изготовитель должен иметь в наличии документы, подтверждающие, что производственные допуски для уплотнительных элементов и элементов уплотнения I- или J-образной трубы подобраны таким образом, чтобы при изменениях в пределах этих допусков не нарушалась уплотняющая способность (согласно 18.3.4.2).

18.6 Документация

18.6.1 Отчет о проектировании

18.6.1.1 Описание уплотнения I- или J-образной трубы в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующие данные:

а) данные, приведенные согласно 5.5.3.1;

б) внутренний и внешний диаметры уплотнительного элемента;

в) параметры уплотнений I- или J-образных труб, устанавливаемых без помощи водолазов:

1) минимальные параметры хомута, приведенные в 13.5;

2) количество уплотнительных колец;

3) проектная нагрузка при втягивании.

18.6.1.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

и) описание сварных швов, используемых для хомутов, если применимо;

к) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

л) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) внешний и внутренний диаметры хомута;

2) внешний и внутренний диаметры внутреннего вкладыша, если применимо;

3) внешние покрытия;

4) крепежные детали;

м) расчет усилия хомута для скрепления сегментов друг с другом, если применимо (согласно 13.3.3.2);

н) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) внешний диаметр уплотнения;

2) крепежные детали;

3) защитные покрытия;

п) расчет усилий хомута для скрепления сегментов уплотнения I- или J-образной трубы друг с другом (согласно 18.3.3.1);

р) расчет тягового усилия, необходимого для установки уплотнения I- или J-образной трубы без помощи водолазов (согласно 18.3.4.2);

с) анализ срока службы согласно требованиям 13.3.6 и 18.3.7;

т) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

18.6.2 Процедуры монтажа

Производитель должен включить в процедуры монтажа следующее:

- процедуры, приведенные в 5.5.5;
- подготовку внешней оболочки гибкой трубы;

- процедуру закрепления уплотнения I- или J-образной трубы на гибкой трубе;
- процедуру герметизации, включая указание необходимой нагрузки при втягивании для уплотнений I- или J-образных труб, устанавливаемых без помощи водолазов.

18.7 Приемо-сдаточные испытания

18.7.1 Общие положения

Производитель должен провести, как минимум, ПСИ, которые приведены в таблице 25, за исключением испытания втягиванием и испытания под давлением. Испытание втягиванием и испытание под давлением необходимо проводить по требованию заказчика.

Таблица 25 — ПСИ уплотнений I- или J-образных труб

Компонент	Испытание	Уплотнение, устанавливаемое без помощи водолазов	Уплотнение, устанавливаемое с помощью водолазов	Процент изделий от общего объема, подлежащий испытанию
Уплотнение I- или J-образных труб	Размерный контроль	X	X	5 %[1], но не менее 2 (не из числа элементов, прошедших подгонку и испытание в сборе)
	Визуальный контроль	X	X	100 %
	Подгонка и сборка	X	X	5 %[1], но не менее 1 (не из числа элементов, прошедших размерный контроль)
Уплотнение I- или J-образных труб	Испытание на давление[2]	X	X	Расчет 1 уплотнения I- или J-образной трубы
Уплотнение I- или J-образных труб, устанавливаемое без помощи водолазов	Испытание на втягивание[2]	X	—	Расчет 1 уплотнения I- или J-образной трубы
Корпус хомута	Неразрушающий контроль сварных швов[3]	X	—	100 %

[1] Значение, принятое в отраслевой практике производства работ.

[2] Испытание должно проводиться только по требованию заказчика.

[3] Если применимо: корпус хомута должен быть полностью стянут при помощи крепежа.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

18.7.2 Измерение размеров

18.7.2.1 Измерение размеров элементов уплотнения I- или J-образной трубы должно подтвердить, что размеры этих элементов соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам. Необходимо провести измерения диаметра под уплотнительные кольца для элементов уплотнения I- или J-образной трубы.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров хомута уплотнения I- или J-образной трубы:

- диаметр отверстия;
- внешний диаметр;
- длина.

18.7.2.2 Измерения размеров уплотнения I- или J-образной трубы должны подтвердить, что они соответствуют проектным размерам с учетом допусков, подобранных для выполнения требований 18.3.4.2.

18.7.3 Подгонка и испытание в сборе

18.7.3.1 Процедура

Уплотнение I- или J-образной трубы должно быть закреплено на образце гибкой трубы, при наличии такового, который обладает типовыми свойствами фактически используемой гибкой трубы. В противном случае он должен быть закреплен на типовой модели гибкой трубы в натуральную величину. Технические характеристики крепежа, используемого для соединения элементов уплотнения I- или J-образной трубы, и усилия хомута должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования.

18.7.3.2 Критерии приемки

После сборки уплотнения I- или J-образной трубы оно должно быть совместимо с размерами гибкой трубы. Все элементы уплотнения I- или J-образной трубы должны быть размерно совместимы друг с другом.

18.7.4 Испытание на втягивание под нагрузкой

18.7.4.1 Процедура

Это испытание применимо только к уплотнениям I- или J-образных труб, устанавливаемых без помощи водолазов. Сборка уплотнения I- или J-образной трубы должна проводиться согласно требованиям процедуры подгонки и испытания в сборе, приведенной в 18.7.3. Уплотнение I- или J-образной трубы втягивают в трубу, размеры которой соответствуют типовым размерам I- или J-образной трубы для указанных условий использования. Производитель должен определить соответствующие размеры трубы для использования в испытании на основании фактических данных или проектных допусков, которые представляют собой наиболее критические размеры для процесса втягивания уплотнения. Записывают нагрузку, необходимую для втягивания уплотнения.

18.7.4.2 Критерии приемки

Нагрузка, необходимая для втягивания уплотнения, должна быть в пределах тяговой мощности верхних строений для указанных условий использования.

18.7.5 Испытание под давлением

18.7.5.1 Процедура

Сборка уплотнений I- или J-образных труб, устанавливаемых с помощью водолазов, должна проводиться в трубе, размеры которой соответствуют типовым размерам I- или Jобразной трубы для указанных условий использования, согласно требованиям процедуры подгонки и испытания в сборе, приведенной в 18.7.3. Уплотнения I- или Jобразных труб, устанавливаемых без помощи водолазов, втягивают в эту трубу согласно требованиям процедуры испытания на втягивание, приведенной в 18.7.4. Давление в трубе постепенно увеличивают до достижения давления, типичного для указанных условий использования. Давление подают в течение периода времени, достаточного для достижения установившегося давления. В течение периода подачи давления необходимо проверять внешние детали уплотнения на наличие утечек. Давление сбрасывают и извлекают уплотнение I- или J-образной трубы. Элементы уплотнения проверяют.

18.7.5.2 Критерии приемки

Уплотнение должно выдерживать разность давлений в I- или J-образной трубе в указанных условиях использования. Во время испытания утечки не должны быть обнаружены. Критерием приемки является отсутствие постоянной деформации или повреждений элементов уплотнения I- или J-образной трубы.

18.7.6 Неразрушающий контроль сварных швов

Неразрушающий контроль сварных швов должен быть проведен в соответствии с ГОСТ 7512, ГОСТ 18442, ГОСТ ISO 17638, ГОСТ Р ИСО 17640 в зависимости от выбранного метода.

18.8 Маркировка и упаковка

18.8.1 Маркировка

18.8.1.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

18.8.1.2 Маркировка уплотнения I- или J-образной трубы должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка на уплотнении I- или J-образной трубы должна содержать, как минимум, следующие данные:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается уплотнение I- или J-образной трубы;

- номинальное внутреннее давление;
- при необходимости для уплотнений I- или J-образных труб с зажимными устройствами — соответствующую маркировку сегментов хомута, которая позволит повторно собрать его для монтажа. Эта маркировка наносится до разделения сегментов в ходе производственного процесса.

18.8.2 Упаковка

18.8.2.1 Каждое уплотнение I- или J-образной трубы должно быть упаковано со всеми элементами, необходимыми для его монтажа на гибкую трубу. В комплект поставки входят, в зависимости от конкретного случая, хомут, внутренний вкладыш, уплотнительные элементы, носовая секция и крепеж.

18.8.2.2 Уплотнительные элементы должны быть упакованы в соответствующий защитный материал, например, в воздушно-пузырчатую упаковочную пленку.

19 Втягивающие головки

19.1 Область применения

19.1.1 Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к втягивающим головкам.

19.1.2 Втягивающие головки могут быть встроены в любое дополнительное оборудование, например устройства передачи нагрузки. Требования к устройствам передачи нагрузки приведены в разделе 22.

19.2 Функциональные требования

19.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к втягивающим головкам, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- обеспечение надежной фиксации на концевом фитинге гибкой трубы и протяжном канате в ходе операций по втягиванию.

19.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, к которой прикрепляется втягивающая головка, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации.

Детальный чертеж концевого фитинга на соответствующем конце гибкой трубы.

19.2.3 Параметры проектирования втягивающих головок

Заказчик должен предоставить, как минимум, следующие параметры:

- требования к совместимости с подъемным оборудованием;
- если втягивающая головка будет протягиваться через I-образную трубу или направляющие трубы, детальные чертежи этих конструкций;
- требования к выпускным отверстиям во втягивающей головке, а именно, количество выпускных отверстий и необходимый диаметр;
- требования к втягивающей головке, касающиеся работы под давлением;
- требования к повторному использованию втягивающей головки.

19.2.4 Защита от коррозии

Если втягивающая головка предназначена для повторного использования или необходима ее защита от коррозии в условиях хранения, можно указать требования к коррозионно-стойкому покрытию для втягивающей головки согласно 5.2.6.

19.2.5 Проектные нагрузки

19.2.5.1 Заказчик должен указать безопасную рабочую нагрузку втягивающей головки.

19.2.5.2 Если втягивающая головка предназначена для работы под давлением, заказчик должен указать максимальное внутреннее давление.

19.2.6 ЗИП

Заказчик должен указать необходимое количество запасных крепежных деталей для фиксации втягивающей головки на концевом фитинге гибкой трубы.

19.3 Требования к проектированию

19.3.1 Нагрузки

Нагрузки, действующие на втягивающие головки подразделяются на функциональные, случайные и нагрузки от окружающей среды.

К функциональным нагрузкам относятся:

- нагрузки, оказываемые элементами крепежа;
- нагрузки от истирания и ударные нагрузки при втягивании гибкой трубы через I-образную трубу;
- нагрузки при транспортировании и монтаже.

К случайным нагрузкам относятся:

- избыточное внутреннее давление гибкой трубы, если применимо.

К нагрузкам от воздействия окружающей среды относятся:

- волнение;
- течение.

19.3.2 Критерии проектирования

Коэффициенты использования, применяемые при проектировании втягивающих головок, должны соответствовать требованиям стандарта для подъемного оборудования.

19.3.3 Проектирование втягивающих головок

19.3.3.1 Конструкция втягивающей головки должна соответствовать требованиям положений стандартов, указанных в 5.2.3.

19.3.3.2 Напряжение смятия, создаваемое на концевом фитинге, не должно превышать допустимый коэффициент использования согласно ГОСТ Р 59309.

19.3.3.3 Размеры втягивающей головки должны быть совместимы с размерами, включая допуски, концевого фитинга гибкой трубы, подъемного оборудования, I-образной трубы и всех фиксирующих устройств.

19.3.3.4 Для закрепления втягивающей головки на концевом фитинге гибкой трубы необходимо рассчитать усилие хомута и указать его в отчете о проектировании и монтажных процедурах. Полученное значение усилия должно обеспечивать надежную фиксацию втягивающей головки на концевом фитинге с учетом максимального эффективного растягивающего напряжения гибкой трубы и внутреннего давления в месте установки втягивающей головки. Усилие хомута должно быть рассчитано таким образом, чтобы коэффициент использования для концевого фитинга не превышал уровень, указанный ГОСТ Р 59309.

19.3.3.5 Если применимо, к системам отвода газов для втягивающих головок должны применяться следующие проектные требования:

Система отвода газа должна быть спроектирована для безопасного удаления рассеянных элементов.

Через предохранительные спускные клапаны как часть системы отвода газов не должна проникать морская вода, если применимо.

19.3.4 Срок службы

Если втягивающая головка предназначена для повторного использования, необходимо предоставить задокументированную оценку ее способности выдерживать нагрузки, связанные с повторным использованием, с учетом ухудшения ее характеристик в период неиспользования, обусловленного коррозией или другими причинами. При этом должны быть учтены нагрузки, указанные в 19.2.5, для каждого случая повторного использования. Маркировка втягивающей головки должна выполняться согласно требованиям соответствующего стандарта для подъемного оборудования.

19.4 Требования к изготовлению

Производственные допуски для втягивающей головки необходимо подобрать таким образом, чтобы при изменениях в пределах этих допусков не нарушались требования 19.3.3.3.

19.5 Документация

19.5.1 Общие положения

19.5.1.1 Минимальные требования к документации, которую производитель должен предоставить заказчику, приведены в данном подразделе. Требования к документации по материалам и процессу производства приведены в соответствующих разделах данного стандарта, кроме того, они обобщены в данном подразделе. Данный подраздел предназначен для объединения требований к документации, изложенных в настоящем стандарте, и сведения их в один центральный раздел.

19.5.1.2 Изготовитель должен иметь в наличии следующие документы для предоставления заказчику в указанных обстоятельствах и в указанные сроки:

- отчет о проектировании — до начала изготоления или в согласованный день после окончания изготовления;
- план обеспечения качества изготовления — перед началом изготовления;
- процедуры — до начала монтажа;
- исполнительно-техническую документацию — по завершении ПСИ;
- детальные технические чертежи — до начала изготовления;
- ссылки на технические чертежи могут приводиться в отчете о проектировании.

Если позволяет время, отчет о проектировании может быть предоставлен до начала производства. Заказчику следует проконсультироваться с производителем, если это требование является необходимым.

19.5.1.3 Изготовитель должен передать заказчику документы, указанные в 19.5.1.2.

19.5.2 Отчет о проектировании

19.5.2.1 Описание втягивающей головки в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- описание точек подъема;
- описание выпускных отверстий;
- номинальное давление;
- номинальные нагрузки.

19.5.2.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования;

д) производственные и проектные допуски;

е) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

ж) описание использовавшихся сварных швов;

и) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

к) размеры всех элементов, включая, если применимо, следующие:

1) фланцы;

2) крепежные детали;

3) другие размеры элементов;

л) расчет прочности втягивающей головки;

м) расчет усилия хомута для фиксации втягивающей головки на концевом фитинге гибкой трубы (согласно 19.3.3.4);

н) анализ срока службы в соответствии с требованиями 19.3.4;

п) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

19.5.3 Процедуры монтажа

Производитель должен включить в процедуры монтажа процедуры по закреплению втягивающей головки на концевом фитинге гибкой трубы.

19.6 Приемо-сдаточные испытания

19.6.1 Общие положения

Производитель должен провести ПСИ втягивающей головки.

19.6.2 Измерение размеров

Измерение размеров втягивающей головки должно подтвердить, что размеры изделия соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам. При измерении размеров втягивающей головки должно быть подтверждено выполнение требований согласно 19.3.3.3.

Измерения втягивающей головки, которые необходимо провести, должны включать в себя измерение внешнего диаметра и диаметра всех выпускных отверстий, если применимо.

19.6.3 Подгонка и испытание в сборе

19.6.3.1 Процедура

Технические характеристики крепежа, используемого для закрепления втягивающей головки на концевом фитинге гибкой трубы, и усилия хомута должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования (см. 19.3.3.4).

19.6.3.2 Критерии приемки

Втягивающая головка должна быть размерно совместима с концевым фитингом гибкой трубы и надлежащим образом зафиксирована на нем. Если конструкция втягивающей головки предусматривает наличие выпускных отверстий, их необходимо отцентровать по выпускным отверстиям концевого фитинга.

19.6.4 Контроль нагружением

Контрольное нагружение втягивающей головки должно удовлетворять требованиям соответствующих положений стандартов, указанных в 5.2.3.

19.6.5 Неразрушающий контроль сварных швов

Неразрушающий контроль сварных швов должен быть проведен в соответствии с ГОСТ 7512, ГОСТ 18442, ГОСТ ISO 17638, ГОСТ Р ИСО 17640 в зависимости от выбранного метода.

19.6.6 Испытание под давлением

Если втягивающая головка предназначена для работы под давлением, для подтверждения ее герметичности необходимо провести испытание под давлением, которое должно минимум в 1,5 раза превышать проектное давление. Местные нормы и регулирующие органы могут требовать проведение испытаний при более высоких значениях давления. В этом случае требования таких органов имеют преимущество перед данными требованиями.

19.7 Маркировка и упаковка

19.7.1 Маркировка

19.7.1.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

19.7.1.2 Маркировка втягивающей головки должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка на втягивающей головке должна содержать, как минимум, следующие данные:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается втягивающая головка;
- безопасную рабочую нагрузку;
- массу;
- номинальное внутреннее давление, если применимо.

19.7.2 Упаковка

Втягивающая головка должна быть упакована со всеми элементами, необходимыми для ее монтажа на концевой фитинг гибкой трубы.

20 Хомуты/кабельные чулки

20.1 Область применения

Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к хомутам/кабельным чулкам.

20.2 Функциональные требования

20.2.1 Общие положения

Минимальные общие функциональные требования к хомутам, соответствие которым должен продемонстрировать производитель, заключаются в следующем:

- функциональные требования;
- обеспечение надежной фиксации на гибкой трубе и подъемном оборудовании в ходе подъемных работ;

- обеспечение подъемной мощности, достаточной для выдерживания указанных проектных нагрузок.

20.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, к которой прикрепляется хомут, заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры:

- внутренний диаметр и условия эксплуатации,
- внешний диаметр;
- допуск по внешнему диаметру;
- материал внешней оболочки.

20.2.3 Защита от коррозии

Если хомут предназначен для повторного использования или необходима его защита от коррозии в условиях хранения, можно указать требования к коррозионно-стойкому покрытию для хомута.

20.2.4 Требования к монтажу

Заказчик должен указать требования к совместимости хомута с соединительными приспособлениями подъемного оборудования, такими как скобы грузоподъемных канатов.

20.2.5 Проектные нагрузки

20.2.5.1 Заказчик должен указать требования к безопасной рабочей нагрузке для хомута, исходя из максимального эффективного растягивающего напряжения, возникающего в гибкой трубе в ходе грузоподъемных работ, включая динамические эффекты.

20.2.5.2 Заказчик должен указать максимальную кривизну гибкой трубы в ходе грузоподъемных работ в месте установки хомута.

20.2.5.3 Заказчик должен предоставить данные об изменениях внешнего диаметра гибкой трубы в течение срока, на который устанавливается хомут, обусловленных растягивающим напряжением, внутренним давлением и температурными воздействиями.

20.2.6 Маркировка

Заказчик может указать требования к маркировке хомута. Минимальные требования к маркировке приведены в 20.8.1.

20.3 Требования к проектированию

20.3.1 Критерии проектирования

Коэффициенты использования, применяемые при проектировании хомутов, должны соответствовать требованиям стандарта для подъемного оборудования.

20.3.2 Проектирование хомутов

Хомуты должны быть спроектированы таким образом, чтобы обеспечивать и удерживать захват гибкой трубы по внешнему диаметру при приложенной подъемной силе с учетом допусков по внешнему диаметру и изменений внешнего диаметра в ходе установки.

20.3.3 Срок службы

Если хомут предназначен для повторного использования, необходимо предоставить задокументированную оценку его способности выдерживать нагрузки, связанные с повторным использованием, с учетом ухудшения его характеристик в период неиспользования, обусловленного коррозией или другими причинами. При этом должны быть учтены нагрузки, указанные в 20.2.5, для каждого случая повторного использования. Маркировка хомута должна выполняться согласно требованиям соответствующего стандарта для подъемного оборудования.

20.4 Требования к материалам

Аттестация материала проволоки должна проводиться в соответствии с требованиями применимого стандарта, например ГОСТ 18143.

20.5 Требования к изготовлению

20.5.1 Общие положения

Материал проволоки, из которой изготовлена хомут, должен изготавливаться в соответствии с требованиями применимого стандарта, например ГОСТ 18143.

20.5.2 Производственные допуски

Производственные допуски для хомутов необходимо подобрать таким образом, чтобы при изменениях в пределах этих допусков не нарушались требования 20.3.2.

20.6 Документация

20.6.1 Сертификат

Производитель должен иметь в наличии для предоставления заказчику сертификат на хомуты. Описание хомута в сертификате должно включать в себя, как минимум, следующие данные:

- описание конфигурации хомута;
- внешний диаметр гибкой трубы, с которой захват совместим;
- безопасную рабочую нагрузку;
- результаты испытания под нагрузкой.

20.6.2 Процедуры монтажа

Согласно 5.5.5 изготовитель должен включить в процедуры монтажа процедуры по затягиванию хомута на гибкой трубе.

20.7 Приемо-сдаточные испытания

20.7.1 Общие положения

Производитель должен провести ПСИ хомута.

20.7.2 Измерение размеров

Измерение размеров хомута должно подтвердить, что размеры изделия соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам. Измерение размеров хомута должно подтвердить его размерную совместимость с гибкой трубой. Измерение размеров хомута должно включать в себя измерение его внутреннего диаметра.

20.7.3 Подгонка и испытание в сборе

20.7.3.1 Процедура

Хомут необходимо смонтировать на образце гибкой трубы или на типовой модели гибкой трубы в натуральную величину.

20.7.3.2 Критерии приемки

Хомут должен быть размерно совместим с гибкой трубой.

20.7.4 Контроль нагружением

Хомут и все прикрепленные к нему соединительные приспособления должны соответствовать требованиям стандарта для подъемного оборудования.

20.8 Маркировка

20.8.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

20.8.2 Маркировка/этикетка хомута должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы.

Маркировка хомута или наклеенная на него этикетка должны содержать, как минимум, следующие данные:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- внешний диаметр гибкой трубы, с которой совместим хомут.

21 Соединители

21.1 Область применения

21.1.1 Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к соединителям.

21.1.2 Требования раздела 21 применяют к трубным соединениям, используемым для передачи нагрузки и работы под давлением. Требования к конструкциям, которые необходимы только для передачи нагрузок, и не должны работать под давлением, приведены в разделе 22. Конструкция некоторых соединителей может включать в себя втягивающую головку. В таких случаях также применяют требования раздела 19. Общие требования к фланцевым соединителям приведены в ГОСТ Р 51365.

21.2 Функциональные требования

21.2.1 Общие положения

Минимальные общие функциональные требования к соединителям, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- обеспечение устойчивости к давлению соединения, устанавливаемого между концевым фитингом гибкой трубы и присоединяемой трубой, в течение указанного срока службы.

21.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, на которой устанавливается соединитель, заказчик должен предоставить, как минимум, следующие данные:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- детальный чертеж концевого фитинга.

21.2.3 Параметры проектирования соединителей

Заказчик должен предоставить, как минимум, следующие параметры:

а) место расположения соединителя (соединитель для установки на морском дне или на верхних строениях);

б) необходимый тип соединителя:

1) фланец;
2) стыковочная втулка;
3) поворотный фланец;
4) другое.

21.2.4 Присоединяемые трубопроводы и конструкции

21.2.4.1 Заказчик должен указать внутренний и внешний диаметр трубопровода, включая допуски, на который посредством соединителя устанавливается концевой фитинг.

21.2.4.2 Заказчик должен предоставить детальные чертежи I-образной трубы, в которую будет вставлен соединитель, в месте расположения соединителя внутри I-образной трубы. На чертежах должен быть указан внутренний диаметр I-образной трубы, включая допуски.

21.2.4.3 Заказчик должен указать марку материала, из которого изготовлена присоединяемая труба и конструкции. Заказчик должен указать, будет ли производитель нести ответственность за обеспечение совместимости материалов соединителя с материалами присоединяемого трубопровода и конструкций.

21.2.5 Параметры внутреннего флюида

Согласно ГОСТ Р 59309 необходимо указать параметры внутреннего флюида, включая содержание H_2S, CO_2 и хлора, для гибкой трубы, присоединяемой к соединителю.

21.2.6 Требования к монтажу

Заказчик должен указать требования к монтажу соединителя как с помощью водолазов, так и без их помощи.

21.2.7 Проектные нагрузки

21.2.7.1 Заказчик должен указать максимальное внутреннее давление, которое должен выдерживать соединитель.

21.2.7.2 Заказчик должен указать максимальное статическое и динамическое эффективное растягивающее напряжение, изгибающий момент и сдвигающие силы, передаваемые от гибкой трубы на установленный соединитель, для всех применимых расчетных комбинаций нагрузок и условий нагружения гибкой трубы. Заказчик должен указать усталостные нагрузки, включая минимальное, среднее и максимальное эффективное растягивающее напряжение, сдвигающие силы и изгибающий момент, а также соответствующее количество циклов для каждого диапазона нагрузок.

21.2.8 ЗИП

Заказчик должен указать необходимое количество ЗИП.

21.3 Требования к проектированию

21.3.1 Нагрузки

Нагрузки, действующие на соединители, подразделяются на функциональные, случайные и нагрузки от воздействия окружающей среды.

К функциональным нагрузкам относятся:

- гидростатическое давление (для подводных соединителей);
- внутреннее давление в процессе эксплуатации, установки и испытаний на утечки или конструктивную целостность (см. также [9]);
- нагрузки, оказываемые элементами крепежа;
- расширение и сжатие подводных трубопроводов (для соединителей выкидных трубопроводов);
- нагрузки, возникающие при демонтаже и отсоединении;
- нагрузки вследствие воздействия температур;
- нагрузки, вызванные тепловым расширением и сжатием под влиянием температуры внутреннего флюида;
- нагрузки, вызванные термическим ударом;
- ударные нагрузки и нагрузки при истирании;
- воздействие движителей судов.

К случайным нагрузкам относятся:

- случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы и/или соединитель;
- повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо;
- отказ движителей судна, если применимо;
- неисправность бурильной трубы, если применимо;
- разрыв якорного каната;
- поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо.

К нагрузкам от воздействия окружающей среды относятся:

- волнение;
- течение.

21.3.2 Методология проектирования

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

а) размеры всех элементов, включая, как минимум:
   1) трубную секцию;
   2) резьбу, если применимо;
   3) внешние покрытия;
   4) крепежные детали;

б) анализ прочности соединителя;

в) усилие хомута для фиксации соединителя в месте установки согласно 21.3.4.4;

г) внешние покрытия:
   1) спецификацию покрытия поверхности;
   2) журнал нанесения покрытий и результаты испытания на сцепление от поставщика, который поставляет покрытия производителю;
   3) статус аттестации примененной системы покрытий;

д) данные о сроке службы согласно требованиям 21.3.5.

21.3.3 Критерии проектирования

21.3.3.1 Допустимые коэффициенты использования фланцевых соединителей указаны в ГОСТ Р 51365.

21.3.3.2 Допустимые коэффициенты использования несварных трубных соединителей указаны в ГОСТ Р 51365.

21.3.4 Параметры проектирования соединителей

21.3.4.1 Проектирование фланцевых соединителей должно осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 28919. Проектирование несварных трубных соединителей должно осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51365.

21.3.4.2 Поворотные фланцы предназначены для обеспечения свободы вращения в ходе работ по установке.

21.3.4.3 Размеры соединителя должны быть совместимы с размерами, включая допуски, концевого фитинга и присоединяемых структур, таких как I-образные трубы и присоединяемые трубопроводы.

21.3.4.4 Если применимо, необходимо рассчитать усилия хомута для фиксации соединителя в месте установки и внести их в отчет о проектировании и процедуры монтажа. Для стандартных (неповоротных) фланцевых соединителей необходимо определить момент затяжки болтов согласно ГОСТ Р 51365.

Это усилие необходимо рассчитать, чтобы обеспечить выполнение следующих требований в течение срока службы.

- сохранение положения соединителя;
- устойчивость соединителя к давлению;
- отсутствие повреждений элементов соединителя;
- преднатяжение крепежных элементов обеспечивает срок службы до усталостного разрушения.

21.3.4.5 Материалы, из которых изготавливаются соединители, должны быть совместимы с материалом внутренней части гибкой трубы и присоединенных поверхностных и придонных трубопроводов.

Заказчик должен согласовать с проектировщиком системы, какая из сторон несет ответственность за совместимость материала соединителей с материалами присоединенных трубопроводов и конструкций. Ответственная сторона должна быть указана в исходных проектных данных. Ответственность может быть возложена на производителя (см. 21.2.4.3).

21.3.4.6 Если испытание гибкой трубы на прочность или утечки проводится с использованием соединителя, все клапаны, находящиеся под давлением, как открытые, так и закрытые, должны быть рассчитаны на такое давление.

21.3.5 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

21.3.5.1 Уплотнения соединителей должны быть спроектированы таким образом, чтобы сохранять герметичность при указанном внутреннем давлении в течение установленного срока службы, с учетом эффектов, перечисленных в 5.2.5.

21.3.5.2 Согласно 5.2.5.3 проверил при анализе усталостной долговечности элементов соединителя необходимо учитывать следующие циклические нагрузки, передаваемые от гибкой трубы, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком):

- эффективное растягивающее напряжение;
- изгибающий момент;
- сдвигающая сила;
- внутреннее давление;
- вибрации гибкой трубы, вызванные вихреобразованием, если применимо.

21.4 Требования к материалам

Требования к проведению аттестационных испытаний металлических материалов для изготовления фланцевых соединителей, а также к типу и частоте проведения контроля качества металлических материалов должны соответствовать требованиям ГОСТ 28919. Материалы, из которых изготавливаются внутренние части соединителей, предназначенных для работы в кислых средах, должны соответствовать требованиям ГОСТ 28919.

21.5 Требования к изготовлению

Требования к изготовлению (включая документацию, контроль процесса производства, ПСИ и требования к маркировке) для фланцевых соединителей должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51365.

21.6 Документация

21.6.1 Исходные данные проектирования

21.6.1.1 Ответственность за обеспечение совместимости материалов соединителя с материалами присоединяемого трубопровода и конструкций необходимо четко распределить до начала проектирования и указать в исходных данных проектирования.

21.6.1.2 Если конструкция соединителя должна предусматривать функцию сброса, отказ от нее должен быть четко и подробно обоснован в исходных данных проектирования до начала производства. Описание типовых систем отсоединения приведено в ГОСТ Р 59308.

Примечание — Данные требования выполняют с учетом [9].

21.6.2 Отчет о проектировании

21.6.2.1 Описание соединителя в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- внешний и внутренний диаметр;
- описание системы герметизации;
- проектное давление;
- проектную температуру;
- проектную нагрузку при втягивании, если применимо.

21.6.2.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

и) описание использовавшихся сварных швов;

к) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

л) расчет размеров всех элементов, включая, как минимум:

1) трубную секцию;
2) резьбу, если применимо;
3) внешние покрытия;
4) крепежные детали;

м) анализ прочности соединителя;

н) расчет усилия хомута для фиксации соединителя в месте установки (см. 21.3.4.4);

п) анализ срока службы согласно требованиям 21.3.5;

р) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на выполненные расчеты или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

21.6.3 Процедуры монтажа

Согласно 5.5.5 изготовитель должен включить в процедуры монтажа процедуры по сборке и установке соединителя на концевом фитинге.

21.7 Приемо-сдаточные испытания

Рекомендации по проведению ПСИ для соединителей изложены в ГОСТ Р 59305.

21.8 Маркировка и упаковка

21.8.1 Маркировка

21.8.1.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

21.8.1.2 Маркировка соединителя должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы. Маркировка на соединителе должна содержать, как минимум, следующие данные:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- номинальное рабочее давление;
- размер;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается соединитель.

21.8.2 Упаковка

21.8.2.1 Изготовитель должен поставлять все необходимые элементы для обеспечения правильной установки соединителя между концевым фитингом гибкой трубы и опорной конструкцией. Обычно к ним относятся крепежные элементы, прокладки и уплотнительные кольца.

21.8.2.2 При упаковке соединителей нужно обеспечить надлежащую защиту защитных покрытий во избежание появления царапин и сколов.

22 Устройства передачи нагрузки

22.1 Область применения

22.1.1 Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к устройствам передачи нагрузки.

22.1.2 Раздел 22 применяют к конструкциям, используемым для передачи нагрузки с гибкой трубы на верхние строения, которые не должны работать под давлением или контактировать с флюидом. Эти конструкции включают в себя хомуты, фланцы для передачи нагрузки и хомуты и могут устанавливаться на концевой фитинг гибких труб, опорные фланцы I-образных труб или стыковочные конструкции элементов жесткости на изгиб.

22.2 Функциональные требования

22.2.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к устройствам передачи нагрузки, выполнение которых должен обеспечить изготовитель:

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- передача нагрузок с концевого фитинга гибкой трубы или стыковочной конструкции элемента жесткости на изгиб на верхние строения;
- надлежащая фиксация в месте установки, если применимо.

22.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, на которой устанавливается устройство передачи нагрузки, заказчик должен предоставить, как минимум, следующие данные:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- детальный чертеж концевого фитинга, если устройство передачи нагрузки должно устанавливаться на концевой фитинг.

22.2.3 Параметры проектирования устройств передачи нагрузки

22.2.3.1 Заказчик должен указать все требования к самосцеплению устройства передачи нагрузки.

22.2.3.2 Заказчик должен указать все требования к расцеплению устройства передачи нагрузки в процессе его извлечения.

22.2.3.3 Если применимо, заказчику следует указать требования ко внутреннему диаметру отверстий устройства передачи нагрузки, чтобы выполнить критерии, предъявляемые к минимальному радиусу изгиба гибкой трубы.

22.2.4 Параметры проектирования опорной конструкции

Заказчик должен указать следующие параметры:

- параметры опорной конструкции, на которую устанавливается устройство для передачи нагрузок.
- детальный чертеж стыковочной конструкции элемента жесткости на изгиб, если устройство передачи нагрузки должно устанавливаться на элемент жесткости.

22.2.5 Смежные конструкции

Заказчик должен указать марку материала, из которого изготовлены смежные конструкции. Заказчик должен указать, будет ли производитель нести ответственность за обеспечение совместимости материалов устройства передачи нагрузки с материалами смежных конструкций.

22.2.6 Параметры I-образных труб

Если устройство передачи нагрузки монтируется на I-образной трубе, т. е. на опорный фланец I-образной трубы должен быть установлен охватывающий элемент для сопряжения с устройством для передачи напряжений, заказчик должен предоставить следующие данные (если применимо).

- детальный чертеж I-образной трубы, включая опорный фланец;

- внешний и внутренний диаметр I-образной трубы с указанием допусков, если проводится присоединение к новой I-образной трубе;
- фактический внешний и внутренний диаметр I-образной трубы, при наличии таких данных (в противном случае, проектный внешний и внутренний диаметр с указанием допусков), если проводится присоединение к установленной I-образной трубе.

Необходимо указать угол отклонения осевой линии I-образной трубы от вертикальной оси, если они не коллинеарны. Заказчик должен организовать размерный контроль существующих турелей для определения точных размеров, если они еще неизвестны.

22.2.7 Защита от коррозии

22.2.7.1 Заказчик должен указать подробные данные о системах защиты от коррозии, используемых на конструкциях, смежных с устройством передачи нагрузки.

22.2.7.2 Требования к защите от коррозии для конструкции устройства передачи нагрузки должны быть указаны в соответствии с 5.2.6.

22.2.8 Требования к монтажу

Заказчик должен указать следующие параметры, если применимо:

- требования к установке устройства передачи нагрузки с помощью водолазов и без их помощи;
- пространство, доступное для установки устройства передачи нагрузки;
- требования к отсоединению и повторному присоединению устройства передачи нагрузки;
- максимальное угловое отклонение от вертикальной оси, которое необходимо компенсировать при втягивании;
- мощность тяговых устройств верхних строений, включая их чувствительность, выраженную через тяговое усилие, достигаемую в условиях эксплуатации для втягивания устройства передачи нагрузки;
- требования к самоцентрированию устройства передачи нагрузки во время его втягивания;
- следует учесть наличие в верхнем приемном гнезде для устройства передачи нагрузки направляющих систем, таких как направляющие воронки.

22.2.9 Проектные нагрузки

22.2.9.1 Если устройство для передачи давления устанавливается на I-образную трубу, заказчик должен указать максимально допустимое растягивающее напряжение и изгибающий момент на опорном фланце I-образной трубы.

22.2.9.2 Заказчик должен указать максимальное статическое и динамическое эффективное растягивающее напряжение, изгибающий момент и сдвигающие силы, действующие на верхнее соединение, для всех применимых расчетных комбинаций нагрузок и условий нагружения гибкой трубы. Заказчик должен указать усталостные нагрузки, включая минимальное, среднее и максимальное эффективное растягивающее напряжение, сдвигающие силы и изгибающий момент, а также соответствующее количество циклов для каждого диапазона нагрузок.

22.2.10 ЗИП

Заказчику следует указать требуемое процентное количество запасных крепежных деталей для установки устройства передачи нагрузки.

22.3 Требования к проектированию

22.3.1 Методология проектирования

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

а) размеры всех элементов, включая, если применимо, следующие:
   1) фланцы;
   2) хомуты;
   3) зажимы;
   4) крепежные детали;
   5) установочные штифты, если применимо;
   6) внешние покрытия;

б) анализ прочности устройства передачи давления;

в) усилие хомута для фиксации устройства передачи нагрузки в месте установки (согласно 22.3.3.1);

г) методология проектирования гидравлических систем, если применимо (согласно 22.3.3.3);

д) внешние покрытия:

1) технические характеристики внешнего покрытия;

2) журнал нанесения покрытий и результаты испытания на сцепление от поставщика, который поставляет покрытия производителю;

3) статус аттестации примененной системы покрытий;

е) данные о сроке службы согласно требованиям 22.3.5.

22.3.2 Критерии проектирования

Напряжение смятия, создаваемое устройством передачи нагрузки на концевом фитинге гибкой трубы, не должно превышать допустимый коэффициент использования согласно ГОСТ Р 59309.

22.3.3 Проектирование устройств передачи нагрузки

22.3.3.1 Для соединения элементов устройства передачи нагрузки друг с другом необходимо рассчитать усилие хомута и указать его в отчете о проектировании и монтажных процедурах.

Это усилие необходимо рассчитать, чтобы обеспечить выполнение следующих требований в течение срока службы.

- обеспечение достаточной остаточной нагрузки для фиксации элементов;
- отсутствие повреждений элементов устройства передачи нагрузки или смежных конструкций;
- преднатяжение крепежных элементов для обеспечения срока службы до усталостного разрушения (согласно 5.2.3).

22.3.3.2 Конструкция устройства передачи давления должна обеспечивать его совместимость со всеми размерами, включая допуски, присоединяемых элементов, например, таких как:

- концевой фитинг гибких труб;
- фланцы;
- I-образные трубы;
- стыковочная конструкция элемента жесткости на изгиб.

22.3.3.3 Если применимо, устройство передачи нагрузки должно быть спроектировано таким образом, чтобы обеспечивать достаточную гидравлическую мощность для осуществления операций по разъединению/присоединению, если этого требует заказчик.

22.3.3.4 Размеры устройства передачи нагрузки должны быть совместимы с размерами, включая допуски, концевого фитинга и присоединяемых структур, таких как I-образные трубы и присоединяемые трубопроводы, если применимо.

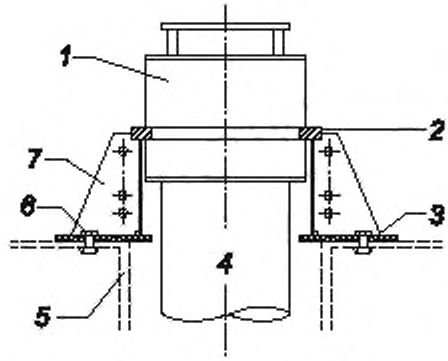
22.3.3.5 Заказчик должен согласовать с проектировщиком системы, какая из сторон несет ответственность за совместимость материала устройства передачи нагрузки с материалами присоединенных конструкций. Ответственная сторона должна быть указана в исходных проектных данных. Ответственность может быть возложена на изготовителя (см. 22.2.5).

22.3.3.6 При проектировании самоблокирующегося устройства передачи нагрузки необходимо учесть следующее:

- тяговую мощность верхних строений, которая может быть предоставлена в указанных условиях использования;
- обеспечение надежного сцепления устройства передачи нагрузки в месте установки после втягивания;
- сведение к минимуму вибраций (вибраций, вызываемых вихреобразованием, или др.), которые могут снизить срок службы до усталостного разрушения гибкой трубы, устройства передачи нагрузок или смежных конструкций;
- возможность расцепления для извлечения, если этого требует заказчик.

22.3.3.7 В случаях, когда элемент жесткости на изгиб не может быть установлен на верхний вертикальный фитинг, и когда I-образная труба должна быть модифицирована до J-образной трубы, необходимо определить кривизну гибкой трубы на выходе из устройства передачи нагрузки внутри J-образной трубы, и рассмотреть необходимость использования центраторов в изогнутой части J-образной трубы с целью выполнения требований к минимальному радиусу изгиба, приведенных в ГОСТ Р 59309. Все участки кривизны в этой зоне должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 59309.

22.3.3.8 Необходимо проверить конструкцию на продольный изгиб колец хомута, как показано на рисунке 6. Изгиб не должен превышать допустимые уровни, указанные в СП 16.13330 или другом применимом стандарте.



1 — соединительная арматура, *2* — буртик; *3* — фланец; *4* — гибкая труба; *5* — башня; *6* — болты; *7* — хомут

Рисунок 6 — Пример элемента жесткости на изгиб для I-образной трубы

22.3.4 Проектирование монтажных работ

22.3.4.1 Конструкция устройства передачи нагрузки должна обеспечивать соединение между верхним трубопроводом и всеми разъемами концевого фитинга гибкой трубы, в зависимости от конкретного случая: производственными, вентиляционными и другими флюид- и газосодержащими разъемами.

22.3.4.2 Если применимо, изготовитель должен рассчитать необходимую нагрузку при втягивании с учетом следующих факторов:

- вес устройства передачи нагрузки;
- эффективное растягивающее напряжение в гибкой трубе, включая динамические эффекты;
- максимальное угловое отклонение.

22.3.5 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

При анализе усталостной долговечности устройства передачи нагрузки необходимо учитывать все циклические нагрузки, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком):

- эффективное растягивающее напряжение гибких труб;
- реактивные силы, передаваемые от гибкой трубы, включая изгибающий момент и сдвигающие силы;
- вибрации гибкой трубы, вызванные вихреобразованием, если применимо.

22.3.6 Защита от коррозии

22.3.6.1 Устройство передачи нагрузки должно быть защищено при помощи соответствующей системы коррозионной защиты, если при расчете коррозионной системы смежных конструкций не была предусмотрена достаточная защита дополнительных элементов.

22.3.6.2 Устройство передачи нагрузки зависит от системы коррозионной защиты смежной конструкции, необходимо проверить конструкцию системы коррозионной защиты, чтобы определить наличие участков рядом с устройством передачи нагрузки, которые не защищены системой коррозионной защиты.

22.4 Требования к материалам

Материалы, из которых изготовлено устройство передачи нагрузки, должны быть совместимы с материалами смежных конструкций.

22.5 Требования к изготовлению

Все места нарушения геометрии внутренней поверхности или острые углы на устройстве передачи нагрузки, которые контактируют с гибкой трубой или втяжными кабелями, должны быть отшлифованы начисто, чтобы не допустить разрушающего износа внешней оболочки гибкой трубы или разрыва втяжных кабелей, соответственно.

22.6 Документация

22.6.1 Исходные данные проектирования

В исходных данных проектирования необходимо четко разграничить ответственность за проектирование устройства передачи нагрузки, которую несет его производитель и производители смежных структур, и ответственность за обеспечение совместимости материалов устройства передачи нагрузки с материалами присоединяемого трубопровода и конструкций.

22.6.2 Отчет о проектировании

22.6.2.1 Описание устройства передачи нагрузки в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- внутренний и внешний диаметры, если применимо;
- длину;
- описание элементов устройства передачи нагрузки и их функций;
- описание системы сцепления, если применимо;
- предварительное нагружение элементов крепежа;
- проектную температуру;
- проектную нагрузку при втягивании, если применимо;
- описание гидравлической системы, если применимо.

22.6.2.2 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

а) описание теоретической базы;

б) обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;

в) задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;

г) задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;

д) обзор методологии проектирования системы коррозионной защиты в тех случаях, где это применимо;

е) производственные и проектные допуски;

ж) расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;

и) описание использовавшихся сварных швов;

к) документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;

л) расчет размеров всех элементов, включая, если применимо, следующие:

1) фланцы;
2) хомуты;
3) зажимы;
4) крепежные детали;
5) установочные штифты, если применимо;
6) внешние покрытия;

м) анализ прочности устройства передачи давления;

н) расчет усилия хомута для фиксации устройства передачи нагрузки в месте установки согласно 22.3.3.1;

п) проект гидравлических систем, если применимо согласно 22.3.3.3;

р) анализ срока службы согласно требованиям 22.3.5;

с) отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

22.6.3 Процедуры монтажа

22.6.3.1 Согласно 5.5.5 изготовитель должен включить в процедуры монтажа последовательность сборки элементов устройства передачи нагрузки.

22.6.3.2 Производитель должен включить в процедуры монтажа втяжного устройства передачи нагрузки следующее:

- процедуры, приведенные в 5.5.5;

- сборка охватываемого элемента устройства передачи нагрузки на узле гибкая труба/втягивающая головка;
- нанесение смазки;
- процедуру выравнивания устройства передачи нагрузки при помощи направляющей воронки и втягивания устройства в сборе через I-образную трубу;
- центрирование устройства в сборе в I-образной трубе;
- активацию системы сцепления для фиксации устройства передачи давления в охватывающей части.

22.7 Приемо-сдаточные испытания

22.7.1 Общие положения

Изготовитель должен провести ПСИ устройства передачи нагрузки.

22.7.2 Измерение размеров

Измерение размеров элементов устройства передачи нагрузки должно подтвердить, что размеры этих элементов соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам. При измерении размеров устройства передачи нагрузки должно быть подтверждено выполнение требований согласно 22.3.3.2.

22.7.3 Подгонка и сборка

22.7.3.1 Процедура

Устройство передачи нагрузки должно собираться на стыковочной конструкции или на типовой модели стыковочной конструкции в натуральную величину. Необходимо установить все элементы, из которых состоит устройство передачи нагрузки. Технические характеристики крепежа, используемого для соединения этих элементов друг с другом, и усилия хомута должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования (см. 22.3.3.1).

22.7.3.2 Критерии приемки

После сборки все элементы устройства передачи нагрузки должны быть размерно совместимы со смежными конструкциями.

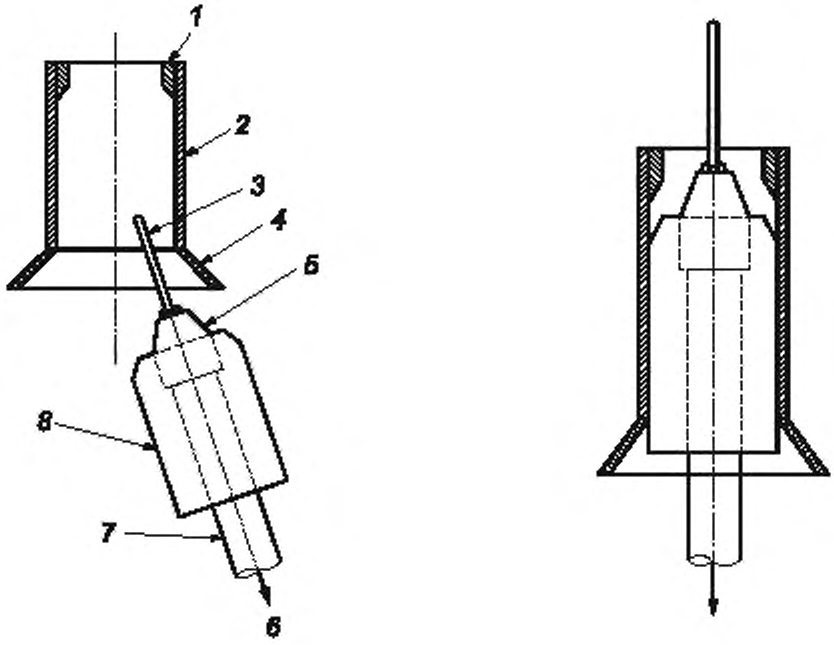
22.7.4 Функционирование гидравлической системы

Если устройство передачи нагрузки оснащено гидравлическими системами, производитель должен подтвердить правильность их функционирования в ходе испытаний.

22.7.5 Испытание на втягивание под нагрузкой

22.7.5.1 Процедура

Охватываемую часть устройства передачи нагрузки вместе со втягивающей головкой собирают на типовой модели гибкой трубы в натуральную величину. Испытание на втягивание устройства передачи нагрузки представлено на рисунке 7. Охватывающую часть устройства передачи нагрузки устанавливают и собирают внутри типовой модели I-образной трубы с направляющей воронкой. Необходимо установить все элементы, из которых состоит устройство передачи нагрузки. Технические характеристики крепежа, используемого для соединения этих элементов друг с другом, и усилия хомута должны соответствовать значениям, установленным на стадии проектирования (см. 22.3.3.1). Необходимо воспроизвести вес гибкой трубы, прилагая нагрузку к концу модели гибкой трубы. Устройство передачи нагрузки в сборе втягивают под максимально большим углом, который согласно расчетам должен возникнуть во время установки. Необходимо зафиксировать втягивающее усилие, требуемое для успешной фиксации охватываемой части устройства передачи нагрузки в месте установки.



а) Втягивание устройства передачи нагрузки

б) Устройство передачи нагрузки, втянутое в I-образную трубу

1 — охватывающая деталь устройства для передачи нагрузки; *2* — макет I-образной трубы; *3* — втяжной провод; *4* — направляющий конус; *5* — втяжная головка, *6* — нагрузка, моделирующая вес гибкой трубы; *7* — макет гибкой трубы; *8* — охватываемая деталь устройства для передачи нагрузки

Рисунок 7 — Испытание на втягивание устройства передачи нагрузки

22.7.5.2 Критерии приемки

Испытание на втягивание должно подтвердить возможность правильной фиксации устройства передачи нагрузки в месте установки в морских условиях и при использовании оборудования для втягивания, имеющегося в наличии в условиях эксплуатации.

После сборки все элементы устройства передачи нагрузки должны быть размерно совместимы со смежными конструкциями.

22.7.6 Неразрушающий контроль сварных швов

Неразрушающий контроль сварных швов должен быть проведен в соответствии с ГОСТ 7512, ГОСТ 18442, ГОСТ ISO 17638, ГОСТ Р ИСО 17640 в зависимости от выбранного метода.

22.8 Маркировка и упаковка

22.8.1 Маркировка

22.8.1.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

22.8.1.2 Маркировка устройства передачи нагрузки должна обеспечивать возможность постоянной идентификации изделия в течение установленного срока службы.

Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается устройство передачи нагрузки;

- массу;
- при необходимости, соответствующую маркировку сегментов, которая позволит повторно собрать их для установки. Эта маркировка наносится до разделения сегментов в ходе производственного процесса.

22.8.2 Упаковка

При упаковке устройств передачи нагрузки нужно обеспечить надлежащую защиту защитных покрытий во избежание появления царапин и сколов.

23 Механическая защита

23.1 Область применения

23.1.1 Требования настоящего раздела применяются к двум типам механической защиты: защите от истирания и ударных воздействий и защите из полимерных матов.

23.1.2 Так же, как и требования к защите от истирания и ударных воздействий, этот раздел может использоваться в тех случаях, когда защита от истирания и ударных воздействий придает гибкой трубе равномерно распределенный дополнительный вес или равномерно распределенную дополнительную плавучесть. Требования к неравномерно распределенной дополнительной плавучести (т. е. модулям плавучести) или неравномерно распределенному дополнительному весу (т. е. балластным модулям) приведены в разделе 9.

23.2 Функциональные требования. Общие положения

23.2.1 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, на которой устанавливается механическая защита, заказчик должен предоставить, как минимум, следующие данные:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- внешний диаметр;
- допуски по внешнему диаметру (необходимо только для защиты от истирания и ударных воздействий);
- критерии приемки гибких труб по ударной нагрузке, если необходимо.

23.2.2 Внешняя среда

23.2.2.1 Заказчик должен предоставить описание контактных поверхностей, от контакта с которыми требуется механическая защита. Оно должно включать в себя описание морского дна в месте соприкосновения или описание других офшорных элементов и конструкций, например, трубопроводов или якорных оттяжек, от которых требуется механическая защита.

23.2.2.2 Заказчик должен указать максимальную глубину, на которой должна устанавливаться механическая защита.

23.2.3 Проектные нагрузки

Заказчик должен указать требования к ударному сопротивлению механической защиты, а именно ударную энергию и ударную скорость падающего груза указанного диаметра или иное.

23.3 Функциональные требования. Защита от истирания и ударов

23.3.1 Общие положения

Ниже приведены минимальные общие функциональные требования к защите от истирания и ударных воздействий, выполнение которых должен обеспечить производитель:

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- обеспечение защиты участка гибкой трубы указанной длины от нагрузок, возникающих при истирании, и ударных нагрузок в течение установленного срока службы;
- придание гибкой трубе указанного дополнительного веса или дополнительной плавучести, если необходимо.

23.3.2 Параметры проектирования защиты от истирания и ударных воздействий

23.3.2.1 Заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры для защиты от истирания и ударных воздействий:

- необходимую покрываемую длину;

- температуры, которым подвергается защита от истирания и ударных воздействий (в соответствии с 5.1.2).

23.3.2.2 Заказчик должен указать следующие параметры:

- необходимую толщину защиты;
- требования к плотности материала, защищающего от истирания и ударных воздействий;
- заказчику следует указать, какая защита ему необходима: равномерно распределенный вес, плавучесть или нейтральная плавучесть;
- потребность в легком материале бандажей, например полимерных бандажах;
- требования к устойчивости к обрастанию морскими организмами,
- с точки зрения общего проектирования может оказаться целесообразной минимизация дополнительного веса по причине обрастания морскими организмами;
- требования к длине отдельных участков.

Заказчик может отдать преимущество определенной длине с учетом ограничений, возникающих в ходе погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки.

23.3.3 Защита от коррозии

Заказчику следует указать необходимый сорт металла для металлического материала бандажей, используемых в защите от истирания и ударных воздействий, если используются металлические бандажи.

23.3.4 Теплоизоляция

Заказчику следует указать все требования к теплоизоляции защиты от истирания и ударных воздействий. Требования к теплоизоляции трубных элементов должны быть указаны в виде коэффициента теплопроводности U и необходимого времени охлаждения.

23.3.5 Огнестойкость

Заказчику следует указать все требования к огнестойкости надводной защиты от истирания и ударных воздействий в местах, где защищенный участок гибкой трубы может проходить через верхние строения, подверженные риску возникновения пожара. Кроме того, огнестойкость может потребоваться при хранении.

23.3.6 Проектные нагрузки

Заказчик должен указать величину максимальной кривизны гибкой трубы в процессе эксплуатации.

23.3.7 ЗИП

Заказчику следует указать необходимое количество запасных секций защиты от истирания и ударных воздействий и необходимое количество запасных бандажей.

23.4 Функциональные требования. Защита из матов

23.4.1 Общие положения

Минимальные общие функциональные требования к защите из матов, соответствие которым должен продемонстрировать производитель, заключаются в следующем:

- функциональные требования, изложенные в 5.1;
- обеспечение защиты участка гибкой трубы указанной длины от нагрузок, возникающих при истирании, и ударных нагрузок и/или на участках пересечения трубопроводов в течение установленного срока службы.

23.4.2 Параметры проектирования защиты из матов

Заказчик должен указать, как минимум, следующие параметры для защиты из матов:

- необходимую площадь покрываемой поверхности;
- необходимую толщину покрытия (см. 23.5.4);
- требования к плотности или массе материала защиты их матов.

23.4.3 Пересекающие трубопроводы

Если необходимо, заказчик должен предоставить следующие подробные сведения обо всех трубопроводах, пересекающих защиту из матов:

- количество пересекающих трубопроводов;
- функциональное назначение трубопровода;
- внешний диаметр;
- температуру внешней оболочки или коэффициент теплопроводности U согласно 5.1.2.

23.4.4 Монтаж

Заказчику следует указать все требования к совместимости с подъемным оборудованием ТНПА (или другим) и максимальную полезную грузоподъемность.

23.4.5 Проектные нагрузки

Заказчик должен указать максимальную массу на единицу длины для каждого пересекающего трубопровода.

23.5 Требования к проектированию

23.5.1 Нагрузки

Классы и подклассы локальных нагрузок для механической защиты перечислены в таблице 26. В таблице нагрузки разделены на нагрузки, действующие на защиту от истирания и ударных воздействий, и нагрузки, действующие на полную защиту.

Таблица 26 — Классы и подклассы локальных нагрузок для механической защиты

Классы и подклассы нагрузок	Область применения	
Функциональные нагрузки	Защита от истирания и ударных воздействий	Защита из матов
Информация о нагрузках, которые возникают из-за расширения и сжатия гибкой трубы, вызванных растягивающим напряжением, внутренним давлением и температурным воздействием в процессе эксплуатации, установки и в ходе испытаний на утечку или на прочность конструкции (см. также [9])	X	—
Нагрузки вследствие изгибания гибкой трубы	X	—
Вес пересекающих трубопроводов	—	X
Нагрузки от бандажей	X	
Нагрузки вследствие температурных колебаний	—	—
Нагрузки вследствие теплового расширения и сжатия при изменении температуры внешней оболочки гибкой трубы	X	—
Нагрузки, вызванные термическим ударом	X	X
Нагрузки в ходе обычных погрузочно-разгрузочных операций, например, ударные нагрузки и нагрузки при истирании	X	X
Удары и истирание о морское дно, включая действие острых объектов, таких как кораллы или скальные образования, о другие подводные магистрали/канаты, например, якорные оттяжки и другие гибкие трубы	X	
Ударные нагрузки в результате падения объектов	X	X
Истирание о пересекающие трубопроводы	X	X
Нагрузки от воздействия окружающей среды		
Нагрузки вследствие циклического изгибания гибкой трубы	X	—
Случайные нагрузки		
Случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы и/или механическую защиту, в тех случаях, когда их указывает заказчик: - внутреннее избыточное давление; - повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо; - отказ движителей судна, если применимо; - неисправность бурильной трубы, если применимо; - разрыв якорного каната	X	—

Окончание таблицы 26

Классы и подклассы нагрузок	Область применения	
Поломка системы привода турели плавучей установки для добычи, хранения и отгрузки нефти, если применимо	—	—
Примечание — Знак «Х» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».		

23.5.2 Методология проектирования

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

- документы, подтверждающие, что выбранная толщина механической защиты удовлетворяет требованиям к защите от истирания и ударных воздействий (согласно 23.5.4);
- растягивающее напряжение бандажей, фиксирующих защиту от истирания и ударных нагрузок на гибкой трубе (согласно 23.5.5.1);
- данные о сроке службы согласно требованиям 5.2.5.

23.5.3 Критерии проектирования

Степень защиты, предоставляемая защитой от истирания и ударных воздействий, должна соответствовать критериям защиты гибкой трубы от ударных нагрузок, предоставленным производителем гибких труб.

23.5.4 Проектирование механической защиты

Механическая защита должна быть спроектирована таким образом, чтобы она могла обеспечивать защиту гибкой трубы от нагрузок, возникающих при истирании в указанных условиях использования. Кроме того, при необходимости, механическая защита должна обладать устойчивостью к ударной энергии, возникающей в результате падения груза указанного диаметра согласно требованиям ГОСТ 28213, ГОСТ 28215 или требованиям заказчика.

При проектировании необходимо учесть следующие параметры:

- толщину механической защиты;
- ударную энергию объекта;
- скорость падающего объекта;
- размер и массу падающего объекта;
- тип морского дна, т. е. грунт, песок, глина (в местах, где защищаемая труба лежит на морском дне);
- диапазон температур, которые будут воздействовать на материал в процессе эксплуатации;
- поверхности, против истирания о которые требуется защита.

23.5.5 Проектирование защиты от истирания и ударных воздействий

23.5.5.1 Необходимо рассчитать растягивающее напряжение бандажей и внести его в отчет о проектировании и процедуры монтажа. Указанное растягивающее напряжение бандажей необходимо рассчитать таким образом, чтобы обеспечить надежную фиксацию защиты от истирания и ударных воздействий в месте установки в течение указанного срока службы. Напряжения и деформации материала бандажей или материала защиты от истирания и ударных нагрузок, вызванные растягивающим напряжением бандажей, не должны выходить за допустимые пределы.

23.5.5.2 Если применимо, защита от истирания и ударных воздействий должна быть размерно совместима с гибкой трубой и с размерами используемых бандажей.

23.5.5.3 Воздействие, оказываемое защитой от истирания и ударных воздействий на конструкцию гибкой трубы в целом, необходимо проверить в ходе общего трехмерного анализа системы гибких труб. Дополнительный вес или плавучесть защиты от истирания и ударных воздействий не должны приводить к нарушению критериев проектирования гибкой трубы.

23.5.6 Проектирование защиты из матов

23.5.6.1 Защиту из матов необходимо спроектировать таким образом, чтобы она была стабильной и обеспечивала защиту гибкой трубы в месте установки в течение указанного срока службы.

23.5.6.2 Защита из матов должна быть оснащена соответствующими конструктивными элементами, необходимыми для ее установки и перемещения при помощи подъемных устройств.

23.6 Требования к материалам

23.6.1 Общие положения

Требования настоящего раздела применимы к полимерным материалам механической защиты, а также полимерным и металлическим материалам бандажей.

23.6.2 Требования к аттестации. Полимерные материалы механической защиты

23.6.2.1 Производитель должен провести испытания и задокументировать свойства полимерных материалов механической защиты согласно требованиям таблицы 27. Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблице 27, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материалов в образцах, подвергнутых старению.

Таблица 27 — Требования к аттестации полимерных материалов механической защиты

Испытания	Процедура испытания[1)]	Температура		Образец, подвергнутый старению
		мин	макс.	
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811, ГОСТ 426	X	X	X
Плотность	По ГОСТ 14359, ГОСТ 15139	—	—	—
Жесткость	По ГОСТ 24621, ГОСТ 270	—	—	—
Ударная вязкость	По ГОСТ 4647, ГОСТ 9454	X	—	—
Удельная теплоемкость	По ГОСТ Р 57969	—	X	—
Прочность на разрыв	По ГОСТ ISO 37, ГОСТ 54553	—	X	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	—	X	X
Теплопроводность	По ГОСТ 7076, ГОСТ 34374.2, ГОСТ Р 57967, СП 61.13330	—	X	—
Поглощение воды	По ГОСТ 4650	—	X	—

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

23.6.2.2 Удлинение при разрыве материала защиты от истирания и ударных воздействий следует подобрать таким образом, чтобы компенсировать максимальную прогнозируемую кривизну гибкой трубы в процессе установки и эксплуатации, и при этом напряжения и деформации не выходили за допустимые пределы.

23.6.3 Требования к аттестации. Материалы бандажей

Минимальные требования к аттестации металлических материалов бандажей приведены в 5.3.3. Производитель должен документально зафиксировать ударное сопротивление и прочность на растяжение металлических и полимерных материалов бандажей.

23.7 Требования к изготовлению

23.7.1 Производитель должен иметь задокументированную методологию процессов производства полимерных элементов механической защиты, перечисленных в 5.4.3.6.

23.7.2 Производитель должен иметь, как минимум, задокументированную методологию процессов производства металлических бандажей, перечисленных в 5.4.3.2.

23.7.3 От каждой смеси полимерного материала должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний:

- минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях;

- прочность на разрыв по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

23.8 Документация

23.8.1 Отчет о проектировании

23.8.1.1 Описание защиты от истирания и ударных нагрузок в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- внешний и внутренний диаметр;
- длину отдельных секций;
- количество поставляемых секций;
- общую массу на единицу длины в воздухе и в воде;
- проектную температуру;
- описание поверхностей, которым защита от истирания и ударных воздействий придает устойчивость к истиранию;
- проектную ударную энергию и соответствующий диаметр падающего груза или другие измеренные значения ударного сопротивления;
- описание бандажей;
- толщину и ширину бандажей.

23.8.1.2 Описание защиты из матов в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующие данные:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- длину и ширину;
- толщину;
- проектную температуру;
- описание поверхностей, которым защита из матов придает устойчивость к истиранию.

Проектную ударную энергию и соответствующий диаметр падающего груза или другие измеренные значения ударного сопротивления.

23.8.1.3 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

- описание теоретической базы;
- обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;
- задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;
- задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;
- производственные и проектные допуски;
- расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;
- документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;
- документы, подтверждающие, что выбранная толщина механической защиты удовлетворяет требованиям к защите от истирания и ударных воздействий (согласно 23.5.4);
- расчет растягивающего напряжения бандажей, фиксирующих защиту от истирания и ударных нагрузок на гибкой трубе (согласно 23.5.5.1);
- анализ срока службы в соответствии с требованиями 5.2.5;
- отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

23.8.2 Процедуры монтажа

Производитель должен включить в процедуры монтажа следующее:

- процедуры, приведенные в 5.5.5;
- инструкции по применению оборудования для натяжения бандажей;
- процедуру закрепления защиты от истирания и ударных воздействий на гибкой трубе с указанием усилий хомутов, прилагаемых к бандажам;
- расстояние между бандажами в случаях, если канавки для бандажей не предусмотрены.

23.9 Приемо-сдаточные испытания

23.9.1 Общие положения

Производитель должен провести ПСИ механической защиты, приведенные в таблице 28.

Таблица 28 — ПСИ механической защиты

Испытания	Процедура испытания	Количество	
		Защита от истирания и ударных воздействий	Защита из матов
Размерный контроль	—	5 %[1] сегментов, но не менее 2	5 % матов, но не менее 2
Визуальный контроль	—	100 % сегментов	100 % матов
Жесткость	По ГОСТ 24621, ГОСТ 270	5 %[1] сегментов, но не менее 1	5 % матов, но не менее 1
Масса в воздухе	—	100 % сегментов	100 % сегментов
[1] Значение, принятое в отраслевой практике производства работ.			

23.9.2 Измерение размеров

23.9.2.1 Измерение размеров механической защиты должно подтвердить, что размеры изделия соответствуют размерам, указанным в технических чертежах, с учетом допусков по размерам.

Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров защиты от истирания и ударных воздействий:

- внутренний диаметр,
- внешний диаметр,
- длина.

23.9.2.2 Как минимум, должны быть проведены измерения следующих размеров защиты из матов:

- длина;
- ширина;
- толщина.

23.9.2.3 При измерении размеров защиты от истирания и ударных воздействий должно быть подтверждено выполнение требований согласно 23.5.5.2.

23.9.3 Визуальный осмотр

Визуальный осмотр механической защиты должен включать в себя проверку на наличие острых включений, которые могут повредить внешнюю оболочку гибкой трубы.

23.10 Маркировка и упаковка

23.10.1 Маркировка

23.10.1.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

23.10.1.2 Маркировка механической защиты должна обеспечивать возможность ее постоянной идентификации в течение установленного срока службы. Маркировка защиты от истирания и ударных воздействий должна обеспечивать возможность ее постоянной идентификации в течение установленного срока службы.

Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- чистую плавучесть или чистую массу на единицу, если применимо;
- массу;
- идентификатор гибкой трубы, на которую устанавливается защита от истирания и ударных воздействий.

23.10.1.3 Маркировка защиты из матов должна обеспечивать возможность ее постоянной идентификации в течение установленного срока службы. Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку производителя;
- серийный номер производителя;
- маркировку, указанную заказчиком;
- массу.

23.10.2 Упаковка

23.10.2.1 Защита от истирания и ударных воздействий должна быть упакована со всеми бандажами, необходимыми для ее монтажа на гибкой трубе.

23.10.2.2 Механическая защита должна быть упакована в соответствующий защитный материал, например в воздушно-пузырчатую упаковочную пленку.

24 Огнезащита

24.1 Область применения

24.1.1 Требования, изложенные в разделе 5, также применимы к огнезащите.

24.1.2 Требования раздела 24 применяют к огнезащитному материалу, приклеиваемому ко внешней оболочке гибкой трубы и служащему для защиты концевого фитинга гибкой трубы, т. е. надводной части системы подводной добычи.

24.2 Функциональные требования

24.2.1 Общие положения

Минимальные общие функциональные требования к огнезащите, соответствие которым должен продемонстрировать производитель, заключаются в следующем:

- функциональные требования;
- предоставление системе гибких труб защиты от определенного типа пожаров в течение установленного периода времени с целью выполнения функционального требования системы — сохранения герметичности под давлением;
- если огнезащита приклеивается к гибкой трубе — обеспечение надежного клеевого соединения в течение установленного срока службы.

24.2.2 Параметры проектирования гибких труб

Для гибкой трубы, на которой устанавливается огнезащита, заказчик должен предоставить, как минимум, следующие данные:

- внутренний диаметр;
- условия эксплуатации;
- срок службы;
- внешний диаметр;
- длину участка гибкой трубы, на котором необходимо установить огнезащиту;
- материал внешней оболочки.

24.2.3 Параметры проектирования огнезащиты

24.2.3.1 Заказчик должен указать следующие параметры для всех элементов систему гибких труб, для которых требуется огнезащита:

а) тип пожара, от которого требуется защита;

б) степень защиты, выраженную в единицах плотности теплового потока (энергии на единицу площади);

в) период времени, в течение которого должна обеспечиваться защита;

г) уровень необходимой защиты;

д) необходимость обеспечения полной сохранности конструкции или только выполнение требования к герметичности сосудов под давлением;

е) температуры, действующие на огнезащиту в процессе нормальной эксплуатации, за исключением случаев возникновения пожара (согласно 5.1.2).

Предоставляя вышеуказанные параметры, заказчик должен принять во внимание позиции, перечисленные в ГОСТ Р 59309.

24.2.3.2 Заказчику следует указать потребность в использовании противообрастающих покрытий.

24.2.4 Подвесные конструкции

Если требуется защита подвесных конструкций, заказчик должен предоставить детальные чертежи таких конструкций и схему их компоновки, отображающую взаимное расположение концевого фитинга, гибкой трубы, ограничителя изгиба и смежных конструкций.

24.2.5 Параметры внутреннего флюида

Для гибкой трубы необходимо указать тепловые свойства внутреннего флюида, включая плотность, теплопроводность и теплоемкость, если они требуются производителю для проведения теплового моделирования или других операций.

24.2.6 Требования к монтажу

Заказчик должен указать диаметр барабана, если огнезащита, приклеиваемая к гибкой трубе, будет храниться на барабанах.

Для огнезащиты, приклеиваемой к гибкой трубе, заказчик должен указать давление смятия и растягивающее напряжение, вызываемое натяжителями в процессе установки гибкой трубы, если применимо.

24.2.7 Проектные нагрузки

24.2.7.1 Заказчик должен указать максимальные напряжения и деформации, возникающие в огнезащите, приклеенной к гибкой трубе, на протяжении покрываемого участка, вследствие кривизны гибкой трубы для всех комбинаций нагрузок и условий нагружения.

24.2.7.2 Заказчик должен указать взрывные нагрузки, которые должна выдерживать огнезащита, в значениях взрывного давления и длительности импульса давления или иным образом.

24.3 Требования к проектированию

24.3.1 Нагрузки

Классы и подклассы локальных нагрузок для огнезащиты перечислены в таблице 29. В таблице нагрузки разделены на нагрузки, действующие на огнезащиту, закрепленную непосредственно на гибкой трубе/элементе жесткости на изгиб, и нагрузки, действующие на огнезащиту, приклеиваемую к стационарным подвесным конструкциям.

Таблица 29 — Классы и подклассы локальных нагрузок для огнезащиты

Классы и подклассы нагрузок	Область применения	
Функциональные нагрузки	Огнезащита, приклеиваемая к гибкой трубе/элементу жесткости на изгиб	Огнезащита, приклеиваемая к стационарным подвесным конструкциям
Нагрузки, которые возникают из-за расширения и сжатия гибкой трубы, вызванных растягивающим напряжением, внутренним давлением и температурным воздействием в процессе эксплуатации, установки и в ходе испытаний на утечку или на прочность конструкции (см. также [9])	X	—
Нагрузки вследствие изгибания гибкой трубы		
Ударные нагрузки и нагрузки при истирании во время погрузочно-разгрузочных операций, транспортировки и установки и обслуживания	X	X
Нагрузки, оказываемые крепежными системами	—	X
Нагрузки, возникающие в ходе обычных погрузочно-разгрузочных операций	X	X
Нагрузки вследствие температурных колебаний		
Нагрузки вследствие теплового расширения и сжатия при изменении температуры внешней оболочки гибкой трубы	X	—
Нагрузки, вызванные термическим ударом	X	—

Окончание таблицы 29

Классы и подклассы нагрузок	Область применения	
Нагрузки при установке: а) нагрузки, возникающие при изгибании гибкой трубы на барабане; б) нагрузки смятия, возникающие под действием натяжителей при установке гибкой трубы	X X X	— — —
Указанный тип пожара	X	X
Взрыв (взрывные нагрузки)	X	X
Нагрузки от воздействия окружающей среды		
Нагрузки вследствие циклического изгибания гибкой трубы	X	—
Случайные нагрузки		
Случайные нагрузки на гибкую трубу, которые отрицательно действуют на конфигурацию трубы и/или огнезащиту, в тех случаях, когда их указывает заказчик: - внутреннее избыточное давление; - повреждение или непреднамеренное затопление отсека судна, если применимо; - отказ движителей судна, если применимо; - неисправность бурильной трубы, если применимо; - разрыв якорного каната	X	—
Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».		

24.3.2 Методология проектирования огнезащиты

Документация, предоставляемая для верификации методологии проектирования, должна включать в себя методологии, выполненные расчеты и использованные программные инструменты, а также следующие данные:

- данные о толщине необходимой огнезащиты согласно 24.3.4.2;
- данные о целостности системы крепления согласно 24.3.4.3;
- данные о сроке службы согласно требованиям 24.3.6.

24.3.3 Критерии проектирования

В течение требуемой продолжительности действия огнезащиты температура слоев гибкой трубы и концевого фитинга, значение которой является критичным для правильного функционирования трубы и сохранения герметичности под давлением, не должна подниматься выше допустимых температурных пределов, установленных для этих слоев. Коэффициенты использования для этих слоев не должны превышать допустимые уровни, приведенные в ГОСТ Р 59309.

24.3.4 Проектирование огнезащиты

24.3.4.1 Общие требования к пассивной огнезащите приведены в ГОСТ Р 53295, ГОСТ Р 57555.

24.3.4.2 Толщина применяемого материала огнезащиты должна быть рассчитана таким образом, чтобы выполнялись требования 24.2.3.1, перечисление г). В методологии расчета требуемой толщины необходимо учесть истончение огнезащиты в результате изгибания гибкой трубы до рабочего радиуса изгиба по всей длине, покрываемой огнезащитой. Методологию определения требуемой толщины целесообразно верифицировать путем проведения полномасштабных испытаний опытного образца по ГОСТ Р 59308 или путем проведения численного моделирования переноса огня и/или теплоты, подтвержденного полномасштабными испытаниями.

При определении требуемой толщины огнезащиты необходимо учитывать следующее:

- тип пожара;
- необходимую продолжительность действия защиты;
- конфигурацию пересечений гибких труб;
- нагрузки согласно таблице 29.

24.3.4.3 Огнезащиту необходимо спроектировать таким образом, чтобы она оставалась надежно зафиксированной в месте установки в течение указанного срока службы. Путем проведения испытаний

производитель должен подтвердить, что целостность соединения огнезащиты, приклеенной непосредственно к поверхности, не нарушится в течение установленного срока службы (согласно 24.4.1). Проектировщик огнезащиты должен иметь задокументированные расчеты, подтверждающие целостность систем крепления огнезащиты, удерживаемых в месте установки при помощи других видов креплений, например, при помощи хомутов, крепежных элементов или других приспособлений. Систему крепления необходимо спроектировать таким образом, чтобы она выполняла свою функцию при температурах, которые достигаются при указанном типе пожара в течение указанного периода.

24.3.5 Срок службы. Статические условия эксплуатации

24.3.5.1 Минимальные требования к сроку службы материала огнезащиты, контактирующего со стационарными подвесными конструкциями и не подвергающегося действию циклических нагрузок, приведены в 5.2.5.

24.3.5.2 В процессе проектирования огнезащиты, которая подвергается действию постоянных нагрузок по причине постоянной кривизны гибкой трубы, необходимо учитывать ползучесть материала.

24.3.6 Срок службы. Динамические условия эксплуатации

При анализе усталостной долговечности огнезащиты необходимо учитывать колебания напряжений, возникающих вследствие контакта с гибкой трубой. При анализе усталостной долговечности необходимо учитывать следующие циклические нагрузки, которые вызывают превышение задокументированного и верифицированного предела выносливости материала (одобренного заказчиком):

- расширение и сжатие гибкой трубы;
- изгибание гибкой трубы;
- эффективные растягивающие напряжения гибкой трубы;
- усталостные характеристики огнезащиты можно подтвердить путем проведения полномасштабных испытаний огнезащиты на усталость (см. также ГОСТ Р 59308).

24.4 Требования к материалам

24.4.1 Требования к аттестации. Материалы огнезащиты

24.4.1.1 Изготовитель должен провести испытания и задокументировать свойства материалов огнезащиты, приклеиваемых непосредственно к гибкой трубе, согласно требованиям таблицы 30. Если даны соответствующие указания, свойства материала, приведенные в таблице 30, необходимо измерить при минимальной и максимальной температурах материала в процессе эксплуатации, а также при комнатной температуре. Максимальной температурой считается температура, достигнутая в результате контакта с внешней оболочкой гибкой трубы. Если даны соответствующие указания, необходимо измерить свойства материала, приведенные в таблице 30, в образцах, подвергнутых старению. Минимальные требования к испытанию на старение приведены в 5.3.4. Для материалов огнезащиты, которые не приклеиваются непосредственно к гибкой трубе, заказчик должен указать, какие свойства материалов из таблицы 30, кроме огнестойкости, должны быть документально подтверждены производителем. Важность свойств материалов зависит от конкретных условий применения и наличия существенных требований к устойчивости материала к нагрузкам.

Таблица 30 — Требования к аттестации материалов огнезащиты

Испытания	Процедура испытания[1)]	Температура		Образец, подвергнутый старению
		мин	макс.	
Устойчивость к истиранию	По ГОСТ 32300, ГОСТ 20811 ГОСТ 426	—	—	—
Приклеивание к внешней оболочке гибкой трубы	—	—	X	X
Химическая устойчивость	—	—	—	—
Прочность на сжатие, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 4651, ГОСТ ISO 7743	—	X	—
Плотность	По ГОСТ 14359, ГОСТ 15139	—	—	—

Окончание таблицы 30

Испытания	Процедура испытания[1)]	Температура		Образец, подвергнутый старению
		мин.	макс.	
Усталостная стойкость	—	X[2)]	X[2)]	—
Огнестойкость	—	—	—	—
Жесткость	По ГОСТ 24621, ГОСТ 270	—	—	—
Ударная вязкость	По ГОСТ 4647, ГОСТ 9454	X		
Озоностойкость	По ГОСТ 9.026	—	—	—
Прочность на сдвиг, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 24778, ГОСТ ISO 1827	—	X	—
Прочность на растяжение, модуль удлинения при разрыве	По ГОСТ 34370, ГОСТ 11262	—	X	X

[1)] В соответствии с разделом 2 вместо стандартов, указанных в данной таблице, допускается применять другие международные или национальные стандарты, требования которых могут быть аналогичными требованиям указанного стандарта либо могут превышать их.

[2)] Материал должен пройти достаточное количество испытаний на соответствие установленным требованиям к усталостной стойкости материала в данном диапазоне температур в стадии рассмотрения (без учета температуры пожара).

Примечание — Знак «X» обозначает «применимо». Знак «—» обозначает «не применимо».

24.4.1.2 Путем проведения испытаний производитель должен подтвердить целостность клеевого соединения между материалом огнезащиты и указанным материалом внешней оболочки гибкой трубы.

24.4.1.3 Огнестойкость материала огнезащиты должна соответствовать требованиям применимого международного стандарта. Перечень кодов и стандартов огнестойкости приведен в ГОСТ Р 53295.

24.4.1.4 У производителя должны быть задокументированные доказательства совместимости материала огнезащиты с химическими веществами, указанными заказчиком, с которыми она будет контактировать в течение установленного срока службы.

24.4.1.5 Материалы огнезащиты в динамических условиях должны обладать достаточной усталостной стойкостью, чтобы выдерживать циклические изгибающие нагрузки, возникающие при контакте с гибкой трубой. В мелкомасштабном испытании на усталость материала должны быть смоделированы условия, которые будут наблюдаться в процессе эксплуатации материала: среднее напряжение/деформация, диапазон напряжений/деформаций и количество циклов.

24.5 Требования к изготовлению

24.5.1 Управление технологическим процессом

24.5.1.1 У производителя должна, как минимум, быть задокументированная методология в тех случаях, когда это применимо, для следующих процессов производства огнезащиты:

- как минимум, для процессов, перечисленных в 5.4.3.6;
- смешивание составляющих компонентов;
- подготовка внешней оболочки гибкого трубопровода;
- ремонт установленной огнезащиты.

24.5.1.2 В спецификацию на изготовление производитель должен включить процедуры, целью которых является очистка поверхности гибкой трубы от посторонних веществ, таких как смазка и грязь, перед установкой огнезащиты.

24.5.1.3 От каждой смеси полимерного материала должен быть взят образец, для которого проводятся испытания на соответствие характеристикам, определенным в ходе аттестационных испытаний.

Минимальный объем характеристик, проверяемых в испытаниях:

- прочность на разрыв по ГОСТ ISO 37, ГОСТ Р 54553;
- жесткость по ГОСТ 24621, ГОСТ 270.

24.5.2 Производственные допуски

Изготовитель должен иметь в наличии документы, подтверждающие, что производственные допуски по толщине для огнезащиты подобраны таким образом, чтобы в пределах этих допусков толщина огнезащиты оставалась достаточной для выполнения функциональных требований.

24.6 Документация

24.6.1 Отчет о проектировании

24.6.1.1 Описание огнезащиты в отчете о проектировании должно включать в себя, как минимум, следующее:

- данные, приведенные согласно 5.5.3.1;
- толщину защиты;
- описание всех других слоев, кроме слоев огнезащиты, включая слои механической защиты и противообрастающих покрытий;
- проектные случаи возникновения пожаров и соответствующая продолжительность действия защиты;
- проектные случаи возникновения взрывов;
- описание всех систем крепления, используемых для фиксации огнезащиты в месте установки.

24.6.1.2 Отчет о проектировании должен включать в себя описание проведенного численного моделирования пожаров и полученные результаты.

24.6.1.3 Отчет о проектировании должен включать в себя документацию или ссылки на документацию, содержащую перечисленные ниже данные:

- описание теоретической базы;
- обзор методологии анализа напряжения/деформации в соответствии с 5.2.4;
- задокументированную основу для используемых коэффициентов концентрации напряжений, включая результаты сопутствующего анализа методом конечных элементов;
- задокументированную основу для коэффициентов использования, если эти коэффициенты не приведены в данном стандарте;
- задокументированную основу для пределов выносливости полимерных и композитных материалов или коэффициента запаса усталостной прочности в тех случаях, где это применимо;
- производственные и проектные допуски;
- расчеты, демонстрирующие, что проект удовлетворяет функциональным требованиям с учетом вариаций в пределах лимитов для производственных допусков;
- документацию по методологии обоснования срока службы, для которой должны выполняться требования 5.2.5;
- определение толщины необходимой огнезащиты (см. 24.3.4.2), включая результаты анализа методом моделирования пожаров;
- подтверждение целостности системы крепления согласно 24.3.4.3;
- анализ срока службы согласно требованиям 24.3.5 и 24.3.6;
- отчет о проектировании должен включать в себя расчеты или ссылки на расчеты, выполненные для этих показателей, или на программные инструменты, использованные для определения этих показателей.

24.6.2 Процедуры монтажа

В процедуры монтажа огнезащиты для подвесных конструкций изготовитель должен включить процедуры по сборке секций огнезащиты и их установке на подвесных конструкциях.

24.7 Приемо-сдаточные испытания

Изготовитель должен провести ПСИ огнезащиты согласно требованиям таблицы 31. Количество испытаний для огнезащиты, приклеиваемой к гибкой трубе, и других типов огнезащиты, изготовленных заводским способом (например, для концевого фитинга).

Таблица 31 — ПСИ огнезащиты

Испытание	Количество	
	Огнезащита, непосредственно приклеиваемая к гибкой трубе	Другие типы огнезащиты заводского изготовления
Толщина	Через каждые 10 м гибкой трубы на протяжении первых 50 м, далее — с интервалами, которые изготовитель считает приемлемыми[1)]	Количество проверок толщины, которое изготовитель считает приемлемым
Жесткость	1 на смесь материала	1 на смесь материала
Визуальный контроль	По всей длине гибкой трубы	Все
[1)] Количество измерений толщины огнезащиты, непосредственно приклеиваемой к гибкой трубе, выбрано в целях обеспечения сопоставимости с количеством испытаний для износоустойчивого и изоляционного слоев согласно ГОСТ Р 59309.		

24.8 Маркировка

24.8.1 Общие рекомендации по маркировке приведены в ГОСТ Р 59308.

24.8.2 Маркировка огнезащиты должна обеспечивать возможность ее постоянной идентификации в течение установленного срока службы. Маркировка должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- ссылку на настоящий стандарт;
- наименование или марку изготовителя;
- серийный номер изготовителя;
- маркировку, указанную заказчиком.

24.8.3 Маркировка огнезащиты для стационарных подвешенных конструкций должна также включать в себя, как минимум, идентификатор гибкой трубы/подвесной конструкции, на которой устанавливается огнезащита.

Библиография

[1]	API RP 2RD	Рекомендуемое практическое руководство по проектированию райзеров для плавучих систем добычи и платформ на натяжных связях [Recommended Practice for Design of Risers for Floating Production Systems (FPSs) and Tension-leg Platforms (TLPs)]
[2]	ВСН 41.88	Проектирование ледостойких стационарных платформ
[3]	РД 36-62-00	Оборудование грузоподъемное. Общие технические требования
[4]	НД 2-090601-006	Правила разработки и проведения морских операций, РМРС
[5]	РД 31.10.10-89	Общие правила перевозки грузов морем
[6]	НД 2-020101-022	Правила постройки корпусов морских судов и плавучих сооружений с применением железобетона, РМРС
[7]	РД 31.3.07-01	Указания по расчету нагрузок и воздействий от волн, судов и льда на морские гидротехнические сооружения
[8]	РД 37.001.131-89	Затяжка резьбовых соединений. Нормы затяжки и технические требования
[9]	ИСО 13628-11:2007	Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 11. Системы гибких трубопроводов для подводного и морского применения (Petroleum and natural gas industries — Design and operation of subsea production systems — Part 11: Flexible pipe systems for subsea and marine applications)
[10]	НД 2-020101-124	Правила классификации и постройки морских судов. Часть II. Корпус

УДК 681.12:006.354 ОКС 75.020

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность, проектирование, эксплуатация, системы подводной добычи, вспомогательное оборудование, технические условия

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 21.05.2021. Подписано в печать 03.06.2021. Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 17.67. Уч.-изд. л. 15,99.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru