ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 59309— 2021 (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

(ISO 13628-2:2006, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2021

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Газпром 335» (ООО «Газпром 335») на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 4 стандарта, который выполнен ФГУП «Стандартинформ»

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 10 февраля 2021 г. № 54-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 13628-2:2006 «Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 2. Системы гибких труб многослойной структуры без связующих слоев для подводного и морского применения» (ISO 13628-2:2006 «Petroleum and natural gas industries — Design and operation of subsea production systems — Part 2: Unbounded flexible pipe systems for subsea and marine applications», MOD) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в приложении ДА

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 13628-2—2013

*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

© ISO, 2006 — Все права сохраняются
© 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 . . . . . 3
4 Обозначения и сокращения . . . . . 7
5 Функциональные требования . . . . . 7
6 Проектные требования . . . . . 12
7 Материалы . . . . . 24
8 Требования к изготовлению . . . . . 37
9 Документация . . . . . 45
10 Заводские приемо-сдаточные испытания . . . . . 47
11 Маркировка и упаковка . . . . . 50
Приложение А (справочное) Устройства обеспечения жесткости на изгиб и ограничители изгиба . . . . . 51
Приложение В (справочное) Руководящие указания по закупке . . . . . 55
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте . . . . . 61
Библиография . . . . . 64

## 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 (СПД).

Разрабатываемый комплекс стандартов на системы подводной добычи в целом, а также на их составные части: системы, сборки, оборудование, компоненты и материалы, учитывает особенности объекта и аспекта стандартизации, которые характерны для Российской Федерации в силу климатических и географических факторов, накопленного отечественного опыта проектирования, строительства и эксплуатации объектов морской нефтегазодобычи. Выполняемые масштабные работы по национальной стандартизации СПД потребовали пересмотра ГОСТ Р ИСО 13628-2—2013 «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», являющегося идентичным международному стандарту ИСО 13628-2:2006, для более полного достижения целей национальной стандартизации и решения задач, которые установлены в статье 3 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», а также для устранения противоречий со вновь разрабатываемыми стандартами.

Настоящий стандарт подготовлен в целях обеспечения безопасности эксплуатации систем подводной добычи за счет установления требований и принципов в отношении проектирования, выбора материалов, изготовления, испытаний, маркировки и упаковки размерно и функционально взаимозаменяемых гибких труб многослойной структуры без связующих слоев.

Для лучшего понимания пользователями некоторых положений и терминологических статей настоящего стандарта, а также учета требований российских нормативных документов и отечественной специфики проектирования систем TFL в текст внесены изменения и дополнения, выделенные полужирным курсивом.

В настоящий стандарт не включены ссылки на стандарты ASTM: D2990, D638, E328, D2240, D2583, D695, D256, D4060, D792, D1044, D792, D1505, E831, D1525, E1269, D746, E1356, D570 по причине применения процедур испытаний для экструдированных полимерных материалов, изложенных в межгосударственных и национальных стандартах.

Ссылки на другие стандарты заменены соответствующими ссылками на национальные и межгосударственные стандарты, информация о соответствии ссылочных стандартов приведена в дополнительном приложении ДА.

Ссылки на стандарты, которые не приняты в качестве межгосударственных и национальных стандартов, даны в разделе Библиография.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**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

Petroleum and natural gas industry. Design and operation of subsea production systems.
Part 2. Unbounded flexible pipe systems for subsea and marine applications

**Дата введения — 2021—08—01**

## 1 Область применения

*1.1* Настоящий стандарт устанавливает технические требования к безопасности, размерной и функциональной взаимозаменяемости гибких труб, которые проектируют и изготавливают в соответствии с требованиями единых стандартов и критериев. Указаны минимальные требования к проектированию, выбору материалов, изготовлению, испытаниям, маркировке и упаковке гибких труб со ссылками на действующие нормы и стандарты. Руководящие указания по использованию гибких труб и вспомогательных компонентов указаны в [1].

*1.2* Настоящий стандарт применим к гибким трубам многослойной структуры без связующих слоев с концевыми фитингами, закрепленными на обоих концах трубы. Настоящий стандарт не применим к гибким трубам многослойной структуры со связующими слоями. Настоящий стандарт не применим к вспомогательным компонентам гибких труб. Рекомендации, относящиеся к устройствам жесткости на изгиб и ограничителям изгиба, приведены в приложении А.

Примечание — Руководящие указания по другим компонентам гибких труб приведены в [1].

*1.3* Настоящий стандарт не применим к гибким трубам, армированным неметаллической проволокой, работающей на растяжение. Трубы такой конструкции рассматриваются как опытные образцы продукции, подлежащие квалификационным испытаниям.

*1.4* В область применения настоящего стандарта входит применение гибких труб для добычи флюидов, содержащих и не содержащих сернистые соединения, а также применение гибких труб для отвода и нагнетания флюидов. Транспортируемые флюиды включают в себя нефть, газ, воду и нагнетаемые химические реагенты. Настоящий стандарт применим к гибким трубам, работающим в условиях статических и динамических нагрузок и используемым в качестве выкидных трубопроводов, райзеров и перемычек. Настоящий стандарт не применим к гибким трубам для использования в качестве устьевой обвязки для дросселирования и глушения скважины.

Примечания

1 В [2] представлены рекомендации по устьевой обвязке для дросселирования и глушения скважины.

2 ГОСТ Р 59306 содержит руководящие указания для многослойных гибких труб со связующими слоями.

**Издание официальное**

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 4647 Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи

ГОСТ 4648 (ISO 178:2010) Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб

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

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

ГОСТ 9012 (ИСО 410—82, ИСО 6506—81) Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю

ГОСТ 9013 (ИСО 6508—86) Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу

ГОСТ 9982 Резина. Методы определения релаксации напряжения при сжатии

ГОСТ 11034 Полиамиды. Метод определения числа вязкости разбавленных растворов

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

*ГОСТ 11645 Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов*

*ГОСТ 11736 Пластмассы. Метод определения содержания воды*

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

ГОСТ 16782 (ISO 974:2000) Пластмассы. Метод определения температуры хрупкости при ударе

ГОСТ 18197 (ISO 899-1:2003) Пластмассы. Метод определения ползучести при растяжении

ГОСТ 19109 (ISO 180:2000) Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Изоду

*ГОСТ 20426 Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные. Область применения*

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

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

ГОСТ 32327 Нефтепродукты. Определение кислотного числа потенциометрическим титрованием

ГОСТ 32328 Нефтепродукты и смазочные материалы. Определение кислотного и щелочного чисел титрованием с цветным индикатором

ГОСТ 32618.2 (ISO 11359-2:1999) Пластмассы. Термомеханический анализ (ТМА). Часть 2. Определение коэффициента линейного теплового расширения и температуры стеклования

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 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 55134 (ИСО 11357-1:2009) Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 1. Общие принципы

*ГОСТ Р 55311 Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Термины и определения*

ГОСТ Р 55877 Трубы и детали трубопроводов из реактопластов, армированных стекловолокном. Методы испытаний. Определение износостойкости внутренней поверхности

ГОСТ Р 56754 (ИСО 11357-4:2005) Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 4. Определение удельной теплоемкости

ГОСТ Р 56810 Композиты полимерные. Метод испытания на изгиб плоских образцов

ГОСТ Р 57697 Композиты полимерные. Определение характеристик отверждения смол для пултрузии методом термического анализа

ГОСТ Р 57713 Композиты полимерные. Методы определения плотности и относительной плотности по вытесненному объему жидкости

ГОСТ Р ИСО 148-1 Материалы металлические. Испытание на ударный изгиб на маятниковом копре по Шарпи. Часть 1. Метод испытания

ГОСТ Р ИСО 306 Пластмассы. Термопластичные материалы. Определение температуры размягчения по методу Вика

*ГОСТ Р ИСО 3452-1 Контроль неразрушающий. Проникающий контроль. Часть 1. Основные требования*

ГОСТ Р ИСО 6507-1 Металлы и сплавы. Измерение твердости по Виккерсу. Часть 1. Метод измерения

*ГОСТ Р ИСО 9000—2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь*

*ГОСТ Р ИСО 9606-1 Аттестационные испытания сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали*

*ГОСТ Р ИСО 9934-1 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Часть 1. Основные требования*

ГОСТ Р 59299 (ИСО 13628-3:2000) Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 3. Системы проходных выкидных трубопроводов (TFL)

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 16810 Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Общие положения*

*ГОСТ Р ИСО 16811 Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Настройка чувствительности и диапазона*

*ГОСТ Р 59306 (ИСО 13628-10:2005) Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 10. Технические условия на гибкую трубу многослойной структуры со связующими слоями*

*ГОСТ Р 59304 Нефтяная и газовая промышленность. Системы подводной добычи. Термины и определения*

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов 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 стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ***ГОСТ Р 55311***, ***ГОСТ Р 59304***, а также следующие термины с соответствующими определениями:

*3.1* **армирующий слой, обеспечивающий стойкость к давлению** (pressure armour layer): Конструктивный слой с углом намотки близким к 90°, который увеличивает сопротивление гибкой трубы внутреннему и наружному давлению, а также механическим сминающим нагрузкам.

*3.2* **армирующий слой, работающий на растяжение** (tensile armour layer): Конструктивный слой с углом намотки обычно от 20° до 55°, который состоит из спирально наматываемой армирующей проволоки и который используют для принятия на себя, полностью или частично, растягивающих нагрузок и внутреннего давления.

*3.3* **визуальный контроль** (visual examination): Органолептический контроль, осуществляемый органами зрения.

*3.4* **внешняя оболочка** (outer sheath): Полимерный слой, используемый для защиты трубы от проникновения морской воды и другого воздействия внешней окружающей среды, для защиты от коррозии, абразивного и механического повреждения, а также для удержания армирующих элементов, работающих на растяжение, в заданном после формирования положении.

*3.5* **внутренняя оболочка, работающая под давлением** (internal pressure sheath): Полимерный слой, который обеспечивает сохранность транспортируемого флюида.

Примечание — Этот слой может состоять из нескольких подслоев.

*3.6* **вспомогательные компоненты** (ancillary components): Компоненты, используемые для придания гибким трубам определенных свойств, такие как устройства обеспечения жесткости на изгиб и модули плавучести.

*3.7* **гибкая труба** (flexible pipe): Совокупность тела трубы и концевых фитингов, где тело трубы состоит из композиционного многослойного материала, образующего контур, работающий под давлением, а конструкция трубы обеспечивает значительные углы изгиба без существенного увеличения изгибающих напряжений.

Примечание — В настоящем стандарте термин «труба» использован как общий термин для гибких труб.

*3.8* **гибкая труба многослойной структуры со связующими слоями** (bonded pipe): Гибкая труба, в которой стальной армирующий слой интегрирован и соединен с вулканизированным эластомерным материалом, а текстильный материал включен в конструкцию для получения дополнительного структурного армирования или разделения эластомерных слоев.

*3.9* **гибкая труба многослойной структуры, состоящая из несвязанных между собой слоев** (unbonded flexible pipe): Труба, которая состоит из отдельных несвязанных друг с другом полимерных и металлических слоев, что допускает перемещение слоев относительно друг друга.

*3.10* **гибкий выкидной трубопровод** (flexible flowline): Гибкая труба, частично или полностью расположенная на морском дне или заглубленная ниже уровня морского дна и применяемая в условиях статических нагрузок.

Примечание — В настоящем стандарте термин «выкидной трубопровод» использован как общий термин для гибких выкидных трубопроводов.

*3.11* **гибкий райзер** (flexible riser): Гибкая труба, соединяющая платформу/модуль плавучести/судно с выкидным трубопроводом, морским подводным оборудованием или другой платформой, где райзер может быть свободно подвешен (свободный, провисающий), закреплен в нескольких точках (модули плавучести, цепи), закреплен по всей длине или заключаться в трубу (I- или J-трубы).

*3.12* **гладкий проходной канал** (smooth bore): Гибкая труба с внутренней оболочкой, работающей под давлением, в качестве первого внутреннего слоя.

*3.13* **жесткость на изгиб** (bending stiffness): Способность гибкой трубы сопротивляться сгибанию под действием изгибающих нагрузок при постоянных значениях растяжения, давления и температуры.

*3.14* **изоляционный слой** (insulation layer). Дополнительный слой гибкой трубы, увеличивающий ее теплоизоляционные свойства и размещенный обычно между наружным армирующим слоем, работающим на растяжение, и внешней оболочкой.

*3.15* **каркас** (carcass): Взаимосвязанная металлическая конструкция, которая может использоваться в качестве первого внутреннего слоя для предупреждения полного или частичного смятия оболочки или трубы, находящейся под внутренним давлением, из-за сброса давления, наружного давления, давления армирующей оболочки при натяжении и механической раздавливающей нагрузки.

Примечание — Каркас можно использовать снаружи для защиты внешней поверхности трубы.

*3.16*

***качество** (quality): Степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям.*

*[ГОСТ Р ИСО 9000—2015, статья 3.6.2]*

*3.17* **кольцевое пространство** (annulus): Пространство между внутренней оболочкой, работающей под давлением, и внешней оболочкой.

Примечание — Газ и жидкость, проникающие в кольцевое пространство, обычно свободно перемещаются и смешиваются.

*3.18* **концевой фитинг** (end fitting): 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.

*3.19* **негладкий проходной канал** (rough bore): Гибкая труба с каркасом в качестве первого внутреннего слоя.

*3.20* **независимый эксперт по верификации** (independent verification agent): Независимое лицо или орган, выбираемое (выбираемый) изготовителем, ответственное за проведение процесса верифи-

кации указанных методологий или эксплуатационных характеристик на основании технической литературы, анализов и результатов испытаний, а также другой информации, предоставляемой изготовителем.

Примечание — Привлечение эксперта осуществляется также для подтверждения проведения измерений и квалификационных испытаний материалов.

*3.21*

***обеспечение качества*** *(quality assurance): Часть менеджмента качества, направленная на создание уверенности, что требования к качеству будут выполнены.*

*[ГОСТ Р ИСО 9000—2015, статья 3.3.6]*

*3.22* **ограничитель изгиба** (bend restrictor): Механическое устройство ограничения изгиба, функционирующее как механический столор и ограничивающее локальный радиус изгиба гибкой трубы до его минимального значения.

*3.23* **отслаивание** (fishscaling): Тенденция к отрыву кромки одной армирующей проволоки от нижележащего слоя при искривлении или недопустимой деформации кручения в процессе намотки армирующего элемента.

*3.24* **отчет о верификации методологии проектирования** (design methodology verification report): Отчет, подготовленный независимым экспертом по верификации при первоначальном рассмотрении проекта, для конкретного изготовителя, подтверждающий возможность применения и соответствующие ограничения методологий проектирования изготовителя.

Примечание — Этот отчет может включать возможные дополнения или пересмотры, относящиеся к расширению пределов принятых ранее ограничений или пересмотрам методологий.

*3.25* **перемычка** (jumper): Отрезок гибкой трубы для подводного и надводного применения в условиях статических и динамических нагрузок.

Примечание — Перемычки используют в большинстве случаев для подключения выкидных линий к подводному оборудованию или соединения подводного оборудования, например, для подключения выкидной линии к жесткому райзеру, установленному на добывающей платформе.

*3.26* **пересечение** (crossover): Пересечение гибкого выкидного трубопровода с другим трубопроводом, проложенным на морском дне.

Примечания

*1* Проложенный трубопровод может быть как стальным, так и гибким.

*2* Для верхнего пересекающего трубопровода может потребоваться создание опоры для предупреждения чрезмерного перегиба или сдавливания укладываемых или уже проложенных трубопроводов.

*3.27*

***план качества*** *(quality plan): Спецификация, определяющая, какие процедуры и соответствующие ресурсы когда и кем должны применяться в отношении конкретного объекта.*

*[ГОСТ Р ИСО 9000—2015, статья 3.8.9]*

*3.28* **предел прочности** (ultimate strength): Максимальное напряжение, выдерживаемое материалом при растяжении, выше которого происходит его разрушение.

*3.29* **предел текучести** (yield strength): Уровень напряжения, при котором происходит переход из области упругой в область пластической деформации металла или другого материала.

*3.30* **применение в условиях динамических нагрузок** (dynamic application): Воздействие изменяющихся во времени нагрузок, прогибы или граничные условия которой изменяются во времени.

*3.31* **применение в условиях статических нагрузок** (static application): Отсутствие воздействия на гибкие трубы значительных циклически изменяющихся нагрузок или изгибов в процессе обычных операций.

*3.32* **проектное давление** (design pressure): Минимальное или максимальное давление, включая рабочее давление, пиковое давление, где применимо, условия вакуума и статическое давление напора.

*3.33* **промежуточная оболочка** (intermediate sheath): Слой экструдированного полимера, расположенный между внутренней оболочкой, работающей под давлением, и внешней оболочкой, который

может быть использован в качестве барьера для внешних флюидов в гладкоствольных трубах или в качестве противоизносного слоя.

*3.34* **противоизносный слой** (anti-wear layer): Неметаллический слой в виде формованной термопластической оболочки или ленточной обмотки, используемый для минимизации износа между конструктивными слоями.

*3.35* **работа в присутствии сернистых соединений** (sour service): Условия работы при проектном давлении с содержанием $H_2S$ выше минимального уровня, установленного в [3], [4], [5].

*3.36* **работа при отсутствии сернистых соединений** (sweet service): Условия работы при проектном давлении с содержанием $H_2S$ ниже уровня, установленного в [3], [4], [5].

*Примечание — Армирующие слои, работающие на растяжение, обычно наматывают парами в противоположных направлениях.*

*3.37* **радиус изгиба** (bend radius): Радиус изгиба гибкой трубы, измеренный от осевой линии трубы.

Примечание — Минимальные радиусы изгиба (MBR) при хранении и эксплуатации определены в 6.3.1.

*3.38* **разрывная мембрана** (burst disk): Специально ослабленные места во внешней оболочке, которые предусмотрены для разрушения при давлении газа в кольцевом пространстве, превышающем заданную величину.

Примечание — Специально ослабленное место создают путем уменьшения толщины оболочки в пределах локализованного участка.

*3.39* **раструб** (bellmouth): Часть направляющей трубы в форме расширения, предназначенная для предупреждения перегибов гибкой трубы.

*3.40* **регулировка торсионной упругости** (torsional balance): Регулировка характеристик трубы, которую достигают проектированием ее конструктивных слоев так, чтобы осевые нагрузки и давление не создавали значительных крутящих нагрузок в трубе.

*3.41* **связка труб** (piggyback): Соединение двух труб, скрепленных через определенные интервалы, где одна или обе трубы могут быть гибкими.

*3.42* **соединитель** (connector): Устройство, используемое для герметичного конструктивного соединения концевого фитинга и сопряженного трубопровода.

Примечания

*1* Соединители включают в себя болтовые фланцы, стыковочные втулки и запатентованный разъем.

*2* Соединители могут быть спроектированы для сборки с помощью водолазных работ или без водолазных работ с использованием механической или гидравлической аппаратуры.

*3.43* **срок службы** (service life): Период времени, в течение которого гибкая труба отвечает всем эксплуатационным требованиям.

*3.44* **угол намотки** (lay angle): Угол между осью спирально наматываемого элемента (например, армирующей проволоки) и линией, параллельной продольной оси гибкой трубы.

*3.45*

***управление качеством*** *(quality control): Часть менеджмента качества, направленная на повышение способности выполнить требования к качеству.*

*[ГОСТ Р ИСО 9000—2015, статья 3.3.7]*

*3.46* **устройство обеспечения жесткости на изгиб** (bend stiffener): Вспомогательный компонент конической формы, который локально поддерживает трубу для ограничения величины изгибающих напряжений и изгиба трубы до приемлемых уровней.

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

*3.47* **устройство ограничения изгиба** (bend limiter): Устройство, используемое для ограничения изгиба гибкой трубы.

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

*3.48* **линия дросселирования и глушения скважины** (choke-and-kill line): Перемычка между штуцерным манифольдом и противовыбросовым превентором.

*3.49* **обратный выгиб** (upheaval buckling): Изгиб в сторону, обратную ожидаемым деформациям.

## 4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

$\sigma_т$ ($\sigma_y$) — предел текучести материала;

$\sigma_в$ ($\sigma_u$) — предел прочности материала;

ВР — водородное растрескивание;

ДСК — дифференциальная сканирующая калориметрия;

НК — неразрушающий контроль;

ПА — полиамид;

ПВДФ — поливинилиденфторид;

ПВХ — поливинилхлорид;

ПЭ — полиэтилен;

СРН — сульфидное растрескивание под напряжением;

ТКЧ — титруемое кислотное число;

УТТ — уровень технических требований;

УФ — ультрафиолет;

FAT — заводские приемо-сдаточные испытания (factory acceptance test);

HV — твердость по Виккерсу (hardness on Vickers Scale);

MBR — минимальный радиус изгиба (minimum bend radius);

"S-N" — кривые зависимости амплитуды напряжений от количества циклов (curves showing stress range vs. number of cycles);

TFL — проходной выкидной трубопровод (through-flowline).

## 5 Функциональные требования

### 5.1 Общие положения

5.1.1 Заказчик должен указать свои функциональные требования к гибким трубам. В руководящих указаниях по закупкам (приложение В) приведен пример формы для указания функциональных требований.

5.1.2 Изготовителем должны быть указаны функциональные требования, специально не оговоренные заказчиком, но которые могут влиять на конструкцию, материалы, изготовление и испытания трубы.

5.1.3 Если заказчик не указывает свои требования и положение 5.1.2 не применимо, то изготовитель может допустить, что таковые требования отсутствуют.

### 5.2 Общие требования

#### 5.2.1 Гибкая труба

Изготовитель должен обеспечить выполнение следующих минимальных общих функциональных требований, предъявляемых к гибкой трубе:

a) конструкция трубы обеспечивает герметичность трубопровода;

b) труба выдерживает все проектные нагрузки и комбинации нагрузок, определенные в настоящем стандарте;

c) труба выполняет свои функции в течение заданного срока службы;

d) материалы гибкой трубы соответствуют условиям окружающей среды, оказывающим воздействие на эти материалы;

e) материалы гибкой трубы соответствуют требованиям к защите от коррозии, указанным в настоящем стандарте.

**5.2.2 Концевой фитинг**

Изготовитель должен обеспечить соответствие концевого фитинга предъявляемым к нему функциональным требованиям, которые должны быть не ниже требований, предъявляемым к гибкой трубе. Если позволяет конструкция, должно быть обеспечено выполнение следующих требований:

a) концевой фитинг обеспечивает конструктивное сопряжение между гибкой трубой и опорной конструкцией;

b) концевой фитинг обеспечивает конструктивное сопряжение между гибкой трубой и устройствами ограничения изгиба, включая устройства обеспечения жесткости на изгиб, ограничители изгиба и раструбы.

**5.3 Общие проектные параметры**

Заказчик должен указать все специальные проектные требования, включая требования, приведенные в 5.4—5.6, а также следующие параметры гибкой трубы:

a) номинальный внутренний диаметр;

b) длину и допуски на длину гибкой трубы, включая концевые фитинги;

c) срок службы.

Руководящие указания по закупкам приведены в приложении В.

**5.4 Параметры транспортируемого флюида**

**5.4.1 Общие положения**

Заказчик должен указать параметры транспортируемого флюида для применения, перечисленные в таблице 1. Могут быть указаны минимальные, нормальные и максимальные значения параметров. Должны быть указаны расчетные изменения параметров транспортируемого флюида в течение срока службы.

Таблица 1 — Параметры транспортируемого флюида

| Параметр | Описание |
|---|---|
| Внутреннее давление | См. 5.4.2 |
| Температура | См. 5.4.3 |
| Состав флюида | См. 5.4.4 |
| Определение условий работы | Работа в присутствии или при отсутствии сернистых соединений в соответствии с перечислением a) в 5.4.4 |
| Описание флюида/потока | Тип флюида и режим потока |
| Параметры расхода | Расходы, плотность флюида, вязкость, минимальное давление на входе и требуемое давление на выходе |
| Тепловые параметры | Теплоемкость флюида |

**5.4.2 Внутреннее давление**

Должны быть указаны следующие значения внутреннего давления:

a) максимальное проектное давление;

b) минимальное проектное давление.

Следует указать следующие значения внутреннего давления:

a) рабочее давление или динамика давления в течение срока службы;

b) требования надзорных и/или сертифицирующих органов к значению давления при заводских и эксплуатационных испытаниях.

**5.4.3 Температура**

Должны быть указаны следующие значения температуры:

a) минимальная проектная температура;

b) максимальная проектная температура.

Следует указать рабочую температуру или динамику изменения температур в течение срока службы.

Проектные значения минимальной и максимальной температуры являются минимальной и максимальной температурами, соответственно, которым могут быть подвержены гибкие трубы в течение срока службы. Данные проектные значения температуры могут быть указаны на основе анализа следующей минимальной группы факторов:

a) рабочие значения температуры;

b) колебания температуры (число и диапазон циклов);

c) эффект охлаждения газа (кривая «время — температура»);

d) тепловые свойства флюида;

e) характеристики потока;

f) условия хранения, транспортировки и монтажа.

**5.4.4 Состав флюида**

Заказчику следует указать добываемые флюиды (состав отдельных фаз), нагнетаемые флюиды, а также флюиды, используемые при постоянных и внеплановых химических обработках (дозировки, время воздействия, концентрации и частота).

В технических характеристиках состава транспортируемого флюида следует указать:

a) все параметры, которые определяют рабочие условия, включая парциальное давление $H_2S$ и $CO_2$, pH водной фазы, ТКЧ (в соответствии с ***ГОСТ 32327 и ГОСТ 32328***) и содержание воды (пластовой воды, морской воды и несвязанной воды);

b) газы, включая кислород, водород, метан и азот;

c) жидкости, включая входящие в состав нефти, и спирты;

d) ароматические компоненты;

e) коррозионные агенты, включая бактерии, хлориды, органические кислоты и сернистые компоненты;

f) нагнетаемые химические продукты, включая спирты и ингибиторы коррозии, гидратообразования, парафина, солевых отложений, других твердых отложений;

g) твердые частицы, включая песок, осадки, солевые отложения, гидраты, парафиносодержащие отложения и биопленку.

**5.5 Окружающая среда**

Заказчику следует указать параметры окружающей среды, учитывая параметры, приведенные в таблице 2. Расчетной глубиной должна быть максимальная глубина моря, на которой может эксплуатироваться гибкий трубопровод.

Таблица 2 — Параметры окружающей среды

| Параметр | Описание |
|---|---|
| Месторасположение | Географические данные расположения трассы трубопровода |
| Глубина моря | Проектная глубина, данные по колебанию глубин по трассе трубопровода и приливные изменения |
| Данные морской воды | Плотность, значение pH, минимальная и максимальная температура |
| Температура воздуха | Минимальная и максимальная температуры в процессе хранения, монтажа и эксплуатации |
| Данные грунта | Описание, прочность на сдвиг и угол внутреннего трения, коэффициенты трения, эрозия морского дна, песчаные гряды и изменения по трассе трубопровода |
| Обрастание морскими организмами | Максимальная степень обрастания и ее изменения по длине трубы |
| Лед | Максимальное нарастание льда или дрейф айсбергов и ледяных полей |
| Воздействие солнечного света | Длина участка трубы, подверженного воздействию солнечного света в процессе эксплуатации и хранения |
| Течение | Распределение скоростей и направлений течения по глубине |

*Окончание таблицы 2*

| Параметр | Описание |
|---|---|
| Волнение | Высота, период, продолжительность и направление волнения |
| Ветер | Направление и скорость ветра |

### 5.6 Требования к системе

#### 5.6.1 Минимальные требования к системе

5.6.1.1 Общие положения

Заказчик должен указать функциональные требования проекта по 5.6.1.2, 5.6.1.9 и 5.6.1.10. Следует учитывать технические характеристики других требований, определенных в разделе 5. Приложение В можно использовать в качестве руководства.

Заказчику следует указать документацию, перечисленную в разделе 9, которая должна быть предоставлена изготовителем.

5.6.1.2 Определение области применения

Система гибких труб включает выкидной трубопровод, райзер или перемычку. Для гибких труб должны быть указаны условия эксплуатации, возможность применения в условиях статических или динамических нагрузок, при этом для работы в условиях динамических нагрузок следует указать ожидаемое количество циклов и амплитуды нагружения.

5.6.1.3 Противокоррозионная защита

Требования к противокоррозионной защите гибких труб следует устанавливать, учитывая следующие факторы:

a) внутреннюю и наружную противокоррозионную защиту концевых фитингов;

b) систему катодной защиты труб;

c) защитный потенциал, источник тока и плотность тока.

5.6.1.4 Теплоизоляция

Заказчику следует указать необходимые эксплуатационные требования к гибким трубам по тепловой потере или удержанию тепла. Значения общих коэффициентов теплопередачи должны быть основаны на номинальном внутреннем диаметре трубы, при этом необходимо учитывать как конструктивные особенности самой трубы, так и все внешние факторы, например толщину грунтового покрова над заглубляемыми трубами.

5.6.1.5 Вентиляция кольцевого пространства

Должна быть предусмотрена система вентиляции кольцевого пространства для предупреждения чрезмерного увеличения давления в кольцевом пространстве трубы. Требования, которые заказчик предъявляет к системе вентиляции кольцевого пространства, следует указывать с учетом:

a) компонентов системы вентиляции кольцевого пространства;

b) допустимых скоростей проникновения газа;

c) ограничений на размещение отвода газа;

d) требований к сопряжениям;

e) системы контроля и анализа газа.

5.6.1.6 Требования к обеспечению контроля состояния трубопровода внутренними снарядами и работе системы TFL

Следует указать все эксплуатационные требования для обеспечения контроля состояния трубопровода средствами очистки и диагностики и проводки инструментов системы TFL, проведения ремонтных и других операций через гибкие трубы, включая требования к внутреннему диаметру труб, радиусу изгиба и переходам концевых фитингов.

5.6.1.7 Огнестойкость

Требования к огнестойкости конструкции трубы следует указывать со ссылкой на испытания на воспламеняемость (см. 6.4.6.1).

5.6.1.8 Связки труб

Следует указать требования к связкам гибких труб, включая детальную информацию по связкам труб и по условиям работы труб.

5.6.1.9 Соединители

Необходимо указать требования к соединителям для обоих концевых фитингов гибкой трубы, включая, как минимум, тип соединителя, технические условия на сварку, тип уплотнения и размеры.

5.6.1.10 Описание сопряжений

Необходимо указать детальную информацию по сопряжениям (интерфейсам), включая:

a) регламенты, нормы и стандарты;

b) геометрические и размерные данные, данные о прикладываемых нагрузках;

c) средства и оборудование, используемые заказчиком при монтаже;

d) инструменты и концевые соединения, используемые заказчиком для затаскивания и подсоединения;

e) комплектность поставки изготовителем.

5.6.1.11 Осмотр и текущий контроль состояния

Для изготовителя следует указать требования к проектированию и внедрению систем и процедур осмотра, контроля и оценки текущего состояния гибких труб в ходе эксплуатации.

5.6.1.12 Требования к монтажу

Заказчику следует указать следующие минимальные требования к монтажным работам:

a) при выполнении работ заказчиком — все требования к ограничениям по нагрузкам, усилиям затягивания/натяжения, требованиям к желобу для спуска гибких труб, монтажным допускам и ограничениям портового оборудования;

b) при выполнении работ изготовителем — требования к окружающей среде, судовые ограничения, монтажные допуски, ограничения из-за взаимно исключающих (конфликтных) операций и объем монтажных работ (включая прокладку траншей, заглубление, испытание, контроль, обслуживание и документацию).

Заказчику следует указать требования к возможности восстановления эксплуатационных характеристик и повторного использования гибких труб в течение их срока службы.

5.6.1.13 Очистка с помощью экзотермохимической реакции

Заказчику следует указать соответствующие минимальные параметры для операций по очистке труб с помощью экзотермохимической реакции, учитывая:

a) расход химреагентов;

b) изменение давления химреагентов;

c) максимальную тепловую мощность химреагентов;

d) химический состав реагентов.

**5.6.2 Параметры выкидного трубопровода**

Заказчику следует представить изготовителю свои требования к проектированию и анализу системы выкидных трубопроводов (или статических перемычек) дополнительно к требованиям раздела 6 с учетом параметров, приведенных в таблице 3.

Таблица 3 — Параметры выкидных трубопроводов

| Параметр | Описание |
|---|---|
| Трассирование выкидных трубопроводов | Схемы трасс, топографические условия, состояние дна моря/грунта, препятствия, установленное оборудование и трубопроводы |
| Направляющие и опоры | Предложенная геометрия направляющих, *I*-трубы, *J*-трубы и раструбы, через которые должны быть установлены выкидные трубопроводы |
| Требования к защите | Прокладка траншей, подсыпка породы, подстилающий слой и требования к защите по всей длине трубы. Проектные ударные нагрузки, включая такие, как от тралового оборудования, падающих грузов и якорей |
| Устойчивость на дне | Допускаемые перемещения |
| Обратный выгиб | Технические условия проектных случаев, которые должны быть рассмотрены изготовителем |
| Требования к пересечениям | Пересечение труб (гибких и жестких), включая уже смонтированные трубы и газопроводы |

*Окончание таблицы 3*

| Параметр | Описание |
|---|---|
| Крепление труб | Ограничители изгиба, хомуты и методы крепления |
| Случаи нагружения | Определение годовой вероятности возникновения случаев нагружения для монтажа и для нормальной и аномальной работы. Технические условия случайных нагружений и годовые вероятности их возникновения |

**5.6.3 Параметры райзера**

Заказчику следует представить изготовителю свои требования к проектированию и расчету с райзера (или динамических перемычек) дополнительно к требованиям раздела 6 с учетом параметров, приведенных в таблице 4.

Таблица 4 — Параметры райзера

| Параметр | Описание |
|---|---|
| Конфигурация райзера | Технические условия на любые требования к конфигурации, включая описание (плавная S-образная, в виде крутой волны и т.д.), схему и компоненты. Выбор конфигурации и подтверждение применимости указанной конфигурации |
| Соединительные системы | Описания верхних и нижних соединительных систем, включая системы быстроразъемных соединений и системы отсоединения плавучих модулей, углы соединений и допуски расположения |
| Трубные крепления | Ограничители изгиба, плавучие модули и тому подобное и методы крепления |
| Данные присоединенного судна | Данные для присоединенных плавучих средств, включая следующее:<br>a) элементы судна, размеры, осадка и т. п.;<br>b) статические смещения;<br>c) качка с амплитудой первого и второго порядка;<br>d) данные по фазе перемещения судна;<br>e) базисная точка отчета перемещений;<br>f) данные сопряжения системы швартовки;<br>g) допуски на позиционирование |
| Требования к помехам | Технические условия на зоны действия возможных помех, включая другие райзеры, швартовые канаты, колонны платформы, понтоны судна, киль танкера и так далее, и определение допустимых помех/столкновений |
| Случаи нагружения | Определение годовой вероятности возникновения случаев нагружения для монтажа и нормальной и аномальной работы. Технические условия случайных нагружений и годовые вероятности их возникновения |

## 6 Проектные требования

### 6.1 Нагрузки и результаты воздействия нагрузок

**6.1.1 Общие положения**

Конструкция трубы основана на информации, представляемой заказчиком (см. приложение В) со ссылками на требования раздела 5. Вся необходимая информация должна быть определена в исходных данных для проектирования (см. 9.2), включая проектные случаи нагружения. Результаты проектного анализа случаев нагружения должны быть включены в отчет по проектным нагрузкам (см. 9.3).

**6.1.2 Определение классов нагружения**

6.1.2.1 Нагрузки классифицируют на функциональные, от воздействия окружающей среды (внешние) и случайные и определяют следующим образом:

a) функциональными нагрузками являются все нагрузки на трубу при эксплуатации, включая все нагрузки, которые воздействуют на трубу в спокойной воде за исключением нагрузок от ветра, волн или течения;

b) нагрузками от воздействия окружающей среды являются нагрузки, вызываемые внешними условиями;

c) случайными нагрузками являются все нагрузки, возникающие при случайных ситуациях.

Классы и подклассы нагружения приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Комбинация нагрузок классов нагружения, условия нагружения

| Класс и подкласс нагружения | Условия нагружения | | |
|---|---|---|---|
| | нормальная работа | | аномальная работа |
| | текущая | критическая | |
| Функциональные нагрузки | | | |
| a) Нагрузки от веса и плавучести трубы, содержимого и креплений, временные и постоянные | x | x | x |
| b) Внутреннее давление по 5.4.2 | Максимальное/ минимальное рабочее давление | Проектное давление | Проектное давление |
| c) Нагрузки от перепадов давления и температуры | x | x | x |
| d) Наружное давление | x | x | x |
| e) Внешние силы реакции грунта или породы для траншейных, заглубленных или засыпанных породой труб | x | x | x |
| f) Нагрузки статической реакции и деформации от опор и защитных конструкций | x | x | x |
| g) Временные нагрузки при монтаже и извлечении, включая прикладываемые нагрузки растяжения и сдавливающие нагрузки, ударные нагрузки и нагрузки, создаваемые направляющими устройствами | x | x | x |
| h) Остаточные нагрузки от монтажа, которые остаются как постоянные нагрузки в конструкции трубы в процессе эксплуатации | x | x | x |
| i) Нагрузки и смещение из-за давления и растяжения, возникающего при кручении | x | x | x |
| j) Давления испытаний, включая давления при монтаже, вводе в эксплуатацию и техническом обслуживании | Как указано в таблицах 6 и 7 | | |
| k) Эффекты взаимодействия сгруппированных или закрепленных труб | x | x | x |
| l) Нагрузки из-за пересечений жестких или гибких труб или безопорных пролетов | x | x | x |
| m) Нагрузки из-за допусков на позиционирование в процессе установки | x | x | x |
| n) Нагрузки от инструментов при контроле и техническом обслуживании | x | x | x |

*Окончание таблицы 5*

| Класс и подкласс нагружения | Условия нагружения | | |
|---|---|---|---|
| | нормальная работа | | аномальная работа |
| | текущая | критическая | |
| Нагрузки от воздействия окружающей среды | | | |
| Нагрузки, создаваемые напрямую или косвенно параметрами окружающей среды по таблице 2 | Условия, отвечающие $P_c = 10^{-2}$ | Условия, отвечающие $P_c = 10^{-2}$ | Условия безотказной работы |
| Случайные нагрузки | | | |
| Нагрузки и перемещения, создаваемые напрямую или косвенно случайными событиями, включающими следующее:<br>1) падающие объекты;<br>2) ударное воздействие траловым оборудованием;<br>3) избыточное внутреннее давление;<br>4) повреждение секции или незапланированное затопление;<br>5) отказ подруливающих устройств;<br>6) отказ системы динамического позиционирования;<br>7) отказ якорного каната;<br>8) отказ системы турели | Не применимо | Комбинации функциональных нагрузок, нагрузок от воздействия окружающей среды и случайных нагрузок по таблице 5 должны быть проанализированы по таблице 6, если годовая совокупная вероятность возникновения случая $P_c$ не менее $10^{-2}$ | Комбинации функциональных нагрузок, нагрузок от воздействия окружающей среды и случайных нагрузок по таблице 5 должны быть проанализированы по таблице 6, если годовая совокупная вероятность возникновения случая $P_c$ составляет от $10^{-2}$ до $10^{-4}$ |

Примечания

1 Нагрузки от воздействия окружающей среды должны комбинироваться с рабочими условиями с заданной вероятностью возникновения.

2 Знак «х» обозначает «применимо».

6.1.2.2 Проектные случаи нагружения должны быть определены для расчета в соответствии с применением, влиянием на гибкую трубу функциональных нагрузок, нагрузок от воздействия окружающей среды и случайных нагрузок. [1] содержит руководящие указания по методам расчета, которые должны быть использованы для нагрузок, приведенных в таблице 5.

**6.1.3 Комбинации нагрузок и условия нагружения**

6.1.3.1 Необходимо обосновать, что конструкция трубы соответствует проектным требованиям при действии комбинаций нагрузок, указанных в 6.1.3. Следует оценить все нагрузки, которые воздействуют на гибкую трубу, включая нагрузки, указанные в 6.1.2.2. Должны быть проанализированы изменения нагрузок во времени и пространстве, воздействия нагрузок от системы гибких труб и их опор, а также условия окружающей среды и состояние грунта.

6.1.3.2 Проектными условиями нагружения, которые должны быть проанализированы, являются монтаж, нормальная работа (текущая и критическая), аномальная работа и FAT. Комбинации нагрузок должны соответствовать комбинациям, определенным в таблицах 5 и 6. Допускается не учитывать комбинации нагрузок с годовой вероятностью возникновения менее $10^{-4}$. Комбинации нагрузок при FAT должны быть определены изготовителем в соответствии с процедурами FAT.

Таблица 6 — Критерии проектирования слоев гибкой трубы

| Слой гибкой трубы | Проектный критерий | Рабочие условия | | | Монтаж | | Гидростатические испытания — FAT и приемка в эксплуатацию |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Нормальная работа | | Аномальная работа — функциональные, нагрузки от воздействия окружающей среды и случайные | Функциональные и нагрузки от воздействия окружающей среды | Функциональные, нагрузки от воздействия окружающей среды и случайные | |
| | | текущая работа — функциональные и нагрузки от воздействия окружающей среды | критическая работа — функциональные, нагрузки от воздействия окружающей среды и случайные | | | | |
| Внутренняя оболочка, работающая под давлением | Ползучесть | Максимальное допускаемое уменьшение толщины стенки ниже минимальной проектной величины из-за ползучести в опорном структурном слое должно составлять 30 % при всех комбинациях нагрузок | | | | | |
| Внутренняя оболочка, работающая под давлением | Деформация изгиба | Максимальная допускаемая деформация должна составлять 7,7 % для ПЭ и ПА, 7,0% — для ПВДФ при применении в условиях статических нагрузок и при хранении в условиях динамических нагрузок и 3,5 % — для ПВДФ для работы в условиях динамических нагрузок. Для других полимерных материалов допускаемая деформация должна быть задана изготовителем, который должен документально подтвердить, что материал удовлетворяет проектным требованиям для данной деформации | | | | | |
| Внутренний каркас* | Нагрузка от потери устойчивости** | [0,67] для $D_{max} \le 300$ м<br>$\left[\left(\frac{D_{max}-300}{600}\right) 0,18 + 0,67\right]$ для 300 м < $D_{max}$ < 900 м<br>[0,85] для $D_{max} \ge 900$ м | | | | | |
| Армирование на растяжение | Напряжение*** | 0,67 | 0,85 | 0,85 | 0,67 | 0,85 | 0,91 |
| Армирование на стойкость к давлению | Напряжение | 0,55 | 0,85 | 0,85 | 0,67 | 0,85 | 0,91 |
| Внешняя оболочка | Деформация | Максимальная допускаемая деформация должна составлять 7,7% для ПЭ и ПА. Для других полимерных материалов допускаемая деформация должна быть задана изготовителем, который должен документально подтвердить, что материал удовлетворяет проектным требованиям для этой деформации | | | | | |

* Для механических нагрузок допустимый коэффициент нагружения внутреннего каркаса должен быть таким, как для армирования на стойкость к давлению.

** $D_{max}$ — максимальная глубина моря, включая влияние приливов и волн.

*** Проектным критерием для армирования на растяжение и на стойкость к давлению является допускаемый коэффициент нагружения в соответствии с 6.3.1.4.

6.1.3.3 Проверку конструкции следует проводить на всех промежуточных стадиях, указанных заказчиком или изготовителем. Это должно быть регламентировано теми же проектными критериями, что и проектные условия нагружения в соответствии с таблицей 6.

6.1.3.4 В исходных данных для проектирования изготовителем должна быть определена вероятность одновременного возникновения различных комбинаций нагрузок (см. 9.2). Вероятность особых классов нагружения или подклассов может указывать заказчик на основе особенностей проектных условий. Заказчику следует указывать вероятности случайных событий или событий, связанных с про-

ведением монтажных работ (см. таблицы 3 и 4). Если заказчик не указывает вероятности событий, то изготовитель должен предложить вероятности, используемые для отдельных случаев в исходных данных для проектирования.

6.1.3.5 Анализируемые проектные случаи нагружения должны быть определены исходя из условий нагружения, указанных в 6.1.2.2 и таблице 6.

**6.1.4 Влияние проектных нагрузок**

6.1.4.1 При проектировании трубы изготовитель должен принимать во внимание нагрузки на трубу, создаваемые внутренним и наружным давлением. В случае учета величины гидростатического давления при расчете проектного внутреннего давления трубы изготовитель должен указать глубину моря, для которой приведено данное проектное внутреннее давление. Это также должно быть указано в маркировке труб (см. 11.1).

6.1.4.2 Влияние гидродинамических нагрузок должно быть определено с использованием подтвержденных и документально оформленных методов, по которым рассчитывают влияния кинематики морской воды и воздействия различных явлений окружающей среды. Руководящие указания по методам расчета см. в [1].

6.1.4.3 Для усталостного расчета распределение нагрузок в течение срока службы трубы должно быть основано на методах, которые учитывают все параметры нагрузок. Упрощенные методы применяют, если имеется возможность показать, что результирующее распределение нагрузок является неизменным.

6.1.4.4 Какая-либо случайная нагрузка или комбинации случайных нагрузок могут повредить гибкую трубу или привести к невозможности ее дальнейшей эксплуатации. Случаи нагружения, которые включают случайные нагрузки (например, смещения из-за отказа якорного каната или отказа подруливающего устройства) и не нарушают критериев по таблице 6, определяют предел безопасного воздействия случайных нагрузок. Некоторые случайные нагрузки (например, при пожаре или взрыве) достаточно сложно рассчитать с точки зрения критериев по таблице 6. В этих случаях следует проводить испытания для определения времени безопасной работы или других ограничений, связанных со случайной нагрузкой.

**6.2 Методология проектирования трубы**

6.2.1 Изначально и при каждом пересмотре методология проектирования трубы должна быть сформулирована специалистом или группой специалистов, ответственных за проектирование труб, определенных организацией, осуществляющей проектирование. Методология проектирования должна содержать:

a) описание теоретической основы, включая расчетные методики для проектных параметров трубы, требуемые для отчета по проектированию в соответствии с 9.4;

b) метод расчета для всех слоев трубы и компонентов;

c) верификацию теоретической основы с испытаниями прототипов; верификация должна включать прочностные характеристики всех конструктивных слоев трубы (Для контроля неответственных слоев, таких как противоизносные слои, допускается использование упрощенных методов расчета, если выбранный метод не влияет на надежность расчета напряжений других слоев.);

d) информацию по коэффициентам концентрации напряжений, используемых для стальных материалов, включая концентраторы напряжений на сопряжениях концевых фитингов, деталях хомутов и при контакте с твердыми поверхностями, допуски изготовления и зазоры, создающие нагрузки;

e) допуски при изготовлении и проектировании, напряжения, возникающие при изготовлении, сварные швы и другие факторы, которые влияют на конструкционную прочность;

f) методологии расчета срока службы, в соответствии с 6.3.4.

6.2.2 Методология проектирования должна учитывать износ, коррозию, процессы изготовления, изменения размеров, ползучесть и старение (из-за механических, химических и термических ухудшений свойств) во всех слоях, если только документально не подтверждено, что конструкция трубы не подвержена этим влияниям.

6.2.3 Должно быть показано, что колебания размеров в пределах допусков на изготовление не увеличивают значения коэффициента нагружения более, чем на 3 % значений по таблице 6.

6.2.4 Расчет толщины всех металлических слоев должен включать допуски на износ и скорость равномерной коррозии, рассчитанные для заданного срока службы.

6.2.5 Если конструкция трубы выходит за границы ранее подтвержденных конструкций, тогда изготовитель должен провести необходимое количество испытаний прототипов для подтверждения ме-

тодологии проектирования для данной новой конструкции и получения пересмотренного или дополненного отчета о верификации методологии проектирования, подготовленного независимым экспертом по верификации. Испытания прототипов новой конструкции трубы должны подтвердить соответствие назначения конструкции для тех проектных параметров, которые выходят за пределы ранее подтвержденной области. Руководящие указания по испытаниям, которые следует проводить, и рекомендации по процедурам испытаний см. в [1].

### 6.3 Проектирование конструкции трубы

#### 6.3.1 Критерии проектирования

6.3.1.1 Слои трубы следует проектировать в соответствии с критериями по таблице 6 и разделу 6.

6.3.1.2 Коэффициент нагружения внутренней оболочки, работающей под давлением, должен быть рассчитан на основе максимально допускаемой деформации полимерного материала, при соблюдении 6.3.2.1.

6.3.1.3 Коэффициент нагружения внутреннего каркаса должен быть рассчитан, как указано в 6.3.1.4, с учетом трехкратного диапазона глубины моря, определенного в таблице 6. Изготовитель должен оценить характер разрушения каркаса и армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению при потере устойчивости, а результаты расчета должны подтвердить, что слои соответствуют проектным требованиям. При расчетах гидростатического смятия каркаса могут быть учтены нагрузки, воспринимаемые армирующими слоями, обеспечивающими стойкость к давлению. Методология этого расчета должна быть задокументирована. Где применимо, изготовитель должен оценить характер разрушения при смятии при повышении давления между внутренней оболочкой, работающей под давлением, и прилегающими защитными слоями, а результаты расчета должны подтвердить, что все проектные требования выполнены.

6.3.1.4 Коэффициент нагружения для армирующих слоев, обеспечивающих стойкость к давлению и армирующих слоев, работающих на растяжение, следует рассчитывать следующим образом: коэффициент нагружения равен напряжению, деленному на конструкционную прочность, где напряжением является расчетное напряжение в конкретном слое.

Напряжение следует рассчитывать с использованием методологии проектирования, указанной в 6.2.1, при соблюдении проектных требований 6.3.2. Расчетное значение должно включать динамические нагрузки и быть основано на среднем напряжении в слое. Среднее напряжение следует рассчитывать на основе равномерного распределения суммарной нагрузки в слое по всей армирующей проволоке в слое. Конструкционной прочностью должен быть предел текучести, или 0,9 предела прочности на растяжение материала там, где испытания на растяжение может точно идентифицировать только указанную характеристику. Значение величины предела текучести или прочности, используемое при проектировании, должно быть рассчитано как среднее значение предела текучести или прочности за вычетом значений двух стандартных отклонений от среднего значения, взятых из документально оформленных данных испытаний, или минимального значения, установленного поставщиком.

6.3.1.5 Коэффициент нагружения внешней оболочки следует рассчитывать на основе максимальной допускаемой деформации при соблюдении 6.3.2.2.

6.3.1.6 MBR хранения следует рассчитывать с учетом всех требований таблицы 6. Следует рассчитывать радиус изгиба, предотвращающий нарушение связей во взаимосвязанных слоях. MBR хранения должен составлять не менее 1,1 MBR.

6.3.1.7 Величина рабочего MBR для применения в условиях статических нагрузок (все условия нагружения) должна составлять не менее 1,0 MBR хранения, а для применения в условиях динамических нагрузок (все условия нагружения) — не менее 1,5 MBR хранения. Для применения в условиях динамических нагрузок коэффициент безопасности для рабочего MBR может быть уменьшен с 1,5 до 1,25 для аномальной работы и нормальной работы со случайными нагрузками.

6.3.1.8 Расчеты усталостной долговечности (усталостной прочности) следует проводить по 6.3.4. Прогнозируемая усталостная долговечность должна составлять не менее 10-кратного срока службы. По результатам коррозионного анализа (см. 6.3.4) должно быть видно, что потеря материала из-за коррозии не приводит к увеличению коэффициента нагружения, определяемого критериями, установленными в разделе 6, при всех комбинациях нагрузок.

6.3.1.9 Возможно также использование дополнительного метода проектирования, основанного на расчете надежности. В этом случае следует учитывать все соответствующие проектные критерии. Должно быть подтверждено, что полученный при этом уровень безопасности не ниже, чем указанный в настоящем стандарте для сопоставимых проектных случаев.

**6.3.2 Требования к проектированию слоев трубы**

6.3.2.1 Внутренняя оболочка, работающая под давлением

6.3.2.1.1 Внутренняя оболочка, работающая под давлением, должна быть рассчитана для следующих случаев нагружения:

a) наиболее критические комбинации внутреннего давления, температуры, рабочего MBR и состояния полимера;

b) гидростатическое давление при температуре окружающей среды и MBR хранения.

6.3.2.1.2 В расчет следует включать влияние соответствующих факторов циклического нагружения, таких как гистерезис, релаксационная усадка, потеря пластификатора, диффузия и абсорбция флюидов в полимерную матрицу, а именно:

a) ползучесть из-за уменьшения величины зазоров в армирующем слое;

b) колебания напряжений от циклического давления и температуры, создаваемые флюидами внутри трубного канала и в трубном кольцевом пространстве, включая варианты разгерметизации трубы;

c) контактное давление от каркаса и армирующих слоев;

d) деформация из-за изгиба трубы, осевого удлинения и сжатия, скручивания и радиального расширения;

e) вес всех слоев, прилегающих к внутренней оболочке, работающей под давлением, которые не имеют независимой опоры в концевом фитинге.

6.3.2.1.3 Методология, используемая для расчета толщины внутренней оболочки, работающей под давлением, должна быть документально подтверждена протоколами испытаний или данными опыта эксплуатации и соответствовать следующим минимальным требованиям:

a) зазор между армирующими проволоками, обеспечивающими стойкость к давлению, используемый при расчете толщины стенки, должен соответствовать максимальному зазору при изгибе до рабочего MBR (до MBR хранения — для гидроиспытаний) и учитывать допуски на изготовление;

b) расчет должен учитывать уменьшение толщины полимерного слоя при изгибе до рабочего MBR (до MBR хранения — для гидроиспытаний), концентрацию напряжений из-за колебаний толщины полимерного слоя, влияние депластифицирования, набухания и старения на свойства полимерных материалов, допуски на изготовление, характеристики ползучести полимерного материала и способ заделки полимерного слоя в концевом фитинге.

6.3.2.1.4 При расчете изготовитель должен показать, что при минимальных механических характеристиках материала внутреннего слоя, максимальном зазоре между армирующими проволоками в несущем слое и максимальной величине проектной температуры и внутреннего давления разрушение из-за заполнения полимером зазоров в прилегающих металлических слоях не происходит.

6.3.2.1.5 Для применения трубы в условиях динамических нагрузок изготовитель должен иметь протоколы испытаний, документально подтверждающие, что в материале, используемом во внутренней оболочке, работающей под давлением, не возникают трещины из-за чувствительности к надрезу и концентраторов напряжения. Данное требование не применимо к защитным слоям, которые используют в многослойных конструкциях внутренней оболочки, работающей под давлением.

6.3.2.2 Внешняя оболочка

Конструкция внешней оболочки должна учитывать влияние изгиба трубы, осевого удлинения и сжатия, нагрузок кручения, наружного и внутреннего давления, монтажных нагрузок, абразивных и локальных нагрузок от вспомогательных компонентов.

6.3.2.3 Промежуточная оболочка

Если промежуточную оболочку проектируют для предупреждения утечки флюида кольцевого пространства из слоя или предупреждения поступления морской воды за этот слой, то конструкция оболочки должна соответствовать 6.3.2.1. Для применения в условиях динамических нагрузок промежуточные оболочки должны противостоять износу из-за относительного движения слоев. Следует избегать образования складок и трещин при изгибе.

6.3.2.4 Внутренний каркас

Конструкция внутреннего каркаса должна учитывать следующее:

a) потерю формы при минимальном заданном внутреннем давлении, максимальном наружном давлении, максимальной овальности трубы и изгибе трубы до допускаемого радиуса изгиба. Наружное давление принимают равным максимальному наружному давлению, воздействующему на наружную поверхность внутренней оболочки, работающей под давлением, или максимальному давлению кольцевого пространства, если оно более наружного давления;

b) усталость стального каркаса;

c) развитие трещины вдоль стального каркаса из-за напряжений, возникающих во взаимосвязанных спиралях при изгибе (Конструкция каркаса должна обеспечивать устойчивость к развитию трещин.);

d) нагрузки, возникающие при тепловом расширении и укорачивании и/или набухании внутренней оболочки, работающей под давлением;

e) эрозию и коррозию.

6.3.2.5 Армирующие элементы, обеспечивающие стойкость к давлению

Армирующие элементы, обеспечивающие стойкость к давлению, следует проектировать исходя из требуемой окружной прочности, а также необходимости обеспечения требуемой величины зазоров между проволоками и предотвращения потери взаимосвязей в слое.

6.3.2.6 Армирующие элементы, работающие на растяжение

Армирующие элементы, работающие на растяжение, следует проектировать исходя из требуемой прочности на восприятие осевых нагрузок. Конструкция должна учитывать любые требования к характеристикам при кручении, обеспечению требуемой величины зазоров между проволоками и прочности, в особенности в конструкциях труб, которые не имеют армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению.

Конструкция трубы должна быть спроектирована таким образом, чтобы регулировка торсионной упругости и характеристики прочности на сжатие трубы удовлетворяли функциональным требованиям.

6.3.2.7 Дополнительные слои

Теплоизоляционные слои следует проектировать в соответствии с 6.4.3.

Противоизносные слои следует проектировать в соответствии с 7.1.2.6. Они не должны выполнять функции герметизирующего слоя. Последствия дополнительных растягивающих армирующий слой напряжений, возникающих из-за локального разрушения противоизносного слоя, следует оценивать и документально оформлять как случайное нагружение.

Дополнительные наружные защитные слои как полимерные, так и металлические, следует проектировать для предупреждения наружного повреждения или износа внешней оболочки, на основе проектных условий, заданных заказчиком.

**6.3.3 Концевой фитинг**

6.3.3.1 Концевые фитинги следует проектировать для надежной заделки всех трубных слоев таким образом, чтобы не допустить утечки, деформацию конструкции или вытягивание проволоки или экструдированных слоев в течение срока службы трубы, принимая во внимание все соответствующие факторы, включая воздействия усадки, ползучести, старения и давления. Концевые фитинги следует проектировать для эксплуатационных условий с циклически изменяющейся температурой и давлением для конкретного применения в условиях динамических или статических нагрузок, принимая во внимание все воздействия, приведенные в 6.3.2.1. Методология проектирования для концевых фитингов должна быть документально оформлена и подтверждена протоколами испытаний и расчетом. Методология должна учитывать допуски на изготовление. Конструкция должна учитывать поддерживающие нагрузки от любых вспомогательных компонентов, прикрепленных к концевому фитингу, включая устройства жесткости на изгиб.

6.3.3.2 Конструкция концевого фитинга должна обеспечить герметичность как для внутренней оболочки, работающей под давлением, так и внешней оболочки у концевого фитинга. Конструкция обжимного/герметизирующего механизма концевого фитинга должна обеспечить такие условия, при которых комбинированная деформация, возникающая при рабочих вытягивающих нагрузках и установке на концевом фитинге уплотнительного кольца, не приведет к разрушению оболочки в течение срока службы.

6.3.3.3 В конструкции концевого фитинга осевое перемещение каркаса относительно концевого фитинга должно быть механически ограничено.

6.3.3.4 Для деталей концевых фитингов, работающих под давлением, должны выполняться неравенства:

$$\sigma_t \le n\sigma_T, \tag{1}$$

$$\sigma_a \le n\sigma_T, \tag{2}$$

где $\sigma_t$ — растягивающее окружное напряжение;

$\sigma_a$ — эквивалентное напряжение, определяемое по гипотезе изменения формы (фон Мизес) или по теории максимальных касательных напряжений (Треска);

$n$ — допустимый коэффициент нагружения по таблице 7.

Таблица 7 — Допустимые коэффициенты нагружения концевых фитингов

| Наименование коэффициента | Рабочие условия | | | Монтаж | | Гидростатические испытания — FAT и приемка в эксплуатацию |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Нормальная работа | | Аномальная работа — функциональные, нагрузки от воздействия окружающей среды и случайные | Функциональные и нагрузки от воздействия окружающей среды | Функциональные, нагрузки от воздействия окружающей среды и случайные | |
| | текущая работа — функциональные и нагрузки от воздействия окружающей среды | критическая работа — функциональные, нагрузки от воздействия окружающей среды и случайные | | | | |
| Допустимый коэффициент нагружения | 0,55 | 0,85 | 0,85 | 0,67 | 0,85 | 0,91 |

6.3.3.5 Для применения в условиях динамических нагрузок расчеты усталостной долговечности следует выполнять в соответствии с 6.3.4. Прогнозируемая усталостная долговечность должна составлять не менее 10-кратного срока службы.

6.3.3.6 Выбор материалов концевого фитинга — по разделу 7.

6.3.3.7 Толщина наплавляемого сваркой материала может быть включена в толщину стенки при расчете концевого фитинга, при условии обеспечения прочности наплавляемого сваркой материала равной или более прочности основного материала и использовании документально оформленной квалификационной процедуры сварки.

**6.3.4 Анализ срока службы**

6.3.4.1 Срок службы при применении в статическом состоянии

6.3.4.1.1 Анализ срока службы гибких труб, применяемых в условиях статических нагрузок, должен документировать свойства материалов трубы для указанного срока службы в соответствии с разделом 7. В проектных расчетах должны быть использованы минимальная прочность металлических материалов и минимальное удлинение при разрушении полимерных материалов в течение срока службы трубы. Анализ должен включать:

a) ползучесть, изменение размеров (усадка, набухание) и деформацию при разрушении в рабочих условиях;

b) коррозию и эрозию стальных компонентов.

6.3.4.1.2 Если гибкие трубы, работающие в условиях статических нагрузок, погружают в воду, то при определении коррозионного эффекта в стальных компонентах в кольцевом пространстве необходимо учитывать постоянный контакт с водой с соответствующей степенью минерализации и скорость проникновения кислорода. В зависимости от степени минерализации воды и скорости проникновения кислорода могут быть предусмотрены многослойные внешние оболочки и изоляция.

6.3.4.1.3 Срок службы при работе в условиях отсутствия сернистых соединений следует определять по 6.3.1, исходя из следующего:

a) ухудшение свойств полимерных слоев до предельного критерия при использовании критерия, который должен быть указан изготовителем;

b) местная и сплошная коррозия армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению и армирующих элементов, работающих на растяжение, приводит к уменьшению поперечного сечения и увеличению коэффициента нагружения до 0,85. Основание для этого анализа должно соответствовать 7.2.4.3.1.

6.3.4.1.4 Срок службы для работы в присутствии сернистых соединений следует определять по 6.3.1, исходя из следующего:

a) оценка срока службы — по 6.3.4.1.3;

b) конструкция должна иметь документальное подтверждение соответствия требованиям 7.2.4.2.

6.3.4.2 Срок службы гибких труб при применении в условиях динамических нагрузок

6.3.4.2.1 Для применения гибких труб в условиях динамических нагрузок должны быть соблюдены требования 6.3.4.3. Дополнительно должен быть проведен расчет на сопротивление усталости для армирующих слоев, обеспечивающих стойкость к давлению и армирующих слоев, работающих

на растяжение, учитывающий все механические и динамические воздействия, которые могут привести к накоплению усталостных повреждений в трубе при применении в условиях динамических нагрузок. Следует учитывать влияния износа, усталости, фреттинг-коррозии (коррозия при колебательном перемещении двух поверхностей относительно друг друга в условиях воздействия коррозионной среды), ухудшение свойств материалов, включая коррозию, ухудшение свойств смазки и потерю смазки. Если на участках, критических к усталости (например, на участках подвешивания и соприкосновения с поверхностью), нельзя избежать сварки армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению, то такую сварку следует контролировать на усталостные нагрузки, ожидаемые в местах сварных швов. Такую форму контроля возможно получить сравнением результатов испытаний сваренных образцов проволоки с подтвержденными характеристиками усталости (кривые «S-N» основного материала проволоки), принятыми в конструкции, или при получении кривых «S-N» для сваренной армирующей проволоки, обеспечивающей стойкость к давлению, в условиях, аналогичных кольцевому пространству.

6.3.4.2.2 Применение гибких труб в условиях динамических нагрузок следует оценивать по 6.3.4.2.5, если содержание $H_2S$ превышает значение, указанное в [6], для работы в присутствии сернистых соединений. В противном случае применение следует оценивать по 6.3.4.2.4.

6.3.4.2.3 Стальная проволока, используемая для гибких труб, может быть чувствительной к усталости при низком уровне $H_2S$, поэтому для работы при динамическом нагружении совокупное влияние $H_2S$ и переменных напряжений в воде следует оценивать в соответствии с 7.2.4.5, c).

6.3.4.2.4 Срок службы при работе в условиях отсутствия сернистых соединений следует определять по 6.3.1 следующим образом:

a) в соответствии с оценкой для применений в условиях статических нагрузок по 6.3.4.1.3;

b) для армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению и армирующих элементов, работающих на растяжение, на основе данных по 7.2.4.5;

c) основой для такой оценки должно быть кольцевое пространство райзера, сообщающееся с атмосферой и герметичное по отношению к морской воде.

Предполагаемые условия окружающей среды следует учитывать для проницаемости и разрушения армирующей проволоки из-за коррозии в присутствии $CO_2$ и воды. При необходимости следует включать проникновение кислорода в систему вентиляции. Срок службы также должен быть рассчитан для заводненного кольцевого пространства.

6.3.4.2.5 Срок службы при работе в условиях присутствия сернистых соединений следует определять по 6.3.1 следующим образом:

a) оценка должна соответствовать 6.3.4.2 для работы в условиях отсутствия сернистых соединений на основе данных по 7.2.4.4, включая оценки усталостной долговечности как для кольцевого пространства при сухой вентиляции, так и для заводненного кольцевого пространства;

b) должна быть затребована подтвержденная модель для оценки парциальных давлений $H_2S$ и $CO_2$ с соответствующим уровнем pH в кольцевом пространстве и временем для достижения предела насыщения кольцевого пространства.

6.3.4.3 Усталостный расчет

Для применения гибких труб в условиях динамических нагрузок должны быть выполнены расчеты на усталость армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению и армирующих элементов, работающих на растяжение, с использование методов Майнера и данных кривых «S-N» в соответствии с 7.2.4.5. Расчеты с использование методов Майнера не требуются, если при испытаниях в соответствии с 6.3.4.2 и 7.2.4.5, c) было показано, что все напряжения находятся ниже предела выносливости, установленного при испытаниях. Если какое-либо напряжение выше предела выносливости, то должно быть рассчитано усталостное повреждение на основе метода Майнера, с использованием кривых «S-N», которые должны быть подтверждены для проволочных материалов в соответствующих условиях окружающей среды. Расчет усталостной долговечности должен также подтвердить, что внутренняя оболочка, работающая под давлением, и внешняя оболочка обеспечат целостность при рассчитанных переменных деформациях.

6.3.4.4 Старение

Старение полиамида ПА-11 следует обосновывать с применением [7].

### 6.4 Системные проектные требования

#### 6.4.1 Общие положения

6.4.1.1 В конструкции гибкой трубы следует учитывать все системные требования, приведенные в 5.6 и в таблице 8, и принимать во внимание дополнительные требования, приведенные в 6.4.2—6.4.6. Конструкция должна иметь документальное подтверждение соответствия всем требованиям к устройствам сопряжения (интерфейсам), указанным заказчиком или изготовителем.

Таблица 8 — Системные требования к конструкции трубы

| Общее требование | Требование к выкидному трубопроводу | Требование к райзеру |
|---|---|---|
| Противокоррозионная защита | Трасса выкидного трубопровода | Конфигурация райзера |
| Термоизоляция | Направляющие и опоры | Соединительные системы |
| Вентиляция газа | Требования к защите | Крепления трубы |
| Требования к обеспечению контроля состояния трубопровода внутренними снарядами и работе системы TFL | Устойчивость на дне | Данные судна |
| Огнестойкость | Обратный выгиб | Требования к помехам |
| Связки труб | Требования к пересечениям | Случаи нагружения |
| Соединители | Крепления трубы | — |
| Определения граничных условий | Случаи нагружения | — |
| Контроль и мониторинг условий | — | — |
| Монтажные требования | — | — |
| Очистка с помощью экзотермохимической реакции | — | — |

6.4.1.2 По окончании процессов укладки в траншею, заглубления и грунтовой засыпки трубы следует контролировать для выявления обратного выгиба, сдвига и снижения несущей способности, которые возникают под действием давления и осевого теплового удлинения. Следует проанализировать влияние изменений жесткости трубы на изгиб, которые возникают с течением времени, под действием давления и температур, на нагрузки, действующие на трубу.

6.4.1.3 Для применения райзера в условиях динамических нагрузок конструкция трубы должна быть проверена на помехи/столкновения с другими компонентами системы, включая райзер, шварговые концы и жесткие поверхности, такие как понтоны.

6.4.1.4 Коэффициент трения полимер/сталь для материала внешней оболочки должен быть документально подтвержден для конструкции трубы для сжимающих нагрузок механизма натяжения и для проектирования устройств, которые крепят к трубе.

6.4.1.5 Должны быть документально подтверждены боковые и продольные коэффициенты трения полимер/грунт для внешней оболочки при проектировании устойчивости трубы на дне.

#### 6.4.2 Противокоррозионная защита

6.4.2.1 Электрохимическая коррозия

Выбор материалов должен учитывать воздействие электрохимической коррозии, если при этом существует вероятность увеличения коэффициентов нагружения выше допустимых пределов. Если имеется вероятность возникновения электрохимической коррозии, то разнородные металлы должны быть изолированы друг от друга с использованием изоляции, покрытия или иметь достаточный припуск на коррозию.

6.4.2.2 Обработка поверхности

Все наружные стальные поверхности должны быть подготовлены и изолированы антикоррозионными покрытиями в соответствии с общепризнанными международными стандартами по защите от коррозии, применимыми во всех условиях окружающей среды, указанных в разделе 5, кроме случаев документального подтверждения коррозионной стойкости материала в указанной среде.

6.4.2.3 Допуск на коррозию

6.4.2.3.1 Требования к допускам на внутреннюю и наружную коррозию следует оценивать в соответствии с месторасположением, условиями монтажа и требованиями, указанными в разделе 5. Изготовитель должен документально оформить данную оценку и ее влияние на компоненты трубы.

6.4.2.3.2 Коррозия каркаса или армирующих слоев у перехода к концевым фитингам не должна повреждать уплотнительные барьеры или фиксирующий механизм армирующего слоя.

6.4.2.3.3 Предпочтение к использованию с точки зрения допусков на коррозию могут иметь наплавка коррозионно-стойкими сплавами или применение коррозионно-стойких сплавов. Изготовитель должен иметь протоколы, документально подтверждающие применимость коррозионно-стойких сплавов для конкретных условий применения и среды.

6.4.2.4 Катодная защита

6.4.2.4.1 Конструкция системы катодной защиты должна соответствовать 5.6.1.3. Конструкция систем катодной защиты с помощью анодов, электрически соединенных с концевым фитингом трубы, требует неразрывности электроцепи между армирующими элементами, работающими на растяжение и концевым фитингом. Методология проектирования систем катодной защиты должна быть документально подтверждена. Руководящие указания по проектированию систем катодной защиты см. в [8].

6.4.2.4.2 Изготовитель должен выявить площадь поврежденной поверхности внешней оболочки и площадь поверхности армирующей проволоки, которая должна быть защищена в случае повреждения внешней оболочки, и иметь задокументированную методику, на основе которой были проведены данные расчеты.

**6.4.3 Теплоизоляция**

6.4.3.1 Материалы, используемые для теплоизоляционных слоев, следует выбирать так, чтобы общий коэффициент теплопередачи в течение срока службы не снижался до уровня ниже значения, определяемого в соответствии с 5.6.1.4.

6.4.3.2 При выборе теплоизоляционного материала ухудшение его физических и механических свойств под воздействием флюидов в кольцевом трубном пространстве должно быть документально подтверждено изготовителем протоколами проводимых испытаний в допускаемых пределах.

6.4.3.3 Проектирование системы теплоизоляции основано на предположении, что наружный защитный барьер может быть поврежден или потерять свои свойства, подвергая тем самым изолирующий материал воздействию воздуха и/или морской воды. Могут быть использованы перегородки или дополнительные полимерные оболочки для ограничения объема конструкции трубы, которая может быть заводнена. Методология проектирования, включая допущения повреждений внешней оболочки, должна быть задокументирована.

6.4.3.4 Должны быть проанализированы условия, возникающие при хранении, транспортировке, погрузо-разгрузочных работах, монтаже и эксплуатации. Анализ должен подтвердить, что постоянная деформация изолирующих слоев, возникающая от смятия устройствами натяжения, барабанами, шкивами, роликами, собственным весом и ударными нагрузками, не снижает коэффициент теплопередачи до уровня ниже указанных требований.

**6.4.4 Вентиляция газа**

6.4.4.1 Систему вентиляции газа следует проектировать в соответствии с 5.6.1.5, а также выполнением следующих требований:

a) безопасное удаление диффузионных компонентов;

b) отсутствие неконтролируемого повышения давления снаружи трубы, если труба располагается в пределах замкнутого пространства;

c) стойкость к химическому воздействию всех деталей, подвергаемых воздействию проникающего флюида и морской воды.

6.4.4.2 При проектировании системы вентиляции газа должны быть учтены следующие требования:

a) конструкция предохранительных газоспускных клапанов должна обеспечивать открытие клапана до того, как давление кольцевого пространства достигнет 50 % документально подтвержденного проектного давления разрушения разрывной мембраны. Следует указать в проектной документации, что клапан должен открыться (или разрывная мембрана должна разрушиться) до разрушения внешней оболочки при минимальном допуске на толщину стенки оболочки и изгибе трубы до рабочего MBR;

b) максимальное давление системы вентиляции в кольцевом пространстве не должно допускать смятие или вспучивание внутренней оболочки гибких труб при сбросе давления в системе;

c) разрывная мембрана не должна быть использована в качестве части системы вентиляции газа для райзерных систем;

d) предохранительные газоспускные клапаны, используемые в качестве части системы вентиляции для подводной трубы, не должны допускать поступление морской воды;

e) при использовании предохранительных газоспускных клапанов должно быть не менее двух клапанов на каждый концевой фитинг;

f) конструкция клапана должна учитывать условия обрастания морскими организмами.

6.4.4.3 Сброс газа следует выполнять через концевой фитинг трубы, если другое не указано при формировании требований по 5.6.1.5.

6.4.4.4 Конструкция всех слоев в трубе должна обеспечивать вентиляцию проникающего газа.

**6.4.5 Операции по контролю состояния гибких труб внутренними снарядами и работа системы TFL**

6.4.5.1 Гибкую трубу следует проектировать в соответствии с требованиями необходимости контроля состояния трубопроводов внутренними снарядами и работы системы TFL, ремонта скважины и других требований по 5.6.1.6. Выбор допусков на размеры, включая овальность, должен учитывать указанные требования. Руководящие указания по системе TFL см. в ***ГОСТ Р 59299*** (***ИСО 13628-3:2000***).

6.4.5.2 Первый внутренний слой (каркас или внутренняя оболочка, работающая под давлением), выбранный для конструкции трубы, не должен противоречить указанным требованиям, и изготовитель должен иметь протоколы, документально подтверждающие соответствие результатов проведенных испытаний указанным требованиям.

6.4.5.3 В конструкции трубы следует иметь плавный переход между первым внутренним слоем и концевым фитингом. Любые изменения толщины стенки, являющиеся результатом коррозии, не должны влиять на операции по контролю трубопровода внутренними снарядами. Конструкции концевых фитингов должны быть такими, чтобы изменения толщины стенки в результате коррозии не приводили к повреждению внутреннего каркаса или внутренней оболочки, работающей под давлением, в процессе операций по контролю трубопровода внутренними снарядами.

**6.4.6 Огнестойкость**

Требования пожарной безопасности к гибким трубам (в том числе к их огнестойкости) определяются в соответствии *со статьей 20 [9]*.

## 7 Материалы

### 7.1 Требования к материалам

#### 7.1.1 Общие положения

7.1.1.1 Требования раздела 7 применяют к полимерным материалам, включая добавки; к металлическому прокату плоского, круглого или фасонного сечения; к обработанным или полуобработанным компонентам концевых фитингов, в состоянии поставки изготовителю трубы поставщиками. Раздел 7 не распространяется на использование композитных материалов для конструктивных слоев.

7.1.1.2 Изготовитель должен иметь архив протоколов с результатами испытаний, которые показывают, что материалы, выбранные для указанного применения, удовлетворяют функциональным требованиям, указанным в разделе 5, в течение срока службы для заданных условий эксплуатации и монтажа. Протоколы испытаний должны подтверждать соответствие результатов испытаний требованиям 7.2. Если отсутствуют соответствующие квалификационные протоколы, изготовитель должен провести испытания в соответствии с 7.2.

7.1.1.3 Для всех материалов, включая противоизносные слои, многослойные ленты, смазки и другие вспомогательные материалы, используемые в конструкции гибкой трубы при ее изготовлении, должны существовать документальные подтверждения совместимости с морской водой и проникающими газами и жидкостями при проектных температурах. Под совместимостью можно понимать следующее: в процессе разложения данных материалов не создаются побочные продукты, оказывающие вредное воздействие на функциональные слои (такие как внутренняя оболочка, работающая под давлением) трубы. Изготовитель должен документально подтвердить, что все смазки и покрытия для противокоррозионной защиты, используемые при изготовлении трубы, являются совместимыми со всеми другими конструктивными или уплотнительными материалами в трубе.

### 7.1.2 Полимерные материалы

7.1.2.1 Общие положения

Изготовитель должен использовать документально оформленные нормы проектирования, основанные на испытаниях, в соответствии с таблицей 9, которые позволяют установить диапазон и комбинацию условий воздействия для каждого полимера, используемого во внутренней оболочке, работающей под давлением, противоизносном слое/ленте, промежуточной оболочке, внешней оболочке и изоляционном слое.

Таблица 9 — Требования к характеристикам для экструдированных полимерных материалов

| Характеристика | Испытания | Внутренняя оболочка, работающая под давлением | Промежуточная оболочка/ противоизносный слой | Внешняя оболочка | Изоляционный слой |
|---|---|---|---|---|---|
| Механические/ физические свойства | Сопротивление ползучести | x | x | x | x |
| | Предел текучести/удлинение | x | x | x | — |
| | Предел прочности/удлинение | x | x | x | x |
| | Свойства релаксации напряжений | x | — | — | — |
| | Модуль упругости | x | x | x | — |
| | Твердость | — | — | x | — |
| | Прочность на сжатие | — | — | x | x |
| | Сопротивление гидростатическому давлению | — | — | — | x |
| | Ударная вязкость | — | — | x | — |
| | Абразивная стойкость | — | — | x | — |
| | Плотность | x | x | x | x |
| | Усталость | x | x | x | — |
| | Чувствительность к надрезу | x | — | — | — |
| Теплотехнические свойства | Коэффициент теплопроводности | x | x | x | x |
| | Коэффициент теплового расширения | x | x | x | x |
| | Точка размягчения | x | x | x | x |
| | Теплоемкость | x | x | x | x |
| | Температура хрупкости (или стеклования) | x | — | x | — |
| Характеристики проницаемости | Флюидопроницаемость | x | x | x | x |
| | Сопротивление вздутию | x | — | — | — |
| Совместимость и старение | Жидкостная совместимость | x | x | x | x |
| | Испытания на старение | x | x | x | — |
| | Растрескивание под напряжением под влиянием окружающей среды | x | x | x | — |
| | Атмосферостойкость | — | — | x | — |
| | Водопоглощение | x | — | x | x |

*Окончание таблицы 9*

Примечания

1 Требования к характеристикам, указанные для изоляционного слоя, применимы для использования полимерных и неполимерных материалов.

2 Процедуры испытаний указаны в таблице 11.

3 Для вспомогательных материалов, используемых при изготовлении, требования к характеристикам отсутствуют.

4 Знак «х» обозначает «применимо», знак «—» обозначает «не применимо».

7.1.2.2 Внутренняя оболочка, работающая под давлением

7.1.2.2.1 Изготовитель должен документировать механические и теплотехнические характеристики, жидкостную совместимость и проницаемость для жидкостей материалов для внутренней оболочки, работающей под давлением, в соответствии с таблицей 9, для диапазона температур и давлений, который должен включать проектные значения.

7.1.2.2.2 Изготовитель должен документировать методы прогнозирования изменений свойств полимеров в течение указанного срока службы. Изготовитель должен иметь для контроля заказчиком протоколы испытаний и оценок свойств полимеров, подтверждающие, что используемые методы прогнозирования эффективны.

7.1.2.2.3 Если транспортируемый флюид содержит газ, то результаты испытаний полимера должны свидетельствовать об отсутствии вздутия или ухудшения свойств полимера в процессе быстрого сброса давления, происходящего при условии максимальных значений давления и температуры. Должно быть проанализировано влияние старения и набухания на проницаемость. Изготовитель должен указать критерий, который следует применять к полимеру для оценки работоспособности (хрупкость, ползучесть, усадка, набухание, пластическая деформация и т. п.) и определения применимости, используя результаты испытаний в соответствии с 7.1.2.2.2.

7.1.2.2.4 Если внутренняя оболочка, работающая под давлением, состоит из нескольких слоев, то в этой многослойной конструкции не должны быть использованы разнородные материалы, если нет протоколов испытаний, документально подтверждающих, что материалы удовлетворяют проектным требованиям для заданного ресурса и условий эксплуатации.

7.1.2.3 Промежуточная оболочка

Изготовитель должен документально подтвердить свойства материала промежуточной оболочки по таблице 9.

7.1.2.4 Внешняя оболочка

7.1.2.4.1 Изготовитель должен документально подтвердить свойства материала внешней оболочки по таблице 9.

7.1.2.4.2 Изготовитель должен провести и документально оформить оценку для подтверждения совместимости внешней оболочки со всеми проникающими флюидами, вспомогательными компонентами и условиями окружающей среды, указанными в 5.5.

7.1.2.5 Изоляционный слой

7.1.2.5.1 Для материала изоляционного слоя изготовитель должен документально подтвердить свойства по таблице 9. Коэффициент теплопроводности слоя должен быть документально подтвержден для сухих и заводненных (морская вода) условий, где применимо, и для проектных и рабочих давлений и температур. Должно быть проанализировано снижение теплотехнических свойств изоляционного слоя в течение указанного срока службы под действием давления, температуры, условий кольцевого пространства и морской воды, где этот анализ применим. Ползучесть изоляционного материала не должна приводить к потере термоизоляции так, чтобы общая термоизоляция трубы была менее проектных требований. Термин «сухие условия» означает испытания на воздухе при следующих условиях: давление на среднем уровне моря при температуре 15 °С равно 101,3 кПа/м$^2$ или 760 мм рт.ст.

7.1.2.5.2 Изготовитель должен документировать и подтверждать испытаниями, что значение прочности изоляционного материала на сжатие достаточно для выдерживания всех ожидаемых нагрузок на сжатие в соответствии с проектными требованиями 6.4.3. Заводнение кольцевого пространства не должно влиять на данное требование.

7.1.2.5.3 Испытания общих теплопроводных свойств изоляционного материала могут быть проведены по [10].

7.1.2.6 Противоизносные слои

Для материала противоизносного слоя изготовитель должен документально подтвердить свойства по таблице 9. Для применения в условиях динамических нагрузок изготовитель должен иметь протокол испытаний, документально подтверждающий, что противоизносный слой выполняет свою функцию, предотвращая износ между сопрягаемыми стальными и/или экструдированными полимерными слоями в течение указанного срока службы.

**7.1.3 Металлические материалы**

7.1.3.1 Общие положения

Выбор металлического материала должен учитывать коррозионное воздействие, соответствующее условиям окружающей среды, которые оказывают влияние на слой в течение срока службы трубы. Материалы трубы, работающие в присутствии сернистых соединений, должны быть испытаны в соответствии с 7.2.4.2. Все металлические компоненты, предусматривающие или использующие катодную защиту, должны быть изготовлены из материала, который имеет документально подтвержденную стойкость к водородному охрупчиванию в применяемой среде.

7.1.3.2 Каркас

7.1.3.2.1 Изготовитель должен документально подтвердить свойства и характеристики для каркаса, приведенные в таблице 10. Для указанного применения изготовитель должен оценить по каждой из указанных характеристик пригодность выбранного материала каркаса и иметь доступные для проверки заказчиком протоколы испытаний, документально подтверждающие пригодность материала к применению, а также критерии приемки.

Таблица 10 — Требования к характеристикам для металлической проволоки, ленты и сварным элементам

| Свойство/ характеристика | Параметр | Каркас | Армирующий элемент, обеспечивающий стойкость к давлению | Армирующий элемент, работающий на растяжение |
|---|---|---|---|---|
| Свойства сплава | Химический состав | x | x | x |
| | Микроструктура | x | x | x |
| Механические свойства | Предел текучести | x | x | x |
| | Предел прочности | x | x | x |
| | Удлинение | x | x | x |
| | Твердость | x | x | x |
| | Сопротивление усталости | x | x | x |
| | Эрозионная стойкость | x | — | — |
| Характеристики материала | Стойкость к СРН и ВР | — | x | x |
| | Коррозионная стойкость | x | x | x |
| | Трещиностойкость при катодной защите | — | — | x |
| | Химическая стойкость | x | x | x |

Примечания

1 Процедуры испытаний приведены в таблице 12.

2 В настоящей таблице знак «x» обозначает «применимо», «—» — «не применимо».

7.1.3.2.2 Если каркас подвергается воздействию инструментов, проходящих через трубу, включая внутренние контрольные снаряды, инструменты системы TFL и оборудование для ремонта скважины, то следует рассчитать или экспериментально определить скорость износа с учетом всех ожидаемых случаев. В конструкцию труб, для которых возможны высокие скорости износа и абразивное воздействие, должен быть включен дополнительный протекторный материал. Количество протекторного материала следует определять в результате расчета с использованием данных по скорости износа и ожидаемой частоты событий.

7.1.3.2.3 Если транспортируемый флюид содержит механические примеси, то изготовителю следует рассчитать скорости эрозии и эрозии/коррозии на срок службы трубы для указанных скоростей и состава флюидов, а также следует документально подтвердить, что рассчитанные скорости износа не приведут к разрушению каркаса.

7.1.3.2.4 При выборе материала каркаса следует учитывать условия монтажа, в особенности, если труба должна быть временно заполнена морской водой.

7.1.3.3 Армирующие элементы, обеспечивающие стойкость к давлению и армирующие элементы, работающие на растяжение

7.1.3.3.1 Изготовитель должен документально подтвердить свойства и характеристики армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению и армирующих элементов, работающих на растяжение по таблице 10, при соблюдении 7.1.3.2.1.

7.1.3.3.2 Для указанного применения изготовитель должен зафиксировать чувствительность к возникновению коррозии (сплошной или точечной) и к трещинообразованию (СРН, ВР, водородному охрупчиванию и фреттинг-коррозии) в материалах углеродистой стали, применяемых для армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению и армирующих элементов, работающих на растяжение, и иметь протоколы испытаний, документально подтверждающих чувствительность материалов и сварных элементов для конкретного применения.

**7.1.4 Концевые фитинги**

7.1.4.1 Металлические материалы

7.1.4.1.1 Металлические компоненты концевых фитингов для основных деталей, работающих под давлением, должны быть изготовлены ковкой или штамповкой по [11], [12], [13] или из стали F51 (дуплексная сталь). Для работы в условиях присутствия сернистых соединений металлические материалы должны соответствовать [3], [4], [5].

7.1.4.1.2 Изготовитель должен документировать химический состав, метод изготовления, термообработку и свойства на растяжение, твердость и ударную вязкость по Шарпи для металлических материалов для всех основных компонентов концевых фитингов. Химический состав следует выбирать так, чтобы компоненты соответствовали указанным свойствам после завершения всех процессов изготовления, включая сварку и термообработку сварных швов.

7.1.4.1.3 Концевые фитинги должны быть коррозионно-стойкими за счет выбора материала или комбинации соответствующего покрытия и катодной защиты. Материал для внутренних поверхностей концевых фитингов должен иметь документально подтвержденную стойкость к эрозии от воздействия механических примесей, содержащихся в транспортируемом флюиде. Все металлические компоненты, предназначенные для катодной защиты или подвергаемые катодной защите, должны быть изготовлены из материала, который имеет документально подтвержденное сопротивление водородному охрупчиванию в применяемой среде.

7.1.4.1.4 В случае необходимости применения наплавки на все поверхности, подвергаемые воздействию транспортируемого флюида, должны быть протоколы испытаний, документально подтверждающие их коррозионную стойкость. Уплотнительные кольца внутренней оболочки, работающей под давлением, и внешней оболочки, а также уплотнительные поверхности трубных слоев должны быть коррозионно-стойкими.

7.1.4.2 Эпоксидный материал

7.1.4.2.1 Эпоксидный наполнитель, используемый для заливки армирующих элементов, работающих на растяжение, должен иметь документальное подтверждение стойкости к температуре, которой подвергают концевой фитинг в процессе изготовления и работы в течение срока службы. Особое внимание должно быть уделено максимальным температурам, воздействию которых может быть подвержен концевой фитинг в замкнутых пространствах, например под огнестойкой изоляцией и устройствами жесткости на изгиб.

7.1.4.2.2 Изготовитель должен документально подтвердить прочность на сжатие эпоксидного материала при температуре от 20 °С до 25 °С, а также при проектных минимальных и максимальных температурах. Должны быть документально подтверждены: температура стеклования, совместимость с флюидами и характеристики старения эпоксидного материала. Эпоксидный материал, используемый при испытаниях, должен смешиваться и твердеть в соответствии с техническими условиями поставщика.

**7.2 Квалификационные требования**

**7.2.1 Общие положения**

7.2.1.1 Требования к испытаниям

Физические, химические и эксплуатационные характеристики всех материалов в гибкой трубе должны быть подтверждены изготовителем в соответствии с документально оформленной программой квалификационных испытаний. Программа должна подтверждать пригодность каждого материала к использованию по назначению для указанного срока службы гибкой трубы на основе результатов испытаний и расчетов. Программа квалификационных испытаний должна включать испытания, указанные в разделе 7. При проведении квалификационных испытаний материалов следует учитывать все процессы (и их изменения) изготовления трубы, которые могут ухудшить свойства и характеристики, требуемые конструкцией.

7.2.1.2 Результаты испытаний

Результаты испытаний должны быть сохранены в течение большего из двух сроков. 20 лет с момента поставки заказчику или срока службы.

7.2.1.3 Применимость

7.2.1.3.1 Квалифицированными (пригодными) должны быть признаны только материалы с указанным химическим составом и технологическим циклом (термообработка и деформация в холодном состоянии), идентичным аналогичным характеристикам материалов, которые использовали в квалификационных испытаниях.

7.2.1.3.2 Документально оформленный опыт эксплуатации может быть принят в качестве верификации длительности сохранения свойств в средах, соответствующих этому опыту, или менее суровых средах. Суровость условий среды для металлических материалов определяют по температуре, напряжениям, контактным давлениям, коррозионным средам, pH, содержанием хлоридов, нагнетаемым химическим реагентам, концентрациям $H_2S$ и $CO_2$ и другим условиям, которые изготовитель или заказчик признают неблагоприятными. Факторы окружающей среды, рассматриваемые для полимеров, должны включать температуры, напряжения, деформации, давления, концентрацию воды, ароматических соединений, спиртов, $H_2S$ и $CO_2$, воздействие УФ, кислотные условия (низкое значение pH или высокое ТКЧ) и другие условия, которые изготовитель или заказчик признают неблагоприятными.

7.2.1.4 Методы испытаний

Методы испытаний должны соответствовать 7.2. Если методы не указаны, то изготовитель может использовать свои собственные методы и/или критерии или другие, разработанные поставщиком исходных материалов. В этом случае методы и/или критерии должны быть документально оформлены, а результаты сопоставлены с указанным применением материала. Документально оформленные квалификационные свойства должны быть подтверждены независимым экспертом по верификации.

**7.2.2 Полимерные материалы**

7.2.2.1 Образцы, используемые для квалификационных испытаний

Образцы, используемые для квалификационных испытаний, должны быть взяты из экструдированного материала. Для материалов из термопластов формованные образцы не допустимы. Если полимер содержит пластификатор, то испытания должны быть проведены для определения свойств как для пластифицированного, так и для депластифицированного материала.

7.2.2.2 Полимерные материалы оболочек, изоляционных и противоизносных слоев

По программе квалификационных испытаний изготовитель должен испытать и документально оформить для полимерных материалов оболочек, изоляционных и противоизносных слоев свойства по таблице 9. Должны использовать процедуры испытаний по таблице 11. Если отсутствует процедура испытаний в соответствии с международным стандартом, изготовитель должен документально оформить процедуру испытаний.

Таблица 11 — Процедуры испытаний для экструдированных полимерных материалов

| Характеристика | Испытания | Процедура испытаний | Комментарий |
|---|---|---|---|
| Механические/физические свойства | Сопротивление ползучести | ***ГОСТ 18197*** | Из-за температуры и давления |
| | Предел текучести/удлинение | ***ГОСТ 34370*** ***ГОСТ 11262*** | — |
| | Предел прочности/удлинение | ***ГОСТ 34370*** ***ГОСТ 11262*** | — |
| | Свойства релаксации напряжений | ***ГОСТ 9982*** | — |
| | Модуль упругости | ***ГОСТ 34370*** ***ГОСТ 11262*** | — |
| | Твердость | ***ГОСТ 24621*** | — |
| | Прочность на сжатие | ***ГОСТ 4651*** | — |
| | Сопротивление гидростатическому давлению | — | — |
| | Ударная вязкость | ***ГОСТ 4647*** ***ГОСТ 19109*** | При проектной минимальной температуре |
| | Абразивная стойкость | ***ГОСТ Р 55877*** | — |
| | Плотность | ***ГОСТ Р 57713*** | — |
| | Усталость | ***ГОСТ 4648*** | Методологию ***ГОСТ 4648*** для определения эластичных свойств можно использовать в качестве базы для разработки методологии усталостных испытаний или изменить в соответствии с методологиями усталостных испытаний, разработанными изготовителями. Результаты всех испытаний, выполненных изготовителем и/или поставщиками, должны быть доступны заказчику для ознакомления |
| | Чувствительность к надрезу | ***ГОСТ 4647*** ***ГОСТ 19109*** | — |
| Теплотехнические свойства | Коэффициент теплопроводности | ***[14], [15]*** | — |
| | Коэффициент теплового расширения | ***ГОСТ 32618.2*** | — |
| | Температура деформации при нагреве | ***ГОСТ 34371*** ***ГОСТ 12021*** | — |
| | Точка размягчения | ***ГОСТ Р ИСО 306*** | — |
| | Теплоемкость | ***ГОСТ Р 55134*** ***ГОСТ Р 56754*** | — |
| | Температура хрупкости (или стеклования) | ***ГОСТ 16782*** | — |

*Окончание таблицы 11*

| Характеристика | Испытания | Процедура испытаний | Комментарий |
|---|---|---|---|
| Характеристики проницаемости | Проницаемость для флюида | 7.2.3.1 | Проводить при проектной температуре и давлении, как минимум для флюидов, содержащих $CH_4$ (метан), $CO_2$ (углекислый газ), $H_2S$ (сероводород) и $CH_3OH$ (метанол) |
| | Сопротивление вздутию | 7.2.3.2 | При проектных условиях |
| Совместимость и старение | Жидкостная совместимость | 7.2.3.3 | — |
| | Старение | 7.2.3.4 | — |
| | Растрескивание под напряжением под влиянием окружающей среды | ***[16]*** | Метод С. Только ПЭ |
| | Атмосферостойкость | — | Эффективность стабилизатора УФ |
| | Водопоглощение | ***ГОСТ 4650*** | Только изоляционный материал |

7.2.2.3 Использование поливинилхлорида в качестве изоляционного материала

Если в качестве изоляционного материала используют ПВХ, то должны быть проведены испытания на термическую устойчивость при максимальной проектной или более высокой температуре не менее 30 сут.

**7.2.3 Процедуры испытаний полимеров**

7.2.3.1 Флюидопроницаемость полимеров

7.2.3.1.1 Для испытаний на флюидопроницаемость полимеров должны быть выполнены следующие условия:

a) образец должен быть взят из экструдированной полимерной оболочки;

b) минимальная толщина — 1 мм;

c) минимальный диаметр — 70 мм;

d) температура — следует провести достаточное количество испытаний для обеспечения линейной интерполяции;

e) давление — применяют критерий для температуры (так же как для 7.2.3.1.1, d).

7.2.3.1.2 Процедура испытаний на флюидопроницаемость полимера может быть выполнена приложением давления к одной стороне образца и измерениями расхода жидкости на другой стороне в момент, когда достигают условия установившегося режима потока. Альтернативно испытания могут быть проведены с одинаковым абсолютным давлением на обеих сторонах, используя парциальное давление как движущую силу.

7.2.3.2 Сопротивление образованию вздутий

7.2.3.2.1 Испытания на сопротивление образованию вздутий должны отражать проектные требования, относящиеся в частности к свойствам флюида, давлению, температуре, количеству декомпрессий и скорости декомпрессии. Должны быть выполнены следующие условия:

a) смеси флюидов — использовать газовые компоненты заданной среды, как определено в процедуре испытаний;

b) время выдержки — использовать время, достаточное для обеспечения насыщения;

c) циклы испытаний — если допустимо, то использовать ожидаемое количество декомпрессий либо использовать не менее 20 циклов;

d) скорость декомпрессии — если допустимо, то использовать ожидаемую скорость декомпрессии либо использовать не менее 7 МПа/мин;

e) толщина — не менее толщины внутренней оболочки, работающей под давлением;

f) температура — использовать ожидаемую температуру декомпрессии;

g) давление — использовать не менее проектного давления;

h) процедура — после каждой декомпрессии образец должен быть проверен под 20-кратным увеличением на признаки вздутия, набухания и продольных разрывов.

7.2.3.2.2 Критерий приемки — отсутствие наблюдаемого образования вздутий или продольных разрывов.

7.2.3.3 Совместимость с флюидом

7.2.3.3.1 Изготовитель должен документально оформить оценку всех компонентов среды, которые воздействуют на полимер, и провести испытания для компонентов, которые могут оказывать неблагоприятное влияние на полимер. Критерии приемки должны быть подтверждены независимым экспертом по верификации.

7.2.3.3.2 Испытания на совместимость с флюидом должны быть проведены в соответствии с документально оформленными процедурами изготовителя или поставщика материала. Лабораторные испытания экструдированных образцов могут быть использованы для грубой оценки несовместимости. Эти испытания должны быть основаны на проектных условиях температуры, давления и деформации. В соответствии с процедурами по таблице 11 следует измерять/оценивать прочность на растяжение, удлинение при разрушении, внешний вид и абсорбцию флюида (увеличение массы) и десорбцию (потеря массы).

7.2.3.4 Испытания на старение

7.2.3.4.1 Изготовитель должен иметь документально оформленные модели прогнозирования старения для каждого полимера, используемого в конструкции гибкой трубы. Модели должны быть основаны на испытаниях и опыте и должны прогнозировать старение или снижение характеристик полимера под влиянием среды и условий нагружения, которые были идентифицированы в процессе испытаний как существенные. Модели старения полимеров для ПЭ должны учитывать температуру, а модели старения для ПА-11 должны учитывать температуру, обводненность и pH. Для материалов ПВДФ оценка старения должна включать влияние температуры, химической среды и механической нагрузки. Особое внимание следует уделять депластифицированию, абсорбции флюида и изменениям размеров. Ползучесть, циклическая деформация и релаксация должны быть исследованы на образцах, подвергнутых и не подвергнутых старению. Модели старения могут включать концепции накопления повреждений, основанные на временных блоках или эксплуатационных циклах температуры/давления под воздействием различных условий. Старение может быть определено изменением указанных механических свойств или указанных физико-химических характеристик, включая снижение содержания пластификатора в материале.

7.2.3.4.2 При испытаниях на сопротивление старению следует использовать типичный флюид, соответствующий указанному транспортируемому флюиду. Материалы, которые в эксплуатации подвержены растягивающим или сжимающим нагрузкам, следует испытывать в аналогичном напряженном состоянии.

**7.2.4 Металлические материалы**

7.2.4.1 Общие положения

Требования квалификационных испытаний для материалов каркаса, армирующих слоев, обеспечивающих стойкость к давлению, и армирующих слоев, работающих на растяжение, — в соответствии с таблицей 12.

Таблица 12 — Требования квалификационных испытаний для металлических материалов (каркаса, армирующей проволоки, обеспечивающей стойкость к давлению и армирующей проволоки, работающей на растяжение) и сварных элементов

| Испытания | Процедура испытаний | Комментарий |
|---|---|---|
| Химический состав | [17] | — |
| Свойства при растяжении | ГОСТ 1497 | — |
| Твердость | ГОСТ Р ИСО 6507-1 | Только работа в присутствии сернистых соединений (только армирующая проволока) |
| Стойкость к СРН и ВР | 7.2.4.2 | Для указанных сред (только армирующая проволока) |
| Коррозионная стойкость | 7.2.4.3 | Для указанных сред (только армирующая проволока) |
| Абразивная стойкость | 7.2.4.4 | Только каркас |

*Окончание таблицы 12*

| Испытания | Процедура испытаний | Комментарий |
|---|---|---|
| Сопротивление усталости | 7.2.4.5 | Только армирующие элементы, обеспечивающие стойкость к давлению и армирующие элементы, работающие на растяжение, в условиях динамических нагрузок |
| Водородное охрупчивание | 7.2.4.6 | Только армирующая проволока с $\sigma_т \geq 700$ МПа и/или $\sigma_в \geq 900$ МПа и подверженная катодной защите |
| Химическая стойкость | — | Для указанных сред |

7.2.4.2 Испытания на стойкость к сульфидному растрескиванию под напряжением и водородному растрескиванию

7.2.4.2.1 Для применения в условиях статических нагрузок в присутствии сернистых соединений пороговые пределы стойкости материала стальной проволоки к СРН и ВР следует определять по 7.2.4.2.2 и 7.2.4.2.3 в соответствии с документально оформленными критериями изготовителя.

7.2.4.2.2 При определении стойкости материала стальной проволоки к СРН и ВР проволока должна проходить испытания по [6] (СРН) при постоянном pH от 3,5 до 3,8. Пороговое напряжение при СРН следует определять путем нагружения образцов на растяжение увеличивающимися уровнями напряжений, которые дают результат испытаний типа «разрушен/не разрушен». Для армирующей проволоки, работающей на растяжение, должны быть проведены испытания на растяжение, а для армирующей проволоки, обеспечивающей стойкость к давлению, следует проводить испытания на кольце, где практически возможно, для труб диаметрами менее 152,4 мм, в противном случае следует использовать испытания на четырехточечный изгиб.

7.2.4.2.3 Изготовитель дополнительно должен продемонстрировать на основе проведения расчетов или испытаний (продолжительностью 720 ч) характер проявления СРН при фактических условиях работы материала стальной проволоки. Фактические условия работы включают эквивалентное парциальное давление $H_2S$, $CO_2$ и $CH_4$ в кольцевом пространстве, в водном растворе (не менее 3% NaCl) при давлении и температуре окружающей среды. Если изготовитель не имеет верификационную модель для расчетных условий кольцевого пространства, то следует использовать парциальное давление проходного канала трубы. Образцы, нагруженные не менее 90% их фактического предела текучести, следует испытывать при эксплуатационных условиях. Анализ эксплуатационных характеристик по этим испытаниям может быть использован для проектирования минимального ожидаемого срока службы для применения в условиях статических нагрузок совместно с результатами 7.2.4.3 и 7.2.4.4. $CH_4$ может быть заменен инертным газом.

7.2.4.2.4 Для применения в условиях динамических нагрузок материалы армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению и армирующих элементов, работающих на растяжение, следует подвергать квалификационным испытаниям, указанным в 7.2.4.5, для конкретного применения. Данные кривых «S-N» должны четко определять предел выносливости, если он существует, для материала при проектных условиях и должны быть документально оформлены или определены для условий 7.2.4.5.

7.2.4.2.5 Рабочие сварные швы совместно со стальной проволокой должны быть квалифицированы для применения в присутствии сернистых соединений.

7.2.4.3 Коррозионная стойкость

7.2.4.3.1 Для применения в условиях статических нагрузок для стальной проволоки следует проводить следующие испытания и оценку, или должна быть представлена соответствующая документация на:

a) воздействие аэрированной и деаэрированной морской воды (минимум 3% NaCl) без катодной защиты;

b) воздействие прогнозируемой среды кольцевого пространства, при эквивалентном парциальном давлении транспортируемых флюидов, без присутствия морской воды.

7.2.4.3.2 Скорость коррозии следует измерять по результатам испытаний. Скорость сплошной коррозии и возникновение точечной коррозии следует документально оформить и использовать для идентификации минимального и наиболее вероятного срока службы, с учетом ожидаемых средних эксплуатационных условий, предполагая, что кольцевое пространство трубы было заполнено морской водой в процессе монтажа.

7.2.4.3.3 Для применения в условиях динамических нагрузок стальная проволока должна быть подвержена испытаниям, определенным в 7.2.4.3.1, b). Оценку коррозии в течение срока службы следует основывать на том, что кольцевое пространство трубы не заполнено водой.

7.2.4.4 Эрозионная стойкость

Изготовитель должен обосновать посредством испытаний или аналитических данных, основанных на испытаниях, что первый внутренний слой имеет достаточную эрозионную стойкость, соответствующую проектным требованиям для указанного срока службы при соблюдении требований 7.1.3.2.3 (см. [1] по рекомендациям для эрозионных испытаний).

7.2.4.5 Сопротивление усталости

Для применения в условиях динамических нагрузок для стальной проволоки следует проводить перечисленные ниже испытания и их оценку, или должна быть представлена соответствующая документация. Рекомендации по усталостным испытаниям и их интерпретации см. в [1]. Данные кривых «S-N» должны быть документально оформлены или определены для перечисленных условий:

a) на воздухе при атмосферном давлении и температуре от 12 °C до 23 °C с обезжиренной проволокой в прокатанном состоянии в соответствии с техническими условиями изготовителя;

b) в морской воде (минимум 3% NaCl) при атмосферном давлении и температуре от 12 °C до 23 °C с обезжиренной катаной проволокой в соответствии с техническими условиями изготовителя;

c) в прогнозируемой среде кольцевого пространства для соответствующих транспортируемых флюидов с обезжиренной катаной проволокой в соответствии с техническими условиями изготовителя.

7.2.4.6 Водородное охрупчивание

Армирующие элементы, работающие на растяжение, должны быть подвержены испытаниям для подтверждения того, что потенциальное выделение водорода, возникающее при катодной поляризации, не приводит к водородному охрупчиванию. Испытания следует проводить на обезжиренных образцах проволоки, погруженных в морскую воду (минимум 3% NaCl), с приложенным максимальным отрицательным катодным потенциалом. Проволока должна быть подвержена воздействию напряжения до максимального уровня, ожидаемого при эксплуатации. Катодная поляризация должна быть приложена в течение 150 ч. После испытаний должен быть проведен контроль для подтверждения отсутствия на образцах проволоки образования трещин или вздутий.

**7.2.5 Концевой фитинг**

7.2.5.1 Металлические материалы

7.2.5.1.1 Испытательные образцы, используемые для квалификационных испытаний металлических материалов компонентов концевых фитингов, должны соответствовать 7.2.5.1.2 и 7.2.5.1.3. В соответствии с указанной процедурой и программой квалификационных испытаний должны быть определены следующие свойства и характеристики металлических материалов для основных компонентов концевых фитингов:

a) химический состав — по [17];

b) свойства при растяжении — по ГОСТ 1497;

b) ударная вязкость по Шарпи — по 7.2.5.1.4 и 7.2.5.1.5;

d) твердость — по 7.2.5.1.6;

e) стойкость к СРН и ВР — по 7.1.4.1.1.

Если указаны концевые фитинги из дуплексной стали, то их следует испытывать на стойкость к точечной коррозии в соответствии с [18], метод А.

7.2.5.1.2 Механические свойства поковок должны определяться на испытательных образцах, которые демонстрируют свойства реального компонента из одной плавки и одной садки термообработки и которые имеют тот же коэффициент укова. Образцы для испытаний должны быть отобраны из места с наибольшей толщиной стенки на расстоянии 1/4*t* от наружного диаметра, где *t* является толщиной компонента.

7.2.5.1.3 Если компоненты концевых фитингов различного размера из одной партии, то достаточно провести испытания только наибольшего размера для контроля соблюдения требований к прочности, предъявляемых ко всем размерам.

7.2.5.1.4 Испытания на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом по Шарпи — в соответствии с ***ГОСТ Р ИСО 148-1*** для углеродистых или низколегированных стальных поковок. По возможности должны быть использованы полноразмерные образцы с V-образным надрезом по Шарпи в соответствии с ***ГОСТ Р ИСО 148-1***. Надрез должен быть перпендикулярен к поверхности. Температура испытаний: минус 20 °C или минимальная проектная температура, если она ниже минус 20 °C. Количество поглощаемой образцами энергии должно соответствовать техническим условиям изготовителя,

в которых должно быть указано минимальное количество энергии, поглощаемое одним образцом, и минимальное среднее количество энергии, поглощаемое тремя образцами, приемлемые размеры которых должны быть 10×10 мм, 10×7,5 мм и 10×5 мм.

7.2.5.1.5 Испытания на ударный изгиб необходимы только для стальных материалов с толщиной более 6 мм и минимальной проектной температурой ниже 0 °С, если указано заказчиком.

7.2.5.1.6 Измерения твердости поковок из углеродистой стали и коррозионно-стойких наплавок следует проводить в соответствии с ***ГОСТ 9012, ГОСТ 9013*** или ***ГОСТ Р ИСО 6507-1***. Результаты должны соответствовать техническим условиям изготовителя, которые должны отличаться по применению в присутствии сернистых соединений и без них. Для работы в присутствии сернистых соединений значения твердости должны соответствовать [3], [4], [5].

7.2.5.2 Эпоксидный материал

Образцы эпоксидной смолы для испытаний следует отливать, и они должны твердеть при той же температуре и условиях влажности, что и при заполнении концевых фитингов. Требования квалификационных испытаний для затвердевшей эпоксидной смолы следующие:

a) прочность на сжатие — по ***ГОСТ 4651*** или предел прочности при скалывании — по 7.2.5.3;

b) температура стеклования — по ***ГОСТ 16782***;

c) совместимость с флюидом — по 7.2.3.3;

d) испытание на старение — по 7.2.3.4;

e) степень отверждения — ДСК по ***ГОСТ Р 57697.***

7.2.5.3 Определение предела прочности при скалывании

7.2.5.3.1 Изготовитель должен иметь документально оформленные процедуры для оценки предела прочности эпоксидного материала при скалывании. Образцы эпоксидной смолы для определения предела прочности при скалывании следует отливать, и они должны твердеть при той же температуре и условиях влажности, что и при заполнении концевых фитингов.

7.2.5.3.2 Должно быть определено соотношение между пределом прочности на скалывание и температурой затвердевшего эпоксидного материала.

### 7.3 Требования к обеспечению качества

#### 7.3.1 Общие положения

7.3.1.1 Все материалы, используемые в конструкции гибкой трубы, следует применять в соответствии с техническими условиями на материалы или соответствующими стандартами. Технические условия должны включать измеряемые физические, механические, химические и эксплуатационные характеристики и допуски.

7.3.1.2 Все поставщики изготовителя должны иметь документально оформленную систему обеспечения качества.

7.3.1.3 Материалы должны быть сертифицированы в соответствии с ***ГОСТ 31458*** (документ 3.1) или в соответствии с [19] (сертификат 3.1В). Материалы должны быть испытаны на производственной базе поставщика или изготовителя в соответствии с требованиями и процедурами, указанными в таблице 13. Результаты испытаний должны быть записаны в протоколах испытаний материалов.

Таблица 13 — Минимальные требования к испытаниям при контроле качества исходных материалов

| Материал | Испытания | Периодичность | Комментарий |
|---|---|---|---|
| Полимеры | Состав | Одно на партию | Измерения процента по массе всех добавок, включая пластификаторы и УФ-стабилизаторы |
| | Вязкость | Одно на партию[1)] | Материал оболочек (только ПА-11); процедура по ***ГОСТ 11034*** |
| | Экстрагируемые вещества | Одно на партию | Применимо только к пластифицированным материалам |
| | Примеси | Одно на партию | Материал оболочек[2)] (за исключением пигментированных пластмасс) |
| | Плотность | Одно на партию | Материал оболочек (только ПЭ); процедура по ***ГОСТ Р 57713*** |

*Окончание таблицы 13*

| Материал | Испытания | Периодичность | Комментарий |
|---|---|---|---|
| Полимеры | Индекс текучести расплава | Одно на партию[1)] | Материал оболочек; процедуры по ***ГОСТ 11645*** |
| Металлическая проволока и полоса | Химический состав | Одно на партию | Вся проволока и полоса |
| | Растяжение | Два на бухту[3)] | Вся проволока |
| | Изгиб | Два на бухту | Вся проволока |
| | Измерения твердости | Два на бухту | Вся проволока |
| | Размеры | Два на бухту | Вся проволока; начало и конец бухты; процедуры [20] |
| Концевые фитинги | Химический состав | Одно на партию[4)] | Материал корпуса |
| | Растяжение | Два на партию | Материал корпуса |
| | V-образный надрез по Шарпи | Один комплект на партию | Материал корпуса; в соответствии с 7.2.5.1.4 и 7.2.5.1.5 |
| | Измерения твердости | Одно на партию | Материал корпуса; в соответствии с 7.2.5.1.6 |
| | Радиография | Одно | Только сварная шейка |
| Эпоксидная смола | Сжатие | — | По 8.6.4.2 |

[1)] Требуются измерения вязкости либо индекс текучести расплава.

[2)] Пигментированные пластмассы не могут быть оценены на примеси.

[3)] Бухтой является проволока непрерывной длины, полученная из одного процесса формовки и партии термообработки. Если промежуточные сварные швы, используемые для соединений секций бухты для транспортировки, были квалифицированы субподрядчиком в соответствии с процедурами изготовителя, то эти сварные швы могут быть сохранены при навивке на трубу. Если эти сварные швы не были квалифицированы, то они должны быть отрезаны от бухты при навивке трубы.

[4)] Партия концевых фитингов должна состоять из фитингов одной плавки, одной садки термообработки.

7.3.1.4 Результаты испытаний должны удовлетворять техническим условиям изготовителя. Результаты всех испытаний, выполненных изготовителем и/или поставщиками, должны быть доступны для проверки заказчиком.

7.3.1.5 Для внутренней оболочки, работающей под давлением, полимеры должны быть полностью материалами первичного изготовления, не содержащими повторно измельченные или другие предварительно обработанные материалы.

7.3.1.6 Требования и критерии для состояния поверхности проволоки и профилированной полосы должны быть разработаны и документально оформлены изготовителем. Металлические материалы должны иметь качество поверхности, свободное от трещин и участков повышенной твердости.

**7.3.2 Требования к документации**

7.3.2.1 Оформленные в установленном порядке технические условия изготовителя на полимерные и металлические материалы должны включать требования таблицы 14.

Таблица 14 — Требования технических условий на материалы

| Требование | Металлические материалы | Полимерные материалы |
|---|---|---|
| Требования к составу материала, с допусками | x | — |
| Общий базовый полимер (в соответствии с [21]) | — | x |
| Требования к физическим и механическим свойствам | x | x |
| Допускаемые режимы плавки и формовки | x | — |

*Окончание таблицы 14*

| Требование | Металлические материалы | Полимерные материалы |
|---|---|---|
| Процедуры термообработки | x | — |
| Требования к хранению и контролю старения | x | x |
| Требования НК | x | x |
| Критерии приемки и/или отбраковки | x | x |
| Требования к сертификации и регистрации | x | x |
| Требования к маркировке, упаковке, погрузочно-разгрузочным операциям и прослеживаемости | x | x |
| Примечание — Знак «x» обозначает «применимо», «—» — «не применимо». | | |

7.3.2.2 Технические условия для эпоксидных материалов концевых фитингов должны включать торговую марку, сорт и цвет смолы и отвердителя, коэффициент смешивания, предельный срок хранения, температуру формования и время отвердевания.

**7.3.3 Хранение**

7.3.3.1 План качества изготовления должен содержать процедуры для погрузочно-разгрузочных работ, хранения и контроля исходных материалов, необходимые для определения чистоты, остаточного влагосодержания, отсутствия примесей и обеспечения контроля материала в процессе каждого этапа изготовления.

7.3.3.2 Все исходные полимерные материалы должны быть упакованы насыпью в герметичных контейнерах, имеющих влагонепроницаемую облицовку (только водопоглощающие материалы) с вакуумированием напрямую в механизмы загрузочных бункеров/сушильных устройств для предупреждения попадания загрязнений. У поврежденных упаковок следует проверять загрязненность материала. Загрязненный материал должен быть отбракован.

**7.3.4 Прослеживаемость**

Материалы следует подвергать контролю и надлежащим образом маркировать для удобства их идентификации. Для полимерных материалов должен быть указан тип полимера, а также наименование и обозначение поставщика. Маркировка основных металлических компонентов концевых фитингов должна обеспечивать контроль стадий процесса их изготовления до получения основного материала.

## 8 Требования к изготовлению

### 8.1 Требования к обеспечению качества

**8.1.1 Общие положения**

8.1.1.1 Технологические операции следует выполнять в соответствии с техническими условиями изготовителя, утвержденными в установленном порядке, которые должны соответствовать требованиям настоящего раздела. Специальные процессы, включая сварку, термообработку и нанесение покрытий, следует выполнять в соответствии с 8.7. Изготовитель должен вести квалификационную документацию по проведению специальных процессов для проверки заказчиком.

8.1.1.2 НК должен быть выполнен в соответствии с требованиями ***ГОСТ Р ИСО 9934-1*** (магнитопорошковый контроль), ***ГОСТ Р ИСО 3452-1*** (контроль проникающей жидкостью), ***ГОСТ Р ИСО 16810*** и ***ГОСТ Р ИСО 16811*** (ультразвуковой контроль) и ***ГОСТ 20426*** (радиографический контроль).

8.1.1.3 Требования к управлению качеством материалов, используемых при изготовлении труб, должны соответствовать 7.3.

**8.1.2 Документация**

8.1.2.1 Все технологические процессы, которые преобразуют свойства материалов или влияют на них, включая экструдирование, сварку и пластическую деформацию металлов, должны быть приведены в технических условиях изготовителя. Технические условия должны включать описание области применения, пределы критических технологических параметров, методы контроля и испытаний и критерии приемки/отбраковки. Технические условия изготовителя должны быть согласованы инженерно-

техническим и производственным персоналом, назначенным изготовителем. Технические условия изготовителя должны служить контрольными документами и должны быть легкодоступны для оператора производственного оборудования.

8.1.2.2 Техническая документация изготовителя должна быть доступна для проверки заказчиком и содержать следующее:

a) описание процедур изготовления, включая управление качеством и НК, для полностью изготовленной гибкой трубы, а именно, всех слоев, подслоев, смазок, обмоток, концевых фитингов и любых других элементов, являющиеся неотъемлемыми частями конечного продукта (Процедуры для специальных процессов должны быть документально оформлены);

b) техническая документация должна включать ссылки на технические условия и документы поставщиков материалов, используемых при изготовлении гибкой трубы, включая материалы, используемые для изготовления слоев, и таких материалов, как смазки, коррозионно-стойкие материалы, противоизносные слои и неметаллические обмотки;

c) изготовитель должен документально оформить все параметры, относящиеся к качеству конечного продукта, которые возможно контролировать в процессе изготовления (Должны быть указаны номинальные значения величин параметров и их диапазон).

8.1.2.3 Изготовитель должен сохранять в течение срока службы трубы всю документацию, относящуюся к изготовлению трубы, включая производственные протоколы, сертификаты, документацию по контролю и FAT.

**8.1.3 Текущий контроль**

Все основные этапы процесса изготовления должны являться объектами контроля. План качества изготовления должен указывать контрольные точки, методы контроля и критерии приемки. Результаты всех контрольных процедур должны быть зарегистрированы. Изготовитель должен регистрировать каждое несоответствие, выявленное в процессе изготовления трубы. Текущий контроль при возможности следует выполнять для следующих процессов изготовления:

a) каркас — подготовка и намотка плоских стальных полос, сварка секций плоских стальных полос, изготовление, холодная формовка каркаса, намотка взаимосвязанного каркаса, предварительный нагрев и сушка до начала экструдирования;

b) полимерные слои — сушка пеллет, экструдирование и охлаждение полимера, и наматывание на трубы, покрытые оболочкой;

c) армирующие элементы, обеспечивающие стойкость к давлению — подготовка плоской или профильной проволоки, подача трубы, намотка армирования, обеспечивающего стойкость к давлению, сварка профильных и плоских проволочных секций и намотка бухты;

d) армирующие элементы, работающие на растяжение — подготовка плоской или профильной проволоки, подача трубы, намотка армирующей проволоки, сварка армирующей проволоки, нанесение обмотки и намотка бухты.

**8.1.4 Погрузочно-разгрузочные операции в процессе изготовления**

8.1.4.1 Изготовитель должен иметь документально оформленные процедуры для погрузочно-разгрузочных операций промежуточной и конечной продукции в процессе изготовления, упаковки и хранения. Процедуры должны включать требования к назначению допустимых абразивных и механических повреждений трубы, допусков на скручивание, искривление и смятие при наматывании/разматывании трубы на барабан и карусельное устройство или в процессе сборки с концевыми фитингами.

8.1.4.2 Состояние всех барабанов и карусельных устройств должно быть таким, чтобы возникающие повреждения в трубе находились в допускаемых пределах, указанных в документально оформленных процедурах для погрузочно-разгрузочных операций.

8.1.4.3 Гусеничные направляющие натяжного устройства и другое погрузочно-разгрузочное и складское оборудование не должно повреждать полимерные экструдированные слои так, чтобы уменьшение толщины слоя было ниже допусков, указанных в 8.8. Поверхностные дефекты полимерных слоев, включая надрезы, вмятины и другие концентраторы напряжений, образующиеся в результате погрузочно-разгрузочных операций, должны соответствовать требованиям 8.3.2.1.1.

8.1.4.4 Изготовитель должен использовать документально оформленные процедуры для перемотки плоской или профильной проволоки с барабана, поставляемого поставщиком, на барабан или бобину изготовителя.

8.1.4.5 Процедуры изготовителя должны включать план контроля и приведения в исправное состояние фасонных инструментов и валков.

**8.2 Каркас**

**8.2.1 Общие положения**

8.2.1.1 Профиль каркаса следует контролировать в начале и конце производственного цикла. Он должен соответствовать документально оформленным критериям приемки. Необходимо предупреждать процесс образования острых кромок в сформованном каркасном слое.

8.2.1.2 Для каркасных слоев, изготавливаемых секциями, процедуры соединения секций должны быть рассчитаны на все нагрузки, ожидаемые в местах расположения этих соединений, и документально оформлены. Изготовителю следует обеспечить использование минимального количества сварных соединительных швов каркаса гибкой трубы.

**8.2.2 Контроль и критерии приемки**

8.2.2.1 Необходимо проводить визуальный контроль наружной поверхности сформированных каркасов и армирующих слоев на наличие внешних дефектов, таких как вмятины, трещины, царапины, обрезки, бороздки, коррозия, окалина, участки с измененным цветом (загрязненные места, перегревы, коррозионные пятна и т.п., за исключением сварных швов), деформированные или выгнутые профили полосы или проволоки и значительные задиры. Каркасные профили дополнительно следует проверять на отсутствие сцепления.

8.2.2.2 В начале производственного цикла следует измерить наружный диаметр и овальность каркаса и контролировать сцепления с периодичностью, которая определена изготовителем. Все результаты следует регистрировать. Они должны соответствовать техническим условиям изготовителя, которые должны удовлетворять требованиям 8.8.

8.2.2.3 Для каркасных секций, которые изготавливают не на шаблоне, внутренний диаметр следует измерять и регистрировать значения через каждые 10 м. Значения должны находиться в допускаемых пределах, указанных в 8.8. Для каркаса, который формуют на внутренней оболочке, работающей под давлением, или на внешней оболочке, следует измерять наружный диаметр, если невозможно измерить внутренний диаметр.

**8.3 Экструзия полимера**

**8.3.1 Общие положения**

8.3.1.1 Экструзия термопластичного материала должна быть выполнена в соответствии с документально оформленными процедурами изготовителя. Каждую экструзию следует контролировать в соответствии с утвержденной технологической картой наладки, которая содержит установочные данные по всем значимым переменным характеристикам для материала и размера изделия. Изготовитель должен иметь протоколы, документально подтверждающие, что при экструзии не возникает дефектная волнистость в слое полимерного материала и толщине стенки.

8.3.1.2 Изготовителю следует обеспечивать выполнение процесса экструзии на нижележащий слой, поверхность которого соответствует процедурам экструзии изготовителя.

8.3.1.3 В процессе экструзии следует контролировать и регистрировать следующие технологические параметры, которые должны соответствовать техническим условиям изготовителя:

a) температуру и давление (или точку росы) оборудования, контролирующего влажность исходного материала;

b) скорость подающего шнека экструдера (или число оборотов шнека в минуту);

c) температуру цилиндров экструдера;

d) давление цилиндров экструдера;

e) температуру экструзионных головок;

f) давление в экструзионных головках;

g) скорость перемещения;

h) температуру охлаждающей воды.

8.3.1.4 Изготовитель должен до начала процесса экструзии проверить и обеспечить, чтобы показатели содержания влаги в гигроскопических материалах находились в пределах допусков, указанных поставщиком. Если используют полиамид марки ПА-11, то содержание влаги должно быть определено в соответствии с ***ГОСТ 11736*** и должно соответствовать техническим условиям изготовителя.

8.3.1.5 Процедуры и инструмент, используемые для перфорирования промежуточных слоев для процессов вентиляции газа, не должны создавать дефекты в промежуточных слоях, с учетом требований 8.2.2.1. Предпочтительным является перфорирование путем плавления нагретой инструментальной оснасткой.

**8.3.2 Контроль и критерии приемки**

8.3.2.1 Визуальный контроль

8.3.2.1.1 Технические условия изготовителя должны содержать документально оформленные критерии приемки для поверхностных дефектов в зависимости от категории (индивидуальной или групповой), размера, позиции по толщине материала, расстояния между дефектами и количества дефектов. Визуальный контроль внешней поверхности полимерных слоев следует выполнять для идентификации поверхностных дефектов, включая пропуски, пузыри, включения (темные пятна), изменения цвета, неровности поверхности, экструзионные линии расслоения, царапины от матрицы, потеки от матрицы, надрезы и вмятины. Все поверхностные дефекты должны удовлетворять критериям приемки, указанным изготовителем.

8.3.2.1.2 Максимальные размеры каждого дефекта или комбинации дефектов должны быть такими, чтобы общая оставшаяся неповрежденная толщина слоя была не менее минимальной проектной толщины.

8.3.2.2 Измерения размеров

Измерения толщины и диаметра экструдированных слоев следует регистрировать через каждые 10 м для первых 50 м. Далее толщину и диаметр измеряют и регистрируют с периодичностью, которая подтверждена изготовителем. Измерения выполняют после процесса охлаждения.

8.3.2.3 Требования к испытаниям

8.3.2.3.1 При экструзии на металлический слой экструдированную внутреннюю оболочку, работающую под давлением, следует подвергать непрерывным высоковольтным электроискровым испытаниям или эквивалентным испытаниям, предназначенным для обнаружения отверстий размером не более 1 мм. До начала экструзии электроискровой дефектоскоп должен быть откалиброван на тип экструдируемого полимерного материала и толщину слоя. Детектор должен быть снабжен звуковой сигнализацией.

8.3.2.3.2 Для каждой экструзии слоев внутренней оболочки, работающей под давлением, и внешней оболочки необходимо провести испытания не менее трех образцов из начальной и конечных экструзионных секций на предел прочности и удлинения при разрушении в соответствии с процедурами, указанными в таблице 11. Образцы следует выдержать при температуре окружающей среды не менее 6 ч. Все результаты испытаний должны быть занесены в протоколы испытаний и должны соответствовать техническим условиям изготовителя.

**8.4 Армирующие слои, обеспечивающие стойкость к давлению, и армирующие слои, работающие на растяжение**

**8.4.1 Общие положения**

8.4.1.1 Изготовитель должен иметь документально оформленные процедуры по намотке на трубу армирующих слоев, обеспечивающих стойкость к давлению, и армирующих слоев, работающих на растяжение, обеспечивающие укладку плоской, круглой и профильной проволоки в соответствии с проектными требованиями. Процедуры должны включать требования к состоянию проволоки до намотки и к состоянию завершенного слоя, чтобы данный слой, а также нижележащие и вышележащие слои удовлетворяли требованиям технических условий изготовителя.

8.4.1.2 Процедуры должны указывать все параметры и допустимые отклонения, которые следует контролировать и регистрировать с периодичностью, определенной изготовителем. Регистрируемые значения должны соответствовать техническим условиям изготовителя. Должны быть измерены диаметр и шаг (для угла намотки).

8.4.1.3 Все сварные швы должны быть расположены в шахматном порядке по длине трубы в соответствии с техническими условиями изготовителя, в которых должны быть указаны минимальные расстояния между сварными швами.

8.4.1.4 Следует избегать расположения сварных швов на армирующей проволоке, обеспечивающей стойкость к давлению в критических усталостных зонах (например, зоны подвешивания и касания с дном).

**8.4.2 Контроль и критерии приемки**

8.4.2.1 Армирующие слои, обеспечивающие стойкость к давлению, и армирующие слои, работающие на растяжение, должны быть подвержены визуальному контролю в соответствии с 8.2.2.1.

8.4.2.2 Наружный диаметр армирующего слоя следует измерять и регистрировать через каждые 10 м для первых 50 м, а далее с периодичностью, которая определена изготовителем. Результаты

должны находиться в допускаемых пределах, указанных в 8.8. Армирующие слои следует дополнительно контролировать для выявления проволоки с острыми кромками, проволоки с отслаиванием и скрученной проволоки.

### 8.5 Противоизносные и изоляционные слои

#### 8.5.1 Общие положения

Изготовитель должен обеспечить, чтобы противоизносные слои, ленточные слои, используемые с производственными целями, и изоляционные слои накладывали в соответствии с документально оформленными процедурами. Процедуры должны включать требования к управлению и контролю за наложением лент и нахлестом экструдированных профильных полос, а также содержать критерии приемки для поверхностных дефектов.

#### 8.5.2 Контроль и критерии приемки

8.5.2.1 Наружная поверхность противоизносных и изоляционных слоев должна быть подвержена визуальному контролю по всей длине на наличие поверхностных дефектов, включая повреждения, деформацию, складки и отсутствие зацепления (для профильных изоляционных полос). Выявленные поверхностные дефекты должны соответствовать техническим условиям изготовителя. Не допускается отсутствие зацепления в слоях профильных изоляционных полос.

8.5.2.2 Наружный диаметр следует измерять и регистрировать через каждые 10 м для первых 50 м и далее с периодичностью, которая определена изготовителем. Результаты должны находиться в допускаемых пределах, указанных в 8.8.

### 8.6 Концевой фитинг

#### 8.6.1 Общие положения

Все операции по изготовлению, машинной обработке, сборке и контролю концевых фитингов должны быть выполнены в соответствии с техническими условиями изготовителя, которые должны удовлетворять требованиям настоящего подраздела. Все операции с фитингами должны быть выполнены квалифицированным персоналом (слесарями-сборщиками концевых фитингов) в соответствии с утвержденными процедурами изготовителя. Квалификационные требования к концевым фитингам должны быть документально оформлены и доступны для проверки заказчиком.

#### 8.6.2 Сборка

8.6.2.1 Перед монтажом концевого фитинга на трубу вся обжимаемая поверхность должна быть очищена, высушена и визуально осмотрена с подтверждением соответствия требованиям технических условий изготовителя.

8.6.2.2 На участке трубы, подвергаемом машинной обработке в процессе подготовки внутренней оболочки, работающей под давлением, под уплотнительное кольцо концевого фитинга, недопустимо образование надрезов или уменьшение толщины оболочки до значения величины ниже минимальной проектной толщины. Должны быть указаны критерии приемки на овальность, изменение толщины стенки и шероховатость поверхности на этом участке.

8.6.2.3 Должны быть разработаны и зафиксированы в соответствующей документации устройства контроля для обеспечения того, чтобы в процессе сварочных операций не допустить перегрева эпоксидных или полимерных слоев.

8.6.2.4 Перед смешиванием эпоксидной смолы все оборудование, необходимое для операции заполнения, должно быть проверено на правильность функционирования. Смешивание и твердение эпоксидной смолы должно соответствовать техническим условиям изготовителя. Заполнение следует выполнять таким образом, чтобы не допустить возникновения пустот. Эпоксидный материал не должен закупоривать дренажные газовые каналы в концевых фитингах.

#### 8.6.3 Контроль и критерии приемки

8.6.3.1 Для сборки концевого фитинга должен быть предусмотрен этап технологического процесса, при котором выполняют визуальный контроль, контроль размеров и идентификацию компонентов. Результаты всех проверок должны быть документально оформлены.

8.6.3.2 Для компонентов, требующих определенное усилие затяжки или крутящий момент, должно быть подтверждено с использованием соответствующего калибровочного оборудования, что указанное значение было получено.

8.6.3.3 Изготовитель должен использовать документально оформленную квалификационную процедуру, которая подтверждает, что в концевой фитинг было закачено достаточное количество эпоксид-

ной смолы, так что в концевом фитинге не должно оставаться пустот, которые могли бы повлиять на его функциональные характеристики. Рекомендуется контролировать закачиваемый объем путем измерений массы закачиваемой эпоксидной смолы.

**8.6.4 Требования к испытаниям**

8.6.4.1 Должны быть соблюдены следующие минимальные требования к испытаниям и контролю основных компонентов концевого фитинга, и все результаты должны соответствовать техническим условиям изготовителя:

a) все поверхности — визуальный контроль в объеме 100 %;

b) углеродистые и низколегированные стальные поверхности — магнитопорошковый контроль или капиллярный контроль (контроль проникающей жидкостью), если геометрия не допускает магнитопорошковый контроль в объеме 100 %;

c) поверхности наплавок — капиллярный контроль в объеме 100 %;

d) корпуса концевых фитингов — ультразвуковой контроль в объеме 100 %;

e) кольцевые стыковые сварные соединения — радиографический контроль в объеме 100 %.

8.6.4.2 По завершении нагнетания эпоксидной смолы должны быть взяты не менее трех образцов из той же смеси, что использовали для концевого фитинга. Результаты испытаний образцов на прочность при сжатии, проведенные в соответствии с ***ГОСТ 4651***, должны находиться в допускаемых пределах, указанных изготовителем для затвердевшей эпоксидной смолы.

**8.6.5 Соединители**

Все соединители концевых фитингов и компоненты должны соответствовать ***ГОСТ Р 51365, ГОСТ Р ИСО 13628-4***, другим общепринятым отраслевым стандартам и требованиям заказчика, и должны соответствовать 5.6.1.9.

**8.7 Специальные процессы**

**8.7.1 Сварка**

8.7.1.1 Квалификация

8.7.1.1.1 Все сварочные операции должны выполнять квалифицированные сварщики в соответствии с утвержденными процедурами изготовителя. Операционные карты сварки, отчеты о квалификации операций сварки и квалификационные удостоверения сварщиков должны быть доступными для проверки заказчиком. Заказчик должен иметь доступ к присутствию при проведении квалификации всех сварочных операций и квалификационных испытаний сварщиков и должен быть своевременно проинформирован изготовителем об их проведении. Сварщики и операции сварки должны быть квалифицированы в соответствии с одним из следующих стандартов: ***ГОСТ Р ИСО 9606-1***, [22]—[26]. Сварочные операции должны включать критерии приемки/отбраковки.

8.7.1.1.2 Квалификационные испытания плоской, круглой и профильной проволоки, предназначенной для использования при отсутствии сернистых соединений, должны включать визуальный контроль, магнитопорошковый контроль, два испытания на растяжение и испытания на изгиб с двухсторонним закреплением или с боковыми направляющими. Результаты испытаний на растяжения сварных швов должны подтверждать значение предела прочности не менее минимального допускаемого значения на растяжение сварного шва, установленного изготовителем для проектного применения. Минимальные значения на растяжение должны быть включены в операционные карты сварки. Диаметр направляющей оправки для испытаний на изгиб должен быть таким, чтобы можно было приложить достаточное механическое напряжение к сварной зоне для определения качества сварки. Для работы в присутствии сернистых соединений в дополнение к вышеприведенным испытаниям должны быть проведены исследования макротемплета и твердости. Макротемплет должен быть отполирован, протравлен и исследован не менее, чем при 10-кратном увеличении. Измерения твердости должны быть выполнены на аналогичном образце. Не менее одного испытания должно быть выполнено на линии или границе сплавления, в зоне термического влияния, на границе зоны термического влияния и на основном металле, не подвергнутом воздействию. Измерения твердости следует проводить по HV5 или HV10 (***ГОСТ Р ИСО 6507-1***) или HV500 (по [27]). Результаты всех испытаний должны соответствовать техническим условиям изготовителя.

8.7.1.1.3 Изготовитель должен иметь документально оформленные процедуры хранения, погрузочно-разгрузочных работ и сушки расходных материалов для сварки.

8.7.1.2 Металлические слои

8.7.1.2.1 При изменении установок сварочного агрегата должны быть выполнены не менее двух испытательных сварных шва для подтверждения установок. Образцы должны пройти все виды произ-

водственной термообработки. Швы сварных образцов должны быть подвержены следующим испытаниям:

a) предел прочности;

b) твердость (работа в присутствии сернистых соединений);

c) изгиб;

d) проникающая жидкость с красителем или магнитный порошок;

e) визуальный контроль по 8.7.1.2.3.

8.7.1.2.2 Контроль проникающей жидкостью с красителем необходим для немагнитных сплавов, а магнитопорошковый контроль — для магнитных марок сталей, и должен быть проведен после испытаний на изгиб. В качестве альтернативы магнитопорошковому контролю допускается применить визуальный контроль при пятикратном увеличении зоны термического влияния сварного шва на внешней поверхности изгиба. Измерения твердости следует проводить на участке максимальной деформации в холодном состоянии. Для сварных швов полос каркаса необходим только визуальный контроль. Результаты всех испытаний должны быть оформлены в виде протоколов испытаний и соответствовать техническим условиям изготовителя.

8.7.1.2.3 Рабочие сварные швы должны обеспечивать гладкую поверхность по всей ширине полос и полный провар. Не должно быть кратеров, оплавления кромок или прожогов полос. Толщина сварного шва должна быть не менее толщины слоя и выступать над поверхностью не более 1 мм. Сварной шов должен быть постоянным по ширине полос без подрезов зоны сплавления. Для присоединительных сварных швов каркаса изготовитель должен обеспечить, чтобы весь металл сварного шва был гладко отшлифован для предупреждения повреждения вышележащих экструдированных слоев.

8.7.1.2.4 Стыковые швы сварных соединений каркаса, проволоки и полос армирующих слоев, а также присоединительные сварные швы каркаса должны быть подвержены следующим методам контроля:

a) полосы каркаса — визуальный контроль в объеме 100 %;

b) присоединительные швы каркаса — визуальный контроль в объеме 100 %;

c) стальная проволока — визуальный и магнитопорошковый контроль в объеме 100 %.

8.7.1.2.5 Визуальный контроль в объеме 100 % сварных соединений должен быть проведен до прохождения стали через машинные формообразующие инструменты. Наружная поверхность сварного шва должна быть также проверена на наличие трещин после прохождения через формообразующие инструменты. Наличие трещин не допускается.

8.7.1.2.6 Для стыковой сварки профильной проволоки нагретым инструментом следует использовать полуавтоматическое или автоматическое сварочное оборудование.

8.7.1.3 Полимерные слои

8.7.1.3.1 Ремонтную сварку полимерных слоев, допустимую в соответствии с 8.9, следует выполнять в соответствии с квалификационными процедурами изготовителя, которые должны быть доступны для проверки заказчиком. Сварочные операции должны содержать критерии приемки/отбраковки.

8.7.1.3.2 При контроле ремонтной сварки полимерных слоев необходимо проверять толщину стенки слоя и состояние поверхностей на соответствие техническим условиям изготовителя.

8.7.1.4 Концевой фитинг

Окружные стыковые и наплавочные сварные швы должны быть выполнены в соответствии с документально оформленными квалификационными процедурами. Требования к контролю и испытаниям должны соответствовать 8.6.4.1.

**8.7.2 Термическая обработка**

Проволока и холоднодеформированные или кованые компоненты, для которых необходима термическая обработка для обеспечения требований по прочности, формовочным свойствам или соответствию [6], должны быть термообработаны в соответствии с техническими условиями изготовителя. Разработку процедур и диаграмму термообработки должны осуществлять изготовитель или субподрядчики для проверки заказчиком.

**8.7.3 Покрытие**

8.7.3.1 Покрытия, наносимые на компоненты концевых фитингов для снижения скорости коррозии при воздействии внутренней среды, наружной среды или среды кольцевого пространства, должны быть нанесены в соответствии с документально оформленными процедурами изготовителя, которые должны включать критерии приемки и отбраковки.

8.7.3.2 Процедура квалификационной оценки качества процессов нанесения металлических покрытий на концевой фитинг должна указывать:

a) состав электролита;

b) контроль температуры и времени термообработки;

c) измерения твердости покрытия;

d) испытания покрытия на адгезионную прочность;

e) оптическую микроскопию или аналогичный метод, рекомендуемый для анализа поперечного сечения поверхности покрытия;

f) измерения толщины покрытия;

g) испытания для подтверждения стойкости покрытия к коррозионным реагентам (например, морская вода и $CO_2$);

h) процедуры контроля поверхностного покрытия на поверхностные дефекты.

### 8.8 Допуски изготовления

8.8.1 Изготовитель должен установить допуски, которые определяют для каждого слоя гибкой трубы. В процессе проектирования данные допуски должны быть подтверждены на применимость так, чтобы функциональные требования отдельных слоев и трубы не зависели от изменений в пределах указанных допусков. Должны быть указаны допуски для следующих параметров:

a) каркас — наружный диаметр;

b) полимерные оболочки — толщина и наружный диаметр;

c) армирующие элементы, обеспечивающие стойкость к давлению, и армирующие элементы, работающие на растяжение — наружный диаметр и шаг (или угол намотки).

8.8.2 Должен быть указан допуск на длину гибкой трубы.

8.8.3 Для труб без армирования на стойкость к давлению изготовитель должен представить данные о ведении им контроля на соответствие проектным требованиям величины зазоров между армирующими проволоками, работающими на растяжение.

8.8.4 Если используемые критерии размерности основаны на технологии изготовления, а не на положениях конструирования, то изготовитель должен документально подтвердить, что применение данных критериев удовлетворяет проектным требованиям.

### 8.9 Ремонтные работы

8.9.1 Изготовитель должен иметь документально оформленные квалификационные процедуры для выполнения ремонтных работ, и данные процедуры должны быть доступны для проверки заказчиком. Изготовитель должен документально подтвердить проведением дополнительных испытаний и/или расчетов, что вследствие ремонта конструкция гибкой трубы не подвержена риску и не сократится ее рабочий ресурс.

8.9.2 Ремонт внутренней оболочки, работающей под давлением, недопустим. В случае обнаружения недопустимых дефектов в данном слое, весь слой подлежит удалению. Технологии удаления подлежат проверке заказчиком. Машинная обработка внутренней оболочки, работающей под давлением, может быть выполнена для удаления поверхностных несплошностей или локального увеличения толщины, обеспечивая при этом соответствие окончательной толщины слоя указанным допускам, а также соответствующее качество поверхности слоя.

8.9.3 Допускается ремонт небольших поверхностных дефектов в промежуточных или наружных полимерных слоях. Сварку полимеров следует выполнять в соответствии с 8.7.1.3. Все виды ремонта, включая ремонт внешней оболочки в морских условиях, следует выполнять в соответствии с квалификационными процедурами. Заказчик должен иметь допуск для контроля выполнения всех ремонтных работ. Процедуры сварочного ремонта внешних оболочек в морских условиях должны быть квалифицированы на применимость к материалу, подвергаемому воздействию той же среды, что и для поврежденной внешней оболочки, с применением оборудования, аналогичного оборудованию на ремонтной базе, и аналогичным процессам сушки и укрытия, осуществляемым на базе.

8.9.4 Любые дефекты сварных швов металлических армирующих элементов следует устранять путем вырезания сварного шва и зоны термического влияния и повторного выполнения сварного шва в соответствии с указанными процедурами. Ремонт сваркой полос каркаса допускается до формовки с использованием квалификационной процедуры ремонта и проведением визуального контроля, который подтверждает соответствие процесса ремонта сваркой предъявляемым требованиям. Требования к контролю отремонтированных сварных швов должны соответствовать 8.7.1.

8.9.5 Процедуры для ремонта повреждений поверхностных защитных покрытий должны быть доступны для проверки заказчиком.

8.9.6 Стыковые сварные швы должны удовлетворять требованиям 8.7.1.4. Ремонтная сварка должна соответствовать всем требуемым применимым руководствам ***ГОСТ Р 51365*** для УТТ 2-3, если только УТТ 4 не указано заказчиком (см. таблицу В.1, часть «Дополнительные требования»).

8.9.7 Инструментальная оснастка, используемая для удаления дефектных слоев, должна быть такой, чтобы не создавать дефектов в нижележащих слоях. Необходимо особое внимание при удалении экструдированных оболочек для предотвращения контакта между ножом и нижележащими армирующими элементами.

## 9 Документация

### 9.1 Общие положения

9.1.1 В настоящем разделе приведен необходимый комплект документации изготовителя, доступный для заказчика. Документация на материалы и изготовление должна удовлетворять требованиям соответствующих подразделов настоящей части стандарта.

9.1.2 Изготовитель должен иметь следующие документы и обеспечить ими заказчика в установленные сроки:

a) исходные данные для проектирования — до проектирования трубы;

b) отчет о проектных нагрузках — до изготовления;

c) отчет о проектировании — до изготовления;

d) план качества изготовления — до изготовления;

e) технические условия на изготовление — до изготовления;

f) исполнительная техническая документация — с поставляемой трубой;

g) руководство по эксплуатации — до поставки.

9.1.3 Выпуск изготовителем документов по 9.1.2 заказчику должен соответствовать 5.6.1.1.2.

### 9.2 Исходные данные для проектирования

Исходные данные для проектирования должны содержать параметры, приведенные в таблице 15. Если изготовитель приводит какие-либо предполагаемые значения параметров, перечисленных в таблице 15, то это должно быть указано в исходных данных для проектирования.

Таблица 15 — Требования к документации исходных данных для проектирования

| Параметр | Комментарий |
|---|---|
| Параметры транспортируемого флюида | Все существенные параметры транспортируемого флюида приведены в таблице 1 |
| Внешняя среда | Все существенные параметры внешней среды приведены в таблице 2 |
| Описание системы | Все существенные системные параметры приведены в 5.6 |
| Срок службы | Включая, где имеет отношение, программы технического обслуживания и замены |
| Определение проектных случаев нагружения | Должны быть рассмотрены все потенциальные случаи нагружения для системы гибких труб в процессе изготовления, хранения, транспортировки, испытания, установки, эксплуатации и извлечения. Должна быть разработана матрица, показывающая все случаи нагружения, которые должны быть проверены для всех компонентов системы гибких труб и которые должны соответствовать разделу 6 |
| Проектные случайные события | Должны быть указаны все случайные события и комбинации других случайных нагрузок (функциональных и от воздействия окружающей среды). Случаи нагружения должны быть включены в матрицу случаев нагружения |
| Критерии проектирования | Для каждого слоя трубы и компонентов должны быть указаны необходимые коэффициенты безопасности и определена конструкционная прочность, которые должны соответствовать разделу 6 |
| Параметры анализа | Должны включать гидродинамические коэффициенты, конструкционные параметры, такие как модели демпфирования, модели гидродинамических волн и параметры морского дна, такие как коэффициенты трения |

### 9.3 Отчет о проектных нагрузках

9.3.1 Отчет о проектных нагрузках должен включать результаты анализа случаев нагружения, определенных в исходных данных для проектирования. Для каждого случая нагружения в отчете должны быть отражены расчеты по напряжениям и деформациям. Отчет о проектных нагрузках может быть включен в проектный отчет.

9.3.2 Для применения в условиях динамических нагрузок данный отчет должен описать экстремальный, усталостный анализ и анализ помех. Результаты данных анализов должны быть сверены с соответствующими критериями приемки.

### 9.4 Отчет о проектировании

9.4.1 Отчет о проектировании должен содержать детальное описание, включая чертежи каждого компонента трубы. Детальное описание должно включать послойное описание трубы, включая материалы, поперечное сечение проволоки, угол намотки, диаметр, толщину, количество проволоки и т.д.

9.4.2 Технические условия на материалы и данные по материалам должны быть включены в отчет, если не предусмотрен их выпуск в виде отдельного документа. Данные по материалам должны включать предел прочности на растяжение и усталостные параметры для работы при динамическом нагружении (угол наклона кривой усталости «S-N», точка пересечения и предел выносливости) и должны идентифицировать компоненты флюида, которые могут оказывать отрицательное влияние на материал.

9.4.3 Для каждого компонента трубы должно быть оформлено документальное подтверждение о достаточной конструкционной прочности данного компонента для восприятия проектных нагрузок и напряжения, перечисленные в отчете о проектных нагрузках, с коэффициентом безопасности, указанным в исходных данных для проектирования.

9.4.4 В отчете о проектировании должны быть определены следующие характеристики и свойства гибкой трубы:

a) диаметры (внутренний и наружный);

b) масса одного метра (на воздухе пустой и заполненной морской водой, в морской воде пустой и заполненной морской водой);

c) проектные значения давления;

d) проектные значения температуры;

e) проектная глубина моря;

f) MBR (хранение и эксплуатация);

g) осевая жесткость (на сжатие и растяжение, и как функция давления и температуры);

h) жесткость на изгиб (как функция растяжения, давления и температуры);

i) жесткость на кручение (как функция направления кручения, растяжения, давления и температуры).

9.4.5 Если указано заказчиком, то в отчете о проектировании должны быть определены следующие свойства гибкой трубы:

a) допускаемое растяжение (как функция радиуса изгиба);

b) допускаемое осевое сжатие;

c) допускаемое смятие (радиальное);

d) допускаемое скручивание (как функция соответствующих параметров, если применимо);

e) осевое и радиальное расширение под влиянием давления и температуры;

f) кручение под влиянием давления и растяжения.

9.4.6 В отчет о проектировании должен быть включен сертификат об оценке методологии проектирования независимого эксперта по верификации (см. 6.2.2).

### 9.5 План качества изготовления

План качества изготовления должен содержать все процедуры управления качеством, включая контрольные точки и процедуры испытаний. План качества изготовления может быть включен в технические условия на изготовление.

### 9.6 Технические условия на изготовление

Технические условия на изготовление должны описывать каждый этап процесса изготовления, включая сварку, термообработку, тип и объем НК и критерии приемки, процедуры FAT, метод изготовления и процедуры допустимого ремонта. Технические условия должны обеспечить соответствие трубы требованиям проекта.

### 9.7 Исполнительная техническая документация

Исполнительная техническая документация должна включать следующую информацию:

a) ссылочный номер заказа на поставку;

b) описание оборудования;

c) ссылки на проектные технические условия и чертежи;

d) сертификаты материалов;

e) результаты контрольных измерений размеров;

f) результаты FAT;

g) полный перечень несоответствий, выявленных в процессе изготовления, и выполненный ремонт;

h) операционные карты сварки и квалификации;

i) протоколы квалификационных испытаний сварщиков;

j) схему расположения сварных швов;

k) аттестаты квалификации операторов НК и протоколы испытаний НК;

l) протоколы термообработки.

### 9.8 Руководство по эксплуатации

9.8.1 Должно быть подготовлено руководство по эксплуатации для системы, охватывающее все вопросы технического обслуживания и ограничения, действия в чрезвычайных ситуациях, включая ремонтные процедуры, которые следует выполнять на борту судна установки, как указано изготовителем или заказчиком. Руководство по эксплуатации должно включать следующую информацию:

a) послойное описание конструктивных слоев (технические условия на материалы, толщина, угол навивки, количество проволоки и т.д.);

b) диаметры (внутренний и наружный) трубы;

c) массу одного метра трубы (на воздухе пустой и заполненной морской водой, в морской воде пустой и заполненной морской водой);

d) проектные значения минимального и максимального давления, и давление испытания (указать, если давление является абсолютным значением или дифференциальным);

e) проектные значения минимальной и максимальной температуры;

f) проектная глубина моря;

g) требования к монтажу;

h) требования к контактным поверхностям;

i) процедуры ремонта;

j) погрузочно-разгрузочные операции, хранение, процедуры наматывания/сматывания;

k) описание системы вентиляции газа и скорость проникновения газа;

l) скорость сброса давления (работа с газом);

m) ограничения на концентрацию компонентов в транспортируемом флюиде (включая $H_2S$ и $CO_2$) и ингибиторы;

n) возможность выполнения операций по контролю трубопровода внутренними снарядами и проведения работ системы TFL;

o) допускаемые нагрузки;

p) максимальное время наличия в трубе морской воды или морской воды, обработанной ингибиторами, и требования к ингибиторам;

q) ссылки на исполнительную техническую документацию.

9.8.2 По указанию заказчика должно быть поставлено отдельное руководство по монтажу, содержащее документально оформленные процедуры монтажа.

## 10 Заводские приемо-сдаточные испытания

### 10.1 Общие положения

10.1.1 Гибкая труба должна быть подвержена FAT, включая контроль проходного сечения пропуском калибровочного скребка (скребка-калибра), испытания на гидростатическое давление, неразрывность электроцепи, электросопротивление и испытание системы вентиляции газа, если применимо, для подтверждения того, что труба была изготовлена в соответствии с требованиями настоящего стан-

дарта. Заказчик должен иметь допуск для осуществления контроля над всеми испытаниями и должен быть своевременно проинформирован изготовителем о проведении таких испытаний.

10.1.2 Испытания на гидростатическое давление следует проводить для всех труб. Испытания неразрывности электроцепи и электросопротивления следует проводить для труб, которые имеют катодную защиту. Контроль проходного сечения пропуском калибровочного скребка (скребка-калибра) и испытания электросопротивления применимы только к конструкциям с негладким проходным каналом. Испытания системы вентиляции газа следует проводить для труб, которые имеют предохранительные газоспускные клапаны или порты, установленные в концевых фитингах.

10.1.3 Технические условия изготовителя должны определять минимальное допускаемое время между завершением монтажа концевого фитинга (включая твердение эпоксидного материала) и началом FAT. Программа FAT должна учитывать указанное минимальное время.

10.1.4 Протокол каждых FAT должен быть представлен заказчику. Действующие калибровочные сертификаты (сертификаты о калибровке) для всего испытательного оборудования должны быть включены в протокол испытаний. Все оборудование, регистрирующее давление, следует калибровать с применением грузопоршневого манометра минимум каждые три месяца.

10.1.5 Если результаты испытаний не соответствуют критериям приемки, то причина несоответствия должна быть изучена, а протокол представлен заказчику. В протоколе должны быть предложены корректирующие действия. Заказчик должен иметь возможность отбраковать трубу или потребовать повторные испытания.

### 10.2 Контроль проходного сечения гибкой трубы пропуском калибровочного скребка

#### 10.2.1 Процедура

10.2.1.1 Контроль проходного сечения гибкой трубы пропуском калибровочного скребка следует проводить до гидростатических испытаний. Калибровочный скребок должен быть оборудован калибровочным(-и) диском (дисками), способным(-и) обнаруживать любые недопустимые затруднения прохода.

10.2.1.2 Минимальный диаметр калибровочного скребка должен быть не менее 95 % номинального внутреннего диаметра трубы или на 10 мм меньше номинального внутреннего диаметра труб, внутренний диаметр которых менее 200 мм. Толщина калибровочного диска должна быть в пределах от 5 до 10 мм.

#### 10.2.2 Критерии приемки

Скребок-калибр, прошедший через внутренний канал гибкой трубы, должен быть неповрежденным. Допускаются небольшие царапины и истирания от скольжения, вмятины на шаблоне не допустимы.

### 10.3 Испытания на гидростатическое давление

#### 10.3.1 Процедура

10.3.1.1 Минимальное давление гидростатических испытаний для гибких выкидных трубопроводов и подводных перемычек должно составлять 1,3 от проектного давления. Для всех других применений, включая гибкие райзеры и надводные перемычки, минимальное давление гидростатических испытаний должно составлять 1,5 от проектного давления. Более высокое давление может быть установлено локальными нормативами или законодательными органами. Если не указано другое, то в качестве испытательного флюида должна быть использована питьевая вода, очищенная от содержания примесей размером более 100 мк и с содержанием хлоридов менее 50 мг/л. В случае необходимости защиты материала внутреннего каркаса вода должна быть обработана химическим ингибитором. Для облегчения обнаружения утечек может быть добавлено окрашивающее вещество.

10.3.1.2 Воздух должен быть удален из трубы в соответствии с процедурами изготовителя.

10.3.1.3 Давление следует повышать постепенно со скоростью, не более указанной в испытательной процедуре изготовителя до уровня от 100 % до 110 % давления гидростатических испытаний (см. [1], пункт 11.5.3.3), и удерживать не менее 2 ч для обеспечения стабилизации. Максимальное гидростатическое давление испытаний не должно приводить к превышению коэффициентов нагружения, указанных в таблицах 6 и 7. Если необходимо, то значение давления повышают циклически до тех пор, пока не будет достигнута стабилизация. Давление рассматривают как стабилизированное, когда его падение менее 1 % в 1 ч. Затем давление повышают до значений между номинальным давлением и максимальным гидростатическим давлением испытаний.

10.3.1.4 Отсчет времени испытаний не начинают до тех пор, пока оборудование и манометры, контролирующие давление, не будут изолированы от установки подачи давления.

10.3.1.5 Давление гидростатических испытаний должно быть удержано не менее 24 ч. В процессе испытаний давление и температура (окружающей среды и внутренняя) регистрируют не реже, чем один раз в 30 мин. Сброс давления должен происходить со скоростью, определяемой в соответствии с испытательной процедурой изготовителя.

10.3.1.6 После сброса давления участки концевых фитингов должны быть подвержены визуальному контролю для выявления любых признаков остаточной деформации или повреждения как на трубе, так и на концевых фитингах.

10.3.1.7 При использовании внутреннего контрольного снаряда для заполнения или освобождения трубы диски следует проверять на наличие повреждения и износа. Повреждение или интенсивный износ должен быть зарегистрирован, а протокол представлен заказчику.

**10.3.2 Критерии приемки**

Потеря давления по любым причинам, включая колебания наружной температуры, не должна превышать 4 % давления на начало 24-часового периода. Показания давления должны фиксироваться манометрами класса точности не менее 1,0. В процессе испытания не должны наблюдаться утечки из трубы. На участках концевых фитингов не должно наблюдаться остаточных деформаций или повреждений.

### 10.4 Испытания неразрывности электроцепи и электросопротивления

**10.4.1 Процедуры**

10.4.1.1 Испытания неразрывности электроцепи и электросопротивления следует выполнять после гидростатических испытаний. Если указано заказчиком, то данные испытания должны быть также проведены до гидростатических испытаний.

10.4.1.2 Испытания неразрывности электроцепи следует выполнять между двумя концевыми фитингами. Испытания электросопротивления следует выполнять между концевыми фитингами и каркасом. Измерения неразрывности электроцепи и электросопротивления должны быть зарегистрированы.

**10.4.2 Критерии приемки**

Электросопротивление между внутренним каркасом и концевыми фитингами должно быть более 1 кОм. Электросопротивление между концевыми фитингами должно быть менее 10 Ом/км трубы.

### 10.5 Испытания системы вентиляции газа

**10.5.1 Процедуры**

10.5.1.1 Испытания системы вентиляции газа, включая клапаны, используемые для сброса повышенного давления в кольцевом пространстве трубы, проводят для определения правильности ее функционирования. Данные испытания проводят после гидростатического испытания.

10.5.1.2 Воздух или газообразный азот нагнетают в один из концевых фитингов под проектным давлением для предохранительной системы сброса газа. Сброс газа контролируют на другом концевом фитинге. Все порты на концевом фитинге испытывают отдельно. Процедуру испытаний повторяют с противоположного конца трубы. Все клапаны должны быть испытаны на сброс давления и сбрасывать давление в пределах диапазона, указанного изготовителем.

10.5.1.3 Процедура испытаний системы вентиляции газа может быть практически неосуществимой для трубы большой длины. Допускается использовать альтернативную процедуру испытаний при наличии обоснования того, что она удовлетворяет тем же общим требованиям. Используемая процедура должны быть включена в технические условия изготовителя.

**10.5.2 Критерии приемки**

Сброс газа должен быть подтвержден отдельно на всех портах. Все клапаны должны сбрасывать давление при достижении значения давления сброса, указанном изготовителем. Входное давление, требуемое для достижения давления сброса газа, должно быть на 50% ниже документально подтвержденного давления разрушения разрывной мембраны.

## 11 Маркировка и упаковка

### 11.1 Маркировка

Маркировка гибкой трубы должна быть нанесена на оба концевых фитинга и должна обеспечивать возможность идентификации трубы в течение указанного срока службы. Обязательно должна быть нанесена следующая информация:

a) обозначение настоящего стандарта;
b) серийный номер трубы;
c) наименование или товарный знак изготовителя;
d) дата изготовления;
e) проектное давление (абсолютное или дифференциальное);
f) MBR хранения.

Может применяться следующая маркировка:

- круговая маркировка с равномерным интервалом по длине для ссылок при монтаже и работе;
- продольные полосы на райзерах для оценки скручивания.

### 11.2 Упаковка

11.2.1 Гибкая труба должна быть упакована в соответствии с техническими условиями изготовителя. Если труба хранится на барабанах или карусельных устройствах, то радиус изгиба не должен быть менее MBR хранения. Концевые фитинги и соединители должны быть защищены высокопрочными протекторами. Оба конца трубы должны быть изолированы. Технические условия изготовителя должны включать процедуры хранения и упаковки встроенных компонентов, смонтированных на трубе, включая устройства обеспечения жесткости на изгиб. Складские заглушки, тросы/проволока, захваты и другое требуемое такелажное оборудование должны быть идентифицированы в процедурах упаковки. Технические условия изготовителя должны включать процедуры, контролирующие натяжение и плотность витков на барабанах, которые используют при монтаже трубы.

11.2.2 Упаковка должна обеспечивать защиту от воздействия окружающей среды при хранении вне помещения. Следует использовать защитное укрытие. Гибкую трубу, включая концевые фитинги, не следует выставлять за кромки транспортных барабанов, чтобы не допустить абразивное повреждение трубы.

11.2.3 Если труба должна укладываться с барабана и свободно заполняться, то расположенный на борту концевой фитинг должен вентилироваться.

**Приложение А**
**(справочное)**

## Устройства обеспечения жесткости на изгиб и ограничители изгиба

### А.1 Область применения

Настоящее приложение предоставляет собой руководство по минимальным требованиям к проектированию, выбору материалов, изготовлению, испытаниям и маркировке устройств обеспечения жесткости на изгиб и ограничителей изгиба, изготовляемых отдельно для использования с гибкими трубами. Область применения настоящего руководства указана в разделе 1. Если в настоящем приложении не приведены специальные руководящие указания, то следует давать ссылки на требования, указанные для гибкой трубы. Раструбы в настоящем приложении не рассмотрены. Руководящие указания по раструбам см. в [1].

### А.2 Определения

Определения устройств обеспечения жесткости на изгиб и ограничителей изгиба приведены в 3.7 и 3.8 соответственно. Термин «устройство ограничения изгиба» применен в настоящем приложении как общий термин для устройств обеспечения жесткости на изгиб и для ограничителей изгиба. Термин «изготовитель», применяемый в настоящем приложении, относится к поставщику устройств ограничения изгиба.

### А.3 Функциональные требования

А.3.1 Изготовителю следует представить данные о том, что устройство ограничения изгиба удовлетворяет функциональным требованиям, указанным для гибкой трубы в 5.2.1, если это применимо.

А.3.2 Устройства обеспечения жесткости на изгиб, как правило, используют только для применения в условиях динамических нагрузок, ограничители изгиба, как правило, используют только для применения в условиях статических нагрузок.

А.3.3 На основании консультации с заказчиком и/или изготовителем гибкой трубы изготовителю следует определить конструктивные требования к устройствам ограничения изгиба. При определении конструктивных требований могут быть применены руководящие указания таблицы А.1.

А.3.4 Проектные нагрузки для устройства обеспечения жесткости на изгиб следует определять по средним значениям эффективных растяжений и угловых колебаний. Анализируемые комбинации растяжений и угла следует считать достаточными для покрытия всех возможных случаев нагружения со ссылкой на случаи нагружения, указанные для гибких труб в разделе 6. Проектные нагрузки для ограничителей изгиба следует определять в значениях изгибающих моментов, срезающих усилий и, если применимо, ударных нагрузок.

А.3.5 Проектировщику устройства ограничения изгиба следует указывать все необходимые монтажные компоненты.

Таблица А.1 — Руководящие указания по закупке устройств ограничения изгиба

| Параметр | Ограничитель изгиба | Устройство обеспечения жесткости на изгиб | Значение/ Описание |
|---|---|---|---|
| **Общая информация** | | | |
| Заказчик: | x | x | |
| Расположение: | x | x | |
| Проект: | x | x | |
| Дата: | x | x | |
| **Данные по гибкой трубе** | | | |
| Наружный диаметр и допуски, м: | x | x | |
| Конструкционные свойства и изменения из-за температуры, давления и дугих влияний: | x | x | |
| MBR хранения и рабочий MBR, м: | x | x | |
| Материал внешней оболочки: | x | — | |

*Окончание таблицы А.1*

| Параметр | Ограничитель изгиба | Устройство обеспечения жесткости на изгиб | Значение/ Описание |
|---|---|---|---|
| Размеры концевого фитинга/опорной конструкции и допуски: | x | x | |
| **Требования к сопряжениям** | | | |
| Причальное устройство: | x | x | |
| Система противокоррозионной защиты: | x | x | |
| Статический угол смещения: | x | x | |
| **Требования/ограничения для конструкций устройств ограничения изгиба** | | | |
| Наружный диаметр устройства ограничения изгиба, м: | x | x | |
| Максимальный изгибающий момент в опорной точке, кНм: | x | x | |
| Геометрические ограничения?<br>☐ Да ☐ Нет | x | x | |
| Максимальное контактное давление, МПа | x | — | |
| Температуры транспортируемого флюида (макс. внутреннее проектное условие), °С: | x | x | |
| **Данные по условиям окружающей среды** | | | |
| Среда (воздух, морская вода): | x | x | |
| Глубина моря, м: | x | x | |
| Минимальная проектная температура, °С: | x | x | |
| Максимальная проектная температура, °С: | x | x | |
| Воздействие солнечного света?<br>☐ Да ☐ Нет | x | x | |
| **Случаи нагружения** | | | |
| Проектные: | x | x | |
| Усталостные: | x | x | |
| Ударные (случайные): | x | — | |
| Срок службы: | x | x | |
| Примечание — В настоящей таблице знак «x» обозначает «применимо», «—» — «не применимо». | | | |

### А.4 Проектные требования

А.4.1 Методологию проектирования устройств ограничения изгиба следует документировать и подтверждать испытаниями или методом конечных элементов. Методологию проектирования следует подтверждать с привлечением независимого эксперта по верификации.

А.4.2 В методологии проектирования следует учитывать влияния износа (абразивного), коррозии, процессов изготовления, усадки, ползучести и старения (из-за механической, химической и термической деградации), если в проекте документально не подтверждено отсутствие такого влияния. В методологии проектирования следует также учитывать влияние нелинейных свойств материала, в частности, нелинейного модуля упругости для жестких материалов.

А.4.3 Для устройств обеспечения жесткости на изгиб в методологии проектирования следует рассматривать следующие виды разрушения:

а) нарушение сцепления или разрыв в местах сопряжения с металлическими элементами;

b) разрыв или образование трещин в эластомерных материалах;

c) долговременные свойства материала (старение);

d) усталость;

e) разрушение концевого фитинга или опорного фланца.

А.4.4 В методологии проектирования ограничителей изгиба следует рассматривать виды разрушения, указанные в А.4.3, c), e). В конструкции ограничителя изгиба следует предусмотреть, чтобы изгибающие моменты и срезающие усилия, передаваемые по длине ограничителя изгиба, не повреждали трубу ни на одном конце ограничителя изгиба.

А.4.5 Устройства ограничения изгиба следует проектировать в соответствии с требованиями А.3 без остаточных деформаций и потери механических свойств. Изготовителю следует представить обоснование того, что конструкция удовлетворяет указанным требованиям при всех возможных комбинациях температуры и применяемых устройств обеспечения жесткости на изгиб гибкой трубы. Необходимо документально подтвердить, что овализация оголовка устройства обеспечения жесткости на изгиб не ухудшает его эксплуатационные свойства.

А.4.6 Изготовителю следует представить данные о том, что для всех возможных комбинаций случаев нагружения устройство ограничения изгиба спроектировано в соответствии с требованиями 6.3.1 для MBR и проектными требованиями (допустимые коэффициенты нагружения) таблицы 6.

А.4.7 Следует обеспечивать совместимость конструкции устройства ограничения изгиба со всеми соответствующими размерами гибкой трубы и концевого фитинга. Следует обеспечивать соответствие конструкции любым допускам внутреннего диаметра устройства ограничения изгиба, которые указаны изготовителем или заказчиком.

А.4.8 Следует документально подтвердить, что допуски, используемые для всех компонентов устройства ограничения изгиба, не превышают уровни напряжений или деформаций установленных допускаемых значений величин.

А.4.9 Если устройство ограничения изгиба крепят на опорной конструкции, такой как концевой фитинг, то следует учитывать условие безопасной передачи нагрузок на опорную конструкцию. Ограничители изгиба могут быть присоединены в месте, удаленном от концевого фитинга напрямую к трубе с помощью хомута, и в данном случае следует обеспечить защиту трубы от повреждения конструкцией системы крепления. Не допускается осевое перемещение конструкции устройства ограничения изгиба.

А.4.10 Для применения в условиях динамических нагрузок следует выполнить расчеты усталостной долговечности или провести испытания. Следует обеспечить прогнозируемую усталостную долговечность, не менее чем в десять раз превышающую срок службы.

### А.5 Материалы и изготовление

А.5.1 Компоненты устройств ограничения изгиба, как правило, изготавливают из полимерных материалов (эластомерного материала, используемого для устройств обеспечения жесткости на изгиб), соответствующих эксплуатационным требованиям, указанным в А.4. Полимерный материал может быть упрочнен.

А.5.2 Минимальными требованиями к свойствам полимерного материала для указанного диапазона проектных температур должны быть следующие:

a) прочность на растяжение — по ***ГОСТ 24621***;

b) удлинение при разрушении — по ***ГОСТ 34370*** и ***ГОСТ 11262***;

c) прочность на отрыв — по ***ГОСТ Р 56810***;

d) модуль упругости — по ***ГОСТ Р 56810***;

e) кривая «напряжение-деформация» — по [28];

f) твердость — по ***ГОСТ 24621***;

g) ударная вязкость — по ***ГОСТ 34370*** и ***ГОСТ 11262***;

h) температура деформации при нагреве — ***ГОСТ 34371*** и ***ГОСТ 12021***;

i) плотность — по ***ГОСТ Р 57713***.

А.5.3 Для устройства ограничения изгиба следует использовать материалы, стойкие к морской воде, химическому воздействию, ультрафиолетовому излучению и температурным ограничениям, в соответствующих случаях для указанного срока службы.

А.5.4 Если применимо, поставщику устройства ограничения изгиба следует испытать и документально оформить влияние водопоглощения, гидролиза, ползучести и температуры на эластомерный материал, используемый для основных частей устройства ограничения изгиба, а также подтвердить пригодность материала для указанного применения.

А.5.5 Все металлические компоненты следует защищать от коррозии в указанной среде путем выбора материала, соответствующего антикоррозионного покрытия, системы катодной защиты или их комбинации для указанного срока службы.

А.5.6 В технических условиях изготовителя следует определить требования контроля технологического процесса для всех этапов изготовления устройства ограничения изгиба. В плане качества изготовления следует указать контрольные точки, методы контроля и критерии приемки. Результаты всех видов контроля следует регистрировать. Изготовителю следует регистрировать каждое несоответствие, подтвержденное в процессе изготовления.

А.5.7 В процедуре изготовления устройства обеспечения жесткости на изгиб следует обеспечить связь эластомерного материала с внутренними металлическими компонентами. Следует обосновать, что образованная связь будет прочнее, чем соответствующее эксплуатационное требование в течение всего срока службы.

А.5.8 В процессе нагнетания при изготовлении устройства ограничения изгиба не допускается образование каких-либо пустот в конструкции, которые могут повлиять на его функциональные свойства.

А.5.9 Образцы нагнетаемого материала для испытаний на прочность при растяжении и твердость следует отбирать из производственного цикла с регулярным интервалом. Результаты испытаний должны соответствовать техническим условиям изготовителя.

А.5.10 Необходимо подвергать визуальному контролю все компоненты устройства ограничения изгиба. Дополнительно следует провести и зарегистрировать достаточное количество измерений размеров устройства ограничения изгиба для того, чтобы обеспечить соответствие размеров указанным допускам изготовителя.

А.5.11 Ограничители изгиба могут быть подвержены FAT. В процессе проведения FAT следует проверить MBR без нагрузки и в условиях максимального нагружения. Результаты всех испытаний должны соответствовать техническим условиям изготовителя, соответствующим проектным требованиям А.4. Ограничители изгиба, как правило, не подлежат FAT из-за трудности приложения реальных нагрузок без наличия гибкой трубы.

### А.6 Документация

А.6.1 Изготовителю следует предоставлять заказчику в указанные сроки следующие документы:

a) отчет о проектировании — до изготовления;

b) план качества изготовления — до изготовления;

c) исполнительная техническая документация — с поставляемой трубой.

А.6.2 В отчете по проектированию следует представлять в достаточном объеме документацию для подтверждения соответствия требованиям настоящего приложения. Дополнительно в отчет о проектировании следует включать результаты анализов всех случаев нагружения, детальное описание устройства ограничения изгиба, включая чертежи и техническую документацию на материалы.

А.6.3 В плане качества изготовления следует указывать все процедуры управления качеством, включая контрольные точки и процедуры испытаний, необходимые для контроля технологических процессов.

А.6.4 В исполнительную техническую документацию следует включать чертежи, исходные данные для проектирования, протоколы контроля размеров, сертификаты на материалы и любые отчеты о выявленных несоответствиях и их устранении.

### А.7 Маркировка и упаковка

А.7.1 Маркировку устройств ограничения изгиба следует выполнять таким образом, чтобы она сохранялась в течение указанного срока службы. В маркировке следует указывать наименование изготовителя и заказчика, серийный номер, дату изготовления и рабочий MBR. Если размеры ограничены, то маркировку можно сократить до индивидуального серийного номера.

А.7.2 Упаковка устройств ограничения изгиба должна обеспечивать их безопасность на всех этапах транспортировки до монтажа.

**Приложение В**
**(справочное)**

## Руководящие указания по закупке

В.1 Руководящие указания по закупке гибких труб приведены в таблице В.1.

В.2 Для каждого отрезка гибкой трубы следует заполнять отдельную форму.

В.3 В исходных данных для проектирования изготовителю следует указывать предполагаемые значения для всех параметров таблицы В.1, не указанных заказчиком.

Таблица В.1 — Руководящие указания по закупке гибких труб

| **Общая информация** | |
|---|---|
| Заказчик: | Ссылка заказчика: |
| | Проект: |
| Телефон: | Месторасположение: |
| Факс: | |
| Технический представитель заказчика для контактов: | Дата запроса: |
| Требуемое соответствие ГОСТ Р 59309—2021?<br>☐ Да ☐ Нет | Требуемая дата для ответа: |
| **Общие проектные параметры** | |
| Внутренний диаметр, м: | Максимальная осевая нагрузка, кН: |
| Требуемая длина, м: | Максимальное эффективное растяжение, кН: |
| Требуемый допуск на длину, м ± м: | Требуемая регулировка торсионной упругости, °С/м (или °F/м): |
| Конструкционные требования к трубе (MBR, жесткость на изгиб): | Требование к прочности на сжатие, кН: |
| | Вероятности случаев нагружения проектной нагрузкой, 1 год, 100 лет: |
| Требования к линейной массе, кг/м, на воздухе, пустой: | Монтаж: |
| Требования к наружной защите (наружный каркас): | Нормальная работа: |
| | Аномальная работа: |
| Срок службы (годы): | Технические условия на нормальные и аномальные случаи нагружения, включая случайные нагрузки, и определение комбинаций нагрузок, используемых в проекте: |
| **Параметры транспортируемого флюида** | |
| Общие | ТКЧ, мг КОН/г: |
| Описание флюида (нефть, газ, вода): | Расчеты расхода и тепловые расчеты |
| Описание режима потока (однородный, фазовый, партиями): | Расход, $м^3$/день: |
| Направление потока: | Плотность флюида, кг/$м^3$: |
| Давление, МПа | Вязкость, Па · с: |
| Проектное давление, МПа: | Минимальное давление на входе, МПа: |

*Продолжение таблицы В.1*

| | |
|---|---|
| Макс/мин рабочее давление и/или динамика в течение срока службы, МПа: | Требуемое давление на выходе, МПа: |
| Вакуумные условия, МПа: | Теплоемкость флюида, кДж/кг/°С: |
| Дифференциальное внутреннее давление, МПа: | Данные по составу флюида: |
| Количество и диапазон циклов давления, ожидаемых в течение указанного срока службы: | Содержание NaCl (весовой процент воды): |
| Температура: | Максимальные рабочие скорости сброса и приложения давления: |
| проектная минимальная температура, °С: | Содержание хлоридов, мг/л (ppm)*: |
| проектная максимальная температура, °С: | Газонефтяное отношение, $м^3/м^3$: |
| рабочая входная температура, °С: | Обводненность (объемный процент): |
| Количество и диапазон температурных циклов, ожидаемых в течение указанного срока службы: | Спирты?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Температурные нарушения и циклы, °С: | Ароматические компоненты?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Определение условий работы: | Коррозионные агенты?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Описание (в присутствии/отсутствии сернистых соединений) | Ингибиторы (отложение, парафин)?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Применимы ли [3], [4], [5]?<br>☐ Да ☐ Нет | Нагнетаемые химреагенты?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Парциальное давление $H_2S$, бар: | Твердые включения, осадки, т.д.?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Парциальное давление $CO_2$, бар: | Если доступно, то приложить полную деталировку по составу флюида и ожидаемым изменениям в течение срока службы. Также приложить деталировку по любым ароматическим компонентам, коррозионным агентам, ингибиторам, спиртам, твердым включениям или нагнетаемым химреагентам в составе флюида |
| pH водной фазы: | |
| **Внешняя среда — Статические нагрузки** | |
| **Глубина моря** | **Данные по грунту** |
| Проектная глубина моря, м: | Описание грунта (глина, песок): |
| Минимальное приливное колебание, м: | Сопротивление грунта сдвигу, кПа: |
| Максимальное приливное колебание, м: | Угол внутреннего трения, градус: |
| Приложить детализацию колебаний глубины моря вдоль трассы гибкого трубопровода | Боковой коэффициент трения: |
| **Температура воздуха** | Продольный угол трения: |
| Минимальная температура, °С: | Возникают ли эрозионные/песчаные придонные волны? ☐ Да ☐ Нет<br>Если возможно, то приложить придонный профиль |
| Максимальная температура, °С: | |
| Минимальная температура хранения/транспортировки/установки, °С: | **Другие** |

*Продолжение таблицы В.1*

| | |
|---|---|
| Максимальная температура хранения/транспортировки/установки, °С | Учитывать ли обрастание морскими организмами?<br>☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то приложить детальную информацию |
| **Данные по морской воде** | |
| Плотность: | Учитывать ли воздействие льда?<br>☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то приложить детальную информацию |
| Значение pH: | |
| Минимальная температура на поверхности, °С: | Воздействие солнечного света?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Максимальная температура на поверхности, °С: | Приложены ли данные о течениях?<br>☐ Да ☐ Нет<br>Прикладываемые данные о течениях следует представлять в виде информации о распределении скоростей и направлений течения по глубине |
| Минимальная температура на дне, °С: | |
| Максимальная температура на дне, °С: | |
| **Внешняя среда — Динамические нагрузки** | |
| Приложены ли данные о волнении?<br>☐ Да ☐ Нет | Приложены ли данные по ветру?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Прикладываемые данные о волнении следует представлять в виде информации о высоте, периоде, продолжительности и направлении волн | Прикладываемые данные о ветре следует представлять в виде информации о его направлении и скорости |
| **Общие системные требования** | |
| **Общие** | **Отвод газа** |
| Описание системы (выкидной трубопровод, райзер, перемычка, подводная часть, верхнее строение): | Требуется ли отвод газа?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Определение применения (в условиях статических нагрузок, динамических нагрузок): | Системные компоненты (клапаны, разрывные мембраны): |
| Определение канала трубы (негладкий, гладкий): | Допускаемая скорость проникновения газа, л/м/день: |
| Требования к противокоррозионной защите: | Ограничения по расположению выходных отверстий? |
| Требуется ли противокоррозионная защита?<br>☐ Да ☐ Нет | Требуется ли система мониторинга газа?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Требуется ли система катодной защиты?<br>☐ Да ☐ Нет | **Другие** |
| Требуется ли неразрывность электроцепи?<br>☐ Да ☐ Нет | Требуется ли огнестойкость по [2]?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Требуется ли покрытие концевых фитингов?<br>☐ Да ☐ Нет | Требуется ли внутреннее техническое диагностирование инспекционными приборами, работа TFL, ремонт скважины, т. д.?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Описание наружного покрытия: | Требуются ли связки трубопроводов?<br>☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детальные данные |
| Описание внутреннего покрытия: | |

*Продолжение таблицы В.1*

| | |
|---|---|
| Если возможно, то следует указать допускаемое электросопротивление, защитный потенциал, источник тока и плотность тока | Ограничения по расположению сварных швов армирующих элементов, обеспечивающих стойкость к давлению и армирующих элементов, работающих на растяжение?<br>☐ Да ☐ Нет |
| **Термоизоляция** | Определения сопряжений/технические условия (см. 5.6.1.10): |
| Требуется ли термоизоляция?<br>☐ Да ☐ Нет | |
| Требуемая выходная температура, °С: | |
| Требуемый изоляционный *U*-клапан, Вт/м$^2$К: | Требуется ли очистка с помощью экзотермохимической реакции?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Выбор изоляционного *U*-клапана следует основывать на внутреннем диаметре трубы, отдельно для трубы. Указать любые допустимые припуски на воздействие внешней среды, например грунта | Требуется ли мониторин состояния?<br>☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то дать детализацию требований |
| **Соединитель** | |
| Тип нижнего соединителя (фланец, труба): | |
| Тип верхнего соединителя (фланец, труба): | |
| Приложить технические условия на сварку, тип уплотнения и размеры, ответственность на поставку и монтаж компонентов | |
| **Параметры выкидного трубопровода** | |
| Приложено ли описание трассы трубопровода?<br>☐ Да ☐ Нет | **Обратный выгиб** |
| Направляющие и опоры (*I*-трубы, *J*-трубы): | Необходим ли контроль обратного выгиба?<br>☐ Да ☐ Нет |
| **Требования к защите** | Требуемая минимальная толщина грунтового покрытия, м: |
| Сопротивление удару и случайным нагрузкам?<br>☐ Да ☐ Нет | Допустимый радиус изгиба, м: |
| Разработка траншеи?<br>☐ Да ☐ Нет | Приложены ли случаи нагружения?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Грунтовая засыпка?<br>☐ Да ☐ Нет | **Другие** |
| Подстилающий слой?<br>☐ Да ☐ Нет | Необходим ли контроль устойчивости на дне?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Другие?<br>☐ Да ☐ Нет | Требования к пересечениям?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Приложить детализацию указанных систем защиты, включая компоновочные чертежи, возможные случайные события (траловое оборудование, падающие объекты, якоря и т. п.), проектные ударные нагрузки | Требуемые трубные крепления (ограничители изгиба, хомуты):<br>Приложить чертежи для всех элементов |

*Продолжение таблицы В.1*

| Параметры райзера | |
|---|---|
| **Общие** | **Помехи** |
| Конфигурация райзера (плавная S-образная, крутопадающая):<br>Приложить описание конфигурации райзера и компоновочные чертежи всех существенных элементов | Требуется ли контроль помех/столкновений?<br>☐ Да ☐ Нет<br>Приложить детализацию всех участков возможных помех, включая другие райзеры, швартовые канаты, колонны платформы, понтоны судна, киль танкера и т.д., и определить допустимые помехи/столкновения |
| Описание верхнего соединения райзера (платформа, танкер): | **Данные о перемещениях судна** |
| Описание нижнего соединения райзера (морское дно, судно): | Приложены ли данные о перемещениях судна?<br>☐ Да ☐ Нет |
| Требуемые трубные крепления (ограничители изгиба, плавучие модули):<br>Приложить чертежи всех элементов | Прикладываемые данные о перемещениях судна должны быть приведены для фактических условий нагружения. Данные должны содержать следующую информацию:<br>- принципиальную схему расположения судна, курс его постановки, расположение якорей и якорных линий, размещение райзеров;<br>- статические и динамические смещения судна для всех условий;<br>- характеристики судна (размерения, осадка и т. д.);<br>- амплитуды продольно-горизонтальной, поперечно-горизонтальной, вертикальной, бортовой, килевой качек и рыскания;<br>- базовую точку для отсчета перемещений судна;<br>- конструкцию системы позиционирования судна, включая характеристики якорных линий и якорей;<br>- допуски на позиционирование судна |
| **Дополнительные требования** | |
| Требуются ли материалы в дополнение к ГОСТ Р 59309—2021? ☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию | |
| Требуется ли изготовление в дополнение к ГОСТ Р 59309—2021? ☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию | |
| Выбор УТТ для 8.9.6 (по умолчанию УТТ 2-3)? ☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию | |
| Требуются ли FAT в дополнение к ГОСТ Р 59309—2021? ☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию | |
| Требуется ли маркировка в дополнение к ГОСТ Р 59309—2021? ☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию | |
| Требуются ли испытания прототипа? ☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию | |
| Дополнительные национальные стандарты и нормативные акты? ☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию | |

*Окончание таблицы В.1*

<table>
<tr><td colspan="2">Требуется ли контроль покупателя? ☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию</td></tr>
<tr><td colspan="2">Общие требования в дополнение к ГОСТ Р 59309—2021? ☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию</td></tr>
<tr><td colspan="2">Требования к поставке, монтажу и техническому обслуживанию</td></tr>
<tr><td>Требования к поставке:</td><td></td></tr>
<tr><td>Требования к отгрузке, упаковке и хранению:</td><td></td></tr>
<tr><td>Требования к документации:</td><td></td></tr>
<tr><td>Если требуется отдельное руководство по установке, то покупателю следует это указать</td><td></td></tr>
<tr><td>Требования к монтажу</td><td>Техническое обслуживание</td></tr>
<tr><td>Метод:</td><td rowspan="16">Требуется ли техническое обслуживание?<br>☐ Да ☐ Нет<br>Если да, то представить детализацию</td></tr>
<tr><td>Судно:</td></tr>
<tr><td>Общие:<br>Где применимо, заказчику следует указать какие-либо требования к сезонным ограничениям, среде, ограничениям судна, ограничениям из-за конфликтных работ и составу монтажных работ (включая разработку траншеи, заглубление, испытание, контроль, обслуживание и документацию)</td></tr>
<tr><td>Проектные критерии по монтажу</td></tr>
<tr><td>Радиус изгиба оборудования, м:</td></tr>
<tr><td>Нагрузки сдавливания устройства натяжения, кН:</td></tr>
<tr><td>Требования к подъемным/установочным устройствам:</td></tr>
<tr><td>Используется ли транспортный барабан для установки?<br>☐ Да ☐ Нет</td></tr>
<tr><td>Транспортируемый флюид в трубе при доставке (пустая, заполненная водой):</td></tr>
<tr><td>Требования к заполнению морской водой (время воздействия)?<br>☐ Да ☐ Нет</td></tr>
<tr><td>Где применимо, заказчику следует указать такие данные, как длина устройства натяжения, форма башмаков устройства натяжения, количество ремней, диаметр роликов, барабаны, углы эстакады и форма поверхности</td></tr>
<tr><td>Требования к испытаниям на месте монтажа:</td></tr>
<tr><td>Приложены ли данные о перемещениях и смещениях установочного судна?<br>☐ Да ☐ Нет</td></tr>
<tr><td>В прикладываемой детализации, в целом, следует отражать требования к данным в требованиях по данным перемещения судна, перечисленные в параметрах райзера (см. выше)</td></tr>
<tr><td colspan="2">* «ppm» — число частей на миллион, является устаревшей единицей измерений.</td></tr>
</table>

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

| Обозначение ссылочного национального и межгосударственного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта |
|---|---|---|
| ГОСТ 1497—84 | MOD | ISO 6892:1984 «Материалы металлические. Испытание на растяжение» |
| ГОСТ 4647—2015 | NEQ | ISO 179-1:2010 «Пластмассы. Определение ударной прочности по Шарпи. Часть 1. Неинструментальный метод испытания на удар» |
| ГОСТ 4648—2014 | MOD | ISO 178:2010 «Пластмассы. Определение свойств при изгибе» |
| ГОСТ 4650—2014 | MOD | ISO 62:2008 «Пластмассы. Определение поглощения воды» |
| ГОСТ 4651—2014 | MOD | ISO 604:2002 «Пластмассы. Определение свойств при сжатии» |
| ГОСТ 9012—59 | IDT | ISO 6506:1981 «Материалы металлические. Испытание на твердость. Определение твердости по Бринеллю» |
| ГОСТ 9013—59 | IDT | ISO 6508:1986 «Материалы металлические. Испытание на твердость. Определение твердости по Роквеллу (шкалы A-B-C-D-E-F-G-H-K)» |
| ГОСТ 9982—76 | NEQ | ISO 3384:1999 «Каучук вулканизованный или термопластичный. Определение релаксации напряжений при сжатии при температуре окружающей среды и при повышенной температуре» |
| ГОСТ 11034—2018 | NEQ | ISO 307:2007 «Пластмассы. Полиамиды. Определение числа вязкости» |
| ГОСТ 11262—2017 | MOD | ISO 527-2:2012 «Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 2. Условия испытаний формовочных и экструзионных пластмасс» |
| ГОСТ 12021—2017 | MOD | ISO 75-2:2013 «Пластмассы. Определение температуры прогиба под нагрузкой. Часть 2. Пластмассы и эбонит» |
| ГОСТ 16782—2015 | MOD | ISO 974:2000 «Пластмассы. Определение температуры хрупкости при ударе» |
| ГОСТ 18197—2014 | MOD | ISO 899-1:2003 «Пластмассы. Определение поведения при ползучести. Часть 1. Ползучесть при растяжении» |
| ГОСТ 19109—2017 | MOD | ISO 180:2000 «Пластмассы. Определение ударной прочности по Изоду» |
| ГОСТ 24621—2015 | MOD | ISO 868:2003 «Эбонит и пластмассы. Определение инденторной твердости с помощью дюрометра (твердость по Шору)» |
| ГОСТ 31458—2015 | MOD | ISO 10474:2013 «Сталь и стальные изделия. Документы о контроле» |
| ГОСТ 32327—2013 | IDT | ASTM D 664-11a «Стандартный метод определения кислотного числа нефтепродуктов с помощью потенциометрического титрования» |

*Продолжение таблицы ДА.1*

| Обозначение ссылочного национального и межгосударственного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта |
|---|---|---|
| ГОСТ 32328—2013 | IDT | ASTM D 974-12 «Стандартный метод определения кислотного и щелочного числа с помощью титрования с цветным индикатором» |
| ГОСТ 32618.2—2014 | MOD | ISO 11359-2:1999 «Пластмассы. Термомеханический анализ (TMA). Часть 2. Определение коэффициента линейного теплового расширения и температуры стеклования» |
| ГОСТ 34370—2017 | MOD | ISO 527-1:2012 «Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 1. Общие принципы» |
| ГОСТ 34371—2017 | MOD | ISO 75-1:2013 «Пластмассы. Определение температуры прогиба под нагрузкой. Часть 1. Общий метод испытания» |
| ГОСТ Р 51365—2009 | MOD | ISO 10423:2003 «Промышленность нефтяная и газовая. Буровое и эксплуатационное оборудование. Устьевая и фонтанная арматура» |
| ГОСТ Р 55134—2012 | MOD | ISO 11357-1:2009 «Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (DSC). Часть 1. Общие принципы» |
| ГОСТ Р 55877—2013 | NEQ | ISO 9352:1995 «Пластмассы. Определение износостойкости с помощью абразивного круга» |
| ГОСТ Р 56754—2015 | MOD | ISO 11357-4:2005 «Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (DSC). Часть 4. Определение удельной теплоемкости» |
| ГОСТ Р 56810—2015 | MOD | ASTM D790—2010 «Стандартные методы определения свойств при изгибе неармированных и армированных пластмасс и электроизоляционных материалов» |
| ГОСТ Р 57697—2017 | MOD | ASTM D5028-09 «Стандартный метод испытания на свойства при отверждении пултрузионных смол при помощи термического анализа» |
| ГОСТ Р 57713—2017 | IDT | ASTM D792-13 «Стандартные методы испытаний для определения плотности и удельного веса (относительной плотности) пластмасс методом вытеснения» |
| ГОСТ Р ИСО 148-1—2013 | IDT | ISO 148-1:2009 «Материалы металлические. Испытание на ударный изгиб на маятниковом копре по Шарпи. Часть 1. Метод испытания» |
| ГОСТ Р ИСО 306—2012 | IDT | ISO 306:2004 «Пластмассы. Термопластичные материалы. Определение температуры размягчения по Вика (VST)» |
| ГОСТ Р ИСО 3452-1—2011 | IDT | ISO 3452-1:2008 «Неразрушающий контроль. Метод проникающих жидкостей. Часть 1. Общие принципы» |
| ГОСТ Р ИСО 6507-1—2007 | IDT | ISO 6507-1:2005 «Материалы металлические. Определение твердости по Виккерсу. Часть 1. Метод испытания» |
| ГОСТ Р ИСО 9000—2015 | IDT | ISO 9000:2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» |
| ГОСТ Р ИСО 9606-1—2020 | IDT | ISO 9606-1:2012 «Аттестационные испытания сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали» |
| ГОСТ Р ИСО 9934-1—2011 | IDT | ISO 9934-1:2001 «Контроль неразрушающий. Испытание магнитными частицами. Часть 1. Общие принципы» |

*Окончание таблицы ДА.1*

| Обозначение ссылочного национального и межгосударственного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта |
|---|---|---|
| ГОСТ Р 59299—2021 | MOD | ISO 13628-3:2000 «Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 3. Системы проходных выкидных трубопроводов (TFL)» |
| ГОСТ Р ИСО 13628-4—2016 | IDT | ISO 13628-4:2010 «Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 4. Подводное оборудование устья скважины и устьевой елки» |
| ГОСТ Р ИСО 16810—2016 | IDT | ISO 16810:2012 «Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Общие принципы» |
| ГОСТ Р ИСО 16811—2016 | IDT | ISO 16811:2012 «Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Регулировка чувствительности и диапазона развертки» |
| ГОСТ Р 59306—2021 | MOD | ISO 13628-10:2005 «Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 10. Технические условия на гибкую трубу многослойной структуры со связующими слоями» |

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

## Библиография


[1] 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)

[2] API Spec 16C Технические условия на фонтанные и противовыбросовые системы (Specification for Choke and Kill Systems)

[3] ИСО 15156-1:2015 Промышленность нефтяная и газовая. Материалы для применения в средах, содержащих сероводород, при нефте- и газодобыче. Часть 1. Общие принципы выбора трещиностойких материалов (Petroleum and natural gas industries — Materials for use in $H_2S$-containing environments in oil and gas production — Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials)

[4] ИСО 15156-2:2015 Промышленность нефтяная и газовая. Материалы для применения в средах, содержащих сероводород, при нефте- и газодобыче. Часть 2. Трещиностойкие углеродистые и низколегированные стали и применение чугуна (Petroleum and natural gas industries — Materials for use in $H_2S$-containing environments in oil and gas production — Part 2: Cracking-resistant carbon and low-alloy steels, and the use of cast irons)

[5] ИСО 15156-3:2015 Промышленность нефтяная и газовая. Материалы для применения в средах, содержащих сероводород, при нефте- и газодобыче. Часть 3. Трещиностойкие (коррозионно-стойкие) и другие сплавы (Petroleum and natural gas industries — Materials for use in $H_2S$-containing environments in oil and gas production — Part 3: Cracking-resistant CRAs (corrosion-resistant alloys) and other alloys)

[6] NACE TM 01-77 Стандартный метод испытаний. Лабораторные методы испытания металлов на сопротивление сульфидному растрескиванию под напряжением и коррозионному растрескивание под напряжением в средах, содержащих сероводород (Standard test method. Laboratory testing of metals for resistance to sulfide stress cracking and stress corrosion cracking in H2S environments)

[7] API TR 17TR2-2003 Изменение свойств полиамида PA 11 в результате старения в гибких трубопроводах (The Ageing of PA-11 in Flexible Pipes)

[8] ИСО 15589-2 Промышленность нефтяная и газовая. Катодная защита систем транспортирования по трубопроводам. Часть 2. Морские трубопроводы (Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Cathodic protection of pipeline transportation systems — Part 2: Offshore pipelines)

[9] Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»

[10] АСТМ С335/С335М—2017 Стандартный метод определения стационарных теплообменных свойств теплоизоляции труб (Standard Test Method for Steady-State Heat Transfer Properties of Pipe Insulation)

[11] АСТМ А668 / А668М Стандартные технические условия на поковки из углеродистой и легированной стали для общего промышленного применения (Standard Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use)

[12] АСТМ А182 Стандартные технические условия на поковки из катаной легированной и нержавеющей стали для фланцев трубопроводов, кованых фитингов, трубопроводной арматуры и деталей для транспортировки при высокой температуре (Standard specification for forget or rolled alloy and stainless steel pipe flanges, forged fittings, and valves, and parts for high-temperature service)

[13] АСТМ А29 Стандартные технические условия на стальные прутки: углеродистые и легированные, горячедеформированные. Общие требования (Standard Specification for General Requirements for Steel Bars, Carbon and Alloy, Hot-Wrought)

| | | |
|---|---|---|
| [14] | ACTM C177 | Стандартный метод испытаний для измерений установившегося режима теплоты размягчения и свойств теплопроводности с помощью метода изолированных горячих плит (Standard Test Method for Monotonic Axial Tensile Behavior of Continuous Fiber-Reinforced Advanced Ceramic Tubular Test Specimens at Ambient Temperature) |
| [15] | ACTM C518 | Стандартный метод испытаний установившегося режима теплопередачи с помощью измерителя теплового потока (Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus) |
| [16] | ACTM D1693 | Стандартный метод испытаний пластмасс на основе полиэтилена на растрескивание под напряжением под влиянием окружающей среды (Standard Test Method for Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics) |
| [17] | ACTM A751 | Стандартные методы испытаний, руководства и терминология для химического анализа изделий из стали (Standard Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products) |
| [18] | ACTM G48-03 | Стандартные методы испытаний нержавеющей стали и родственных сплавов на коррозионную стойкость к питтинговой и щелевой коррозии с использованием раствора хлористого железа (Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution) |
| [19] | ДИН ЕН 10204—2005 | Изделия металлические. Типы актов приемочного контроля (Metallic products. Types of inspection documents) |
| [20] | ACTM A480 | Стандартные технические условия на общие требования для листовой стали из нержавеющей жаропрочной стали, листов и штрипсов (Standard Specification for General Requirements for Flat-Rolled Stainless and Heat-Resisting Steel Plate, Sheet, and Strip) |
| [21] | ACTM D1418 | Общепринятая практика для каучуков и латексов. Номенклатура (Standard Practice for Rubber and Rubber Latices. Nomenclature) |
| [22] | ACME BPVC Section IX | Котлы и сосуды, работающие под давлением. Секция IX. Квалификация сварочных и паяльных работ (Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX, Welding and brazing qualifications) |
| [23] | EN 288-1 | Технические условия и квалификация сварочных процессов для металлических материалов. Часть 1. Общие правила сварки плавлением (Specification and approval of welding procedures for metallic materials. Part 1: General rules for fusion welding) |
| [24] | EN 288-2 | Технические условия и квалификация сварочных процессов для металлических материалов. Часть 2. Операционная карта дуговой сварки (Specification and approval of welding procedures for metallic materials. Part 2: Welding procedure specification for arc welding) |
| [25] | EN 288-3 | Технические условия и квалификация сварочных процессов для металлических материалов. Часть 3. Квалификация операций сварки для дуговой сварки стали (Specification and approval of welding procedures for metallic materials. Part 3: Welding procedure tests for the arc welding of steels) |
| [26] | ISO 13847 | Нефтяная и газовая промышленность. Системы трубопроводного транспорта. Сварка трубопроводов (Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Welding of pipelines) |
| [27] | ACTM E384 | Стандартные методы испытаний микротвердости материалов (Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials) |
| [28] | ACTM D624 | Стандартные методы испытаний прочности на разрыв обычной вулканизированной резины и термопластичных эластомеров (Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers) |

УДК 622.276.04:006.254 ОКС 75.020

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность, проектирование, эксплуатация, системы подводной добычи, гибкие трубные системы, многослойная структура, связующие слои, подводное и морское применение

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 11.02.2021. Подписано в печать 04.03.2021. Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 7,90. Уч.-изд. л. 7,15.

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.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru