ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71698— 2024

Нефтяная и газовая промышленность

ШЛАНГИ ГИБКИЕ ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ СЖИЖЕННЫХ И ОХЛАЖДЕННЫХ ГАЗОВ

Общие технические условия

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

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 8 ноября 2024 г. № 1621-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений стандарта ДИН ЕН 1474-2:2021 «Установки и оборудование для сжиженного природного газа. Конструкция и испытание морских систем перекачки. Часть 2. Проектирование и испытание перекачивающих рукавов» (DIN EN 1474-2:2021 «Installation and equipment for liquefied natural gas — Design and testing of marine transfer systems — Part 2: Design and testing of transfer hoses», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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 1
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Область применения и квалификационные категории шлангов 7
4.1 Общие положения 7
4.2 Квалификационные категории шланга 7
5 Описание типовых конструкций шлангов и принадлежностей для перекачки сжиженного природного газа 8
5.1 Общие положения 8
5.2 Обязательные компоненты 8
5.3 Дополнительные компоненты 8
5.4 Типовые конструкции шлангов в сборе для перекачки сжиженного природного газа 8
6 Конструктивные особенности шлангов для перекачки сжиженного природного газа 11
6.1 Общие положения 11
6.2 Расчетные параметры перекачивающих шлангов 12
6.3 Специфические параметры для проектирования перекачивающих шлангов 12
6.4 Подробности о компонентах. Концевое соединение 13
6.5 Управляемое подъемное устройство для стыковки шланга 14
6.6 Системы безопасности 14
6.7 Подключение к танкеру СПГ 15
6.8 Гидравлические и электрические системы мониторинга 15
6.9 Выбор материалов 15
7 Квалификационные требования 16
7.1 Общие положения 16
7.2 Процесс квалификации 17
7.3 Испытания шлангов 19
8 Обеспечение качества и контроль качества 35
8.1 Общие сведения 35
8.2 Выбор материала 35
8.3 Производство 36
8.4 Заводские приемочные испытания 37
9 Документация 37
9.1 Рекомендации по закупкам 37
9.2 Конструкторская, квалификационная и производственная документация 37
9.3 Технический паспорт продукции 38
9.4 Руководство по эксплуатации 38
Приложение А (справочное) Рекомендации по выбору квалификационных категорий шлангов 40
Приложение Б (справочное) Рекомендации по программе дополнительных испытаний 42
Приложение В (справочное) Испытания на герметичность под давлением. Обоснование предельно допустимого показателя проницаемости и величины течеискания 48
Приложение Г (справочное) Таблицы требований к шлангам при их заказе и изготовлении 50
Приложение Д (справочное) Учет скачков давления в шлангах СПГ 52
Приложение Е (справочное) Перечень возможных дефектов в процессе эксплуатации шлангов СПГ . . 53
Библиография 54

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нефтяная и газовая промышленность

ШЛАНГИ ГИБКИЕ ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ СЖИЖЕННЫХ И ОХЛАЖДЕННЫХ ГАЗОВ

Общие технические условия

Oil and gas industry.
Metal fabric and flexible hoses for pumping liquefied and refrigerated gases. General specifications

Дата введения — 2025—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие положения к проектированию, выбору материалов, области применения и классификации, к подтверждению соответствия и испытаниям гибких шлангов (рукавов) в сборе для перекачивания сжиженного природного газа (СПГ).

Примечание — Шланги для перекачивания СПГ могут пересекать или находиться непосредственно во взрывоопасных зонах.

Перекачивающие шланги (рукава) в сборе спроектированы как часть перекачивающей системы, т. е. они могут быть оснащены системой аварийного отключения, быстроразъемным соединением, системами перемещения, гидравлическими и электрическими компонентами и т. д.

Методы испытаний, приведенные в настоящем стандарте, применяют при испытаниях типовых образцов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 356 Арматура и детали трубопроводов. Давления номинальные, пробные и рабочие. Ряды

ГОСТ 2822 Концы цапковые и штуцерные судовой арматуры и соединительных частей трубопроводов. Основные параметры, размеры и технические требования

ГОСТ 3242 Соединения сварные. Методы контроля качества

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

ГОСТ 24297 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля

ГОСТ 28338 Соединения трубопроводов и арматура. Номинальные диаметры. Ряды

ГОСТ 31441.1 Оборудование неэлектрическое, предназначенное для применения в потенциально взрывоопасных средах. Часть 1. Общие требования

ГОСТ 33259 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до *PN* 250. Конструкция, размеры и общие технические требования

ГОСТ 33260 Арматура трубопроводная. Металлы, применяемые в арматуростроении. Основные требования к выбору материалов

ГОСТ ISO 10619-1 Рукава и трубки резиновые и пластиковые. Измерение гибкости и жесткости. Часть 1. Испытания на изгиб при температуре окружающей среды

Издание официальное

ГОСТ Р 55892 Объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа. Общие технические требования

ГОСТ Р 56352 Нефтяная и газовая промышленность. Производство, хранение и перекачка сжиженного природного газа. Общие требования безопасности

ГОСТ Р 59021 Нефтяная и газовая промышленность. Грузовые операции и бункеровка сжиженным природным газом. Общие требования

ГОСТ Р 59022 Нефтяная и газовая промышленность. Грузовые операции и бункеровка сжиженным природным газом. Оборудование причалов

ГОСТ Р 71697—2024 Инфраструктура для производства, хранения и отгрузки сжиженного природного газа. Стендерное оборудование. Общие технические условия.

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

ГОСТ Р ИСО 9001 Система менеджмента качества. Требования

ГОСТ Р ИСО 10012 Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию

ГОСТ Р ИСО 28460—2018 Нефтяная и газовая промышленность. Сооружение и оборудование для сжиженного природного газа. Порядок взаимодействия судно-берег и портовые операции

СП 528.1311500 Бункеровка водного транспорта сжиженным природным газом. Бункерные причалы. Требования пожарной безопасности

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

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **армирование:** Усиление конструкции и формирование каркаса либо из спирально наматываемой армирующей проволоки, либо лентами из металла или пластика для обеспечения прочности на расширение от воздействия внутреннего давления и/или внешней защиты.

3.1.2 **быстроразъемное соединение;** БРС: Ручное или гидравлическое механическое устройство для подсоединения и отсоединения перекачивающего СПГ шланга к коллекторной линии без использования крепежных изделий.

3.1.3 **визуальный осмотр:** Проверка деталей и оборудования на наличие видимых дефектов.

3.1.4 **внешняя защита:** Любой внешний элемент, который полностью или частично защищает шланг.

Пример — Защитная спираль, гофрированная внешняя труба, резиновая оболочка, противопожарная защита и т. д.

3.1.5 **внешняя оболочка:** Слой или последовательность слоев изоляции, предназначенных для защиты шланга, конструкций, систем и компонентов от окружающей среды, выход из строя которых может привести к недопустимому выбросу СПГ.

3.1.6 **внутренний диаметр *D*:** Диаметр, установленный изготовителем напрямую связанный с конструкцией и технологией изготовления шланга.

Примечание — Внутренний диаметр приблизительно равен номинальному диаметру присоединяемых частей арматуры, выраженному в миллиметрах и соответствующему ближайшему значению из ряда чисел по ГОСТ 28338, принятых в установленном порядке.

3.1.7

грузовой манифольд судна: Часть трубопроводов грузовой системы танкера, оборудованных фланцами для подсоединения стендеров или шлангов терминала.

[ГОСТ Р ИСО 28460—2018, пункт 3.1.13]

3.1.8

динамическая нагрузка: Нагрузка, характеризующаяся быстрым изменением во времени ее значения, направления или точки приложения и вызывающая в элементах конструкции силы инерции.

[ГОСТ 31841—2012, пункт 3.3]

3.1.9

жесткость на изгиб: Способность гибкой трубы сопротивляться сгибанию под действием изгибающих нагрузок при постоянных значениях растяжения, давления и температуры.

[ГОСТ Р 59309—2021, пункт 3.13]

3.1.10

заказчик: Предприятие (организация, объединение или другой субъект хозяйственной деятельности), по заявке или договору с которым производится разработка (модернизация), производство и (или) поставка продукции, в том числе научно-технической.

[ГОСТ Р 15.016—2016, пункт 3.2]

3.1.11

изготовитель: Юридическое лицо или физическое лицо, зарегистрированное в качестве индивидуального предпринимателя, в том числе иностранный изготовитель, осуществляющие от своего имени производство или производство и реализацию продукции и ответственные за ее соответствие установленным требованиям.

[ГОСТ Р 51293—2022, пункт 3.2]

3.1.12

инцидент: Опасное происшествие и созданная им опасная ситуация, связанная с отказом или повреждением оборудования и технических устройств либо с опасным отклонением от установленного режима технологического процесса, не повлекшие за собой аварии.

[ГОСТ 12.0.002—2014, статья 2.2.46]

3.1.13 **испытание на разрыв:** Испытание образца шланга до выхода из строя из-за действия внутреннего давления.

3.1.14 **испытание на ударную вязкость:** Испытание основано на разрушении образца с концентратором посередине одним ударом маятникового копра; в результате испытания определяют полную работу, затраченную при ударе (работу удара), или ударную вязкость.

3.1.15 **испытание на сопротивление смятию:** Приложение вертикальной нагрузки опорой, расположенной поперек шланга в сборе.

3.1.16 **кольцевой зазор:** Зазор между внутренним слоем, проводящим жидкость, и наружным слоем, который можно использовать в целях изоляции и/или безопасности.

3.1.17 **концевая часть:** Механическое устройство, образующее переход между телом гибкого трубопровода и присоединительным элементом, различные слои которого оканчиваются в концевом соединении, так что нагрузка передается между гибким трубопроводом и присоединительным элементом.

3.1.18 **концевое соединение:** Узел, состоящий из концевой части и присоединительного элемента.

3.1.19

криогенная температура: Температура в интервале 0 К — 120 К.

[ГОСТ 21957—76, статья 2]

3.1.20 **максимально допустимое рабочее давление;** МДРД: Максимальное давление (избыточное давление) во всем допустимом диапазоне температур, воздействию которого может подвергаться шланг и при котором он может эксплуатироваться.

Примечания

1 Это значение обычно используют станции налива для определения пределов давления в их системе налива (т. е. точка настройки насоса плюс любая дополнительная статическая нагрузка или настройка сброса предохранительного клапана системы налива).

2 Предполагается, что эта величина давления не учитывает динамические скачки давления, но учитывает изменения давления по сравнению с номинальным давлением во время эксплуатации (например, при внезапной остановке перекачиваемой жидкости в ситуации, когда судовой клапан или клапан станции налива СПГ быстро закрываются).

3.1.21 **максимально допустимая нагрузка смятия;** МДНС: Нагрузка, которая может быть приложена в плоскости, перпендикулярной к оси шланга, без необратимого повреждения конструкции и характеристик шланга.

3.1.22 **максимально допустимая энергия удара;** МДЭУ: Максимальная энергия удара, которая может быть приложена к шлангу без необратимого повреждения конструкции и характеристик шланга.

3.1.23 **максимальная рабочая нагрузка;** МРН: Максимально допустимое растягивающее усилие шланга в осевом направлении, действующее на концевые соединения.

3.1.24 **максимальное рабочее давление:** Максимальное внутреннее давление, включая скачки давления, которое может быть достигнуто в системе.

Примечание — Следует указывать температуру и давление вместе.

3.1.25 **минимальный радиус изгиба;** МРИ: Минимальный радиус, для которого рассчитан шланг в сборе во время эксплуатации.

3.1.26 **минимальный радиус изгиба при хранении;** МРИХ: Минимальный радиус, на который рассчитан шланг в сборе при хранении или транспортировке, при этом минимальный радиус изгиба при хранении может быть меньше, чем при эксплуатации.

3.1.27

муфта аварийного разъединения; ERC: Муфта аварийного разъединения (отсоединительная муфта), установленная в линиях передачи СПГ и отпарного газа как часть системы ERS, предназначенная для обеспечения быстрого механического отсоединения системы передачи СПГ от установки, к которой она подсоединена.

Примечание — Муфта обеспечивает предотвращение повреждения погрузочно-разгрузочного оборудования в случае превышения заданных рабочих параметров или эксплуатационных ограничений системы (например, чрезмерные натяжения трубопроводов).

[ГОСТ Р 70618—2022, пункт 3.19]

3.1.28

неразрушающий контроль; НК: Область науки и техники, охватывающая исследования физических принципов, разработку, совершенствование и применение методов, средств и технологий технического контроля объектов, не разрушающего и не ухудшающего их пригодность к эксплуатации.

[ГОСТ Р 53697—2009, статья 2.20]

3.1.29

номинальное давление *PN* (Нрк. *условное давление*): Наибольшее избыточное давление, выраженное в кгс/см^2, при температуре рабочей среды 20 °С, при котором обеспечивается заданный срок службы (ресурс) корпусных деталей арматуры, имеющих определенные размеры, обоснованные расчетом на прочность при выбранных материалах и характеристиках прочности их при температуре 20 °С.

[ГОСТ 24856—2014, статья 6.1.2]

3.1.30

номинальный диаметр *DN* (Нрк. *диаметр условного прохода; условный проход; номинальный размер; условный диаметр; номинальный проход*): Параметр, применяемый для трубопроводных систем в качестве характеристики присоединяемых частей арматуры.

Примечание — Номинальный диаметр приблизительно равен внутреннему диаметру присоединяемого трубопровода, выраженному в миллиметрах и соответствующему ближайшему значению из ряда чисел, принятых в установленном порядке.

[ГОСТ 24856—2014, статья 6.1.3]

3.1.31 **ограничитель изгиба:** Устройство для ограничения радиуса изгиба механическим способом.

Примечание — Ограничитель изгиба обычно состоит из ряда стопорных металлических или формованных колец, прикрепленных к внешней поверхности.

3.1.32 **осевая жесткость:** Сила, с которой шланг в сборе сопротивляется удлинению при растяжении из-за приложенной осевой нагрузки.

3.1.33 **пробное давление:** Давление, которому подвергается шланг в процессе производства (во время заводских приемочных испытаний) на предприятии-изготовителе для демонстрации его структурной целостности при воздействии внутреннего давления.

Примечание — В соответствии с кодексом [1] испытание пробным давлением должно составлять не менее 1,5·МДРД и не более двух пятых давления разрыва при температуре окружающей среды.

3.1.34 **протокол испытаний опытного образца (прототипа);** ПИОО: Протокол, выданный аккредитованной(ым) испытательной(ым) лабораторией (центром) и подтверждающий соответствие объекта требованиям национального стандарта или условиям договора.

Примечание — Наименование этого протокола может варьироваться в зависимости от АИЛ.

3.1.35 **плавучесть:** Способность гибкого шланга держаться на плаву при перекачивании СПГ.

3.1.36 **радиус изгиба:** Радиус, с которым шланг может быть согнут без повреждения.

Примечание — Радиус изгиба измеряют от осевой линии шланга.

3.1.37 **расчетное давление:** Давление при расчетной температуре, указанное заказчиком, на которую должен быть рассчитан шланг.

Примечание — Расчетное давление в системе должно быть равно допустимому рабочему давлению или превышать его.

3.1.38 **расчетная температура:** Диапазон температур, на который рассчитана система перекачки.

3.1.39 **рукав:** Гибкая часть шланга, которая поставляется бухтами и является заготовкой для производства шланга.

3.1.40

сжиженный природный газ; СПГ: Природный газ, сжиженный после переработки с целью хранения или транспортирования.

[ГОСТ Р 53521—2009, статья 5]

3.1.41

система аварийного отсоединения; ERS: Система, которая предоставляет мобильные средства быстрого отсоединения стендеров и безопасную изоляцию судна от берега, следуя заранее определенной процедуре, включая аварийный останов (ESD).

Примечание — Работа системы аварийного разъединения может рассматриваться как «аварийный останов II» («ESD II»).

[ГОСТ Р ИСО 28460—2018, пункт 3.1.4]

Примечание — ERS состоит из муфты аварийного разъединения (MAP) и запорных клапанов с блокировкой, которые автоматически закрываются с обеих сторон, тем самым удерживая СПГ или газ в линиях подачи или слива и, при необходимости, в связанной с ними системе управления (сухое разъединение).

3.1.42 **система обнаружения утечек:** Система, которая способна обнаружить неисправность части шланга, несущей жидкость, или утечку в ней.

3.1.43 **скачок давления:** Быстрое изменение давления в результате изменения расхода в перекачивающей системе.

3.1.44 **собственник:** Юридическое лицо, обладающее правом собственности, выступающее в роли владельца, распорядителя, пользователя объекта собственности.

3.1.45 **соединительный элемент:** Часть концевого соединения, служащая для обеспечения герметичного конструктивного соединения между концевым соединением и прилегающим трубопроводом.

3.1.46 **срок службы:** Период времени, в течение которого шланг соответствует всем эксплуатационным требованиям для указанных или менее жестких условий в той же квалификационной категории шланга.

3.1.47 **статическая нагрузка:** Нагрузка на гибкие шланги без значительных циклических колебаний нагрузки или прогибов при нормальной эксплуатации.

3.1.48 **теплоизоляционные слои:** Несколько отражающих пленок для уменьшения радиационной теплопередачи в составе вакуумной изоляционной системы.

3.1.49 **усталостная долговечность:** Количество циклов с заданной характеристикой, которое может выдержать данный испытуемый образец до того, как произойдет отказ определенного типа.

3.1.50 **фланец насоса:** Фланец для подключения установки вакуумного насоса для трубопровода с вакуумной изоляцией.

3.1.51 **шланг:** Гибкий трубопровод, состоящий из рукава и концевых деталей (патрубков с фланцами, штуцерами или другими соединениями).

3.1.52 **шланг в сборе:** Шланг с присоединенными вспомогательными деталями, такими как ограничители изгиба, разрывные муфты и другое специальное вспомогательное оборудование.

3.1.53 **шланговая линия:** Гибкий трубопровод, состоящий из нескольких шлангов, фасонных частей, муфты аварийного разъединения или разрывной муфты, электроизолирующего соединения, вертлюга и другой предохранительной или регулирующей арматуры.

3.1.54 **элемент обеспечения жесткости на изгиб:** Вспомогательный компонент конической формы, локально поддерживающий шланг для ограничения изгибающих напряжений и для изгиба шланга до приемлемого уровня.

Примечание — Элемент обеспечения жесткости на изгиб может быть прикреплен к концевому соединителю или на несущей конструкции, через который проходит гибкий трубопровод и который ограничивает его изгиб.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АИЛ — аккредитованная(ый) испытательная(ый) лаборатория (центр);
ДРД — допустимое рабочее давление;
ЕВП — едва видимое повреждение, минимальный ущерб;
ККШ — квалификационная категория шланга;
МАР — муфта аварийного разъединения;
МДУС — максимально допустимый угол скручивания;
ПГ — природный газ;
ПИ — согласованные с заказчиком функциональные заводские приемочные испытания изготовленного на заказ оборудования;
ПРГУ — плавучая установка хранения и регазификации СПГ, стоящая на рейде или у причала и соединенная газопроводом с берегом;
ПХ СПГ — плавучее хранилище СПГ без судовой регазификационной установки;
ПУП СПГ — плавучая установка по производству СПГ;
ESD — система аварийного отключения;
L — длина гибкой части шланга;
WPQR — протокол аттестации процедуры сварки.

4 Область применения и квалификационные категории шлангов

4.1 Общие положения

4.1.1 В настоящем подразделе установлены основные области применения шлангов для перекачки СПГ.

Список областей применения шлангов для перекачки СПГ (не исчерпывающий):

- морская тандемная разгрузка/погрузка СПГ в подвесном или плавучем состоянии в соответствии с ГОСТ Р 59021;
- перекачка между судами, такими как танкеры СПГ, на ПРГУ, бункеровка СПГ в соответствии с ГОСТ Р 59021;
- перекачка груза между сушей и судном, например бункеровка СПГ в соответствии с ГОСТ Р ИСО 28460;
- перекачка груза между судном и стационарным резервуаром на берегу, например, разгрузка/погрузка в соответствии с ГОСТ Р ИСО 28460;
- перекачка груза из мобильной емкости (автоцистерн, железнодорожных цистерн) в стационарный резервуар и наоборот, например разгрузка/погрузка в соответствии с ГОСТ Р ИСО 28460;
- перекачка СПГ при технологических операциях.

4.1.2 В зависимости от использования шланга в сборе применяют различные ККШ.

Основное отличие — динамические нагрузки в гибком трубопроводе. В подразделе 4.2 представлены ККШ.

Примечание — Рекомендации для заказчиков (собственников) относительно применения и определения соответствующей ККШ доступны в приложении А. Выбор ККШ является зоной ответственности заказчика (собственника).

4.1.3 В случае рассмотрения возможности применения шлангов для перекачки СПГ в других областях хозяйственной деятельности необходимо, при рассмотрении, использовать требования настоящего стандарта.

4.2 Квалификационные категории шланга

В настоящем подразделе установлены ККШ, на которые распространяется настоящий стандарт. Указанные ниже ККШ определяют различные требования к проверке конструкции в соответствии с 7.2.2.

Объем испытаний в рамках ККШ определяет основу для квалификации шлангов, но не зависит от данных конкретного проекта (гидрометеорологических данных, данных о волнах и расходах). Во время разработки проекта требуемая ККШ должна быть определена заказчиком(собственником) и/или АИЛ.

Заказчик (собственник)/АИЛ может потребовать проведения дополнительных испытаний во время квалификации шланга, чтобы определить, подходит ли предлагаемый шланг для предполагаемого использования (например, при испытаниях на усталость следует уделять особое внимание изгибающим нагрузкам вблизи концевых соединений).

Квалификационные категории шлангов:

- А, предназначенная для квазистатических применений [т. е. применения, при которых на шланг (рукав) также влияют незначительное изменение его положения и/или термическая усталость и усталость от давления].

В эту категорию входят требования к эксплуатационным характеристикам, предъявляемые ко всем свободно висящим перекачивающим шлангам, обычно перекачивающим шлангам с защитными оболочками, для периодического использования без контакта с водой и с незначительными динамическими движениями;

- В, предназначенная для динамических применений, вызванных усталостью свободно висящего шланга, включая значительные нагрузки на растяжение и усталость от изгибающей нагрузки (например, влияние движения судов или ветровых нагрузок).

В эту категорию входят требования к эксплуатационным характеристикам всех свободно висящих перекачивающих шлангов, которые обычно применяют в сочетании с открытой средой и/или в условиях длительного использования и в конфигурациях, контактирующих с плавучими конструкциями;

- С, предназначенная для динамических применений для подводных или плавающих трубопроводов, составленных из шлангов.

Квалификационные испытания в этой категории включают типовые испытания на контакт с водой таких элементов, как изоляция, свойства водонепроницаемости и потенциальные проблемы долговременного подключения.

Производитель шланга должен представить методологию оценки усталости, которая будет применена на стадии проекта для проверки того, что шланг в сборе соответствует установленным требованиям при его использовании.

Методы испытаний должны быть подтверждены АИЛ.

5 Описание типовых конструкций шлангов и принадлежностей для перекачки сжиженного природного газа

5.1 Общие положения

В настоящем стандарте шланги рассматривают как межфланцевые компоненты.

Это означает, что должны быть учтены все положения и требования, касающиеся шлангов в сборе, которые посредством концевых соединений подключены между фланцевыми компонентами для транспортировки СПГ.

5.2 Обязательные компоненты

5.2.1 Шланг в сборе для перекачки СПГ должен содержать:

- гибкую часть шланга — рукав;
- соответствующие концевые соединения.

Концевые соединения шлангов могут обеспечить монтаж БРС или фланцевого участка трубопровода или прямое подключение к танкеру СПГ, станции налива СПГ или другому шланговому трубопроводу.

Примечание — Описание БРС приведено в ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

Кроме того, концевые соединения шлангов позволяют установить систему аварийного отсоединения ERS с клапанами выпуска и муфтой аварийного отсоединения MAP.

Примечание — Описание системы ERS приведено в ГОСТ Р 71697 (см. также [2]);

- устройство(а) для перемещения шланга (удерживающий кронштейн, подъемный воротник и т. д.);
- маркировочную табличку.

5.2.2 Шланг должен содержать необходимые соединители для безопасного обращения, соединения и отсоединения либо от емкости с СПГ, либо от наземной или морской системы загрузочной станции, как того требует проект системы в соответствии с ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

5.3 Дополнительные компоненты

5.3.1 По требованию заказчика (собственника) шланг для перекачки СПГ может быть оборудован:

- системой обнаружения утечек;
- системой изоляции (для минимизации образования внешнего льда);
- прокладками для защиты от утечек;
- элементами жесткости для ограничения изгиба;
- плавучестью;
- весовыми элементами;
- специальным вспомогательным оборудованием.

5.3.2 Шланг для перекачки СПГ может содержать (например, смонтированные на поверхности) гидравлические или пневматические шланги, электрические кабели для электропитания систем ERS и БРС в соответствии с ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

5.4 Типовые конструкции шлангов в сборе для перекачки сжиженного природного газа

5.4.1 Основные типы шлангов

Шланги для перекачки СПГ подразделяют на три типа в зависимости от конструкции:

а) металлические гофрированные шланги — шланги, основанные на конструкции бесшовных металлических гофрированных рукавов;

б) композитные шланги — шланги, основанные на конструкции, в которой полимерные пленки и ткани заключены между парой плотно намотанных спиральных проволок;

в) шланг в шланге с кольцевым пространством — шланги, основанные на концентричной конструкции «шланг в шланге», которые могут быть получены с помощью любой из вышеперечисленных технологий.

По мере развития технологии могут стать доступными другие типы шлангов в сборе, которые следует рассматривать как подпадающие под действие настоящего стандарта.

5.4.2 Металлические гофрированные шланги

5.4.2.1 Металлический гофрированный шланг состоит из внутреннего бесшовного рукава, выполненного из гофрированной нержавеющей стали, и нескольких других металлических или неметаллических слоев, которые усиливают механическую прочность гибкого шланга. Пример типовой конструкции шланга из семейства армированных металлических гофрированных шлангов представлен на рисунке 1.

5.4.2.2 Последовательность типового построения начиная с внутреннего диаметра следующая:

а) внутренний слой шланга, который состоит из бесшовного рукава из гофрированной нержавеющей стали (с параллельными или спиральными гофрами). Это обеспечивает внутреннюю герметичность конструкции, а также устойчивость к радиальному давлению;

б) армирующие слои, которые состоят из стали или текстиля, для поддержки осевых нагрузок и увеличения сопротивления внутреннему радиальному давлению;

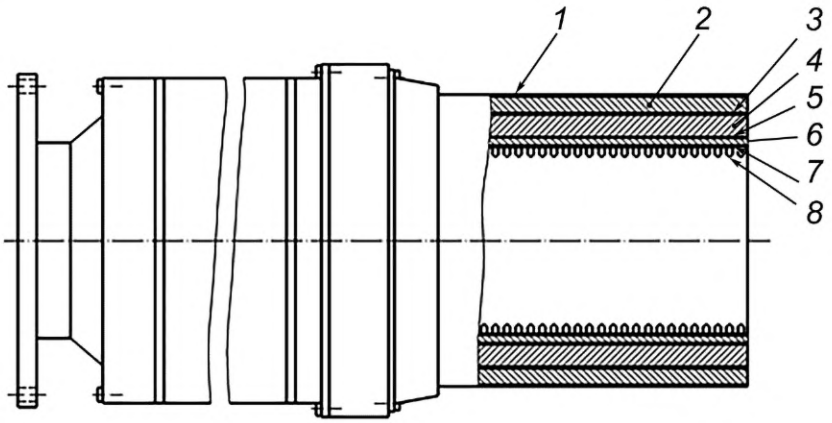
в) дополнительные теплоизоляционные слои, обеспечивающие поддержание внутренней температуры и предотвращающие образование льда на внешней стороне шланга;

г) дополнительные внешние слои, защищающие шланги от внешних механических повреждений. Эти слои могут быть герметичными и выполнять роль внешней оболочки шланга (с кольцевым зазором между ними), что позволяет обнаружить любую утечку СПГ, как только она произойдет. В случае утечки во внутреннем слое внешний слой может выдерживать определенное давление при определенной температуре в течение определенного периода времени.

Если внешний слой герметичен, он предотвращает попадание воды и воздуха снаружи.

Количество, расположение и последовательность слоев, приведенных в перечислениях б) — г), зависят от размера и применения шланга и могут варьироваться в зависимости от технологии изготовления шланга.

Конструкция шланга должна обеспечивать использование всех материалов в допустимых диапазонах температур.

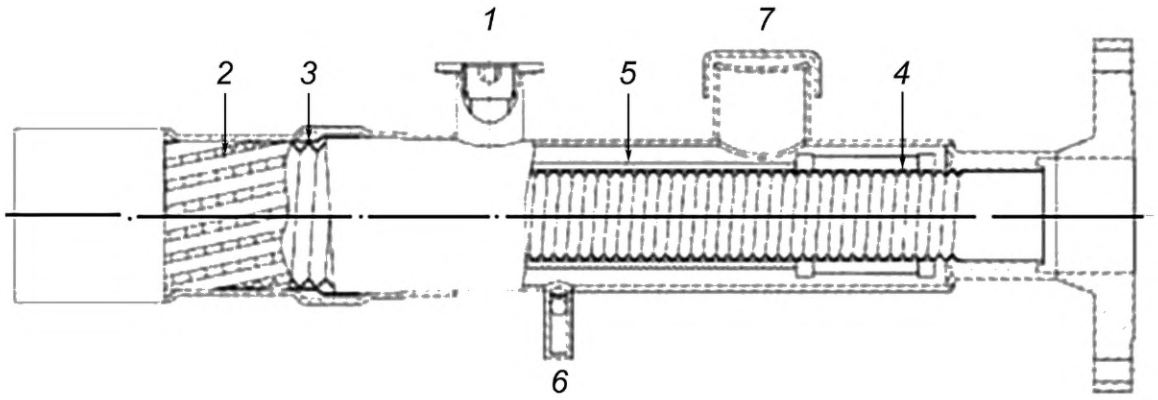


1 — герметичный слой; *2* — изоляция; *3* — герметичный слой; *4* — изоляция; *5* — поддерживающий слой; *6* — армирование; *7* — герметичный слой; *8* — внутренний гофрированный рукав

Рисунок 1 — Типовая конструкция шланга. Семейство армированных металлических гофрированных шлангов

5.4.2.3 В зависимости от конструкции внешний герметичный слой может представлять собой нержавеющий металлический гофрированный шланг, аналогичный внутреннему слою. В этом случае кольцевое пространство между внутренним и внешним рукавами может быть вакуумировано. Мониторинг давления в кольцевом пространстве приводит к обнаружению утечек внутреннего и внешнего рукавов. Теплоизоляцию можно дополнительно поддерживать теплоизоляционными слоями в вакуу-

мированном кольцевом пространстве. Пример типовой конструкции шланга для СПГ с возможностью подключения вакуумной установки представлен на рисунке 2.



1 — фланец вакуумного насоса; *2* — армирование; *3* — гофрированная внешняя труба; *4* — гофрированные камеры; *5* — теплоизоляционные слои в вакууме; *6* — контроль вакуума для обнаружения утечек; *7* — разрывная мембрана

Рисунок 2 — Типовая конструкция шланга для СПГ с возможностью подключения вакуумной установки

5.4.3 Композитные шланги

5.4.3.1 Композитный шланг состоит из нескольких слоев полимерной пленки и ткани, расположенных между двумя навитыми спиралями проволоки, которые придают гибкой части шланга в сборе следующую форму: один внутри другого. Слои пленки обеспечивают непроницаемый для жидкости барьер для транспортируемого продукта, а слои ткани — механическую прочность гибкой части рукава. Могут быть добавлены дополнительные слои изоляции. Пример типовой конструкции композитного шланга для перекачки СПГ представлен на рисунке 3.

5.4.3.2 Последовательность конструктивного исполнения начиная с внутреннего диаметра, как правило, следующая:

а) внутренняя спираль из проволоки, намотка с заданным шагом;

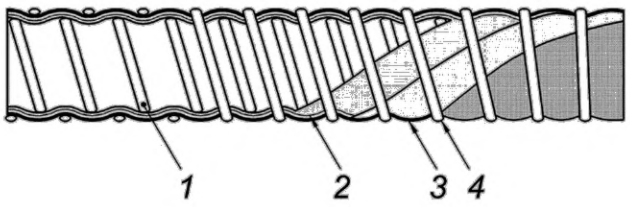
б) слои полимерной ткани, образующие внутренний слой рукава;

в) навивка из множества слоев полимерной пленки. Вся навивка из пленки имеет трубчатую форму и образует непроницаемый слой для транспортируемого продукта;

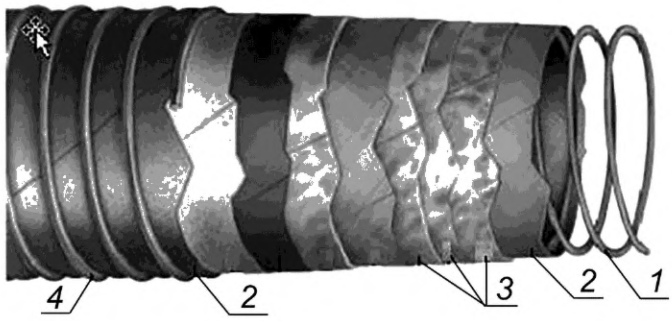
г) навивка из множества слоев полимерной ткани, армирующих гибкую часть шланга;

д) наружная спираль из проволоки, намотанная под натяжением и смещенная на расстояние полшага от внутренней проволочной обмотки. Это формирует гибкую часть шланга в требуемую структуру.

Количество и расположение слоев, приведенных в перечислениях в) и г), зависят от размера шланга и его применения. Полимерную пленку и тканевые материалы выбирают с учетом транспортируемого продукта и экстремальных рабочих температур.



а) Схема композитного рукава



б) Пример формирования композитного рукава

1 — внутренний слой проволоки; *2* — полимерная ткань; *3* — полимерная пленка; *4* — внешний слой проволоки

Рисунок 3 — Типовая конструкция композитного шланга для перекачки СПГ

5.4.4 Шланг в шланге с кольцевым пространством

В состав шланга этой конструкции (см. рисунок 2) должно быть включено следующее:

а) внутренний рукав на основе композитного рукава или гофрированного рукава из нержавеющей стали, способный выдерживать криогенные температуры и максимально допустимое давление в течение назначенного срока службы;

б) кольцевое пространство, которое может обеспечить одну или все из следующих функций:

- теплоизоляцию.

Примечание — Теплоизоляция достигается за счет заполнения кольцевого пространства материалом с низкой теплопроводностью — комбинацией фольги с металлическим покрытием и прокладок (теплоизоляционные слои) или создания вакуума в кольцевом пространстве;

- плавучесть;
- обнаружение утечек;

в) внешний рукав, который может обеспечить одну или все из следующих функций:

- герметичность для защиты внутреннего рукава от внешней среды и предотвращения попадания воды и воздуха в кольцевое пространство;
- защиту внутреннего рукава от ударных и сдавливающих нагрузок;
- защиту внутреннего рукава от чрезмерных нагрузок или изгиба;
- предотвращение утечек или разливов в случае разгерметизации внутреннего рукава. Испытание этой характеристики не рассмотрено в настоящем стандарте;

г) система обнаружения утечек, способную обнаруживать разгерметизацию внутреннего рукава.

6 Конструктивные особенности шлангов для перекачки сжиженного природного газа

6.1 Общие положения

Шланг представляет собой часть общей системы транспортировки СПГ. Параметры, определяющие точную конструкцию шланга в сборе (например, циклические, статические и динамические движения и т. д.), приведены в ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

Необходимо учитывать две группы параметров, влияющих на конструкцию шланга:

- расчетные параметры перекачивающих шлангов (перечислены в 6.2).

Примечание — Эти параметры неразрывно связаны с изделием и представляют собой минимальные требования, которые необходимо определить для сертификации шланга для перекачивания СПГ;

- параметры проектирования, специфичные для проекта (перечислены в 6.3).

Примечание — Данные параметры, связанные с проектом, определяют дополнительные требования, обеспечивающие пригодность шланга для подачи СПГ, и не влияют на сертификацию, которая основана на расчетных параметрах технологии изготовления перекачивающих шлангов.

6.2 Расчетные параметры перекачивающих шлангов

Следующие параметры напрямую связаны с конструкцией и технологией изготовления шланга и должны быть установлены изготовителем:

- внутренний диаметр для гибкой части шланга;
- внутренний диаметр соединителя, если он отличается от гибкой части шланга;
- кривые потерь давления для СПГ и рециркуляции пара СПГ в системе передачи;
- диапазон температур;
- допустимая скорость. Этот параметр должен находиться в диапазоне от 7 до 12 м/с (максимум) для жидкостей включительно;
- максимально допустимое рабочее давление;
- совместимость материалов:
- с транспортируемой жидкостью (СПГ или сжиженные газы);
- с внешней средой;
- максимально допустимое скручивание;
- максимально допустимая осевая нагрузка;
- минимальный радиус изгиба;
- минимальный радиус изгиба при хранении;
- максимально допустимая ударная нагрузка при нормальной эксплуатации;
- максимально допустимая нагрузка смятия при нормальной эксплуатации.

Эти параметры должны быть указаны в ПИОО продукции.

6.3 Специфические параметры для проектирования перекачивающих шлангов

6.3.1 Выбор длины шланга

Общая длина шланга определяется конструкцией системы и должна соответствовать условиям хранения и эксплуатации, включая диапазоны перемещения, согласно ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

В зависимости от длины, конструкции и типа системы, а также от других факторов, таких как требования судна, поставка шланга в сборе должна быть осуществлена либо в виде непрерывной длины, либо в виде серии отдельных частей.

Длина шланга, используемого в системе, должна быть такой, чтобы сохранялся диапазон движения, определенный в ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

Длина шланга должна учитывать его удлинение под давлением или под действием собственного веса. Это удлинение должно соответствовать системе перекачки и обслуживания.

Кроме того, при определении длины гибкого шланга необходимо учитывать требования ГОСТ Р ИСО 28460—2018 (15.2).

6.3.2 Срок службы

Требуемый срок службы должен быть согласован между заказчиком (собственником) и изготовителем на основании требований к системе согласно ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

При расчете срока службы шланга учитывают совокупное влияние количества и амплитуды удлинений, напряжений, циклов давления и температуры во время эксплуатации, старения от окружающей среды, а также последствий аварийных отключений и скачков внутреннего давления во время эксплуатации.

Задачи по безопасности, связанные с взаимосвязью между сроком службы, усталостной долговечностью и усталостными испытаниями, должны быть заблаговременно решены и согласованы, а результаты взаимодействия по данному вопросу заказчика (собственника) и изготовителя задокументированы.

6.3.3 Выбор плавучести и погружения

Система подачи должна быть такой, чтобы шланг либо плавал, либо висел в воздухе, либо заказчик (собственник) задавал степень плавучести, если это необходимо.

Если требуется плавучесть или погружение в воду, это должно быть согласовано между заказчиком (собственником) и изготовителем на основании требований к системе согласно ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

6.3.4 Выбор изоляции

При необходимости шланг должен быть соответствующим образом изолирован, чтобы свести к минимуму образование льда на внешней стороне рукава в сборе и ограничить потери тепла. Если тре-

буется теплоизоляция, максимальные теплопотери должны быть согласованы между заказчиком (собственником) и изготовителем на основе требований к системе согласно ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

6.3.5 Выбор внешней защиты

Шланг должен иметь достаточную внешнюю защиту от случайных механических воздействий, таких как падение предметов, а также от регулярных эксплуатационных воздействий, например трение, истирание и коррозия. Если внешняя защита требуется для более высокого сопротивления, чем указано производителем в программе квалификации шлангов, то для конкретного проекта должна быть согласована между заказчиком (собственником) и производителем максимальная энергия удара или максимальная нагрузка смятия. Необходимо уточнить, связаны ли эти параметры со случайными или регулярными условиями эксплуатации исходя из требований системы согласно ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

6.3.6 Выбор системы обнаружения утечек

Информация относительно системы обнаружения утечек приведена в 6.6.

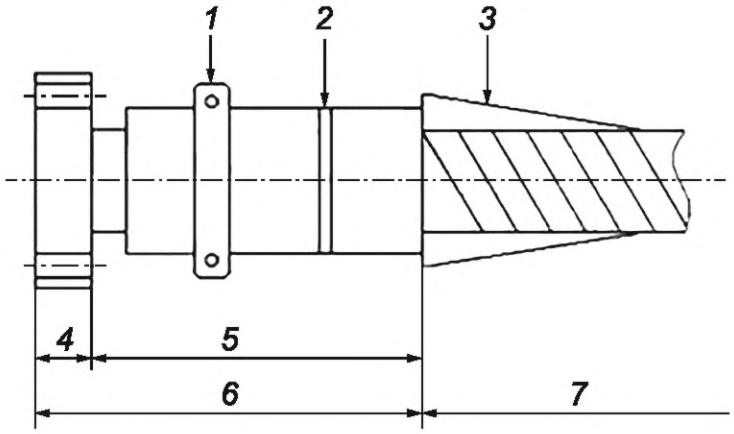
6.4 Подробности о компонентах. Концевое соединение

6.4.1 Общие положения

Концевые соединения каждого шланга содержат два основных компонента:

- концевая часть;
- соединительный элемент подключения.

Изображение концевого соединения (может отличаться в зависимости от конструкции шланга). Типовой узел концевого соединения представлен на рисунке 4.



1 — хомут для манипуляций; 2 — маркировочные (идентификационные) кольца; *3* — элемент усиления на изгиб (опционально); *4* — соединительный элемент; *5* — концевая часть; *6* — концевое соединение; *7* — гибкая часть шланга (рукав)

Рисунок 4 — Типовой узел концевого соединения композитных шлангов

6.4.2 Концевая часть (хвостовик)

Концевая часть должна обеспечивать следующие функции:

- механическое крепление всех слоев рукава, выдерживающее внутреннее давление, растягивающую и скручивающую нагрузку;
- создание герметичного уплотнения для транспортируемой жидкости и/или газа;
- создание герметичного уплотнения от проникновения влаги или воды из внешней среды.

Концевое соединение должно соответствовать усталостным условиям системы.

6.4.3 Соединительный элемент подключения

6.4.3.1 Соединительный элемент подключения должен быть либо встроен в концевую часть (секцию), либо приварен к ней в соответствии с аттестованной процедурой. Тип подключения должен быть указан заказчиком (собственником) и/или определен согласно требованиям системы.

6.4.3.2 Техническими требованиями к соединительным элементам подключения являются следующие:

- номинальный диаметр соединительного элемента — по ГОСТ 28338.

Примечания

1 Номинальный диаметр соединителя — от *DN* 80 до *DN* 600 мм.

2 Номинальный диаметр грузового коллектора судна — от *DN* 80 до *DN* 600 мм;

- номинальное давление выбрать — по ГОСТ 356.

Примечание — Номинальное давление по техническому заданию заказчика — не выше 2,4 МПа;

- конструкция и размеры фланцев, присоединительные размеры и размеры уплотнительных поверхностей фланцев — по ГОСТ 33259 (см. также [3]);
- цапковые и штуцерные концы — по ГОСТ 2822.

6.4.4 Элемент жесткости на изгиб/ограничитель изгиба (опция)

Данный элемент является дополнительной деталью, которую при необходимости прикрепляют к рукаву на одном или обоих концах. При наличии элемента жесткости он способствует плавной передаче изгибающих усилий от концевого соединения в структуру шланга и обеспечивает дополнительную устойчивость к чрезмерному изгибу.

Установка элемента жесткости на изгиб остается на усмотрение изготовителя после проверки условий эксплуатации.

6.5 Управляемое подъемное устройство для стыковки шланга

6.5.1 Дополнительные детали, такие как устройства для перемещения шланга (кронштейны или хомуты и т. д.), БРС и ERS, должны быть спроектированы как часть системы в соответствии с ГОСТ Р 71697 (см. также [2]).

6.5.2 Специальные инструкции по обращению со шлангом должны быть приложены к системе. Соответствующие инструкции по обращению со шлангами должны быть включены в каждый пакет документов, чтобы обеспечить правильное обращение со шлангами во время их транспортировки и в других случаях перед установкой в систему.

6.5.3 Устройство для перемещения/подъема шланга должно быть спроектировано и подвергнуто ПИ для обеспечения безопасного обращения со шлангом в сборе. При необходимости по взаимному соглашению заказчика (собственника) и изготовителя шланг может быть спроектирован для работы с дополнительным оборудованием, подключаемым к соответствующему концу шланга.

6.5.4 Должны быть предусмотрены соответствующие приспособления для надежного удержания шланга в исходном положении, когда он не используется или при его транспортировке.

6.5.5 При необходимости заказчик (собственник) должен предусмотреть защиту от потертостей. Инструкции по испытанию на износ приведены в Б.8.

6.6 Системы безопасности

6.6.1 Обнаружение утечек (опция)

6.6.1.1 Шланг с кольцевым пространством

В случае обнаружения утечек газа должно быть предусмотрено предупреждение об утечке в шланге, позволяющее принять соответствующие меры.

Система должна обеспечивать:

- обнаружение утечек только на внутренней линии. В случае разрыва внутреннего трубопровода система мониторинга выдает соответствующее предупреждение, но ПГ выделяется в окружающую среду;
- обнаружение утечек только в концевом соединении для обнаружения повреждения уплотнения;
- обнаружение утечек только на внутренней линии. В случае прорыва внутренней трубы система мониторинга выдает соответствующее предупреждение. В случае небольших утечек выделяющийся вследствие утечек газ удаляется из окружающего кольцевого пространства. Окружающее кольцевое пространство не может выдержать расчетное давление рукава;
- обнаружение утечек во внутренней и внешней линиях. В случае утечки во внешней трубе система мониторинга подает специальный сигнал тревоги на станцию налива. При утечке во внутренней линии система мониторинга подает сигнал тревоги, и выделяющийся газ поглощается внешней линией. Внешняя линия способна выдерживать максимальное давление в кольцевом пространстве шланга;
- в случае утечки из внутренней трубы во время процесса разгрузки конструкция «труба в трубе» в сочетании с системой обнаружения утечек должна предотвращать любой риск утечки СПГ в

атмосферу или морскую воду. Систему обнаружения утечек можно использовать для определения того, когда можно безопасно продолжить процесс разгрузки и когда следует активировать ESD1.

6.6.1.2 Шланг без кольцевого пространства

Не у всех рукавов имеется кольцевое пространство, проходящее по всей длине. В этих случаях обнаружение утечек может быть обеспечено рядом со шлангом (например, тепловизионной камерой, лазером открытого типа и т. д.).

6.6.2 Требования пожарной безопасности

Требования пожарной безопасности, если они указаны, должны быть согласованы между заказчиком (собственником) и изготовителем.

Примечание — Необходимая информация приведена в ГОСТ Р 71697, рекомендации содержатся в СП 528.1311500, ГОСТ Р 56352, ГОСТ Р 59022, ГОСТ Р 55892 (см. также [2] и [4]).

6.6.3 Требования электробезопасности

Требования к электробезопасности должны быть согласованы между заказчиком (собственником) и изготовителем.

Примечание — Необходимая информация приведена в ГОСТ Р 71697, рекомендации содержатся в СП 528.1311500, ГОСТ Р 56352, ГОСТ Р 59022, ГОСТ Р 55892 (см. также [2]).

6.6.4 Требования для применения во взрывоопасных средах

При применении шлангов во взрывоопасных средах условия применения должны быть согласованы между заказчиком (собственником) и изготовителем и должны удовлетворять требованиям ГОСТ 31441.1 в части требований к применяемым материалам: фрикционная искробезопасность, совместимость материалов, электростатическая безопасность.

6.7 Подключение к танкеру СПГ

Соединение с танкером СПГ через грузовой манифольд судна осуществляют путем использования шланга посредством предусмотренных соединений в системе перекачки СПГ.

Примечание — Необходимая информация приведена в ГОСТ Р 71697, рекомендации содержатся в СП 528.1311500, ГОСТ Р 56352, ГОСТ Р 59022, ГОСТ Р 55892 (см. также [2]).

6.8 Гидравлические и электрические системы мониторинга

Все требования к гидравлическим и электрическим системам мониторинга, касающиеся шланга, должны быть определены заказчиком (собственником).

Примечание — Необходимая информация приведена в ГОСТ Р 71697, рекомендации содержатся в СП 528.1311500, ГОСТ Р 56352, ГОСТ Р 59022, ГОСТ Р 55892 (см. также [2]).

6.9 Выбор материалов

6.9.1 Материалы, применяемые в конструкции шланга, выбирают с учетом параметров и условий эксплуатации. Все материалы, применяемые в конструкции шланга, должны соответствовать межгосударственным стандартам, национальным стандартам или техническим условиям (ТУ), разработанным на основании межгосударственных и/или национальных стандартов на материалы. Соответствие материалов этим требованиям подтверждают сертификатами (паспортами) качества изготовителей материалов или протоколами испытаний изготовителя оборудования по методике на конкретный материал.

6.9.2 Для изготовления шланга применяют негорючие материалы, стойкие к СПГ, морской воде и обеспечивающие безотказную работу при заданных давлениях и температурах рабочих и окружающих сред в течение срока службы.

6.9.3 Материалы должны иметь химические, физические и механические свойства, соответствующие заданным условиям проектирования, таким как давление, температура, ветровые и климатические условия.

6.9.4 Материалы, используемые для деталей, находящихся под давлением, включая болты и гайки и основные конструкционные элементы, необходимо согласовать с заказчиком при разработке конструкторской документации.

6.9.5 Для изготовления шланга, для обеспечения устойчивости к разрушению и низкотемпературному воздействию используют нержавеющие марки стали 08Х18Н10Т, 03Х18Н11, 03Х17Н13М2 или

03Х17Н14М3 по ГОСТ 5632 или аналоги, рекомендованные в ГОСТ Р 71697—2024 (4.2.5) (см. также [2], 5.2.2). При проектировании необходимо принимать в расчет коррозионные свойства нержавеющей стали в хлорсодержащей среде.

Могут быть применены иные материалы и марки, если изготовитель подтвердит их соответствие всем критериям безопасности и эксплуатационным характеристикам.

6.9.6 Если шланги проектируют для эксплуатации при низкой температуре окружающей среды, класс материалов, используемый для конструкции, должен быть надлежащего качества и отвечать всем требованиям. Такие же требования распространяются на части, соединяющие шланги, подвергаемые воздействию низких температур от перекачиваемого продукта, на которые влияют низкие температуры окружающей среды.

6.9.6.1 Материалы для использования в шлангах должны:

- сохранять свои механические и пластические свойства в условиях длительной эксплуатации при температуре рабочей среды;
- аустенитные стали, применяемые для основных деталей, должны иметь ударную вязкость KCV 40 Дж/см при минимальной температуре рабочей среды, на которую они применяются, — минус 160 °С (см. также [5]). Значения относятся к образцам для испытаний на удар с V-образным надрезом, как указано в ГОСТ Р ИСО 148-1.

6.9.6.2 Материалы крепежных деталей выбирают с коэффициентом линейного расширения, близким по значению коэффициенту линейного расширения материала фланца в соответствии с ГОСТ 33260. Разница в значениях коэффициентов линейного расширения не должна превышать 10 %.

Разница между твердостью заготовок для шпилек (болтов) и гаек должна быть не менее 15 HB, при этом твердость гайки должна быть ниже твердости шпильки.

6.9.7 Механические характеристики и химический состав материалов подтверждают сертификатами (паспортами) качества изготовителя материалов.

6.9.8 Использование комплектующих изделий и/или материалов, поступивших без сертификатов соответствия (если применимо), сертификатов или паспортов качества не допускается. Копии сертификатов соответствия (если применимо), сертификатов или паспортов качества на материалы и комплектующие включают в комплект документов для проведения заводских ПИ. Сертификаты (паспорта) качества, сертификаты соответствия (если применимо) на материалы должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов.

6.9.9 По требованию заказчика изготовитель организовывает проведение и оформление результатов верификации (входного контроля) приобретенных материалов и комплектующих изделий по перечню материалов, подлежащих верификации, и по ГОСТ 24297.

6.9.10 При сварочных работах содержание углерода в углеродистых сталях для конструкционных компонентов не должно превышать 0,26 %, за исключением тех случаев, когда они аттестованы (согласно спецификации процедуры сварочных работ и WPQR).

7 Квалификационные требования

7.1 Общие положения

7.1.1 Изготовитель должен доказать, что шланг соответствует требованиям настоящего стандарта. Заказчик (собственник) может использовать квалификационные данные изготовителя шланга, чтобы продемонстрировать, что система подачи, содержащая шланг, может безопасно работать в тех условиях эксплуатации и окружающей среды, для которых она предназначена в рамках своего применения.

7.1.2 Задача АИЛ — путем проверки технической документации и участия в испытаниях оценить риск, который связан с решением:

- подключения шланга к системе подачи, разработанной заказчиком (собственником);
- подтверждения соответствия характеристик шланга требованиям настоящего стандарта и в дальнейшем выдачи изготовителю ПИОО.

7.1.3 Изготовитель обязан продемонстрировать собственнику, что шланг соответствует требованиям настоящего стандарта, предоставив ПИОО и техническую документацию.

7.1.4 Сертификат испытаний типового образца АИЛ может быть дополнен техническим отчетом АИЛ и протоколами испытаний.

7.2 Процесс квалификации

7.2.1 Общие положения

7.2.1.1 Когда необходимо спроектировать/разработать новый шланг, следует определить его предполагаемое применение (см. приложение А).

7.2.1.2 Затем следует разработать программу испытаний. На этом этапе рекомендуется обратиться к АИЛ за помощью в разработке программы и требований, приемлемых для АИЛ, прежде чем приступить к проверке достоверности всех изложенных в отчете данных. Изготовитель вправе определять количество образцов шлангов, необходимое для проведения всего процесса квалификации, и использовать одни и те же образцы для различных испытаний. Изготовитель вправе устанавливать последовательность выполнения испытаний для серии испытаний.

7.2.1.3 После завершения определения квалификационной программы изготовитель должен обратиться в АИЛ для контроля проведения квалификации.

Изготовитель и АИЛ должны согласовать, при выполнении каких испытаний требуется участие АИЛ. Процедуры испытаний и критерии приемки должны быть представлены поставщиком до момента проведения испытаний.

7.2.1.4 После завершения программы испытаний в соответствии с требованиями 7.2.2 АИЛ выдает ПИОО, который должен содержать информацию об испытанном шланге, такие как геометрические характеристики, эксплуатационные характеристики, применение, проведенные испытания, предоставленная документация и т. д.

Поставщик должен предоставить заказчику (собственнику) сертификат и все приложения к нему по запросу.

7.2.1.5 Если определенные испытания не были проведены согласно положениям настоящего стандарта, изготовитель должен предоставить АИЛ документацию в достаточном объеме, подтверждающую, что шланг в сборе будет соответствовать требованиям настоящего стандарта, и в связи с чем непроведение этих испытаний является приемлемым. В сертификационной документации должны быть ссылки на технические доказательства, которые предоставляет изготовитель и которые позволяют не проводить какие-либо испытания, и на настоящий стандарт. Дополнительная информация приведена в 7.2.3.

На основе квалификации шланга, проведенной в полном объеме, можно определить ряд сертификатов, используя инструкции 7.2.3.

Для квалификации новой технологии рекомендуется следовать признанным руководящим принципам (например, стандартам, рекомендуемой практике).

7.2.2 Требования к квалификационным категориям шланга

В зависимости от ККШ, выбранной изготовителем, следует провести испытания в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 — Испытания шлангов в зависимости от выбранной ККШ

Испытания	Структурный элемент	ККШ		
		A	B	C
Жесткость при растяжении	7.3.2.1	+	+	+
Жесткость при кручении	7.3.2.2	+	+	+
Жесткость при изгибе	7.3.2.3	+	+	+
Демпфирование шланговой линии	7.3.2.4	—	+	+
Испытание теплоизоляции	7.3.2.5	—	+	+
Испытание на плавучесть/погружение	7.3.2.6	—	—	+
Критическое внешнее давление	7.3.2.7	—	—	+
Обнаружение утечек по давлению	7.3.3.1	+	+	+
Испытание цикла давления и температуры	7.3.3.2	+	+	+
Испытания на разрыв	7.3.3.3	+	+	+

Окончание таблицы 1

Испытания	Структурный элемент	ККШ		
		A	B	C
Испытание на ударную нагрузку и нагрузку смятия	7.3.3.4	+	+	+
Испытание на ползучесть	7.3.3.5	—	+	+
Испытание на растяжение и скручивание при осевой рабочей нагрузке	7.3.3.6	+	+	+
Испытание радиуса изгиба	7.3.3.7	+	+	+
Усталостные испытания	7.3.3.8	+	+	+
Проверка расхода	7.3.3.9	+	+	+
Испытание электрических свойств	7.3.3.10	+	+	+
Примечание — «+» — испытания проводят; «—» — испытания не проводят.				

Выбор всех материалов и сопутствующего оборудования для шлангов в сборе, предназначенных для перекачивания криогенных продуктов, должен быть подтвержден АИЛ в ходе процесса квалификации.

АИЛ указывает ККШ в ПИОО.

Для одного и того же продукта может быть присвоено несколько квалификационных категорий.

7.2.3 Определение области сертификации на основе проверенного шланга

Результаты проведенной в полном объеме квалификации шланга для выбранной категории могут быть распространены на семейство шлангов в сборе при расширении области сертификации. Расширение любой области сертификации требует привлечения АИЛ, выдавшего(ей) сертификат.

Философия расширения основана на концепции семейства шлангов. Семейство шлангов в сборе — это группа шлангов в сборе в пределах диапазона размеров и номинальных значений давления, изготовленных из одних и тех же типов материалов, с использованием одних и тех же производственных процессов и на основе одной и той же конструкции шланга для ККШ. Семейство шлангов состоит из одного или нескольких представителей семейства шлангов и вариантов сборки шлангов. Представителем семейства обычно является шланг, прошедший полную программу квалификационных испытаний, на который оформлен ПИОО. Вариантом шланга является шланг, конструкция которого незначительно отличается от представителя семейства шлангов, но при этом соответствует определению данного семейства шлангов.

Изготовитель должен сначала определить, какие представители семейства шлангов в сборе имеют действующий сертификат. Как правило, такой шланг прошел полную программу квалификации по настоящему стандарту. После идентификации устанавливают, относится ли новый(е) шланг(и), предназначенный(е) для расширения области сертификации, к одному семейству шлангов в сборе. По существу, если он(и) является(ются) частью семейства шлангов, то ему (им) не обязательно проходить полную программу квалификации. Если шланги не попадают в семейство шлангов и вариантов шлангов в сборе, они считаются частью другого семейства шлангов и поэтому должны пройти полную программу квалификации.

Принцип расширения должен быть основан на знаниях, полученных в результате изучения данных представителя семейства шлангов, включая, помимо прочего, данные о поведении и соображения по предельному состоянию, чтобы определить требования, предъявляемые к программе испытаний для варианта шланга. Собственная программа испытаний, предназначенная для варианта изготовления шланга, должна быть согласована между изготовителем и АИЛ с учетом следующих вариантов изготовления шланга. Описание процесса квалификации приведены в 7.2.1.

В 7.2.4 перечислены следующие наиболее значимые аспекты, которые АИЛ и изготовитель должны учитывать, прежде чем квалифицировать шланг как вариант шланга:

- насколько шланг отличается от представителя(ей) семейства шлангов в сборе по размеру и другим характеристикам, таким как номинальное давление;
- возможность возникновения новых механизмов отказа из-за выявленных конструктивных различий;

- наличие методологии поставщика для прогнозирования характеристик узла шланга в экстремальных и/или усталостных условиях эксплуатации. В последнем случае корреляция с (полной) классификацией и теорией должна быть проверена и подтверждена АИЛ;
- разница в категории спецификации;
- разница в условиях эксплуатации.

Некоторые дополнительные требования указаны в разделе 8.

Как только программа испытаний для данного варианта шланга определена, необходимо провести испытания. После успешного завершения испытаний область сертификации в сочетании с семейством шлангов и составленных из них трубопроводов будет расширена за счет включения разновидности нового варианта шланга.

7.2.4 Расширение и актуализация сертификатов

Существующая область сертификации может быть расширена и включать в себя одно или все семейства шлангов при условии оценки АИЛ новых доказательств, предоставленных изготовителем. Такие доказательства могут состоять из новых результатов (соответствующих всей исходной квалификационной программе или ее частям) или новых обоснований. Оценка этих новых доказательств должна соответствовать приведенной в 7.2.2, 7.2.3.

Изготовитель должен проверить сертификационные документы, а АИЛ должна актуализировать сертификат типа.

7.3 Испытания шлангов

7.3.1 Общие положения

7.3.1.1 Вопросы безопасности

В дополнение к схемам испытаний, описанным ниже, следует провести конкретные оценки риска на основе фактической организации испытаний на предприятии или в лаборатории производителя.

Рекомендуется использовать резервные устройства измерения давления для того, чтобы избежать чрезмерного повышения давления.

7.3.1.2 Испытательные жидкости

Настоящий стандарт определяет давление в шлангах при температуре окружающей среды и криогенных температурах. Исходя из соображений безопасности при проведении испытаний путем повышения давления следует использовать жидкости.

Для испытаний при температуре окружающей среды обычно используют воду, а для испытаний при криогенных температурах — жидкий азот.

Некоторые испытания могут быть проведены с использованием газа в зависимости от цели испытания и его безопасности. Если изготовитель намерен отступить от этих требований, то изменения необходимо согласовать с АИЛ.

7.3.1.3 Требования к давлению и температуре

Требования к давлению:

- давление испытания должно быть не ниже указанного пробного давления.

Требования к температуре испытаний:

а) для испытаний при температуре окружающей среды:

1) для внешней поверхности шланга: особые требования отсутствуют, необходимо регистрировать температуру внешней поверхности,

2) для температуры наружного воздуха: особые требования отсутствуют, необходимо регистрировать температуру наружного воздуха,

3) для испытательной жидкости: особые требования отсутствуют, необходимо регистрировать температуру испытательной жидкости,

4) разница между указанными выше зарегистрированными температурами внешней поверхности, наружного воздуха и испытательной жидкости не должна превышать 25 °С;

б) для криогенных испытаний:

1) для внешней поверхности шланга: особые требования отсутствуют, необходимо регистрировать температуру внешней поверхности,

2) для температуры испытательной жидкости: ниже минус 160 °С, за исключением испытания на текучесть и испытания на разрыв,

3) для температуры наружного воздуха: особые требования отсутствуют; необходимо регистрировать температуру наружного воздуха.

Испытание можно начинать при достижении образцом термически устойчивого состояния согласно показаниям датчиков температуры на внешней поверхности рукава и концевых соединениях.

Если шланг теплоизолирован, испытание можно начинать при достижении образцом изолированного шланга теплового устойчивого состояния.

Установившееся состояние шланга считают достигнутым, если зафиксированные температуры упали менее чем на 5 °С в течение 10 мин.

Предпочтительно анализировать термически устойчивое состояние образца с помощью датчиков температуры на внешней поверхности и концевых соединениях изолированного шланга.

Альтернативно, если проведение объективного измерения термического устойчивого состояния с помощью датчиков температуры невозможно, термическое устойчивое состояние рукава в сборе считают достигнутым, когда потери при кипении жидкого азота или СПГ значительно сокращаются после введенного процесса охлаждения и скорость потерь при кипении стабильна в течение не менее 10 мин.

Если термическое устойчивое состояние оценивают другим способом, метод должен быть валидирован АИЛ.

7.3.1.4 Требования к пределу погрешности средства измерений

Оборудование или другое устройство, используемое для проведения проверки, испытаний или исследования, должно быть идентифицировано, проверено, откалибровано и отрегулировано через определенные промежутки времени в соответствии с документально оформленными инструкциями изготовителя и ГОСТ Р ИСО 10012 или эквивалентным, обеспечивающим необходимый уровень точности, способом.

Предел погрешности контрольно-регистрирующих приборов должен быть менее 5 % в соответствующем полном диапазоне.

Сертификаты калибровки необходимо предоставить в АИЛ.

7.3.1.5 Требования к продувке и просушке после проведения гидроиспытаний

После выполнения гидроиспытаний необходимо предусмотреть обязательные процедуры продувки, просушки для удаления остатков влаги и конденсата (особенно на внутренних стыках, изгибах и в труднодоступных местах).

7.3.2 Испытания для определения свойств шлангов

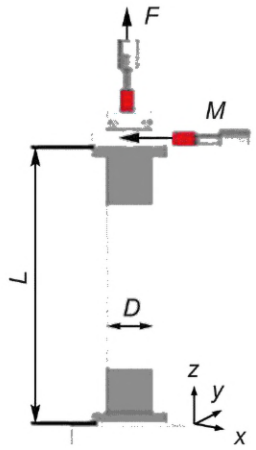
7.3.2.1 Жесткость при растяжении

Целью этого испытания является проверка осевой жесткости шланга при нижеприведенных условиях нагрузки. Условия испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Условия нагрузки для испытаний на жесткость при растяжении

Номер испытания	Температура испытания, °С	Постоянное давление	Осевая нагрузка (различная)	Примечание
1	Температура окружающей среды	0; 0,5; 1,05 МПа (0; 5; 10,5 кгс/см^2); МДРД	От 0 до МРН и от МРН до 0	Вращение вокруг оси *z* не ограничено
2	Криогенная температура			

Принцип испытания показан на рисунке 5.



L — длина испытуемого образца; *D* — диаметр испытуемого образца; *F* — сила, приложенная для испытания на растяжение; *M* — сила, приложенная для испытания на кручение

Рисунок 5 — Принцип расположения шланга для испытаний на растяжение и кручение

Длина испытуемого образца должна быть как минимум в четыре раза больше внутреннего диаметра. Граничные условия приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Граничные условия для осевых испытаний

Устройство	Позиция			Вращение вокруг оси		
	x	*y*	*z*	*X*	*Y*	*Z*
Фланец A	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен
Фланец B	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Приводимый	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Свободный
Примечание — «Жестко закреплен» — специальные меры не требуются; «свободный/приводимый» — шланг может свободно перемещаться, или в направлении испытания прикладывается нагрузка.						

Для каждого испытания переменную нагрузку необходимо прикладывать вверх и вниз не менее трех раз, чтобы учесть гистерезис.

Скорость испытания, мм/мин, должна быть постоянной, а цикл нагрузки должен длиться не менее 2 мин от 0 до MPH и от MPH до 0.

При испытаниях следует измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды во внутреннем рукаве: давление, температура (минимум в двух точках);
- первичные данные испытаний: начальная длина гибкой части шланга, осевая нагрузка, удлинение тела гибкой части шланга и вращение гибкой части шланга;
- вторичные данные испытаний: температура поверхности шланга и концевого соединения.

Альтернативно, сопоставимый порядок испытаний должен быть согласован с АИЛ.

Для каждого испытания должны быть приведены первичные данные в зависимости от давления и осевой нагрузки для следующих осевых нагрузок при 0, 0,2 · MPH, 0,4 · MPH, 0,6 · MPH, 0,8 · MPH и MPH.

Средние значения третьего цикла (вверх и вниз) регистрируют отдельно.

Жесткость зависит от удлинения шланга из-за внешних сил на концевых соединениях.

Испытание должно быть неразрушающим.

После завершения этого испытания следует осмотреть шланг, и при этом не должно быть обнаружено каких-либо необратимых повреждений.

Примечание — Данное испытание может быть объединено с испытанием, указанным в 7.3.3.6.

7.3.2.2 Жесткость при кручении

Это испытание предназначено для измерения жесткости рукава при кручении при нижеприведенных условиях нагрузки.

Жесткость зависит от скручивания узла шланга под действием внешнего момента на концевых соединениях. Условия испытаний приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Условия нагрузки для испытания жесткости при кручении

Номер испытания	Температура испытания	Давление	Цикл скручивания (различный)	Примечание
3	Температура окружающей среды	0; 0,5; 1,05 МПа; (0; 5; 10,5 кгс/см^2); МДРД	От 0 до МДУС и от МДУС до 0	1-й цикл: против часовой стрелки. 2-й цикл: по часовой стрелке
4	Криогенная температура			

Отношение *L*/*D* образца должно быть не менее 4.

Граничные условия указаны в таблице 5.

Таблица 5 — Граничные условия для испытаний при кручении

Устройство	Позиция			Вращение вокруг оси		
	x	*y*	*z*	*X*	*Y*	*Z*
Внутренний фланец	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен
Наружный фланец	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Приводимый	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Свободный
Примечание — «Жестко закреплен» — специальные меры не требуются; «свободный/приводимый» — шланг может свободно перемещаться, или в направлении испытания прикладывается нагрузка.						

Для каждого испытания переменное скручивание необходимо применить не менее трех раз, для того чтобы исключить влияние гистерезиса.

Скорость испытания, мм/мин, должна быть постоянной, а цикл нагрузки должен длиться не менее 2 мин от 0 до МДУС и от МДУС до 0.

При испытаниях необходимо измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды во внутреннем рукаве: давление, температура (минимум в двух точках на входе и на выходе из шланга на расстоянии от 200 до 300 мм от фланца рукава);
- первичные данные испытаний: начальная длина гибкой части шланга, давление, крутящий момент, удлинение и вращение гибкой части шланга;
- вторичные данные испытаний: температура поверхности шланга и концевого соединения.

Для каждого испытания должны быть представлены первичные данные в зависимости от давления и крутящих моментов для следующих уровней крутящего момента: 0; 0,25 МДУС; 0,5 МДУС; МДУС; 0,25 · (минус МДУС); 0,5 · (минус МДУС) и минус МДУС.

Средние значения третьего цикла (вверх и вниз) регистрируют отдельно.

Испытание должно быть неразрушающим.

После завершения этого испытания не должно быть обнаружено каких-либо необратимых повреждений.

Примечание — Данное испытание может быть совмещено с испытаниями, указанными в 7.3.3.6.

7.3.2.3 Жесткость при изгибе

Это испытание предназначено для измерения жесткости шланга при изгибе при нижеприведенных условиях нагрузки. Условия испытаний приведены в таблице 6.

Таблица 6 — Условия нагрузки для испытаний жесткости при изгибе

Номер испытания	Температура испытания, °С	Давление	Радиус изгиба (различный)	Примечание
5	Температура окружающей среды	0; 0,5; 1,05 МПа (0; 5; 10,5 кгс/см^2); МДРД	От 0 до МДУС и от МДУС до 0	—
6	Криогенная температура			

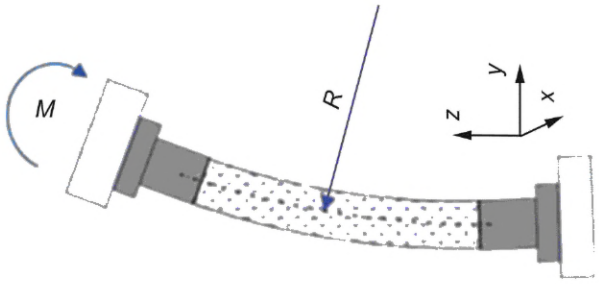
Могут быть использованы альтернативные условия проведения испытаний, согласованные между производителем и АИЛ.

Следует выбирать наиболее подходящую схему испытательной установки с точки зрения ее пригодности, с учетом конструкции и технологии изготовления шлангов. Допускается применять изгиб только на определенных участках шланга в зависимости от воздействия изгибающих моментов на изделие.

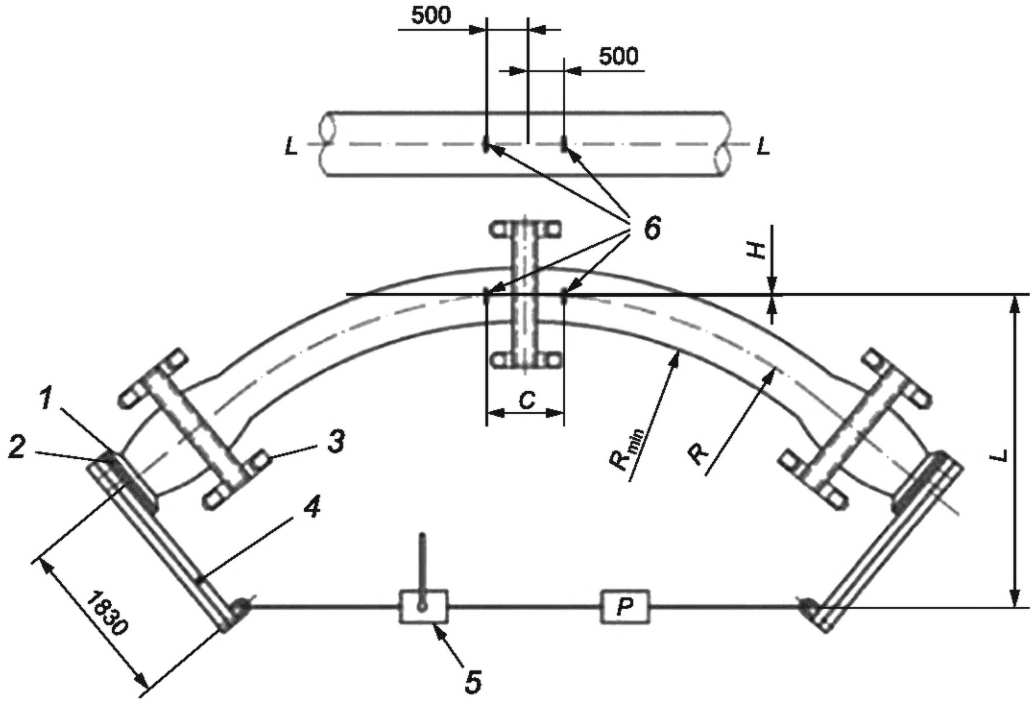
Считают, что изгибающий момент может быть непостоянным по всей конструкции шланга вследствие влияния концевых соединений, конструкции испытательного узла и других факторов. АИЛ должна обеспечивать достоверность сообщаемых измерений жесткости на изгиб.

Отношение *L/D* образца должно быть не менее 4.

Граничные условия указаны в таблице 7. Схема проведения испытаний жесткости при изгибе указана на рисунке 6.



а)



б)

1 — фланец шланга; *2* — испытательная пластина; *3* — тележка для перемещения рукава; *4* — брус для изгиба рукава; *5* — натяжное устройство; *6* — контрольные отметки; *C* — хорда дуги изгиба; *H* — смещение; *L* — плечо силы; *P* — натяжение троса/значение нагрузки, регистрируемое динамометром; *R* — радиус изгиба рукава по центральной линии; R_{min} — минимальный радиус изгиба

Рисунок 6 — Принципиальная схема испытательной установки для измерения жесткости при изгибе

Таблица 7 — Предельные условия испытаний при изгибе

Устройство	Позиция			Вращение вокруг оси		
	x	*y*	*z*	*X*	*Y*	*Z*
Внутренний фланец	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен
Наружный фланец	Жестко закреплен	Свободный	Свободный	Приводимый	Свободный	Свободный
Примечание — «Жестко закреплен» — специальные меры не требуются; «свободный/приводимый» — шланг может свободно перемещаться, или в направлении испытания прикладывается нагрузка.						

Переменную нагрузку необходимо прикладывать не менее трех раз для каждого испытания, для того чтобы исключить влияние гистерезиса.

При испытаниях необходимо измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды внутри шланга: давление, температура (минимум в двух точках);
- первичные данные испытаний: давление, изгибающий момент, кривизна гибкой части шланга;
- вторичные данные испытаний: температура поверхности шланга и концевого соединения.

После завершения этого испытания не должно быть обнаружено каких-либо необратимых повреждений.

Примечание — В этом испытании другие радиусы изгиба при давлении 0 МПа (0 кгс/см^2) могут быть использованы в качестве дополнительных характеристик, чтобы обеспечить лучшее понимание характеристик шланга, предназначенного для эксплуатации с постоянным соединением.

7.3.2.4 Демпфирование шланговой линии

Данные о демпфировании являются существенной информацией при проектировании системы, и это испытание следует проводить при отсутствии информации, содержащейся в данных предыдущих испытаний или практического опыта.

Это испытание предназначено для определения демпфирования шланговой линии при изгибе при нижеприведенных условиях нагрузки. Условия испытаний приведены в таблице 8.

Таблица 8 — Условия нагрузки для испытания демпфирования шлангов

Номер испытания	Температура испытания	Давление	Примечание
7	Температура окружающей среды	0; 0,5; 1,05 МПа (0; 5; 10,5 кгс/см^2); МДРД	Шланг подвешен
8	Криогенная температура		

Шланг в сборе подвешен, нижняя часть может свободно качаться, как маятник.

Возможны две конфигурации, позволяющие использовать испытательный стенд для проведения других испытаний (см. рисунок 7):

- прямой шланг с применением установки для испытаний на осевую жесткость или тепловое воздействие;
- U-образный шланг с двумя вертикальными секциями.

Основное колебательное движение должно быть вызвано неглубокой изгибающей деформацией. По этой причине соотношение *L*/*D* образца должно быть не менее 10.

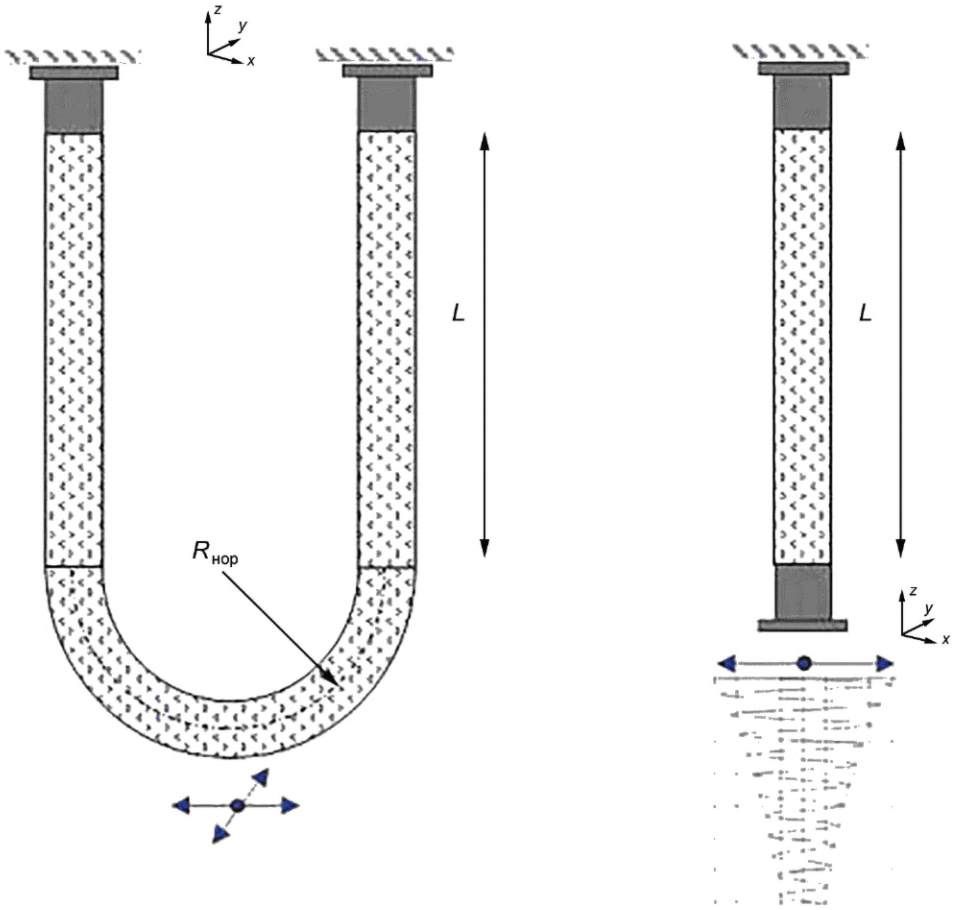


Рисунок 7 — Два возможных принципа испытательной установки для измерения затухания колебаний в шланге

В качестве граничного условия шланг должен быть закреплен в точке подвеса на соответствующих фланцах во всех шести степенях свободы.

Как только температура шланга достигнет необходимой температуры испытания и окажется под давлением, нижнюю часть шланга выводят из плоскости, а затем отпускают, чтобы он мог свободно вибрировать по всей длине с наименьшей собственной частотой. Измеряют экспоненциальное уменьшение амплитуды колебаний.

Испытание необходимо повторить три раза для каждого условия температуры и давления.

Примечание — Демпфирование более высоких собственных частот можно определить с помощью ударного молотка.

При проведении испытаний необходимо измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды внутри шланга: давление, температура;
- первичные данные испытаний: смещение от плоскости или ускорение.

Должен быть указан средний коэффициент демпфирования для каждого режима температуры и давления. Испытание должно быть неразрушающим.

7.3.2.5 Испытание теплоизоляции

Это испытание предназначено для измерения теплопотерь шланга на 1 м длины, за исключением концевых соединений, при различных указанных внутренних и внешних температурных условиях:

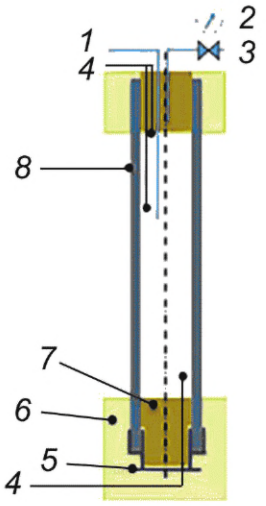
- всей длины шланга, включая концевые соединения, или
- гибкой части рукава на 1 м длины, исключая концевые соединения, если рукав может быть поставлен различной длины.

Испытание для измерения теплопотерь шланга выполняют при нижеприведенных условиях нагрузки. Условия испытаний приведены в таблице 9.

Таблица 9 — Условия нагрузки при испытании изоляции

Номер испытания	Температура испытания	Давление	Внешнее состояние	Примечание
9	Криогенная температура	0 МПа (0 кгс/см^2)	Окружающий воздух	—

Схема испытания показана на рисунке 8.



1 — подача жидкого азота; 2 — расходомер; *3* — выпуск газообразного азота; *4* — температура среды T_c; *5* — концевое соединение; *6* — наружная изоляция; 7 — изоляция; *8* — температура внешней поверхности шланга $T_{вн}$

Рисунок 8 — Принцип организации испытания изоляции

Если в качестве образцов использованы части шланга, концевые соединения должны быть теплоизолированы для того, чтобы свести к минимуму их влияние на результат испытания.

Поскольку температура кипения и удельная теплота парообразования жидкого азота установлены, расход пара газообразного азота является мерой тепловых свойств.

Также должна быть измерена температура газообразного азота перед расходомером газа, если только на основании испытательной схемы можно предположить, что она не соответствует температуре окружающей среды.

Отношение *L*/*D* образца должно быть не менее 10.

До начала испытаний в соответствии с 7.3.1.2 должно быть достигнуто термическое устойчивое состояние образца шланга.

Расход газа необходимо измерять непрерывно в течение 5 мин.

Измерение проводят в средней части шланга, поэтому влияние на концевое соединение должно быть сведено к минимуму.

О теплоизоляционных свойствах материалов компонентов концевого соединения необходимо сообщить в АИЛ.

Влияние концевых соединений должно быть учтено в этом испытании или отдельно при дальнейших возможных испытаниях.

При проведении испытаний необходимо измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды внутри шланга: давление, температуру (минимум в трех точках);
- первичные данные испытаний: расход газа, температура внешней поверхности шланга в сборе, температура и скорость движения воздуха;
- температура окружающей среды.

Для каждого испытания потери тепла должны быть указаны в ваттах, Вт, или в ваттах на метр, Вт/м, для полной или частичной длины шланга.

Если влияние концевых соединений на тепловыделение оценивают другим способом, метод должен быть согласован АИЛ.

Испытание должно быть неразрушающим.

7.3.2.6 Плавучесть/водоизмещение при плавучести

Расчет плавучести предназначен для определения плавучести шланга, а также для его водоизмещения. Кроме того, следует учитывать, что водоизмещение при плавучести шланга служит основой при первоначальном проектировании.

Информация по плавучести и водоизмещению шланга должна быть указана изготовителем.

Данную информацию можно определить посредством тестов или расчетов, значение плавучести шланга предпочтительнее вычислить на основе измерений.

Для шлангов с кольцевым пространством изготовитель должен оценить потерю плавучести шланга, %, при затоплении кольцевого пространства водой и рассчитать по формулам:

$$\text{Плавучесть, шланг заполнен} = 100 \cdot \frac{W_{\text{выт.в}} - W_{\text{ш.з}}}{W_{\text{ш.з}}}; \quad (1)$$

$$\text{Плавучесть, шланг пустой} = 100 \cdot \frac{W_{\text{выт.в}} - W_{\text{ш.п}}}{W_{\text{ш.п}}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{выт.в}}$ — масса вытесненной воды при полном погружении шланга, соответствующая внешнему объему шланга, умноженному на плотность воды. Изготовитель должен указать учитываемую плотность воды;

$W_{\text{ш.з}}$ — масса шланга, заполненного СПГ. Изготовитель должен указать учитываемую плотность СПГ;

$W_{\text{ш.п}}$ — масса пустого шланга.

7.3.2.7 Критическое внешнее давление

Испытание на погружение (гидростатическое давление — только для погружных шлангов) проводят для демонстрации того, что шланг может выдерживать гидростатическое давление морской воды на указанной максимальной глубине.

Пустой, прямой, загерметизированный, не находящийся под давлением шланг погружают под гидростатическое давление, в 1,3 раза превышающее указанную максимальную глубину, на 1 ч. Шланг не должен сгибаться или не должен быть поврежден иным образом.

Целью проведения вакуумного испытания является доказательство того, что шланг в сборе может выдержать временное применение вакуума.

Вакуумное испытание необходимо проводить путем применения вакуума в течение 10 мин при давлении до минус 0,85 кгс/см^2 (минус 0,085 МПа).

После того как шланг возвращен в стандартное состояние, его необходимо осмотреть снаружи и внутри, и он не должен иметь видимых повреждений и постоянных деформаций, таких как овализация, перегибы, смятие и складки.

7.3.3 Квалификационные испытания с критериями приемки

7.3.3.1 Испытание на герметичность давлением

Это испытание предназначено для демонстрации того, что шланг с торцевыми заглушками может выдерживать пробное давление без утечек при температуре окружающей среды и криогенных температурах. Условия испытаний приведены в таблице 10.

Таблица 10 — Условия нагрузки при испытании на герметичность давлением

Номер испытания	Температура испытания	Минимальное пробное давление	Длительность испытания давлением, ч	Примечание
10	Температура окружающей среды	$P = 1{,}5 \cdot$ МДРД	4	—
11	Криогенная температура			

Принцип испытаний показан на рисунке 9.

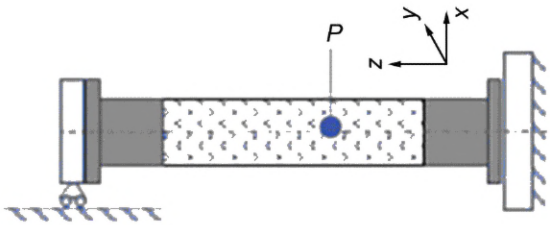


Рисунок 9 — Принцип испытаний давлением в условиях окружающей среды и низких температур

Отношение *L*/*D* образца должно быть не менее 4.

а) Испытания в условиях окружающей среды

Для проведения испытания в условиях окружающей среды шланг должен находиться под воздействием давления воды.

Сначала в шланг необходимо подать воду и дважды поднять давление до давления, определяемого конструкцией шланга, чтобы измерить его первоначальную длину, а также подготовить многослойную структуру шланга к гистерезисному эффекту растяжения.

Затем следует создать пробное давление в соответствии с инструкциями изготовителя. Давление должно быть стабилизировано. Требование стабилизации устанавливают в соответствии с документально оформленными инструкциями изготовителя.

После стабилизации шланг необходимо изолировать от источника давления на 4 ч.

В течение 4 ч утечки жидкости не допускается.

По истечении 4 ч:

- отсутствие падения давления более чем на 4 % от максимального рабочего давления, за исключением тех случаев, когда очевидно, что это вызвано колебаниями температуры;
- конечное пробное давление не должно быть ниже минимального пробного давления.

б) Криогенные испытания

Во время проведения криогенных испытаний шланг должен находиться под воздействием давления жидкого азота.

Шланг необходимо сначала охладить в соответствии с инструкциями изготовителя. Как только температура шланга стабилизируется, в шланге необходимо дважды поднять давление жидкого азота до давления, определяемого конструкцией рукава, чтобы измерить его первоначальную длину, а также подготовить многослойную структуру шланга к гистерезисному эффекту растяжения.

Затем поднимают давление жидкого азота до пробного давления и поддерживают его в течение 4 ч.

Технология испытаний должна гарантировать, что в течение этого периода образец остается заполненным жидким азотом.

Для обнаружения утечки необходимо использовать подходящее устройство.

Испытание проводят по методике испытания в соответствии с инструкциями изготовителя.

Скорость проницаемости по всей длине образца шланга не должна превышать 0,5 л/мин газообразного азота при температуре и давлении окружающей среды на 1 м^2 смачиваемой поверхности.

Для шлангов с кольцевым пространством и вакуумной изоляцией к контрольному газу можно добавить газообразный гелий и использовать течеискатель гелия, подключаемый к соединению вакуумного насоса. Если скорость проницаемости, измеренная гелиевым течеискателем, менее 10^{-7} мбар·л/с (10^{-8} МПа·л/с), испытание на утечку можно принять.

Обоснование максимально допустимой скорости проницаемости и значения обнаружения утечек приведено в приложении В.

При проведении испытаний необходимо измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды внутри шланга: давление, температура (минимум в двух точках);
- первичные данные испытаний: давление, удлинение шланга, утечка;
- вторичные данные испытаний: температура поверхности и концевых соединений шланга в сборе, температура воздуха.

Граничные условия указаны в таблице 11.

Таблица 11 — Предельные условия для испытаний давлением при температуре окружающей среды и криогенной температуре

Устройство	Позиция			Вращение вокруг оси		
	x	*y*	*z*	*X*	*У*	*Z*
Правый фланец	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен
Левый фланец	Жестко закреплен	Свободный	Свободный	Приводимый	Свободный	Свободный
Примечание — «Жестко закреплен» — специальные меры не требуются; «свободный/приводимый» — шланг может свободно перемещаться, или в направлении испытания прикладывается нагрузка.						

Для определения удлинения необходимо выполнить следующие измерения длины:

- непосредственно перед подачей пробного давления (без подачи давления) измерить L_0 (первоначальную длину без давления);
- в течение проведения испытаний при нагрузке пробным давлением P в промежутке от 3 ч 30 мин до 4 ч 00 мин следует замерить L_1 (длину под давлением);
- через 4 ч следует сбросить давление и удерживать шланг без повышения давления в течение 15 мин и замерить L_2 (конечная длина).

Временное растяжение — $(L_1 - L_0)/L_0$.

Постоянная деформация — $(L_2 - L_0)/L_0$.

Испытание должно быть неразрушающим.

7.3.3.2 Циклическое испытание давлением и температурой

Целью испытания является доказательство того, что шланг, которому не препятствуют ограничители, способен выдержать циклическое испытание давлением и температурой, которые указаны в таблице 12.

Таблица 12 — Условия циклической испытательной нагрузки давлением и температурой

Номер испытания	Температура испытания	Минимальная амплитуда давления (различная)	Минимальное количество циклов	Примечание
12	Температура окружающей среды	0,1 МПа (1 кгс/см^2) — 2·МДРД	200	—
13	Окружающая среда — криогенная температура	0,1 МПа (1 кгс/см^2) — МДРД	20	—

Отношение *L*/*D* образца должно быть не менее 4.

а) Испытания при условиях окружающей среды

Для проведения испытаний в условиях окружающей среды шланг должен находиться под давлением воды 0,1 МПа (1 кгс/см^2). Затем проводят 200 циклов повышения давления. Каждый цикл должен длиться не менее 1 мин.

После последнего цикла шланг должен пройти ПИ давлением на герметичность при атмосферном давлении, включая утвержденный процесс сушки (см. 8.4.2.1).

б) Циклические испытания давлением при охлаждении шланга от температуры окружающей среды до криогенной температуры

При криогенном испытании шланг должен быть заправлен жидкостью в соответствии с 7.3.1.2.

Это испытание используют для имитации охлаждения.

Цикл давления состоит из следующих шагов:

- начало цикла: шланг находится при температуре окружающей среды и атмосферном давлении;
- шланг охлаждают испытательной жидкостью под давлением от 0 до 1 кгс/см^2 (0,1 МПа) как можно быстрее и в любом случае в течение периода, указанного в инструкциях изготовителя по процедуре охлаждения;
- давление повышают до максимально допустимого давления и удерживают в течение 10 мин;

- давление снижают и испытательную жидкость из шланга сливают;
- внутреннюю и внешнюю температуру шланга в сборе повышают до температуры окружающей среды с помощью воздуха при температуре окружающей среды в пределах допуска 10 °С.

Допускается использование принудительной наружной вентиляции. Кроме того, шланг следует промывать с помощью жидкого азота при температуре, не превышающей максимальную рабочую температуру шланга.

При проведении испытаний необходимо измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды внутри шланга: давление, температура (минимум в двух точках);
- первичные данные испытаний: давление, удлинение шланга, утечка;
- вторичные данные испытаний: температура воздуха.

После последнего цикла подачи давления шланг должен пройти испытание на герметичность при глубокой заморозке.

К шлангу необходимо приложить давление, в 1,5 раза превышающее давление МДРД, и стабилизировать его.

Давление следует поддерживать в течение 15 мин, а шланг должен быть проверен на предмет утечки с помощью соответствующего детектора утечки.

Максимально допустимая скорость утечки составляет 0,5 л/мин газообразного азота на 1 $м^2$ площади смачиваемого шланга.

Испытание является неразрушающим. Шланг, используемый для циклических термических испытаний и испытаний под давлением, должен быть таким же, как и шланг, применяемый для усталостных испытаний.

7.3.3.3 Испытание на разрыв

Это испытание предназначено для демонстрации того, что минимальное давление разрыва как минимум в пять раз превышает ДРД, которые указаны в таблице 13.

Таблица 13 — Условия испытательной нагрузки на разрыв

Номер испытания	Температура испытания	Минимальное давление разрыва	Примечание
14	Температура окружающей среды	>5 · МДРД	—
15	Криогенная температура		

Отношение *L*/*D* образца должно быть не менее 4.

а) Испытания при условиях окружающей среды

Для испытания на воздействие окружающей среды шланг должен находиться под давлением жидкости (предпочтительно воды).

Давление необходимо постепенно повышать до пятикратного значения МДРД.

Давление предпочтительно поддерживать на уровне, в пять раз превышающем МДРД, в течение 5 мин.

Затем давление необходимо увеличивать до тех пор, пока шланг не лопнет или не протечет. Наиболее высокое измеренное давление представляет собой давление разрыва, которое необходимо зафиксировать. Кроме того, следует предоставить краткое описание режима отказа.

б) Криогенные испытания

Для проведения криогенных испытаний шланг должен находиться под давлением жидкого азота. Шланг необходимо сначала охладить при давлении от 0 до 0,1 МПа (1 $кгс/см^2$). Как только температура шланга стабилизируется, давление необходимо постепенно увеличивать до пятикратного МДРД. Давление предпочтительно поддерживать на уровне 5·МДРД в течение 5 мин.

Затем давление необходимо увеличивать до тех пор, пока шланг не лопнет или не протечет.

Наиболее высокое измеренное давление представляет собой давление разрыва, которое необходимо зафиксировать. Кроме того, следует предоставить краткое описание режима отказа.

При проведении испытаний необходимо измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды внутри шланга: давление, температура (минимум в двух точках);
- первичные данные испытаний: давление, удлинение шланга, утечка;
- вторичные данные испытаний: температура воздуха.

7.3.3.4 Испытание на удар и нагрузку смятия

Изготовитель с целью учета случаев удара и смятия, возникающих во время нормальной работы, должен указать следующие данные:

- МДЭУ;
- МДНС.

После каждого испытания шланг должен пройти следующее испытание на криогенную герметичность:

- шланг должен находиться под давлением и стабилизироваться под давлением, в 1,5 раза превышающем МДРД;
- давление необходимо поддерживать в течение 15 мин, а шланг следует проверить на герметичность с помощью подходящего течеискателя;
- максимальная утечка (скорость проницаемости) составляет 0,5 л/мин газообразного азота на 1 м^2 смачиваемой площади шланга.

Дополнительные рекомендации и примеры организации испытаний приведены в приложении А.

а) Испытание ударной нагрузкой

Испытание на ударную нагрузку следует проводить в криогенных условиях в соответствии с документированной процедурой испытаний, согласованной между АИЛ и изготовителем, с учетом максимальной площади воздействия испытательного инструмента, которая должна составлять $(\pi D^2)/8$.

Необходимо провести предварительные испытания при температуре окружающей среды для того, чтобы максимально точно определить МДЭУ в условиях эксплуатации.

б) Испытание нагрузкой на смятие

Испытание нагрузкой на смятие следует проводить в криогенных условиях в соответствии с документированной процедурой испытаний, согласованной между АИЛ и изготовителем. Необходимо отметить, что минимальные размеры пяты обжимного инструмента (сжимающая пластина) должны составлять квадрат $D \cdot D$.

Необходимо провести предварительные испытания при температуре окружающей среды, чтобы как можно точнее определить МДНС в условиях эксплуатации.

7.3.3.5 Испытание на ползучесть

Для тех шлангов, которые постоянно подвергаются давлению, осевым или изгибающим нагрузкам, ползучесть или релаксация может повлиять на свойства рукава в сборе в течение срока службы.

Это также может относиться к тем шлангам, которые не используются постоянно, но, как ожидается, проработают под нагрузкой большое количество часов.

Изготовитель должен вместе с АИЛ оценить необходимость проведения квалификационного испытания на ползучесть с учетом заявленных способов применения шлангов. Результаты этой оценки должны быть задокументированы и указаны в сертификационной документации.

Руководство по испытаниям на ползучесть приведено в приложение А.

7.3.3.6 Испытание осевых растягивающих и скручивающих нагрузок при рабочих параметрах

Это испытание предназначено для демонстрации того, что шланг способен выдерживать максимальные рабочие нагрузки при МДРД. Условия испытаний приведены в таблице 14.

Таблица 14 — Условия испытаний на растяжение и кручение при рабочей нагрузке

Номер испытания	Температура испытания	Давление	Кручение	Нагрузка кручения вокруг оси (различная)	Примечание
16	Температура окружающей среды	МДРД	— МДУС; МДУС	0 — МРН	—
17	Криогенная температура				

Условия испытаний приведены в 7.3.2.1 и 7.3.2.2 (характеристические испытания).

а) Испытания при условиях окружающей среды

Для проведения испытания при условиях окружающей среды шланг должен находиться под давлением в соответствии с требованиями 7.3.1.2.

Давление в шланге необходимо постепенно повышать до МДРД и поддерживать на уровне МДРД в течение 1 мин.

Затем нагрузку кручения вокруг оси следует постепенно увеличивать до МРН и МДУС (по часовой стрелке), сохраняя при этом давление на уровне МДРД.

Установленные МРН, МДУС и МДРД необходимо удерживать в течение 15 мин.

Затем следует провести визуальный осмотр шланга на предмет утечек.

Тот же тест должен быть выполнен при отрицательном МДУС (против часовой стрелки).

После снятия нагрузки не должно быть обнаружено повреждений.

б) Испытание при криогенной температуре

Во время испытаний при криогенной температуре шланг должен находиться под давлением в соответствии с 7.3.1.2.

Шланг необходимо сначала охладить при давлении в диапазоне от 0 до 0,1 МПа (1 кгс/см^2).

Впоследствии, после того как температура в шланге стабилизируется, в шланге в сборе необходимо постоянно создавать давление, соответствующее МДРД.

Затем нагрузку кручения вокруг оси следует постепенно увеличивать до МРН и МДУС (по часовой стрелке), сохраняя при этом давление на уровне МДРД.

Установленные МРН, МДУС и МДРД необходимо удерживать в течение 15 мин.

Далее шланг следует проверить на наличие утечек с помощью течеискателя газообразного азота.

Скорость утечки по всей длине образца шланга в сборе не должна превышать 0,5 л/мин газообразного азота при температуре и давлении окружающей среды на 1 м^2 смачиваемой поверхности.

После снятия нагрузки не должно быть обнаружено повреждений.

При проведении испытаний необходимо измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды внутри шланга: давление, температура (минимум в двух точках);
- первичные данные испытаний: осевая нагрузка, скручивающая нагрузка, величина утечки (степень проницаемости);
- вторичные данные испытаний: температура поверхности шланга и концевых соединений.

Испытания должны быть неразрушающими.

После выполнения испытаний по перечислениям а) и б) шланг должен пройти одно из следующих испытаний:

1) давление окружающей среды ПИ согласно 8.4.2.1;

2) испытание при криогенной температуре:

- шланг должен находиться под давлением и стабилизироваться при давлении, в 1,5 раза превышающем МДРД;
- установленное давление необходимо поддерживать в течение 15 мин, далее шланг следует проверить на герметичность с помощью подходящего течеискателя;
- максимально допустимая утечка (скорость проницаемости) составляет 0,5 л/мин на 1 м^2 смоченной поверхности шланга.

7.3.3.7 Испытание радиуса изгиба

Испытания МРИ при температуре окружающей среды и криогенной температуре должны продемонстрировать, что шланг может выдерживать ДРД при рабочем МРИ с учетом требований ГОСТ ISO 10619-1. Для этой цели можно использовать испытательную установку для измерения жесткости при изгибе, представленную на рисунке 6.

Отношение *L*/*D* образца должно быть более или равно 10.

Граничные условия указаны в таблице 15.

Таблица 15 — Предельные условия для осевых испытаний

Устройство	Позиция			Вращение вокруг оси		
	x	*y*	*z*	*X*	*Y*	*Z*
Левый фланец	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен
Правый фланец	Свободный	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Жестко закреплен	Свободный	Жестко закреплен
Примечание — «Жестко закреплен» — специальные меры не требуются; «свободный/приводимый» — шланг может свободно перемещаться, или в направлении испытания прикладывается нагрузка.						

Шланг прикрепляют к испытательному устройству в соответствии с согласованной процедурой.

Для проведения испытания при криогенной температуре шланг охлаждают до криогенных условий в соответствии с 7.3.1.3.

Последовательность применения МРИ и повышения давления должна быть соблюдена в соответствии с инструкциями производителя по процедуре испытаний.

Шланг проверяют на предмет утечек, выдерживая при МРИ и МДРД в течение 15 мин. Шланг должен отвечать следующим требованиям:

а) при проведении испытания при давлении и температуре окружающей среды МРИ проверяют при условиях ПИ согласно 8.4.2.1;

б) при проведении криогенного испытания:

- шланг должен находиться под давлением и стабилизироваться при давлении, в 1,5 раза превышающем МДРД,
- установленное давление необходимо поддерживать в течение 15 мин, затем шланг необходимо проверить на герметичность с помощью подходящего течеискателя,
- максимально допустимая утечка (скорость проницаемости) составляет 0,5 л/мин на 1 м^2 смоченной поверхности рукава.

После того как шланг в сборе будет адаптирован к условиям окружающей среды, его необходимо осмотреть снаружи и внутри и убедиться в отсутствии видимых повреждений и остаточных деформаций, таких как овализация, перегибы и складки.

При проведении данного испытания применяют непрерывный шланг, который можно согнуть на МРИ в любой точке его длины во время работы. Если шланг изготовлен не из цельного куска рукава, участки рукавов с соединительной муфтой необходимо проверить при следующих условиях нагрузки МРИ:

- с этой целью следует включить муфту по середине изогнутой зоны испытательной установки;
- альтернативно, во время испытания МРИ должен быть выполнен на гибкой части рукава рядом с фланцем;
- если в проект конструкции шланга включен элемент жесткости на изгиб, то на МРИ необходимо сгибать не элемент жесткости на изгиб, а гибкую область рядом с элементом жесткости на изгиб.

При проведении испытания необходимо измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- параметры среды внутри шланга: давление, температура (минимум в двух точках);
- первичные данные испытаний: изгиб гибкой части рукава в сборе, утечка (степень проницаемости);
- вторичные данные испытаний: температура поверхности шланга и концевых соединений.

Испытание должно быть неразрушающим.

7.3.3.8 Испытание на усталость

Испытание на усталость при циклическом изгибе и низких температурах используют для демонстрации сопротивления гибкой части шланга усталости при циклических изгибающих нагрузках. Количество циклов адаптировано к указанным категориям применения и должно соответствовать требованиям, приведенным в таблице 16.

Таблица 16 — Условия испытаний на усталость

Квалификационная категория шланга	Температура	Давление	Минимальное количество циклов	Распределение количества циклов (нагрузка/изгиб)
A	Криогенная	0,5 · МДРД	40 000	10 000 на МРИХ, 10 000 на МРИ, 20 000 на 2 · МРИ
B	Криогенная	0,5 · МДРД	400 000	10 000 на МРИХ, 10 000 на МРИ, 380 000 на 2 · МРИ
C	Криогенная	0,5 · МДРД	400 000	10 000 на МРИХ, 10 000 на МРИ, 380 000 на 3 · МРИ

Испытание шланга должно быть выполнено в условиях изгибающей нагрузки:

- с этой целью следует включить муфту по середине изогнутой зоны испытательной установки;

- альтернативно, при испытании необходимо приложить изгибающий момент к гибкой части шланга рядом с концевым соединением;

- если с учетом конструкции шланга необходимо использование элемента жесткости на изгиб, изгибающий момент должен быть приложен к гибкой области, прилегающей к элементу жесткости на изгиб.

Пользователи должны учитывать, что МРИ определяет производитель в зависимости от конструкции и технологии изготовления шланга и может существенно различаться в зависимости от шланга. Изгибы в испытаниях категории С отражают ожидаемое состояние плавающих шлангов, при котором возникновение изгибов до трех МРИ маловероятно.

После выполнения этого испытания шланг должен пройти следующее испытание на криогенную герметичность:

- шланг должен находиться под давлением и стабилизироваться при давлении, в 1,5 раза превышающем МДРД;

- давление необходимо поддерживать в течение 15 мин, а затем шланг необходимо проверить на герметичность с помощью подходящего течеискателя;

- максимально допустимая скорость проницаемости составляет 0,5 л/мин на 1 м^2 поверхности участка рукава;

- испытание на разрывное давление может быть проведено после выполнения испытания на усталость.

7.3.3.9 Проверка расхода СПГ

Проверку расхода (при температуре окружающей среды или при криогенной температуре) проводят для демонстрации того, что шланг может работать при максимальном расходе, а также для определения прогнозируемой потери давления, условия проверки расхода приведены в таблице 17.

Таблица 17 — Условия проверки расхода

Параметр	Значение или диапазон	Примечание
Радиус изгиба	Прямой; изгиб на МРИ	—
Скорость потока	От 0 до максимальной скорости потока, указанной изготовителем рукава	Следует избегать двухфазного потока
Давление	Не менее 0,5 МПа (5 кгс/см^2)	По крайней мере на одном участке гибкой части шланга в сборе во время испытания

Отношение *L*/*D* образца должно быть не менее 20.

Схема испытаний.

Для измерения потери давления перед образцом шланга необходимо смонтировать прямолинейный участок трубопровода длиной не менее десятикратного внутреннего диаметра шланга, а за шлангом — прямолинейный участок трубопровода длиной не менее пятикратного внутреннего диаметра шланга. Внутренний диаметр прямых участков не должен отклоняться от внутреннего диаметра фланца шланга более чем на 5 % (максимум 5 мм). Датчик(и) дифференциального давления следует устанавливать как можно ближе к входному и выходному отверстиям шланга, но не ближе 50 мм. Если датчик(и) невозможно установить вблизи входа или выхода шланга, при измерении потери давления следует учитывать дополнительную потерю давления в системе.

Если проверку расхода проводят водой, необходимо исключить влияние воздуха на измерение потери давления, для этого шланг, подсоединенный к датчику перепада давления, неизменно должен быть заполнен жидкостью.

Если проверку расхода проводят криогенной жидкостью, необходимо принять во внимание выбор испытательной жидкости (отдельное вещество или смесь) и указать выбранную жидкость в протоколе испытаний. Датчик перепада давления, скорее всего, будет установлен на определенном расстоянии от испытательного шланга, поскольку датчик может не выдержать криогенную температуру. В этом случае датчик и отвод к датчику следует установить выше шланга, чтобы в линии был только газ и не было жидкости.

Альтернативные условия проведения испытаний могут быть согласованы между АИЛ и изготовителем.

Последовательность и продолжительность проведения испытаний:

а) для каждого испытания расход увеличивают от 0 до максимального расхода с шагом 20 % от максимального расхода. Скорость потока поддерживают в течение по меньшей мере 1 мин на каждом этапе; поток через шланг поддерживают при максимальной скорости не менее 15 мин;

б) затем расход снижают до 0 с шагом 20 % от максимального расхода. Скорость потока поддерживают в течение по меньшей мере 1 мин на каждом этапе.

При выполнении испытаний следует измерить и зарегистрировать, как минимум, следующие параметры:

- гидростатическое давление (статическое давление);
- перепад давления (измерение падения давления);
- падение давления в зависимости от расхода;
- температуру (температуру воды);
- вибрацию (из-за процесса ускорения);
- длину временного шланга (прямая конфигурация);
- радиус изгиба.

Изготовитель должен представить кривую падения давления в зависимости от расхода, а также кривую зависимости уровня вибрации от скорости потока для проведения испытаний по перечислениям а) и б).

Для изогнутых конфигураций, если шланг согнут только на части длины, это необходимо учитывать при расчете коэффициента трения при заданной кривизне.

Шланг должен быть проверен внутри и снаружи на предмет отсутствия видимых повреждений и остаточной деформации.

7.3.3.10 Электрические испытания

Электрическое испытание используется для демонстрации того, что шланг является электропроводящим или электронепроводящим и что его сопротивление соответствует условиям применения.

Жидкость, содержащуюся в шланге, необходимо слить, а затем следует закрепить шланг над землей с помощью токопроводящих держателей и измерить сопротивление между двумя концевыми соединениями (соединительными поверхностями).

Электропроводящие шланги должны иметь сопротивление менее 100 Ом; электронепроводящие шланги — сопротивление не менее 25 000 Ом.

7.3.3.11 Квалификационные испытания систем обнаружения утечек

Если для шланга заявлена квалификация, включающая систему обнаружения утечек, то должна быть установлена документированная процедура квалификационных испытаний, согласованная с АИЛ, чтобы продемонстрировать, что система обнаружения утечек может эффективно обнаруживать утечки.

8 Обеспечение качества и контроль качества

8.1 Общие сведения

Система качества предприятий, участвующих в проектировании и производстве, должна соответствовать требованиям ГОСТ Р ИСО 9001.

Валидация конструкции должна быть проведена независимым контролирующим органом на основании требований, содержащихся в разделе 7.

8.2 Выбор материала

Изготовитель должен указать и предусмотреть для каждого компонента готового изделия (включая вспомогательные материалы, такие как гайки, болты, прокладки, сварочная проволока и т. п.):

- спецификацию/паспорт материала.

В этом документе должна быть четко указана отличительная идентификация изделия в отношении его физических характеристик и критериев приемки. Обновления должны быть одобрены АИЛ;

- список утвержденных изготовителей.

Этот список должен быть подготовлен в соответствии с правилами системы менеджмента качества, а обновления должны быть представлены на возможное рассмотрение АИЛ. Обновления не требуют одобрения АИЛ;

- план контроля качества.

В рамках системы управления качеством производителя должен быть создан специальный план контроля качества компонентов готовой продукции. Этот план контроля качества должен содержать описание мер контроля качества, правил отбора проб, ответственности, применяемых ссылок и критериев приемки.

Обновления должны быть одобрены АИЛ.

8.3 Производство

8.3.1 Основы производства

Производственное предприятие должно быть включено в сферу действия системы менеджмента качества по ГОСТ Р ИСО 9001.

Любое изменение места производства должно быть одобрено АИЛ в соответствии с принципами расширения и актуализации сертификации (см. 7.2.4).

Документированная производственная спецификация должна быть доступной для проведения надлежащей проверки АИЛ в качестве части квалификационного документа.

Производственная спецификация должна описывать, как минимум, следующее:

- последовательность этапов изготовления;
- производственные параметры и соответствующие критерии приемки.

8.3.2 Прослеживаемость

Изготовитель должен внедрить систему, обеспечивающую прослеживаемость следующих компонентов:

- контактирующих с транспортируемыми жидкостью/газом;
- удерживающих давление;
- контактирующих с внешней средой;
- выдерживающих расчетные нагрузки в соответствии с требованиями ККШ.

При возможности прослеживаемость перечисленных компонентов обеспечивают путем постоянной маркировки компонентов.

Для конструкций «рукав в рукаве» производитель должен обеспечить независимую прослеживаемость рукавов, предназначенных для изготовления готового шланга.

8.3.3 Маркировка

Каждый шланг должен иметь постоянную маркировку на обоих концах, при этом маркировку на каждом конце шланга следует нанести на диаметрально противоположных сторонах.

Как минимум, маркировка должна содержать следующее:

- наименование предприятия-изготовителя или его торговую марку;
- дату изготовления (дд.мм.гг.);
- номер настоящего стандарта и соответствующую ККШ;
- уникальный серийный номер шланга;
- номинальный диаметр шланга *DN*;
- заданное МДРД;
- максимальную и минимальную рабочие температуры.

Примечание — Это соответствует кодексу [1];

- вид продукта, для передачи которого предназначен шланг;
- МРИ;
- идентификационный номер шланга;
- общий вес шланга в сборе.

Эта маркировка должна быть четко видимой на протяжении всего срока службы шланга.

8.3.4 Упаковка и защита при хранении и транспортировке

Шланг должен быть упакован после заводских ПИ во избежание повреждения изделия.

Упаковка концевых деталей должна быть достаточной для предотвращения повреждения уплотнительных поверхностей и должна быть произведена непосредственно после завершения ПИ.

Процедура консервации концевых соединений должна быть частью проектной квалификации.

8.4 Заводские приемочные испытания

8.4.1 Общие положения

Заводские ПИ должны быть неразрушающими, и результаты испытаний должны быть зафиксированы в письменном виде.

8.4.2 Испытания, проводимые на каждом шланге

8.4.2.1 Испытание на герметичность при атмосферном давлении, включая утвержденный процесс сушки

Для проведения испытания на герметичность при атмосферном давлении шланг необходимо заполнить жидкостью (предпочтительно водой), при этом воздух из шланга должен быть удален. Затем необходимо подать пробное давление в соответствии с инструкциями изготовителя. Давление должно быть стабилизировано. Требование стабилизации устанавливают в соответствии с документально оформленными инструкциями изготовителя. После стабилизации давления шланг необходимо изолировать от источника давления на 15 мин.

В течение этого 15-минутного периода следует провести осмотр шланга, утечка жидкости не допускается.

В заводских условиях испытание шланга допускается проводить давлением газа при условии, что предприняты все необходимые меры безопасности и при этом можно контролировать возможные утечки.

8.4.2.2 Электрические испытания (на электропроводность) (см. 7.3.3.10).

8.4.2.3 Проведение проверки размеров [длина, диаметр (наружный и внутренний диаметр) соединений и т. д.].

8.4.2.4 Выполнение внутреннего и внешнего визуального осмотра

При визуальном и измерительном контроле проверяют соответствие:

- фланцев требованиям ГОСТ 33259 в части размеров (габаритные, присоединительные, толщина фланца), взаимного расположения поверхностей, шероховатости, маркировки. На уплотнительных поверхностях не допускаются вмятины, задиры, механические повреждения. Шероховатость поверхности необходимо контролировать в соответствии с образцами шероховатости;
- цапковых и штуцерных концов требованиям ГОСТ 2822;
- сварных швов (доступных для осмотра), которые не должны иметь несплошности, трещины, включения, поры, отслоения, непровары, наплывы. Методы контроля — по ГОСТ 3242;
- шланга на предмет отсутствия вздутий, вмятин, потертостей, прижогов, механических повреждений, нарушения изоляционного слоя и видимых следов коррозии;
- транспортировочных заглушек на соединительных элементах.

8.4.2.5 Контроль надлежащей маркировки и наличия паспортной таблички (требования к маркировке определены в 8.3.3).

9 Документация

9.1 Рекомендации по закупкам

Общие требования по закупке шлангов приведены в приложении Г.

В таблице А.1 приведены данные, которые должны быть указаны заказчиком в опросном листе на шланг; в таблице А.2 — данные, которые должен указать изготовитель в документации на шланг и которые используют при подготовке опросного листа на закупку изделий (шлангов, рукавов).

9.2 Конструкторская, квалификационная и производственная документация

В рамках утвержденной системы качества производитель обязан предоставить следующие документы:

- руководство по качеству;
- план качества производства;
- план проверок и испытаний;
- сертификацию, утвержденную АИЛ;
- производственный паспорт.

9.3 Технический паспорт продукции

Технический паспорт продукции должен содержать, как минимум, следующее:

- номер заказа;
- ссылки на технические характеристики и чертежи;
- сертификаты на материалы;
- результаты заводских ПИ;
- спецификацию сварочных процедур и квалификации (если применимо);
- подтверждение квалификации сварщиков (если применимо);
- план сварки (если применимо);
- документ, подтверждающий квалификацию инспектора для проведения неразрушающего контроля и записи результатов неразрушающего контроля (если применимо);
- записи о термической обработке (если применимо);
- гарантии изготовителя (поставщика);
- комплектность;
- данные о консервации;
- свидетельство об упаковывании;
- свидетельство о приемке;
- движение изделия в эксплуатации (при необходимости);
- заметки по эксплуатации и хранению (при необходимости);
- учет работы по бюллетеням и указаниям и ремонт (при необходимости);
- сведения об утилизации.

9.4 Руководство по эксплуатации

9.4.1 Необходимо разработать руководство по эксплуатации шланга.

Оно должно содержать все задачи по техническому обслуживанию, ограничения и аварийные процедуры, включая применимые процедуры ремонта, согласно указаниям заказчика (собственника) или изготовителя. Руководство по эксплуатации должно содержать, как минимум, следующее:

- ККШ, включая предполагаемое применение/эксплуатационные ограничения (например, МРИХ, МРИ, МРН, МДУС, плавучесть, МДЭУ, МДНС);
- описание шланга;
- номинальный размер для подключения к манифольду;
- диаметр (внутренний и внешний);
- вес погонного метра рукава и вес концевых соединений и аксессуаров;
- вид продукта, для перекачивания которого предназначен шланг;
- МДРД и пробное давление, допустимое отрицательное давление, если применимо;
- минимальную и максимальную расчетные температуры;
- расчетную глубину погружения, если применимо;
- требования к установке;
- требования к подключению;
- назначенный срок службы;
- рекомендации по замене после превышения эксплуатационных ограничений. Шланг необходимо заменить или оценить его пригодность к дальнейшей эксплуатации специальными методами контроля;
- процедуры проверки, включая методы выявления старения или повреждения (мониторинг удлинения и т. д.);
- изготовитель должен описать перечень допустимых и недопустимых дефектов при эксплуатации шлангов для перекачивания СПГ.

Перечень дефектов, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации, приведен в приложении Д.

9.4.2 Изготовитель должен описать, какие методы проверки применимы, и продемонстрировать, какие повреждения можно и какие не представляется возможным обнаружить при превышении эксплуатационных ограничений.

После каждого инцидента рукав в сборе следует заменить или, по крайней мере, оценить его пригодность для дальнейшей эксплуатации, что может потребовать специальных проверок.

Если собственники решают провести проверки для оценки пригодности шланга к эксплуатации, изготовитель должен указать, какие методы проверки применимы и какие повреждения можно обнаружить, а какие не представляется возможным.

9.4.3 Изготовитель должен продемонстрировать посредством проведения испытаний и/или технической оценки, что риск разлива СПГ/ПГ является низким в случае скрытого повреждения. Эта оценка должна учитывать вероятность возникновения и последствия с учетом требований безопасности перекачки СПГ. Примеры таких оценок приведены в приложении Е.

9.4.4 Изготовитель должен изложить:

- процедуры ремонта (если применимо);
- общую процедуру технического обслуживания (ежедневное и/или периодическое техническое обслуживание, если применимо/требуется, например интервалы затяжки болтов, очистка от морских организмов и т. д.);
- процедуры обращения, хранения, намотки и размотки;
- ссылку на исполнительную документацию.

9.4.5 Если это определено заказчиком (собственником), должно быть предоставлено отдельное руководство по монтажу, с документальным оформлением инструкции по монтажу.

Приложение А
(справочное)

Рекомендации по выбору квалификационных категорий шлангов

ККШ выбирают с учетом требований таблицы А.1.

Таблица А.1 — Квалификационные категории шлангов

<table>
<tr><th>ККШ</th><th>Функция</th><th>Режим работы</th><th>Связь</th><th>Метеогидрологические условия</th><th>Конфигурация шланга</th><th>Пример использования шланга</th></tr>
<tr><td rowspan="2">А</td><td>Разгрузка, погрузка перевалка</td><td rowspan="10">Периодический</td><td>Между судном и пирсом</td><td rowspan="3">Защищенная гавань</td><td rowspan="12">Провисающий в воздухе</td><td>Соединение судно — приемный терминал</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Бункеровка</td><td>Между судном и берегом</td><td>Передача с берега на судно, соединение автоцистерна СПГ—судно</td></tr>
<tr><td rowspan="6">В</td><td rowspan="3">Между судном и судном</td><td>Передача с судна-бункеровщика на судно (движения, вызванные волнами)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Открытое пространство</td><td>Бункеровка</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Разгрузка, погрузка перевалка</td><td>Соединение танкера-газовоза с морской ПРГУ — слив 1</td></tr>
<tr><td>Соединение танкера-газовоза с ПХ СПГ — слив 1</td></tr>
<tr><td>Между судном и берегом</td><td>Тандемная разгрузка СПГ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Между судном и неподвижной конструкцией — морской погрузочной вышкой</td><td>Приемный терминал без причала</td></tr>
<tr><td>Постоянный</td><td>Стационарный морской отгрузочный причал</td><td>Передача ПХ СПГ в стационарную структуру (повторное испарение или сжижение)</td></tr>
</table>

Окончание таблицы А.1

ККШ	Функция	Режим работы	Связь	Метеогидрологические условия	Конфигурация шланга	Пример использования шланга
С	Разгрузка, погрузка перевалка	Периодический	Между судном и судном	Открытое пространство	Плавающий	Соединение ПРГУ плавающими рукавами с мобильной баржей
						Тандемная разгрузка (ПУП СПГ)
			Между судном и берегом			Приемный терминал без причала
						Приемный терминал без причала
			Между судном и неподвижной конструкцией — морской погрузочной вышкой			Стационарный морской отгрузочный причал
		Постоянный			Подводный	Передача ПХ СПГ в стационарную структуру (повторное испарение или сжижение)
	Бункеровка	Периодический	Между судном и судном		Плавающий	Плавучие рукава и баржа-бункеровщик
			Между судном и берегом	Защищенная гавань		Бункеровка без пирса

Приложение Б
(справочное)

Рекомендации по программе дополнительных испытаний

Б.1 Введение

Настоящий стандарт устанавливает обязательные квалификационные испытания шлангов, но не включает все сферы применения. В частности, поведение рукавов в сборе в течение периода эксплуатации и сочетаний нагрузок может потребовать проведения дополнительных испытаний. Таким образом, данное приложение содержит информацию, которую изготовитель может принять во внимание при назначении дополнительных испытаний к обязательным испытаниям. В разделе Б.2 приведены рекомендации по комбинированным нагрузкам; в разделе Б.3 представлен принцип допустимости повреждений, который может быть применен к ударным нагрузкам и нагрузкам смятия, а также к износу, скачкам давления в течение срока службы. В разделах Б.6—Б.8 приведены некоторые дополнительные рекомендации по выполнению испытаний на удар/смятие, ползучесть и износ.

Б.2 Комбинированные нагрузки и условия эксплуатации, которые следует учитывать

Обязательные испытания учитывают влияние давления, статических нагрузок (растяжения, изгиба, скручивания), усталости при изгибе, а также ударных и нагрузок смятия во время эксплуатации. Одновременное возникновение комбинаций при этом учитывается лишь частично, например растяжение в сочетании со сжатием и скручиванием, однако не принимают во внимание изгиб в сочетании со скручиванием.

Кроме того, на срок службы и производительность шлангов могут повлиять другие условия, такие как:

- эффекты воздействия окружающего климата;
- воздействие морской среды;
- случайные нагрузки (например, экстремальные ударные нагрузки/постоянные нагрузки или деформации);
- ползучесть (эффект длительных/постоянных нагрузок или деформаций);
- износ (повреждение внешней поверхности шланга из-за трения).

Вышеупомянутые комбинированные нагрузки и аспекты эксплуатации следует учитывать при аттестации системы перекачки СПГ в соответствии с ГОСТ Р 71697 (см. также [2]), т. к. они могут привести к дальнейшим испытаниям в дополнение к обязательной программе аттестации шлангов. Изготовителю рекомендуется рассмотреть возможность добавления этих аспектов в программу аттестации шлангов с учетом их рыночной перспективы.

Б.3 Философия устойчивости к повреждениям, применяемые к ударным нагрузкам и нагрузкам смятия

Б.3.1 Шланг можно сделать (частично) устойчивым к повреждениям при обращении с ним, если спроектировать шланг с определенным уровнем прочности. Существенные значения в этом случае имеют:

- величина нагрузки;
- реакция рукава на эту нагрузку;
- видимость повреждений;
- последствия для безопасности при эксплуатации шланга.

Б.3.1.1 С точки зрения нагрузки изготовитель должен различать:

- события во время нормальной работы шланга, которые могут привести к повреждению во время его хранения, подъема или транспортировки. Примерами этого могут быть стропы, незначительные «столкновения» шланга с конструкцией, падающие инструменты и т. д., влияние которых может различаться в зависимости от ККШ. Оператор предполагает, что шланг устойчив к этим явлениям и что они не влияют на срок службы. Такие нагрузки могут быть преобразованы в МДЭУ и МДНС (см. 7.3.3.4).

Пример — Передавливание рукавов между корпусами судов, падение шланга на конструкцию, столкновение буксира с плавучим рукавом и т. д.

Если при этом не происходит утечки СПГ, операторы фиксируют такие события и анализируют степень повреждения. На основании этого анализа оператор принимает решение о необходимости проверки и замены шланга.

Безусловно, существует промежуточная зона между нормальными эксплуатационными событиями и инцидентами с точки зрения их существенности и частоты возникновения.

Б.3.1.2 Шланг может реагировать на ударную нагрузку или нагрузку смятия следующим образом:

- нагрузка воспринимается полностью упруго и не вызывает каких-либо повреждений. Кроме того, отсутствуют такие побочные эффекты, как усталость;
- нагрузка вызывает (некоторую) пластическую/остаточную деформацию.

Пример — Деформация внешнего каркаса, и/или вмятина на гофре металлического шланга, или вмятина/смещение спиральной проволоки композитного шланга.

Для принятия решения рассматривают две ситуации:

- повреждение не повлияет на безопасность или срок службы шланга;
- повреждение влияет на безопасность или срок службы шланга.

Помимо тяжести деформации необходимо учитывать также подверженность рукава этой деформации и его конструкцию, например: многослойная несвязанная полимерная структура отличается от гофрированной структуры из нержавеющей стали.

Производитель должен учитывать, что реакция может меняться в зависимости от длины рукава в сборе вследствие различных граничных условий и/или различной жесткости или свойств материала.

Примеры

1 Средняя длина означает, что на деформацию шланга не влияют концевые соединения или другие элементы.

2 Вблизи концевого соединения на деформацию шланга влияет жесткость концевого соединения.

3 При наличии элемента усиления на изгиб на деформацию шланга влияют жесткость и свойства материала.

Б.3.1.3 Устранение ущерба или инцидентов может привести к следующим последствиям (от незначительных до существенных):

- повреждения, которые могут быть обнаружены только с помощью специальных мероприятий или методов проверки, или не обнаружены;
- видимые повреждения, которые может обнаружить оператор во время работы. Минимальный ущерб называется ЕВП. Помимо внешних видимых повреждений могут быть и внутренние повреждения, которые не выявляются незамедлительно;
- видимые повреждения, которые может непосредственно распознать оператор.

Б.3.1.4 Последствия события, которое является частью оценки риска системы погрузки. Что касается удара и смятия и только в отношении самого процесса передачи, можно принять во внимание два аспекта:

- потенциальный выброс СПГ в атмосферу непосредственно после события или во время последующих передач, если повреждение не будет обнаружено. Количество и тип выброса могут повлиять на результаты анализа рисков;
- потенциальные последствия на других этапах операции передачи, например сама система перекачки может выдержать скачок давления, но не деталь судовой трубопроводной системы.

Б.3.2 Требования к событиям нормальной работы шлангов

Требование относительно обязательных испытаний заключается в том, что МДЭУ и МДНС не влияют на заявленную безопасность или срок службы шланга. Предполагается, что эти события произойдут в течение срока эксплуатации шланга, поэтому производитель должен учитывать влияние комбинированных нагрузок. Так как граница между нормальными эксплуатационными событиями и инцидентами нечеткая, производитель должен выбрать те методы контроля, которые будут использованы при эксплуатации шланга. Это может быть визуальный осмотр или осмотр с помощью оборудования. Учитывая различные процессы передачи, производитель должен определить, какие повреждения можно обнаружить во время эксплуатации:

а) при визуальном осмотре определяют размер повреждения (включая видимые, скрытые/внутренние повреждения), результатом которого могут быть видимые повреждения;

б) при проверке с помощью устройства определяют размер повреждения (включая видимые, скрытые/внутренние повреждения), в результате которого возникают только видимые повреждения.

Производитель должен установить допустимые пределы повреждения и сообщить о них оператору, что позволяет последнему оценить возможность продолжения передачи по этому рукаву (см. также Б.5).

Б.3.3 Требования к инцидентам

Считается, что информация о большинстве инцидентов будет известна оператору:

- посредством фиксирования самого события (например, въезд буксира в плавучий шланг) или
- определением степени повреждения шланга.

После наступления того или иного события оператор должен иметь возможность оценить, пригоден ли шланг в сборе к эксплуатации, или заменить его (см. Б.5). Существует риск того, что оператор не заметит, или не узнает о происшествии, или не зафиксирует видимых повреждений, поэтому оператор продолжит передачу с поврежденным шлангом. Оценка таких ситуаций является частью квалификации системы отгрузки СПГ. Кроме того, если производитель решит протестировать экстремальные нагрузки, рекомендуется, чтобы в ходе этого испытания также оценивались потенциальные последствия нанесенного ущерба, такие как ожидаемый выброс СПГ/ПГ.

Б.4 Принцип устойчивости к повреждениям для других механизмов разрушения и нагрузок

Помимо ударных и сминающих нагрузок в течение срока службы возможны и другие происшествия/события или механизмы разрушения. Информация об этом содержится в квалификации системы согласно ГОСТ Р 71697 (см. также [2]). Варианты подобных событий или механизмы разрушений следующие:

- механизмы разрушения, которые могут возникать при нормальной работе. К ним относятся, среди прочего, износ, ползучесть и воздействие морской среды;
- инциденты, которые могут произойти в течение срока службы. Примерами этого являются скачок давления и пульсирующее течение.

Принцип устойчивости к повреждениям исходя из перечисленных в Б.3 может быть применен к рассмотрению этих воздействий. Реализация процедурных инструкций и требований может различаться.

Б.5 Возможность проверки состояния шланга

Характеристики шланга могут ухудшиться во время работы вследствие обычных при эксплуатации событий или возможных аварий. Для обеспечения безопасной эксплуатации на протяжении всего срока эксплуатации изготовитель должен предусмотреть проведение следующих мероприятий:

- процедуры проверок, частота при соблюдении требований к выполнению проверок и/или,
- процедуры испытаний, частота испытаний при выполнении требования и/или;
- установление требований окончания срока службы шланга (например, максимальное количество передач или лет эксплуатационного срока).

Производителю рекомендуется во время выполнения программы обязательных испытаний предоставить доказательства того, что процедуры, частота и требования являются подходящими и подтверждены АИЛ.

Производитель должен установить допустимые пределы повреждения в сочетании с процедурами и интервалами проверок, чтобы отбраковать шланг с целью дальнейшего обслуживания. Эта информация должна быть включена в руководство по техническому обслуживанию шланга и касается, например, предельных значений износа, ударов и повреждений при смятии.

Если ползучесть влияет на срок службы, производитель должен установить соответствующие требования и/или указать процедуры испытаний, чтобы оператор мог оценить, когда наступит срок окончания службы шланга в сборе.

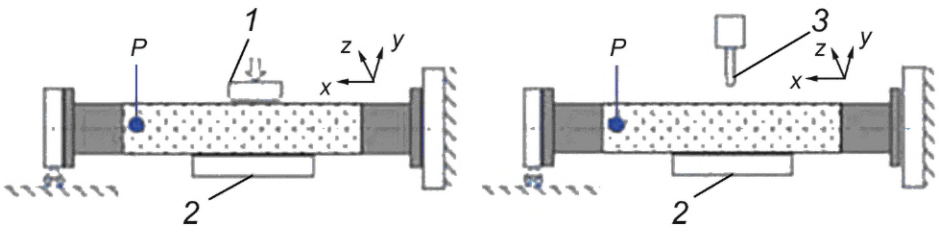
Б.6 Дополнения относительно повреждений при ударах и смятии при эксплуатации

Б.6.1 Возможно применение двух подходов:

- начало испытания на удар и смятие должно быть при низких нагрузках при постепенном увеличении нагрузки до уровня повреждения, которому, вероятнее всего, будет подвергнут шланг в течение срока службы; на основании этого следует определить МДЭУ и МДНС;
- определение МДЭУ и МДНС и предоставление доказательств того, что шланг может выдерживать вероятные повреждения в течение всего срока службы.

Выбор подхода незначительно изменит порядок испытаний.

На рисунке Б.1 показан принцип возможной проверки — пример испытаний на смятие и удар по центру длины шланга при температуре окружающей среды и криогенных температурах. *L*/*D* образца должно быть не менее 4 для испытания шланга в сборе на средней длине (см. Б.3). Нижняя поверхность шланга должна поддерживаться жесткой пластиной. В 7.3.3.4 содержатся указания относительно размеров сминающей пластины и ударного устройства. Кроме того, должны быть реализованы средства для снижения пиков давления во время приложения сминающей/ударной нагрузки.



1 — сжимающая пластина; *2* — поддерживающая пластина; *3* — ударное приспособление

Рисунок Б.1 — Пример испытаний на смятие и удар по центру длины шланга при температуре окружающей среды и криогенных температурах

Как указано в разделе Б.3, может потребоваться протестировать несколько диапазонов длины. В зависимости от длины шланга и степени нанесенного повреждения все испытания на удар и смятие могут быть проведены на одном и том же шланге при условии, что ранее нанесенное повреждение не влияет на текущее повреждение при ударе/смятии.

Б.6.2 Испытания при температуре окружающей среды

Шланг необходимо заполнить водой при соответствующем давлении, начиная с самого высокого давления. Ударную/сминающие нагрузки прикладывают несколько раз, начиная с 10 % МДЭУ/МДНС и заканчивая 100 %

МДЭУ/МДНС. Каждую ударную/сминающую нагрузку прикладывают к новому участку поверхности шланга. Затем давление снижают до следующего более низкого давления, и все ударные/сминающие нагрузки прикладывают повторно. Испытание повторяют до тех пор, пока не будет достигнуто давление 0 МПа (0 кгс/см^2). Не все промежуточные комбинации давлений и нагрузок следует проверять, так как характеристики и степень видимых и скрытых/внутренних повреждений продолжают меняться.

Внешние и внутренние видимые повреждения должны быть задокументированы. В зависимости от технологии изготовления шланга и склонности к сбоям в работе шланга для оценки степени повреждения могут потребоваться методы неразрушающего/разрушающего контроля.

Затем шланг подвергают испытанию под давлением, описанному в 7.3.3.1, при температуре окружающей среды, но при МДРД. После этого испытания шланг должен быть проверен неразрушающим и/или разрушающим способом.

Б.6.3 Криогенные испытания

Предполагается, что ущерб, причиняемый при температуре окружающей среды при использовании большинства трубных технологий, будет незначительно отличаться от ущерба, ожидаемого в криогенных условиях. Если изготовитель может это обосновать, количество испытаний на удар/смятие в криогенных условиях можно сократить до нагрузок, близких к МДЭУ/МДНС (например, 80 %, минус 90 %, минус 100 %). Нагрузки следует прикладывать в таком же порядке и по такой же процедуре, как и при испытаниях при температуре окружающей среды.

Поврежденный шланг затем подвергают испытанию давлением при криогенной температуре, проверяют герметичность в соответствии с 7.3.3.1, но при МДРД. После испытаний шланг осматривают неразрушающим и/или разрушающим способом. Условия испытаний приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 — Проверка рукава на повреждение

Температура испытания	Давление	Нагрузка	Примечание
Температура окружающей среды	МДРД 1,05; 0,5; 0 МПа (10,5; 5; 0 кгс/см^2)	10 % + n · 10 — 100 % МДЭУ и/или МДНС	Испытание начинают с МДРД и нагрузки 10 %, затем нагрузку постепенно увеличивают до 100 %, давление снижают до 10,5 МПа, прикладывают нагрузку 10 % и постепенно увеличивают до 100 % и т. д.
Криогенная			

Определение допустимых пределов повреждений при проверке устанавливают нижеприведенным образом.

а) По результатам испытаний на удар и смятие:

1) энергия/нагрузка, приводящая к ЕВП,

2) определение ущерба, возникшего в результате воздействия МДЭУ/МДНС.

б) Сравнение энергии/нагрузки, при которой возникает ЕВП, с МДЭУ/МДНС:

1) если энергия/нагрузка ЕВП меньше МДЭУ/МДНС, повреждение фиксирует оператор. Специальной инструментальной проверки при этом не требуется, за исключением тех случаев, когда внутренние повреждения ставят под угрозу его безопасность:

- производитель должен указать допустимые пределы повреждения и задокументировать соответствующие внешние/внутренние/скрытые повреждения. Производитель может принять решение уменьшить первоначально установленные МДЭУ/МДНС. Однако это значение никогда не должно опускаться ниже энергии/нагрузки для ЕВП,
- в случае возникновения инцидента, когда МДЭУ/МДНС могло быть превышена, видимые повреждения являются четким индикатором для оператора, позволяющим оценить, можно ли использовать шланг для дальнейшего обслуживания. Рекомендуются дополнительные проверки и проведение испытания под давлением;

2) если энергия/нагрузка ЕВП выше, чем МДЭУ/МДНС, ущерб, возникающий в результате МДЭУ/МДНС, непосредственно не виден оператору. По этой причине производитель должен установить процедуры и интервалы надлежащих проверок. Интервалы проверок должны учитывать возможный рост повреждений в течение трехкратного установленного интервала проверок:

- производитель должен установить допустимые пределы повреждения и задокументировать соответствующие внутренние/скрытые повреждения. Допустимые пределы повреждения должны превышать порог процедуры проверки с учетом условий эксплуатационной проверки пользователем,
- в случае инцидентов, которые могли превысить МДЭУ/МДНС, производителю следует указать, что оператор должен провести специальную проверку и/или испытание, чтобы оценить, пригоден ли шланг для дальнейшей эксплуатации;

3) на основании оценки риска в соответствии с ГОСТ Р 71697 (см. также [2]) ограниченная утечка, обнаруженная с помощью приборов или визуального осмотра, может быть использована в качестве индикатора повреж-

дения при условии, что утечка достаточно мала и легко обнаруживается, ущерб незначительный или существенный, растет медленно, а риск значительного выброса СПГ предельно низок.

в) На образцах шланга, подлежащих испытаниям в рамках квалификационных испытаний рукавов, должны присутствовать видимые повреждения, указанные производителем. Однако это может быть ограничено проведением испытаний, основанных на технической оценке. Шланг должен выдерживать повреждения, вызванные МДЭУ/МДНС, в течение установленного срока службы и поддерживать характеристики, превышающие минимальные требования, указанные в настоящем стандарте.

Б.7 Дополнения по результатам исследования поведения ползучести

Полимерные материалы в шлангах с постоянной нагрузкой могут проявлять ползучесть или пониженную способность возвращаться в исходное состояние даже при низких напряжениях (далее — ползучесть). Это относится к композитным шлангам в сборе, изготовленным из нескольких материалов, но также может применяться к полимерным материалам в металлических шлангах в сборе. В Б.8 учтены только композитные шланги, изготовленные из нескольких материалов.

Эти шланги со временем могут стать длиннее под воздействием постоянного давления и/или осевой нагрузки. Примеры применения постоянных нагрузок:

- постоянная перекачка;
- погрузочные башни со шлангами в провисании на позициях ожидания;
- погрузочные башни с вертикально подвешенными шлангами.

Ползучесть также может возникнуть в тех шлангах, которые не используются постоянно, но находятся под нагрузкой на протяжении длительного промежутка времени. Кроме того, ползучесть может возникать и локально в месте изгиба шланга и тем самым повлиять на его свойства, поэтому необходимо учитывать ползучесть при аттестации шланга.

Предполагается, что остаточное удлинение является мерой расхода эксплуатационного ресурса таких шлангов. Постоянное процентное удлинение гибкой части шланга в сборе должно быть меньше, чем остаточное удлинение, используемое в программе квалификации шланга. Взаимодействие между механизмами разрушения, такими как ползучесть и усталость, игнорируется, за исключением того, что последующие испытания на усталость следует проводить на полностью состаренных образцах.

Чтобы ускорить выполнение испытания на старение, производитель шланга может применить более высокие механические нагрузки (давление) и более высокую температуру. Это необходимо поддерживать моделями материалов (путем применения правил напряжения и температурного сдвига), чтобы преобразовать условия испытаний в расчетный срок службы для данной операции.

Б.7.1 Метод испытания на старение образцов шланга

Образцы шлангов в сборе должны быть выдержаны под давлением при температуре окружающей среды или повышенных температурах. Рекомендуемое максимальное давление — МДРД.

Исходная длина шланга представляет собой среднее значение результатов трех испытаний, в ходе которых в свободном шланге сначала создается давление не менее 0,4 МПа (4 кгс/см^2), а затем давление снижается до 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2). Длину шланга измеряют при этом давлении.

Длина искусственно состаренного шланга представляет собой среднее значение результатов трех испытаний, в ходе которых в свободном шланге сначала создается давление не менее 0,4 МПа (4 кгс/см^2), а затем давление снижается до 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2). При этом давлении измеряют длину шланга.

Необходимо регистрировать изменение давления и температуры с течением времени и определять постоянную деформацию.

Б.7.2 Оценка испытаний искусственно состаренных образцов шлангов на предмет квалификации шлангов

Изготовитель должен на основе инженерной оценки определить, на какие аспекты эксплуатационных характеристик шланга может повлиять ползучесть, и проверить путем проведения испытаний, что образцы искусственно состаренного шланга соответствуют требованиям технических условий. Эти аспекты необходимо проверять на новых и искусственно состаренных образцах.

Примерами свойств, на которые можно повлиять, являются: жесткость шлангов, демпфирование, усталость, целостность потока и давление разрыва.

Б.7.3 Допустимое постоянное удлинение во время эксплуатации

Постоянное удлинение шланга является мерой расходования срока службы шланга в сочетании с ползучестью. Допустимое остаточное удлинение в эксплуатации соответствует остаточному удлинению образца шланга, испытанного при квалификации шланга. Производитель шлангов должен указать максимально допустимое остаточное удлинение в руководстве по техническому обслуживанию.

Б.8 Дополнение относительно износа

В течение срока службы на внешней поверхности шланга может возникнуть износ из-за трения частей оборудования системы перекачки СПГ или концевых соединений либо на внутренней поверхности шланга от воздей-

ствия потока. Это необходимо учитывать в соответствии с философией устойчивости к повреждениям, изложенной в Б.3. Однако во многих случаях износ является постепенным процессом и заметен задолго до того, как это повлияет на характеристики шланга. По этой причине в рамках аттестации шланга не требуется проведения каких-либо испытаний.

Изготовитель должен доказать АИЛ:

- какой износ можно ожидать в течение срока службы шланга. Изготовитель может использовать опыт эксплуатации сопоставимых продуктов в сопоставимых условиях эксплуатации и должен указать допустимые пределы износа;
- изготовитель должен продемонстрировать, что характеристики шланга остаются выше минимальных требований, установленных согласно приведенным в настоящем стандарте, в течение всего срока его службы. Изготовитель может применить техническую оценку. Если доказательства отсутствуют, изготовитель должен рассмотреть возможность проведения испытаний.

Приложение В
(справочное)

Испытания на герметичность под давлением. Обоснование предельно допустимого показателя проницаемости и величины течеискания

Интенсивность утечки Q_L зависит от используемого газа, имеет единицу измерения мбар · л/с (или Па · м^3/с), где 10 мбар · л/с = 1 Па · м^3/с и рассчитывают по формуле

$$Q_L = \frac{\Delta p \cdot V}{\Delta t}, \tag{В.1}$$

где Δp — разность давлений от интенсивности утечки в объеме V за измеренную разность во времени Δt.

Например, если объем составляет 1 м^3 и допустимы перепады давления в пределах 1 Па, скорость утечки составляет 1 Па·м^3/с.

Внутренний объем шланга V, м^3, длиной 20 м с внутренним диаметром D 0,2 м рассчитывают по формуле

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot l = \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}2^2\ \text{м}^2 \cdot 20\ \text{м} = 0{,}628\ \text{м}^3. \tag{В.2}$$

Время измерения составляет 1 мин, а допустимая интенсивность утечки — 10^{-6} Па · м^3/с. Следовательно, результирующая допустимая разница давлений Δp равна

$$\Delta p = \frac{Q_L \cdot \Delta t}{V} = \frac{10^{-6}\ \text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot 60\ \text{с}}{\text{с} \cdot 0{,}628\ \text{м}^3} = 9{,}554 \cdot 10^{-5}\ \text{Па}. \tag{В.3}$$

Если измеряемый газ можно рассматривать как идеальный газ, то количество молекул n, выходящих из трубки за рассматриваемое время, может быть определено с помощью уравнения идеального состояния газа $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$.

Предполагая, что объем шланга и температура в нем не меняются со временем, можно рассчитать количество молекул Δn по формулам

$$\Delta n = n_1 - n_2 = \frac{p_1 \cdot V}{R \cdot T} - \frac{p_2 \cdot V}{R \cdot T} = (p_1 - p_2) \cdot \frac{V}{R \cdot T}, \tag{В.4}$$

где $p_2 = p_1 - \Delta p$;

V — внутренний объем шланга, м^3;

R — универсальная газовая постоянная;

T — абсолютная температура, К.

$$\Delta n = (p_1 - (p_1 - \Delta p)) \cdot \frac{V}{R \cdot T} = \Delta p \cdot \frac{V}{R \cdot T}, \tag{В.5}$$

$$\Delta n = 9{,}554 \cdot 10^{-5}\ \frac{N}{\text{м}^2} \cdot \frac{0{,}628\ \text{м}^3}{8{,}314 \cdot \frac{N\,\text{м}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293\ \text{К}} = 2{,}46 \cdot 10^{-8}\ \text{моль}. \tag{В.6}$$

Вычисленное количество молекул находится за пределами шланга и измеряется при атмосферных давлении и температуре. Следовательно, соответствующий объем газа при атмосферном давлении $V_г$, м^3(л), может быть повторно рассчитан с использованием уравнения идеального состояния газа.

$$V_г = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{2{,}46 \cdot 10^{-8}\ \text{моль} \cdot 8{,}314\ \frac{N\,\text{м}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293\ \text{К}}{10^5\ \frac{N}{\text{м}^2}} \approx 6 \cdot 10^{-10}\ \text{м}^3 = 6 \cdot 10^{-7}\ \text{л}.$$

Площадь смачиваемой поверхности образца шланга $S_{см}$ м^2, определяют по формуле

$$S_{см} = \pi \cdot D \cdot l = \pi \cdot 0{,}2 \cdot 20 = 12{,}57. \tag{В.7}$$

Следовательно, сопоставимая степень проницаемости $\frac{V_г}{S_{см}}$ для значения, указанного в настоящем стандарте, следующая:

$$\frac{V_г}{S_{см}} = \frac{6 \cdot 10^{-7}\ л}{12{,}57\ м^2} \approx 0{,}5 \cdot 10^{-7}\ \frac{л}{м^2}\ . \qquad (В.8)$$

Таким образом, измеренная интенсивность утечки из шланга с вакуумной изоляцией по меньшей мере на семь порядков ниже минимального требования настоящего стандарта. Это означает, что минимальным требованием настоящего стандарта является максимальная интенсивность утечки 10 Па · $м^3$/с.

Приложение Г
(справочное)

Таблицы требований к шлангам при их заказе и изготовлении

В таблице Г.1 приведены данные, которые должны быть указаны заказчиком в описании объекта закупки — шланга в сборе; в таблице Г.2 — данные, которые должны быть указаны изготовителем шланга.

Таблица Г.1 — Общие параметры спецификации закупки

Параметры объекта закупки	Описание и данные объекта закупки (заполняет заказчик)
Шланг или шланговый трубопровод работает в прерывистом/непрерывном режиме работы (для периодического режима работы необходимо указать частоту использования)	—
Открытая или защищенная среда (динамические условия указывают, если применимо)	—
Чертежи конфигурации с указанием области движения и динамических нагрузок, где это применимо	—
Предполагаемое место/условия хранения	—
Внутренний диаметр, мм	—
Длина, м	—
Рабочее давление (минимальное и максимальное), МПа (кгс/см^2)	—
Плотность жидкости, кг/м^3	—
Температура жидкости (минимальная и максимальная), °С	—
Внешняя температура (минимальная и максимальная), °С	—
Скорость перекачиваемого потока в продуктопроводе, м^3/ч	—
Максимально допустимая потеря давления при максимальном расходе, МПа (кгс/см^2)	—
Требуется внешняя защита	Да/нет
Требуется электропроводность	Да/нет
Тип подключения концевого соединения	—
Требуемая ККШ согласно настоящему стандарту (А, В или С)	—
Требование одобрение типа, если да, то это должно быть указано	Да/нет
Требование участия третьей стороны в заводских приемочных испытаниях	Да/нет

Таблица Г.2 — Общие параметры шланга в сборе, указываемые изготовителем

Общие параметры шланга в сборе	Данные шланга в сборе (заполняет изготовитель)
Наименование модели шланга	—
Квалификационная категория шланга (А, В или С)	—
Внутренний диаметр шланга, мм	—
Длина, м	—
Допуски по длине, мм	—
Тип подключения концевого соединения	—
Расчетная температура шланга (минимальная и максимальная), °С	—

Окончание таблицы Г.2

Общие параметры шланга в сборе	Данные шланга в сборе (заполняет изготовитель)
Вес шланга в воздухе, пустого, кг/м	—
Вес шланга в воздухе, наполненный СПГ, кг/м	—
ДРД, МПа (кгс/см^2)	—
Давление ПИ (давление при заводских приемочных испытаниях), МПа (кгс/см^2)	—
Осевая жесткость при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, кН	—
Осевая жесткость при атмосферном давлении и криогенной температуре, кН	—
Осевая жесткость при максимально допустимом рабочем давлении и криогенной температуре, кН	—
Максимальная рабочая нагрузка (при ДРД), кН	—
Максимальная нагрузка (без давления), кН	—
Разрывная нагрузка, кН	—
Жесткость на кручение при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, кН·м^2	—
Жесткость на кручение при атмосферном давлении и криогенной температуре, кН·м^2	—
Жесткость на кручение при максимальном рабочем давлении и криогенной температуре, кН·м^2	—
Максимальное скручивание, °/м	—
Жесткость на изгиб при атмосферном давлении и температуре окружающей среды, кН·м^2	—
Жесткость на изгиб при атмосферном давлении и криогенной температуре, кН·м^2	—
Жесткость на изгиб при максимально допустимом рабочем давлении и криогенной температуре, кН·м^2	—
Тип теплоизоляции	—
Теплопроводность, Вт/м	—
Ограничения на охлаждение и разогрев	—
Значение плавучести шланга, пустого (если применимо), %	—
Значение плавучести шланга, наполненного СПГ (если применимо), %	—
Критическое внешнее давление (если применимо), Па (МПа)	—
Тип и характеристики устройства обнаружения утечек	—
Класс внешней защиты, если применимо	—
Ударопрочность, Дж	—
Сопротивление смятию, кН	—
Радиус изгиба при хранении, м	—
МРИ (в эксплуатации), м	—
Падение давления при максимальной скорости потока, кгс/см^2/м	—
Значение электрического сопротивления между фланцами, Ом	—

Приложение Д
(справочное)

Учет скачков давления в шлангах СПГ

Максимально допустимое рабочее давление обычно используется наливными станциями для определения предельных значений давления в их системе налива (т. е. настройка насоса плюс любая дополнительная статическая нагрузка или настройка давления открытия предохранительного клапана системы налива). Предполагается, что МДРД не учитывает динамические скачки давления, но учитывает изменения давления по сравнению с номинальным давлением во время эксплуатации. В соответствии с кодексом [1] указанное максимальное давление должно быть не менее 1 МПа (10 кгс/см^2).

Максимальное неразрушающее давление, при котором шланг следует испытывать во время квалификационного испытания для демонстрации его структурной целостности при воздействии внутреннего давления, должно быть не менее 2 · МДРД.

Максимальное неразрушающее давление учитывает временное дополнительное давление, вызванное ударными нагрузками (например, при внезапной остановке перекачиваемой жидкости, когда судовой клапан или клапан станции налива СПГ быстро закрывается). В дополнение к рабочему давлению в системе перекачки СПГ возникнет скачок давления, который зависит от соответствующей системы передачи и должен быть оценен для каждой конфигурации.

Редкое возникновение скачков давления и указанное минимальное давление разрыва, равное пятикратному МДРД шланга в сборе, оправдывает то, что скачок давления может превышать МДРД до максимального неразрушающего давления (2 · МДРД), не требуя дальнейшей оценки целостности шланга.

Для шлангов, соответствующих требованиям настоящего стандарта, ни один скачок давления между 2 · МДРД и 4 · МДРД не должен приводить к внезапному выходу из строя изделия. В случае возникновения таких событий необходимо провести дальнейшее обследование для оценки возможности поддержания шлангов в рабочем состоянии. Примером оценки того, является ли риск разлива СПГ/ПГ низким из-за необнаруженного повреждения, может служить демонстрация производителем того, что:

- скорость роста повреждений медленная (относительно продолжительности переключения; это позволяет оператору действовать между переключениями), и
- рост ущерба приведет к обнаруживаемому повреждению (например, из-за небольшой утечки; целесообразно предположить, что оператор обнаружит эту утечку до того, как ожидается крупный выброс), и
- с учетом размер любого обнаруживаемого повреждения риск выброса большого количества СПГ/ПГ невелик (например, хрупкое разрушение/внезапное разрушение не произойдет при высоких рабочих нагрузках, таких как ESD).

В зависимости от технологии и эксплуатации для этого доказательства можно использовать множество других вариантов.

Несмотря на то что при проектировании системы следует учитывать скачки давления ниже 4 · МДРД, любое событие, превышающее 4 · МДРД, должно приводить к немедленной замене шланга:

- событие < 2 · МДРД — дополнительной оценки целостности шланга не требуется;
- 2 · МДРД < событие < 4 · МДРД — необходимо провести дальнейшее исследование для оценки способности поддерживать шланг в рабочем состоянии;
- событие > 4 ·МДРД — срочная замена шланга.

Приложение Е
(справочное)

Перечень возможных дефектов в процессе эксплуатации шлангов СПГ

Е.1 В процессе эксплуатации шлангов СПГ могут возникнуть дефекты, при наличии которых необходимо прекратить эксплуатацию шланга и провести обследование шланга. По результатам обследования шланга необходимо принять решение о возможности ремонта и дальнейшей эксплуатации или замены шланга.

Е.2 Примерный перечень дефектов:

а) полная потеря вакуума в изоляционной полости или разрушение теплоизоляции;

б) на внешней поверхности шланга:

- трещины, надрезы, вздутия,
- изгибы, переломы, разрывы,
- местные изменения цвета, пятна, плесень,
- нарушения или потертость наружной защитной оболочки (изоляции),
- передавливание оплетки, разрушение целостности оплетки, разрыв проволоки оплетки, разрушение заделки оплетки в фитинге,
- разрушение наружной спиральной проволоки;

в) дефекты сварных швов, обнаруженные при визуально-измерительном контроле;

г) износ внутреннего гофрированного рукава;

д) разрушение разрывной мембраны;

е) удлинение или скручивание шланга больше допустимого;

ж) на уплотнительных поверхностях присоединительных фланцев не допускаются заметные невооруженным глазом трещины, забоины, сколы, раковины, следы коррозии, пористость и дробление, а также царапины, не исчезающие при изменении угла зрения;

и) неисправность системы обнаружения утечек;

к) нарушение электросопротивления шланга;

л) нарушение герметичности шланга;

м) скачок давления в шланге выше 4 · МДРД.

Библиография

[1] Международный кодекс строительства и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом (Кодекс IGC и поправки), 1993

[2] ИСО 16904:2016 Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и испытания перегрузочных рукавов СПГ для обычных наземных терминалов

[3] ИСО 10806:2003 Трубопроводы. Фитинги для гофрированных металлических шлангов

[4] Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

[5] ИСО 21028-1:2016 Сосуды криогенные. Требования к ударной вязкости материалов при криогенной температуре. Часть 1. Температуры ниже –80 °С

УДК 621.643.3-034:006.354

ОКС 23.040.70
83.140.40

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность, шланги гибкие, сжиженный природный газ, охлажденный газ, перекачивание, технические требования

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 10.01.2025. Подписано в печать 30.01.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,85.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru