ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71145— 2023

СОСУДЫ КРИОГЕННЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ

Общие технические условия

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом криогенного машиностроения (АО «Криогенмаш») и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 114 «Кислородное и криогенное оборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 декабря 2023 г. № 1543-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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 Основные технические требования к конструкции и проектированию 5
4.1 Общие требования 5
4.2 Механические нагрузки 8
4.3 Химические воздействия 9
4.4 Температурные режимы 9
4.5 Материалы 9
4.6 Проектный расчет 9
4.7 Изготовление, испытания и контроль 10
4.8 Предохранительные устройства от повышения давления 11
4.9 Деформационное упрочнение металла сосудов 12
4.10 Маркировка 12
4.11 Требования к консервации, окраске, упаковке, транспортированию и хранению 13
4.12 Гарантии изготовителя (поставщика) 13
5 Эксплуатационные требования 13
5.1 Подготовка персонала 13
5.2 Общие требования техники безопасности 14
5.3 Установка сосудов 15
5.4 Инспекционный контроль 17
5.5 Ввод в эксплуатацию 19
5.6 Заправка 19
5.7 Вывод из эксплуатации 20
5.8 Техническое обслуживание и ремонт 20
5.9 Дополнительные требования для пожароопасных газов 21
5.10 Оборудование/процедуры для чрезвычайных ситуаций 23
Библиография 24

Введение

Настоящий стандарт разработан в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации в сфере технического регулирования, области обеспечения промышленной безопасности, охраны труда, пожарной безопасности и других нормативных документов рабочей группой специалистов Акционерного общества криогенного машиностроения (АО «Криогенмаш») под общим руководством Главного конструктора АО «Криогенмаш» Д.Н. Шипова.

Настоящий стандарт состоит из двух основных разделов «Основные технические требования к конструкции и проектированию» и «Эксплуатационные требования», объединенных общим названием «Криогенные сосуды стационарные. Общие технические условия».

Необходимость разработки настоящего стандарта вызвана отсутствием современных стандартов на проектирование, изготовление и эксплуатацию криогенных сосудов, стационарно установленных и закрепленных на фундаменте, служащих для накопления, длительного хранения и выдачи потребителям жидких криогенных продуктов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СОСУДЫ КРИОГЕННЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ

Общие технические условия

Cryogenic static vessels. General specifications

Дата введения — 2024—02—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к конструкции, проектированию, изготовлению и эксплуатации:

- резервуаров металлических сварных объемом от 0,5 до 1400 м^3 с расчетным давлением, превышающим 0,05 МПа и изоляцией на основе вакуума, используемых для накопления, хранения и выдачи потребителю жидких криогенных продуктов разделения воздуха (азота, аргона, кислорода), жидких гелия, водорода, криптона, ксенона, неона, сжиженного природного газа (СПГ), используемых для нужд потребителей в различных отраслях промышленности и других отраслях деятельности человека и эксплуатируемых в климатических районах, указанных в 4.5.2.

Примечание — Здесь и далее указаны избыточные давления;

- резервуаров для хранения и выдачи потребителю сжиженного этилена, который с температурой хранимой при атмосферном давлении жидкости, равной T = 170 К, условно отнесен к криогенным жидкостям (см. 4.1.4);
- стационарных резервуаров с изоляцией на основе вакуума, спроектированных для расчетного давления, не превышающего 0,05 МПа.

1.2 Настоящий стандарт не распространяется на резервуары, предназначенные для хранения токсичных сжиженных газов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие документы:

ГОСТ 12.2.052 Система стандартов безопасности труда. Оборудование, работающее с газообразным кислородом. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.085 Арматура трубопроводная. Клапаны предохранительные. Выбор и расчет пропускной способности

ГОСТ 12.4.124 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования

ГОСТ 26.008 Шрифты для надписей, наносимых методом гравирования. Исполнительные размеры

ГОСТ 26.020 Шрифты для средств измерений и автоматизации. Начертания и основные размеры

ГОСТ 6996 Сварные соединения. Методы определения механических свойств;

ГОСТ 12971 Таблички прямоугольные для машин и приборов. Размеры

ГОСТ 15150 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

Издание официальное

ГОСТ 15151 Машины, приборы и другие технические изделия для районов с тропическим климатом. Общие технические условия

ГОСТ 21957 Техника криогенная. Термины и определения

ГОСТ 26828 Изделия машиностроения и приборостроения. Маркировка

ГОСТ 31294 Клапаны предохранительные прямого действия. Общие технические условия

ГОСТ 34233.1 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования

ГОСТ 34233.2 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек

ГОСТ 34233.3 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер

ГОСТ 34233.4 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений

ГОСТ 34233.5 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок

ГОСТ 34233.6 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках

ГОСТ 34233.11 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Метод расчета на прочность обечаек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек

ГОСТ 34233.12 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Требования к форме представления расчетов на прочность, выполняемых на ЭВМ

ГОСТ 34283 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность при ветровых, сейсмических и других внешних нагрузках

ГОСТ 34347—2017 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия

ГОСТ Р 54892 Монтаж установок разделения воздуха и другого криогенного оборудования. Общие положения

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

ГОСТ Р 58984 Оценка соответствия. Порядок проведения инспекционного контроля в процедурах сертификации

СП 162.1330610.2014 Требования безопасности при производстве, хранении, транспортировании и использовании жидкого водорода

СП 326.1311500.2017 Объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа. 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 стандарта 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.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **криогенный стационарный сосуд:** Двустенный резервуар, состоящий из внутреннего сосуда и кожуха с ТИП между ними, предназначенный для накопления, хранения под избыточным или атмосферным давлением и выдачи потребителю с требуемыми параметрами жидких криогенных продуктов, стационарно установленный на площадке хранилища криогенных продуктов с закреплением его на фундаменте.

3.1.2 **элемент оборудования:** Сборочная единица оборудования, предназначенная для выполнения одной из его основных функций.

3.1.3 **внутренний сосуд:** Сосуд, изготавливаемый из нержавеющей стали аустенитного класса или алюминиевых сплавов, в котором непосредственно накапливается и хранится криогенная жидкость и который является составной частью криогенного резервуара.

3.1.4 **кожух криогенного резервуара:** Составной элемент изоляционной системы криогенного резервуара, обеспечивающий удержание вакуума в теплоизоляционной полости, изготавливаемый из низколегированной или аустенитной стали, а также других материалов, не противоречащих требованиям безопасной эксплуатации.

3.1.5 **теплоизоляционная полость криогенного стационарного резервуара:** Пространство между внутренним сосудом и кожухом резервуара.

3.1.6 **изоляция криогенного резервуара:** Изоляционные материалы, обеспечивающие минимальные теплопритоки к внутреннему сосуду резервуара, заполненного криогенной жидкостью.

Примечание — Изоляция может быть нанесена следующими способами:

- нанесением многослойной теплоизоляции на основе экранирующего (отражающего теплопритоки) материала из алюминиевой фольги или металлизированной полимерной пленки, разделенных прокладочным материалом из стеклянных или базальтовых волокон, с закреплением ее на наружной поверхности внутреннего сосуда;
- заполнением порошковой изоляцией, состоящей из перлита, аэрогеля или их смеси, включая легирующие добавки, теплоизоляционной полости резервуара;
- заполнением теплоизоляционной полости резервуара волокнистой изоляцией, состоящей из волокнистого изоляционного материала;
- при выполнении изоляции любым из вышеуказанных способов, для существенного улучшения свойств нанесенной изоляции и уменьшения теплопритоков из окружающей среды, ТИП резервуара дополнительно откачивается вакуумным насосом до определенного остаточного давления, уровень которого определяется способом нанесения изоляции.

3.1.7 **изоляционная система криогенного стационарного резервуара:** Система создания и поддержания условий для обеспечения длительного хранения криогенной жидкости в резервуаре.

Примечание — В состав системы входят:

- кожух криогенного резервуара;
- теплоизоляционная полость резервуара, ограниченная пространством между наружной поверхностью внутреннего сосуда и внутренней поверхностью кожуха;
- изоляция криогенного резервуара;
- дополнительно азотная ванна и охлаждаемый экран для гелиевых резервуаров в ТИП;
- вакуумный клапан для подключения внешнего вакуумного оборудования с целью создания необходимого остаточного давления в ТИП резервуара. После создания необходимого остаточного давления вакуумный клапан перекрывается и обеспечивает длительное удержание вакуума в ТИП резервуара;
- вакуумный клапан для обеспечения подключения измерительных приборов для определения остаточного давления в ТИП резервуара;
- предохранительное вакуумное устройство для обеспечения защиты ТИП резервуара от избыточного давления в случае аварийной разгерметизации внутреннего сосуда.

3.1.8 **деформационное упрочнение металла сосуда:** Технология изготовления внутреннего сосуда из нержавеющей стали аустенитного класса на основе относительной пластической деформации материала сосуда на величину от 10 до 15 % с существенным повышением при этом предела текучести металла, но без значительного изменения его пластичности.

Примечание — Упрочнение сосуда реализуется наполнением его водой и постепенным увеличением давления во внутренней полости до значений, соответствующих заданной пластической деформации.

3.1.9 **предохранительное устройство от повышения давления:** Предохранительные устройства всех типов (клапаны, мембраны или их сочетание), предназначенные для защиты оборудования и трубопроводов от превышения давления путем сброса избытка рабочей среды.

3.1.10 **предохранительное вакуумное устройство:** Устройство, защищающее от потери вакуума и последующего повышения давления в теплоизоляционной полости при аварийной разгерметизации внутреннего сосуда.

3.1.11 **захолаживание криогенного резервуара:** Процесс первичного заполнения теплого резервуара криогенной жидкостью после его монтажа с обвязкой трубопроводами, арматурой и приборами контроля давления и уровня заполняемой жидкости, либо заполнение эксплуатируемого резервуара после его отогрева при периодическом техническом обслуживании.

Примечание — Теплый криогенный резервуар заполняется по определенной технологии, изложенной в руководстве по эксплуатации резервуара. Недопустимо заполнять теплые резервуары криогенной жидкостью так же, как обычными жидкостями, критическая температура которых выше температуры окружающей среды. При контакте криогенной жидкости с теплыми стенками внутреннего сосуда криогенного резервуара в начальный период заполнения резервуара, в зависимости от используемого продукта, каждый 1 $м^3$ криогенной жидкости при испарении образует 600—800 $м^3$ газа, тем самым резко увеличивая давление во внутреннем сосуде. Поэтому в этот период заполнение резервуара производится с открытым клапаном газосброса, во избежание создания аварийной ситуации.

3.1.12 **эксплуатация оборудования:** Стадия жизненного цикла оборудования с момента ввода его в эксплуатацию до утилизации.

3.1.13 **ввод в эксплуатацию криогенного резервуара:** Документально оформленное событие, фиксирующее готовность оборудования к применению, (использованию) по назначению.

3.1.14 **заправка [заполнение] резервуара жидким криогенным продуктом:** Операция, включающая проверку криогенного резервуара перед заправкой, его заправку жидким криогенным продуктом, а также проверку после проведения заправки.

3.1.15 **слив жидкого криогенного продукта из резервуара:** Операция опорожнения криогенного резервуара вследствие выдачи жидкого криогенного продукта потребителю на технологические нужды или перед периодическим техническим обслуживанием резервуара, или вследствие аварийной ситуации из-за неисправности резервуара, нарушения герметичности соединений или неправильных действий обслуживающего персонала.

3.1.16 **время бездренажного хранения:** Время технологической операции, проводимой с криогенной средой, в течение которого ее параметры не превосходят рабочие и не производится сброс газа в атмосферу.

3.1.17 **критическая температура:** Температура, при которой исчезают различия в физических свойствах жидкости и пара, находящихся в равновесии, плотность и давление насыщенного пара при этом максимальны, а плотность жидкости минимальна.

3.1.18 **доизготовление:** Окончательная сборка оборудования с использованием неразъемных и/или разъемных соединений, осуществляемая на месте его монтажа и эксплуатации.

3.1.19 **применение по назначению:** Использование оборудования в соответствии с его назначением и техническими характеристиками, указанными в эксплуатационной документации оборудования.

3.1.20 **давление избыточное:** Давление, превышающее атмосферное и создаваемое искусственно внутри сосудов, аппаратов, трубопроводов для проведения технологических операций.

3.1.21 **давление пробное:** Избыточное давление, при котором проводят испытание оборудования на прочность.

3.1.22 **давление расчетное:** Давление, на которое проводят расчет на прочность оборудования.

3.1.23 **давление рабочее:** Максимальное избыточное давление, возникающее при нормальном протекании рабочего процесса.

3.1.24 **инспекционный контроль:** Систематическая оценка соответствия, осуществляемая органом по сертификации в целях установления соответствия сертифицированной продукции требованиям, подтвержденным при сертификации этой продукции.

Примечание — В документах, составляющих право Евразийского экономического союза, эквивалентно термину «инспекционный контроль» применяют термин «периодическая оценка сертифицированной продукции».

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ЕСКД — Единая система конструкторской документации;

ЗИП — запасные части и принадлежности;

ЭВТИ — экранно-вакуумная теплоизоляция;

ПВТИ — порошково-вакуумная теплоизоляция;

ВВТИ — волокнисто-вакуумная теплоизоляция;

РЖД — Российские железные дороги;

СПГ — сжиженный природный газ;

ТИП — теплоизоляционная полость.

4 Основные технические требования к конструкции и проектированию

4.1 Общие требования

4.1.1 Основные технические требования к конструкции, материалам, изготовлению (доизготовлению), методам контроля и испытаний, приемке и поставке, реконструкции, ремонту, монтажу, комплектности документации, маркировке, консервации, упаковке, транспортированию и хранению, а также гарантии изготовителя криогенных стационарных резервуаров с внутренним сосудом объемом от 0,5 до 1400 м^3 под избыточным давлением более 0,05 МПа, служащих для накопления, хранения и выдачи потребителям жидких криогенных продуктов, должны соответствовать требованиям [1] и [2], требованиям ГОСТ 34347, [3]; см. также [4], [5]. Отдельные уточняющие и специфические требования конкретно к криогенным стационарным резервуарам с вакуумной изоляцией указаны далее.

4.1.2 При изготовлении резервуаров для СПГ, сжиженного этилена и жидкого водорода необходимо дополнительно руководствоваться требованиями ГОСТ Р 55892, а также СП 326.1311500 и СП 162.1330610.

4.1.3 Конструктивно резервуары могут быть изготовлены цилиндрическими как в вертикальном, так и в горизонтальном исполнении, объемом от 0,5 до 300 м^3, либо сферическими объемом до 1400 м^3. Сферические резервуары большого объема, до 1400 м^3, допускается частично собирать на месте монтажа и эксплуатации.

4.1.4 Жидкие криогенные продукты — это сжиженные при определенных параметрах газы, в нормальных условиях находящиеся в окружающей среде в газообразном состоянии. Диапазон криогенных температур — согласно ГОСТ 21957 — от 0 до 120 К. Газы, находящиеся в жидком состоянии в указанном диапазоне температур, являются криогенными газами. У каждого газа своя граница перехода в жидкое состояние.

4.1.5 Из указанных в разделе 1 продуктов в соответствии с [2] кислород, водород, СПГ и этилен относятся к группе 1 рабочих сред, остальные — к группе 2.

4.1.6 Длительное хранение жидких криогенных продуктов требует использования специализированного емкостного оборудования, способного выдерживать возникающие механические и тепловые нагрузки от внутреннего давления и температурных деформаций при перепадах температур от уровня температуры окружающей среды до криогенных температур.

4.1.7 При хранении жидких криогенных продуктов в сосудах основной задачей является сведение к минимуму потерь длительно хранящейся жидкости от теплопритоков из окружающей среды.

4.1.8 Конструктивно криогенный стационарный сосуд (далее — резервуар) представляет собой двустенный резервуар, состоящий из внутреннего сосуда, кожуха и теплоизоляции в межстенном пространстве.

Внутренний сосуд представляет собой сосуд, работающий под избыточным давлением, в котором непосредственно хранится жидкий криогенный продукт, с которым проводят необходимые технологические операции.

Кожух является герметичной внешней оболочкой, служащей для обеспечения длительного удержания вакуума в межстенном пространстве. Кожух криогенного резервуара — это элемент изоляционной системы резервуара и в соответствии с [2] и [6] не является сосудом, работающим под давлением.

Теплоизоляция может быть выполнена в одном из следующих вариантов:

- нанесением на наружную поверхность внутреннего сосуда и закреплением на ней многослойной изоляции на основе экранирующего (отражающего теплопритоки из окружающей среды) материала из фольги или металлизированной полимерной пленки, разделенных прокладочным материалом из стеклянных или базальтовых волокон;
- засыпкой межстенного пространства порошковой изоляцией;
- укладкой в межстенном пространстве волокнистой изоляции.

Во всех трех случаях, для улучшения качества используемой теплоизоляции и, соответственно, уменьшения потерь продукта при хранении, межстенное пространство дополнительно вакуумируется до необходимого уровня остаточного давления, обеспечивающего минимальные теплопритоки к внутреннему сосуду от воздействия окружающей среды. В первом случае изоляция называется ЭВТИ, во втором случае — ПВТИ, в третьем случае — ВВТИ.

В резервуарах с ЭВТИ количество слоев изоляции определяют расчетным путем в зависимости от хранимого продукта и требуемых параметров испаряемости жидкого криогенного продукта.

В резервуарах с ПВТИ порошковой изоляцией из перлита, аэрогеля или их смеси, включая легирующие добавки, полностью заполняется ТИП между внутренним сосудом и кожухом.

В резервуарах с ВВТИ, так же как и в предыдущем варианте с ПВТИ, волокнистым изоляционным материалом полностью заполняется ТИП между внутренним сосудом и кожухом.

4.1.9 Одна из важных характеристик качества нанесенной изоляции — это время бездренажного хранения криогенной жидкости в резервуаре. Эту характеристику при проектировании определяют расчетным путем с определением испаряемости криогенного продукта и последующим подтверждением этого показателя опытным путем при проведении приемочных испытаний криогенного резервуара. В дальнейшем этот показатель периодически подтверждают опытным путем при проведении периодических испытаний криогенного резервуара.

Эксплуатирующая организация в течение всего срока службы криогенного резервуара время бездренажного хранения криогенной жидкости может определять визуально по показаниям датчиков давления и скорости повышения давления. Такое определение качества изоляции является наиболее наглядным, простым и не требующим значительных затрат для проведения испытаний по ориентировочному (оценочному) определению испаряемости жидкости в резервуаре без применения специального оборудования.

4.1.10 Для поддержания остаточного давления в ТИП на необходимом уровне в течение длительного времени на наружной поверхности внутреннего сосуда устанавливается адсорбционный насос, который начинает работать после заполнения внутреннего сосуда криогенной жидкостью.

Применяемый адсорбент должен быть безопасным при взаимодействии с кислородом.

4.1.11 Также для улучшения вакуума в резервуарах с ЭВТИ, используемых для жидких криогенных продуктов с температурой выше водородного уровня температур, может дополнительно использоваться патрон с химическим поглотителем, который поглощает атомарный водород, выделяемый конструкционными материалами ТИП резервуара, но не поглощаемый адсорбентом адсорбционного насоса.

4.1.12 Резервуары должны выдерживать механические и термические нагрузки, а также химические воздействия во время испытания под давлением и эксплуатации резервуаров в рабочих условиях. Эти требования считаются выполненными, если:

- выполнены положения 4.2—4.4;
- материалы для изготовления резервуаров соответствуют требованиям 4.5;
- расчеты криогенных стационарных резервуаров соответствуют требованиям 4.6;
- сосуд изготавливают и испытывают в соответствии с требованиями 4.7;
- для сосудов, изготавливаемых по технологии упрочнения, требования соответствуют 4.9;
- требования к маркировке соответствуют указаниям 4.10;
- требования к консервации, окраске, упаковке, транспортированию и хранению соответствуют 4.11;
- гарантии изготовителя соответствуют требованиям 4.12;
- требования к эксплуатации соответствуют разделу 5.

4.1.13 Криогенные стационарные резервуары должны быть оснащены запорными, запорно-регулирующими и обратными клапанами, устройствами защиты от внезапного повышения давления, испарителями подъема давления, приборами контроля давления и уровня и так далее, размещенными и смонтированными таким образом, чтобы сосуд можно было безопасно эксплуатировать. Поставлять на место монтажа и эксплуатации резервуары можно как с обвязкой, закрепленной на заводе-изготовителе к кожуху резервуара, так и без обвязки, с заглушенными патрубками, выходящими из кожуха резервуара. В последнем случае обвязку выполняют на месте монтажа, в составе системы хранения и выдачи криогенных продуктов. Количество входящих и выходящих отверстий во внутреннем сосуде для данного оборудования должно быть сведено к необходимому минимуму. Любой участок трубопровода обвязки между двумя запорными клапанами, содержащий криогенный сжиженный газ и который может быть изолирован, должен быть защищен с помощью клапана для ручного сброса давления и предохранительного клапана для автоматического сброса давления.

4.1.14 При проектировании должны быть предусматрены меры, гарантирующие, что сосуд не будет заполняться более установленного для данного резервуара и продукта максимально допустимого уровня, в том числе при длительном бездренажном хранении. Необходимые меры для всех криогенных продуктов, в том числе и для пожаровзрывоопасных, в основном должны быть обеспечены эксплуатационной документацией с указанием в ней правильной и безопасной технологии заправки резервуара в составе системы хранения и использованием приборов измерения уровня достаточной точности. При этом эксплуатировать криогенные резервуары должны подготовленные и квалифицированные специ-

алисты, изучившие сопроводительную эксплуатационную документацию и сдавшие экзамены на право эксплуатации указанного оборудования.

Как дополнительную меру безопасности в резервуарах, устанавливаемых на открытых площадках, для криогенных продуктов, кроме пожаровзрывоопасных, в конструкции резервуара допускается установка трубопровода перелива, позволяющего визуально контролировать максимально допустимый для каждого конкретного продукта уровень заполнения с установкой на выходе отсечной арматуры, которую вручную можно открывать при приближении к максимально допустимому уровню, указанному в руководстве по эксплуатации резервуара, и закрывать по достижении его, после закрытия отсечного клапана на подаче продукта.

4.1.15 Все металлические компоненты криогенных стационарных резервуаров должны обеспечивать неразрывность электрической цепи. Вся установка в целом, вместе с внешней обвязкой, выполненной на заводе-изготовителе или на месте монтажа, должна заземляться от накопления статического электричества посредством устройств заземления таким образом, чтобы сопротивление на землю было не более 100 Ом. Требования к заземлению должны соответствовать ГОСТ 12.4.124.

4.1.16 Резервуары, предназначенные для хранения криогенных жидкостей, допускается изготавливать без люков и лючков, независимо от диаметра резервуара, из-за невозможности использования их в конструкции криогенных двустенных резервуаров с вакуумной изоляцией из-за повышенных требований герметичности полостей, а также по причинам, указанным в 4.3.1.

4.1.17 Криогенный стационарный резервуар должен быть очищенным для использования под соответствующий криогенный продукт.

4.1.18 Настоящий стандарт устанавливает минимальные требования к чистоте всех поверхностей криогенных сосудов и связанных с ними принадлежностей, которые находятся в контакте с криогенной жидкостью при любых ожидаемых условиях эксплуатации. Также он определяет допустимый уровень загрязнения поверхностей сосуда, кожуха и всех элементов теплоизоляционной полости, чтобы свести к минимуму риск неисправности оборудования и обеспечить исключение воспламенения при контакте с кислородом, являющимся окисляющей жидкостью.

4.1.19 Для кислорода как окислителя загрязнение углеводородами, краской, клеями, герметиками и защитными покрытиями поверхностей, контактирующих с ним, не должно быть обнаружено при визуальном осмотре при дневном освещении или аналогичном искусственном, если только они не совместимы с кислородом. Посторонние вещества, такие как стружка, оксидная окалина и брызги сварного шва, недопустимы. Частицы, видимые без увеличения при дневном или аналогичном искусственном освещении, неприемлемы.

4.1.20 Содержание жировых загрязнений на поверхностях оборудования, контактирующих с жидким и газообразным кислородом, не должно превышать значений, указанных в ГОСТ 12.2.052 и таблице 1.

Таблица 1 — Содержание жировых загрязнений

Среда	Температура стенки оборудования, К	Содержание жировых загрязнений, мг/м^2 не более, при давлении, МПа				
		до 0,6 включ.	св. 0,6 до 1,6 включ.	св. 1,6 до 4,0 включ.	св. 4,0 до 6,4 включ.	св. 6,4
Газообразный кислород	до 333	500	200	100		50
	св. 333	250	100	50		25
Жидкий кислород и его пары	90	500		200	100	50

4.1.21 Содержание жировых загрязнений на поверхностях оборудования, работающего с воздухом, азотом, аргоном, водородом и гелием, а также на поверхностях криогенного оборудования и трубопроводов, обращенных в вакуумную полость, не должно превышать 500 мг/м^2, если нет других указаний в конструкторской документации.

4.1.22 Для определения содержания минеральных масел на поверхностях, контактирующих с жидкими и газообразными криогенными продуктами, и поверхностях теплоизоляционной полости криогенных стационарных резервуаров используется люминесцентный (флуоресцентный) метод в соответствии с ГОСТ 12.2.052.

4.1.23 Может быть использована любая процедура очистки при условии соблюдения требований 4.1.17, если это применимо. Если используются растворители или чистящие средства, они должны быть совместимы со всеми очищаемыми материалами, в частности с пластмассами.

Требования к обезжириванию должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 54892.

Особое внимание должно быть уделено удалению любых веществ, не совместимых с кислородом (см. ГОСТ 12.2.052), с оборудования, очищаемого для работы с кислородом.

4.1.24 Изготовитель должен хранить всю сопроводительную документацию в течение всего срока службы поставляемых изделий. Комплектность документации определяют требованиями норм [2] и ЕСКД.

4.2 Механические нагрузки

4.2.1 Общие положения

Криогенный стационарный резервуар должен выдерживать механические нагрузки, указанные в 4.2, без таких деформаций, которые могут сказаться на безопасности сосуда, работающего под давлением, и привести к утечкам. При этом необходимо рассматривать следующие механические нагрузки:

- нагрузки, возникающие в ходе испытания под давлением, указанные в 4.2.2;
- нагрузки, возникающие во время установки и демонтажа сосуда;
- динамические нагрузки во время транспортирования сосуда.

Там, где это уместно, необходимо рассматривать совместное действие следующих нагрузок:

- давления, равного расчетному давлению во внутреннем сосуде и трубопроводной системе резервуара, размещенной в ТИП;
- давления, оказываемого жидкостью наполненного сосуда, т. е. гидростатического давления;
- нагрузок, вызываемых термическими деформациями внутреннего сосуда, кожуха и трубопроводов, расположенных в ТИП, причем на всех этапах монтажа и эксплуатации: от теплого состояния резервуара после его монтажа на фундаменте до его захолаживания при заполнении криогенным продуктом, длительного его хранения и последующей выдачи продукта потребителю;
- вакуума внутри кожуха;
- давления в кожухе, равного давлению срабатывания в устройстве защиты от избыточного давления;

внешних нагрузок, определяемых условиями в месте установки (ветровых, сейсмических, тепловых воздействий).

4.2.2 Нагрузка при испытании под давлением

4.2.2.1 Каждый внутренний сосуд криогенного резервуара должен быть подвергнут испытанию под давлением с тем, чтобы удостовериться в его прочности и герметичности.

4.2.2.2 Нагрузка при испытании под давлением, используемая для расчета, должна соответствовать требованиям пункта 7.11 ГОСТ 34347—2017.

4.2.2.3 Внутренний сосуд криогенного резервуара, до нанесения изоляции и до сборки его с кожухом, должен быть испытан пневматически воздухом на прочность и плотность.

Испытания на прочность пробным давлением допускается проводить гидравлически при условии обеспечения в конструкции сосуда отсутствия не сливаемых объемов жидкости. Вода, используемая для испытаний, должна обеспечивать требуемую чистоту внутренней поверхности сосуда.

4.2.2.4 Длительность испытаний сосуда на прочность пробным давлением должна соответствовать требованиям ГОСТ 34347. При испытаниях сосуда на прочность пробным давлением пневматически должен быть обеспечен контроль испытаний методом акустической эмиссии.

4.2.2.5 После положительных результатов испытаний на прочность давление понижают до расчетного и при нем проводят согласно требованиям ГОСТ 34347 визуальный контроль наружной поверхности и испытание сосуда на вакуумную герметичность гелиево-воздушной смесью с использованием гелиевого течеискателя манометрическим и масс-спектрометрическим методами.

4.2.2.6 После изолирования внутреннего сосуда и сборки его с кожухом проводят испытания резервуара в сборе на вакуумную герметичность при рабочем давлении гелиево-воздушной смеси во внутреннем сосуде и вакууме в ТИП манометрическим и масс-спектрометрическим методами.

4.2.2.7 Внутренние сосуды криогенных резервуаров, изготавливаемые с применением технологии упрочнения, испытывают гидравлически согласно требованиям 4.9.

4.3 Химические воздействия

4.3.1 Возможность химической реакции на внутренних поверхностях, контактирующих с жидкими криогенными продуктами, из-за температур при эксплуатации и материалов конструкции, может не приниматься во внимание. Из-за того, что внутренний сосуд расположен внутри кожуха с вакуумной изоляцией, невозможна коррозия как снаружи внутреннего сосуда, так и на внутренних поверхностях кожуха. Поэтому в криогенных резервуарах нет необходимости в смотровых люках и лючках во внутреннем сосуде или кожухе.

4.3.2 Увеличение расчетной толщины металла поверхностей, контактирующих с рабочим жидким криогенным продуктом или подвергаемых воздействию вакуума в пространстве между внутренним сосудом и кожухом, для компенсации коррозии не требуется.

4.3.3 Материал и защита поверхностей, подвергающихся воздействию окружающей среды, должны быть соответствующими предусмотренному использованию (например, стойкими к вредному воздействию со стороны производственной или морской среды).

4.4 Температурные режимы

Необходимо принимать в расчет следующие температурные режимы:

а) для внутреннего сосуда и связанных с ним устройств — весь диапазон ожидаемых температур;

б) для кожуха и связанных с ним устройств, отличных от устройств, указанных в а), — температура, соответствующая температуре окружающей среды для умеренного (У), умеренно-холодного (УХЛ) или тропического (Т) климата с категорией размещения 1 или 2 согласно ГОСТ 15150.

4.5 Материалы

4.5.1 Внутренний сосуд криогенного стационарного резервуара должен быть изготовлен из нержавеющей стали аустенитного класса либо из алюминиевых сплавов.

4.5.2 Кожух резервуара должен быть изготовлен из низколегированной или аустенитной стали, позволяющей эксплуатировать резервуары при температуре окружающей среды, соответствующей умеренному (У), умеренно-холодному (УХЛ) или тропическому (Т) климату с категорией размещения 1 или 2 согласно ГОСТ 15150. Для тропического климата дополнительно необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ 15151. Аустенитную сталь используют для изготовления кожуха при наличии дополнительных требований удержания криогенной жидкости в пределах кожуха при аварийной разгерметизации внутреннего сосуда с последующим организованным безопасным сбросом парожидкостной смеси, образующейся от теплопритоков из окружающей среды, в дренажную систему.

4.5.3 Допускается изготовление сосудов и кожухов криогенных резервуаров из других материалов, не противоречащих безопасной их эксплуатации.

4.5.4 Перечень материалов, допустимых для изготовления резервуаров, согласованный Ростехнадзором России, приведен в ГОСТ 34347.

4.5.5 Требования к материалам сосудов, изготавливаемых из алюминиевых сплавов, должны быть указаны в технических условиях, выпускаемых разработчиком (изготовителем) резервуаров.

4.6 Проектный расчет

4.6.1 Стационарный криогенный резервуар должен быть способен безопасным образом выдерживать механические и термические нагрузки, возникающие при эксплуатации резервуара в нормальных условиях, при его транспортировании и испытаниях под давлением, указанных в 4.2 — 4.4.

4.6.2 Должны быть рассчитаны все элементы, работающие под давлением. Расчеты на прочность должны быть выполнены по ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.6, ГОСТ 34233.11, ГОСТ 34233.12, ГОСТ 34283 и соответствовать требованиям [2].

4.6.3 При проектировании криогенного резервуара, кроме расчетов на прочность сосуда, работающего под давлением, для подтверждения заданных в контракте (договоре на поставку) параметров должны быть выполнены гидравлический (для подтверждения расходных характеристик) и тепловой (для подтверждения заданной испаряемости жидкого криогенного продукта от теплопритоков из окружающей среды) расчеты резервуара в сборе, совместно с кожухом.

4.7 Изготовление, испытания и контроль

4.7.1 Требования к изготовлению криогенных стационарных резервуаров и их элементов, методам испытаний и контроля должны соответствовать ГОСТ 34347.

4.7.2 В дополнение к испытаниям согласно таблице 17 ГОСТ 34347—2017, должны быть проведены испытания механических свойств сварных соединений.

Из каждой контрольной пластины должны быть изготовлены образцы для испытания механических свойств сварного соединения изделия:

- два образца для испытания на растяжение по ГОСТ 6996;
- два образца для испытания на статический изгиб по ГОСТ 6996;
- три образца для испытания на ударный изгиб с расположением U-образного надреза по оси сварного шва.

4.7.3 Испытания образцов на ударный изгиб: для стали 09Г2С при температуре 223 К; для стали 12Х18Н10Т, а также из сталей 321 и 304 — при температуре 77 К см. стандарты ASME, ASTM.

При изготовлении образцов требования к форме, размерам и качеству поверхности должны соответствовать типу VI, VII по ГОСТ 6996.

Методика проведения, требования к образцам-свидетелям при испытаниях на статическое растяжение и статический изгиб необходимо должны соответствовать требованиям ГОСТ 6996.

Оценку качества сварных соединений по результатам испытаний на статическое растяжение и статический изгиб необходимо проводить по требованиям ГОСТ 34347.

Методика проведения испытаний на ударный изгиб, оценка результатов испытаний — в соответствии с ГОСТ 34347 и ГОСТ 6996.

4.7.4 Показатели механических свойств сварных соединений следует определять как среднее арифметическое значение результатов испытания отдельных образцов.

4.7.4.1 Нормируемые показатели испытания образцов, изготовленных по 4.7.2, и оценка результатов испытаний:

- испытания на растяжение считаются удовлетворительными, если предел прочности сварного соединения при растяжении не менее минимально допустимого значения предела прочности основного металла;
- испытания на статический изгиб считаются удовлетворительными, если после изгиба на угол 80° для стали 09Г2С и 100° — для стали 12Х18Н10Т, а также из сталей 321 и 304 (см. стандарты ASME, ASTM) на оправке диаметром, равным трем толщинам основного металла, на растягиваемой стороне образца не образовались трещины (образовавшиеся на поверхности трещины длиной менее 3 мм не учитывают).

Средние значения ударной вязкости для сталей указаны в таблице 2.

Таблица 2 — Средние значения ударной вязкости для сталей

Температура испытаний, К	Минимальное значение ударной вязкости сварного шва, Дж/см^2 · (кгс · м/см^2)	
	для кожуха	для сосуда
223	29,4 (3)	
77		39,2 (4)

Общий результат испытаний считается неудовлетворительным, если хотя бы один из образцов при испытании на растяжение или статический изгиб показал результат, отличающийся от установленных норм в сторону снижения более, чем на 10 %.

При испытании на ударный изгиб результаты считаются неудовлетворительными, если хотя бы один образец показал результат, ниже указанного в таблице 2.

При получении неудовлетворительных результатов по одному из видов механических испытаний этот вид испытаний должен быть повторен на удвоенном количестве образцов, вырезаемых из того же контрольного стыка. В случае невозможности вырезки образцов из указанных стыков повторные механические испытания должны быть проведены на выполненных тем же сварщиком производственных стыках, вырезанных из контролируемого изделия.

Если при повторном испытании хотя бы на одном из образцов получены показатели, не удовлетворяющие установленным нормам, сварное соединение считается непригодным.

Испытания на ударный изгиб разрешается не проводить для сварных соединений листов толщиной менее 5 мм.

4.8 Предохранительные устройства от повышения давления

4.8.1 Элемент оборудования, внутренний объем которого ограничен запорной арматурой и давление в котором может повыситься сверх допустимого, оснащают предохранительными устройствами, автоматически предотвращающими повышение давления сверх допустимого путем выпуска рабочей среды в атмосферу (для продуктов разделения воздуха и пожаровзрывоопасных газов с плотностью по отношению к воздуху 0,8 и менее) или в систему организованного сжигания, или в утилизационную систему (для остальных пожаровзрывоопасных продуктов).

4.8.2 В криогенных стационарных резервуарах имеется две полости, в которых давление может повыситься сверх допустимого и которые требуют защиты предохранительными устройствами — это полость внутреннего сосуда и теплоизоляционная полость между внутренним сосудом и кожухом.

4.8.3 Повышение избыточного давления во внутреннем сосуде сверх допустимого возможно вследствие неправильной эксплуатации криогенного резервуара либо при ускоренном повышении остаточного давления в ТИП резервуара вследствие неправильного технического обслуживания резервуара и не выполнения сроков регенерации адсорбента или разгерметизации по каким-либо причинам кожуха резервуара.

4.8.4 Повышение остаточного давления в ТИП резервуара возможно вследствие аварийной разгерметизации по каким-либо причинам внутреннего сосуда резервуара.

4.8.5 Предохранительные устройства должны быть размещены в удобных для обслуживания местах.

4.8.6 Для защиты от аварийного повышения давления во внутреннем сосуде криогенного резервуара используют:

- рычажно-грузовые предохранительные клапаны прямого действия;
- пружинные предохранительные клапаны прямого действия;
- импульсные предохранительные устройства, состоящие из импульсного клапана и главного предохранительного клапана;
- предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (мембранные предохранительные устройства). Подобные устройства должны быть установлены перед предохранительными клапанами на оборудовании для хранения пожаровзрывоопасных продуктов, где требуется гарантия полной герметизации рабочей полости. Полость между мембранным предохранительным устройством и предохранительным клапаном должна быть оснащена датчиком давления для контроля целостности защитной мембраны.

4.8.7 Требования к установке предохранительных клапанов, их количеству, размерам и определению пропускной способности должны соответствовать [2], ГОСТ 31294 и ГОСТ 12.2.085.

4.8.8 Конструкция резервуара и его установка должны обеспечивать исключение возможности накопления пожаровзрывоопасного газа в закрытых помещениях и так далее на линии аварийного газосброса из предохранительных клапанов для взрывопожароопасных жидких криогенных продуктов.

4.8.9 В случае хранения и выдачи жидкого водорода необходимо учитывать возможность присутствия конденсата воздуха на неизолированных охлажденных частях линии аварийного газосброса из предохранительных клапанов.

4.8.10 Для защиты ТИП от избыточного давления следует использовать предохранительные вакуумные устройства с откидной крышкой или на основе разрывных мембран. В обоих случаях устройства должны срабатывать по достижении избыточного давления в теплоизоляционной полости не выше 0,05 МПа в аварийной ситуации при разгерметизации по какой-либо причине внутреннего сосуда.

Предохранительные вакуумные устройства защиты от избыточного давления должны быть способными выдерживать полный вакуум и все нагрузки, связанные с эксплуатацией в нормальном режиме, включая собственное ускорение массы во время транспортирования.

4.8.11 Предохранительные вакуумные устройства с откидной крышкой должны быть спроектированы и установлены таким образом, чтобы во время срабатывания устройства не возникало опасности для персонала.

4.8.12 Предохранительные вакуумные устройства с разрывной мембраной рекомендуется использовать на резервуарах для взрывопожароопасных продуктов. Конструкция узла должна быть спроектирована с обеспечением организованного сброса для возможности подключения к сбросным дренажным стоякам, оснащаемым пламегасителями.

4.8.13 Устройства защиты от избыточного давления должны быть стойкими к коррозии в условиях атмосферы окружающей среды. Материалы конструкции должны быть пригодными для ожидаемого в процессе эксплуатации диапазона температур окружающей среды в течение всего срока службы резервуара.

4.9 Деформационное упрочнение металла сосудов

4.9.1 Помимо традиционной технологии изготовления сосудов, работающих под давлением, с целью снижения металлоемкости сосудов из аустенитных сталей допускается применять технологию упрочнения пластической деформацией.

4.9.2 Характерной особенностью аустенитных сталей является способность к упрочнению в результате пластической деформации. Относительное деформирование металла на величину от 10 до 15 % приводит к существенному повышению предела текучести металла, а пластичность остается на достаточно высоком уровне (относительное удлинение больше 35 %). При этом в расчете сосуда на прочность можно использовать более высокие значения предела текучести, чем предусмотренные нормативной документацией.

4.9.3 Упрочнение, являющееся одним из этапов производства сосуда, выполняют в соответствии с утвержденной изготовителем технологией.

4.9.4 Упрочнение сосуда проводят наполнением его водой и постепенным увеличением давления во внутренней полости до значений, соответствующих заданной пластической деформации. Одновременно эта технологическая операция является испытанием сосуда на прочность.

4.9.5 Все операции по упрочнению сосуда внутренним давлением должны быть зафиксированы в журнале и являться приложением к паспорту сосуда, работающего под давлением.

4.10 Маркировка

4.10.1 Сосуды должны иметь фирменную табличку предприятия-изготовителя изделия, соответствующую требованиям [2], ГОСТ 34347, ГОСТ 12971, ГОСТ 26828, конструкторской документации предприятия-изготовителя изделия.

Фирменную табличку сосудов с вакуумной изоляцией, предназначенных для хранения и выдачи жидких криогенных продуктов, допускается устанавливать на кожухе резервуара.

Фирменную табличку допускается не устанавливать на сосудах наружным диаметром 325 мм и менее. В этом случае необходимые данные наносят на корпус сосуда.

4.10.2 Табличку следует размещать на видном месте, доступном для обзора и прочтения.

Табличку крепят на приварном подкладном листе, приварной скобе, приварных планках или приварном кронштейне.

4.10.3 На табличке должны быть нанесены:

- наименование и/или товарный знак предприятия;
- наименование или обозначение сосуда;
- порядковый номер сосуда по системе нумерации предприятия;
- расчетное или номинальное давление, МПа;
- пробное давление, МПа;
- расчетная температура стенки, °С;
- минимальная допустимая температура стенки под расчетным давлением, °С;
- масса сосуда, кг;
- год и месяц изготовления;
- клеймо технического контроля;
- единый знак обращения продукции — ЕАС (при наличии сертификата).

Для сосудов с самостоятельными полостями, имеющими разные расчетные и пробные давления, температуру стенок, необходимо указывать эти технические данные для каждой полости.

Маркировку на табличку следует наносить в соответствии с требованиями конструкторской документации.

4.10.4 На наружной поверхности стенки внутреннего сосуда должна быть нанесена следующая маркировка:

- наименование и/или товарный знак предприятия;
- порядковый номер по системе нумерации предприятия;
- обозначение изделия по основному конструкторскому документу;
- год и месяц изготовления;
- клеймо технического контроля.

Маркировку сосудов с толщиной стенки корпуса не менее 4 мм для сталей наносят клеймением или гравировкой, а с толщиной стенки менее 4 мм — гравировкой. Глубина маркировки клеймением или гравировкой должна быть не более 0,3 мм.

4.10.5 Шрифт маркировки — по ГОСТ 26.008 для гравирования и ударного способа. Текст должен быть четким, читаемым и обеспечивать эти условия в течение всего срока службы сосуда.

4.10.6 Остальные требования по маркировке должны соответствовать ГОСТ 34347, ГОСТ 26.020.

4.11 Требования к консервации, окраске, упаковке, транспортированию и хранению

4.11.1 Требования к консервации, окраске, упаковке, транспортированию и хранению резервуаров должны соответствовать требованиям, изложенным в ГОСТ 34347.

В криогенных резервуарах окраске подлежит только наружная поверхность кожуха, изготовленного из низколегированных сталей для защиты от коррозии металла из-за воздействия окружающей среды. По истечении гарантийного срока эксплуатирующая организация должна самостоятельно поддерживать качественное состояние поверхностей в течение всего срока эксплуатации.

4.11.2 Внутренние сосуды криогенных резервуаров перед отправкой потребителю должны быть законсервированы азотом или сухим чистым воздухом. При поставке резервуаров без внешней обвязки выходные патрубки должны быть закрыты приварными заглушками. При поставке резервуаров с внешней обвязкой, закрепленной на кожухе резервуара, консервацию проводят вместе с трубопроводами обвязки, и все запорные клапаны после консервации должны быть надежно закрыты.

4.11.3 В связи со значительными габаритами криогенные резервуары отправляют заказчику без упаковки с креплением их на ложементах.

4.11.4 Комплект монтажных частей, ЗИП и документацию отправляют в деревянных ящиках.

4.11.5 На место монтажа и эксплуатации криогенные резервуары отправляют железнодорожным, автомобильным или водным (речным или морским) транспортом.

Чертежи крепления резервуаров на железнодорожных платформах разрабатывает предприятие-изготовитель и, в случае негабаритного груза, их согласовывают со службами РЖД.

При доставке потребителю криогенных резервуаров автомобильным или водным транспортом, крепление резервуаров на транспортных средствах проектирует, согласовывает с компетентными органами и производит транспортная компания.

Перевозку следует проводить с ограничением транспортных перегрузок и скорости в соответствии с законодательными нормами.

4.12 Гарантии изготовителя (поставщика)

Гарантии изготовителя (поставщика) должны соответствовать требованиям ГОСТ 34347.

5 Эксплуатационные требования

5.1 Подготовка персонала

К работам с сосудом, работающим под давлением и связанным с ним оборудованием, которые включают транспортирование, монтаж, ввод в эксплуатацию, заправку, эксплуатацию или техническое обслуживание, следует допускать только тех лиц, которые были специально обучены для выполнения данных операций.

Программа обучения должна включать:

- стандартные процедуры по эксплуатации;
- идентификацию продукта и опасностей;
- рабочие пределы для безопасной эксплуатации;
- порядок действий в аварийной ситуации;

- физические и химические свойства содержащихся в сосуде веществ и их действие на человека;
- средства индивидуальной защиты (например, специальная обувь, защитные очки, перчатки).

Мероприятия по обучению персонала следует повторять с необходимой периодичностью, обеспечивающей поддержание на должном уровне компетентности персонала. Должны вестись записи по обучению персонала, включающие подробности полученной персоналом информации.

5.2 Общие требования техники безопасности

5.2.1 Общие положения

Опознавательные этикетки и заводские таблички должны быть закреплены на оборудовании и легко читаться.

Должны присутствовать необходимые предупредительные знаки, касающиеся продукта и эксплуатационных опасностей, а также требования к средствам индивидуальной защиты.

Части оборудования, находящиеся под давлением, должны отсоединяться только после того, как будет сброшено давление.

Все поверхности, которые могут контактировать с продуктом, не должны быть загрязненными маслом или смазочным материалом. Требования к чистоте поверхностей криогенных резервуаров указаны в 4.1.17—4.1.23.

Перед тем как приступать к устранению утечек в клапанах или разъемных соединениях, необходимо сбросить давление. Ни при каких обстоятельствах нельзя использовать открытое пламя или сильный нагрев для того, чтобы повышать давление или размораживать замороженные компоненты.

Выпускные клапаны должны оставаться сухими и чистыми.

Резервуары и их принадлежности не должны подвергаться модификации без получения соответствующих разрешений контролирующих органов технического надзора и разработчика оборудования.

5.2.2 Вопросы, касающиеся техники безопасности

Для всех операций, а также при обучении, должно уделяться внимание следующим аспектам техники безопасности:

- малые количества жидких криогенных продуктов будут создавать большие объемы испаряемого газа. В зависимости от используемого продукта, каждый литр криогенной жидкости при испарении образует от 0,6 до 0,8 $м^3$ газа;
- испарение жидкого кислорода может приводить к обогащенной кислородом среде. А так как кислород является сильным окислителем, то в его среде резко повышается вероятность возгорания различных окружающих материалов и веществ. Различного рода жиры, масла, органические материалы (бумага, ткани, резина, уголь, эбонит, органическое стекло, текстолит и др.) при соприкосновении с парами кислорода могут воспламениться. Поэтому при обслуживании криогенных резервуаров необходимо соблюдать чистоту, не допуская попадания на них масла, грязи, органических веществ (ацетона, бензина, спирта и других растворителей). Категорически запрещается эксплуатировать криогенные резервуары на площадках с покрытием из асфальта, битума, линолеума, дерева. Рекомендуемые покрытия — сталь, бетон. Пористые органические материалы (мох, торф, уголь, вата, войлок, пакля, ветошь и т. п.), пропитанные жидким кислородом или его парами, образуют взрывчатые вещества — оксиликвиты, которые по чувствительности и мощности превосходят штатные взрывчатые вещества. Категорически запрещается пропитывать пористые материалы жидким кислородом или его парами и подвергать их удару, подходить к ним с сигаретой, переносной лампой, карманным фонарем или любым предметом, который может вызвать искру;
- испарение других криогенных жидкостей могут приводить к обедненной кислородом среде. Обедненная кислородом атмосфера может привести к удушью обслуживающего персонала. Допустимая объемная доля кислорода в воздухе составляет от 19 до 23 %;
- особо опасно испарение криогенных жидкостей в замкнутых помещениях. Чтобы избежать подобных ситуаций, нужно предпринимать необходимые меры, например предусматривать вентиляцию помещений, в которых возможны проливы криогенной жидкости;
- из-за возможности образования повышенной хрупкости в холодной среде криогенные жидкости не должны контактировать с материалами (углеродистыми и легированными сталями или пластмассами), которые непригодны для низких температур;
- из-за чрезмерно низких температур контакт криогенных жидкостей с кожей вызывает обморожение. Обморожения могут также возникать при контактах с неизолированными аппаратами, устройствами и трубопроводами;

- обогащение кислородом вследствие сжижения окружающего воздуха может происходить на холодных поверхностях неизолированного оборудования, содержащего сжиженные газы с точкой кипения ниже, чем у кислорода.

5.3 Установка сосудов

5.3.1 Общие требования

Криогенные резервуары следует устанавливать и эксплуатировать таким образом, чтобы работники или другие лица не подвергались опасности. Следует соблюдать требования безопасности, указанные в [7], [8], СП 162.1330610, СП 326.1311500, ГОСТ Р 55892.

Криогенные резервуары следует устанавливать таким образом, чтобы заводскую табличку можно было легко прочитать.

Необходимо обеспечить, чтобы осмотр оборудования можно было проводить с любой стороны и чтобы все средства управления были способны функционировать безопасным образом.

Криогенные резервуары следует устанавливать таким образом, чтобы их было можно заправлять безопасным и удобным образом.

Криогенные резервуары необходимо монтировать таким образом, чтобы не возникало недопустимого перекоса или наклона из-за:

- имеющегося основания (фундамента);
- массы сосуда, включая его содержимое;
- внешних сил, например сейсмического характера или связанных с порывами ветра.

Газ от устройств защиты от внезапного повышения давления или от патрубков газосброса должен выводиться в безопасное место.

Должны присутствовать предупреждающие знаки об опасностях, связанных с продуктом, например в помещениях, рабочих зонах или на резервуарах. В рабочих инструкциях по эксплуатации должна также сообщаться информация о свойствах используемого газа.

Резервуары следует устанавливать в местах с хорошей вентиляцией воздуха, чтобы не происходило образования взрывоопасных смесей газа с воздухом или атмосферы, обедненной/насыщенной кислородом.

Резервуары следует устанавливать таким образом, чтобы имелось достаточно места для технического обслуживания и уборки, а также для действий в аварийных ситуациях.

Для обслуживания и уборки необходимо обеспечить наличие свободного пространства не менее 0,5 м вокруг обслуживаемого оборудования.

Резервуары не следует устанавливать в коридорах, проездах или на оживленных улицах, общедоступных вестибюлях, лестничных клетках или вблизи ступеней. Резервуары не следует устанавливать в непосредственной близости от вышеупомянутых мест, если подъездные пути, маршруты эвакуации или возможность доступа к этим местам ограничены.

Следует принять меры по ограничению доступа посторонних лиц в места установки резервуаров.

Площадь/основание под сосудами, а также монтируемые внизу соединительные детали и фитинги, контактирующие с жидкой фазой сосуда, используемого для окисляющих газов, должны быть из негорючих материалов и чистыми, без следов масла, смазки и других пожароопасных загрязнителей.

Должны также предусматриваться аналогичные меры предосторожности для установок с жидкими гелием, водородом, неоном, где вокруг неизолированного оборудования может происходить значительное сжижение воздуха.

5.3.2 Установка на открытой территории

Криогенные резервуары в основном следует устанавливать на открытой территории.

В местах установки криогенных резервуаров должен быть обеспечен дренаж таким образом, чтобы не допускалось застаивание воды на поверхности.

В местах, имеющих уклон, может понадобиться возведение конструкции (например, стены), чтобы предотвратить проникновение газа с места установки по нисходящей траектории в расположенные ниже помещения, каналы, вентиляционные стволы шахт или воздухозаборники.

Сосуды и их детали должны быть защищены от механических повреждений, например буферным барьером, оболочками, соблюдением безопасных расстояний. Следует предусматривать защиту опор сосуда от стекающего сжиженного газа. Криогенные резервуары следует устанавливать на фундаментах, уровень опорной поверхности которых должен быть выше уровня площадки, на которой монтируют хранилище жидких криогенных продуктов, не менее чем на 200 мм.

5.3.3 Установка внутри помещений

Если не получается установить сосуд на открытой территории, допускается установка сосуда внутри помещений. Такую установку следует производить с соблюдением нижеуказанных мер безопасности.

При входе в помещения, в которых будут устанавлены сосуды, должны иметься предупреждающие знаки с указанием опасностей, которые представляет используемый газ.

Помещения должны:

- быть оборудованы самозакрывающимися дверями, если данные помещения не имеют прямого выхода на улицу;
- иметь конструкцию из огнестойких или негорючих материалов, за исключением окон и других закрывающих проемы приспособлений во внешних стенах;
- быть изолированы от других помещений и иметь огнестойкость, позволяющую сдерживать огонь в течение 30 мин;
- быть изолированы от помещений, в которых обычно присутствуют люди, с помощью газонепроницаемых материалов и отсутствия открытых проемов;
- иметь хорошую вентиляцию — при оценивании требований к вентиляции следует рассматриваться выпуск газа из трехходового клапана.

Должны быть приняты меры предосторожности/процедуры, направленные на то, чтобы персонал, входящий или находящийся в помещениях, не подвергался воздействию опасных сред.

Помещения с сосудами не должны использоваться любым другим способом, который может представлять опасность для сосудов из-за механических воздействий, огня или взрыва.

Все заправочные штуцеры, отводные шланги, манометры, датчики уровня жидкости и вентиляционные каналы, необходимые для заправки сосудов безопасным способом, должны образовывать трубопровод, выходящий на безопасную открытую территорию. Все устройства защиты от внезапного повышения давления должны образовывать трубопровод, выходящий на безопасную открытую территорию. Все трубы должны быть пригодными для работы с соответствующими жидкими и газообразными средами и не иметь ограничений, влияющих на безопасную эксплуатацию сосуда.

Все устройства защиты от внезапного повышения давления должны быть пригодными для работы внутри помещений.

Внутри помещений не должно быть

- воздухозаборных отверстий для вентиляции других помещений;
- открытых каналов;
- входных участков канала, незащищенных от проникновения газа;
- открытых вентиляционных стволов шахт;
- отверстий в расположенные ниже помещения.

5.3.4 Безопасные расстояния

Минимальные безопасные расстояния не рассчитаны на защиту от катастрофических событий или крупных утечек в атмосферу, применительно к которым должны рассматриваться другие средства, позволяющие уменьшить их частоту и/или последствия до приемлемого уровня.

Безопасные расстояния включают в себя:

- расстояния между сосудом и соседними установками, зданиями или дорогами, чтобы обезопасить сосуд от любого вредного воздействия, такого как нагревание в результате воздействия пламени или механического повреждения;
- расстояние между сосудом и объектом снаружи установки, который должен быть защищен от утечек газа, происходящих при работе в стандартном режиме.

Эти расстояния измеряют относительно тех точек сосуда, из которых при работе в стандартном режиме может происходить выход продукта в атмосферу, например выходное отверстие, заправочный штуцер, фланцы и другие механические соединения.

Безопасное расстояние — это расстояние, при превышении которого:

- в случае с пожароопасными газами, будет исключена угроза образования взрывоопасной концентрации, т. е. не будет превышен нижний предел взрывоопасной концентрации;
- в случае с инертными и окисляющими газами, будет исключена угроза дефицита кислорода или обогащения.

Безопасные расстояния могут быть уменьшены, если проведена соответствующая оценка рисков и ее результаты документированы владельцем/оператором.

Для выбора безопасных расстояний необходимо руководствоваться требованиями [3], [7], [8], ГОСТ Р 55892, СП 326.1311500, СП 162.1330610.

5.4 Инспекционный контроль

5.4.1 Общие положения

Испытания и инспекционные проверки должно проводить назначенное лицо.

5.4.2 Инспекционный контроль перед вводом в эксплуатацию

Инспекционный контроль включает в себя:

- проверку маркировочных знаков и этикеток;
- проверку полноты подлежащей передаче документации;
- проверку оборудования;
- проверку собранной установки.

5.4.3 Маркировка и этикетки

Должно быть подтверждено, что маркировка и этикетки отвечают требованиям, указанным в 4.10.

5.4.4 Подлежащая передаче документация

Помимо документации изготовителя там, где это необходимо, сопроводительная документация должна включать специальную документацию на сосуд и инструкции для всех поставляемых комплектующих, охватывающую:

- рабочие операции;
- вспомогательное оборудование;
- отчетную документацию по результатам инспекционного контроля.

Эти документы должны храниться у владельца или пользователя сосуда.

Пользователь должен обеспечить наличие рабочих инструкций на местах. Такие инструкции могут быть прикрепленными к сосуду на постоянной основе.

5.4.5 Оборудование

Для безопасной эксплуатации сосуда необходимо выполнять следующие проверки оборудования:

- наличие, правильность выбора и настройки устройств, защищающих от избыточного давления, а также правильность их подключения, наличие выхода на безопасную открытую территорию, а также в той мере, насколько это возможно, правильность их работы;

- наличие контрольно-измерительных приборов и правильность их выбора в связи с пригодностью диапазона измерений, а также в той мере, насколько это возможно, правильность их работы.

- наличие устройств отключения, а также правильность их выбора и подключения в связи с давлением и температурой, а также в той мере, насколько это возможно, правильность их работы.

- проверки других устройств и принадлежностей (например, разъемных соединений для заправки, манометров и управляющих устройств), особенно в связи с жидкой криогенной средой, заправляемой в сосуд либо выдаваемой из него. И там, где эти устройства приводятся в действие или управляются автоматически, необходима проверка также их функционирования в случае прекращения подачи питания или потери давления в гидравлической системе. Как минимум, конструкции разъемных соединений для заправки окисляющих и неокисляющих продуктов должны различаться.

Все соединительные элементы сосуда должны быть проверены на отсутствие утечек перед вводом сосуда в эксплуатацию.

5.4.6 Периодический инспекционный контроль

5.4.6.1 Общие положения

На внутренних или внешних поверхностях внутреннего сосуда не предполагается ухудшения характеристик (внутренней и внешней коррозии), поскольку типы используемых криогенных сжиженных газов, их температуры, металлические материалы используемой конструкции не дают для этого никаких оснований, а также по той причине, что внутренний сосуд находится внутри вакуумированного кожуха.

Поэтому не требуется проводить инспекционного контроля коррозионного воздействия в отношении внутреннего сосуда или внутренней поверхности кожуха в течение всего срока эксплуатации.

Примечание — Для внутреннего сосуда или наружного кожуха не предусматривается допусков на коррозию поверхности, контактирующей с рабочей текучей средой или вакуумом между внутренним сосудом и наружным кожухом, так же как и специальных смотровых отверстий.

5.4.6.2 Инспекционные проверки

Периодический инспекционный контроль должен включать:

- внешний осмотр резервуара и оборудования его обвязки;

- проверку работоспособности клапанов;
- испытания на утечки, проводимые при эксплуатационных условиях;
- оценку любых изменений эксплуатационных условий установки и ее окружения;
- оценку вакуума между внутренним сосудом и внешним кожухом.

Измерение вакуума следует выполнять только в том случае, когда тепловые характеристики в рабочем режиме установки окажутся недостаточными, например:

- ускоренное, по сравнению с начальным этапом эксплуатации, суточное повышение давления в резервуаре;
- появление запотеваний на кожухе резервуара в сухую погоду;
- появление снеговых пятен на кожухе резервуара.

Испытания должно проводить назначенное приказом по предприятию лицо.

Периодичность инспекционных проверок должно определять назначенное лицо после рассмотрения применяемых правил, эксплуатационных условий и рекомендаций изготовителя. При этом необходимо вести соответствующие записи.

Примечания

1 Порядок и периодичность проведения инспекционного контроля определяют с учетом положений ГОСТ Р 58984.

2 Что касается интервалов времени для повторного инспекционного контроля, то необходимо рассматривать только год даты следующей инспекционной проверки.

5.4.7 Инспекционный контроль устройств защиты от внезапного повышения давления

5.4.7.1 Общие положения

Инспекционные проверки и периодичность их проведения должно определять назначенное лицо в соответствии с применяемыми в эксплуатирующей организации правилами и эксплуатационными условиями, а также рекомендациями изготовителя. Рекомендуемые интервалы для инспекционных проверок приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Инспекционные интервалы

Тип устройства защиты от внезапного повышения давления	Ввод в эксплуатацию	Каждый год	Каждые 5 лет	Каждые 10 лет
С сервоуправлением (импульсное предохранительное устройство)	5.4.7.2	5.4.7.4	—	—
Поддающийся повторной герметизации (предохранительный клапан прямого действия или предохранительное вакуумное устройство с откидной крышкой)	5.4.7.3	—	5.4.7.4	5.4.7.4
Не поддающийся повторной герметизации (предохранительное устройство с разрушающейся мембраной на избыточное давление и на вакуум)	5.4.7.2	—	5.4.7.3	5.4.7.5

Следует принимать в расчет свойства материала, коррозию, вызываемую текучей средой, или от внешней среды, а также возможное засорение. Альтернативой проверке эксплуатационных характеристик устройств защиты от внезапного повышения давления будет замена этих устройств. Инспекционные проверки должно проводить назначенное лицо.

При использовании резервного оборудования инспекционные интервалы могут быть увеличены по договоренности с назначенным лицом.

5.4.7.2 Паспорта и маркировка

Паспорта и маркировка или описание/данные изготовителя должно анализировать назначенное лицо:

- для проверки соответствия чертежам, спецификациям;
- для идентификации, маркировки;
- на пригодность (сжиженные газы, размер, температура, давление, установочные параметры).

5.4.7.3 Инспекционный осмотр

Инспекционный осмотр должен включать проверку сертификатов и маркировок в соответствии с 5.4.7.2.

В ходе инспекционного осмотра нужно проверять следующее:
- общее техническое состояние;
- схему сборки;
- герметичность;
- расположение вентиляционного отверстия;
- дренажные (сбросные) трубопроводы.

5.4.7.4 Проверка эксплуатационных характеристик (эксплуатационные испытания)

Проверка эксплуатационных характеристик должна включать визуальный инспекционный осмотр в соответствии с 5.4.7.3. Кроме того, поддающиеся повторной герметизации устройства защиты от внезапного повышения давления следует заменять или подвергать проверке на работоспособность (испытание под заданным давлением) на своем рабочем месте либо вне сосуда.

Эксплуатационные испытания можно проводить с установленным клапаном или на испытательном стенде. Результаты таких испытаний необходимо регистрировать и сохранять, по меньшей мере, до следующей инспекционной проверки.

5.4.7.5 Замена разрывных мембран

Не поддающиеся повторной герметизации устройства защиты от внезапного повышения давления, где они используются, подлежат замене в соответствии с инструкциями изготовителя для устройств защиты от внезапного повышения давления.

5.5 Ввод в эксплуатацию

Эту операцию следует проводить в соответствии с письменной процедурой, и результаты каждого шага по ходу реализации данной процедуры необходимо регистрировать (например, в формуляре резервуара). Формуляры должна хранить компания-оператор.

Сосуд и связанные с ним принадлежности должны быть проверены в соответствии с 5.4.2 и 5.4.5.

Сосуд необходимо подвергнуть очистке продувкой соответствующим газом до тех пор, пока выходящий из сосуда газ не станет достаточно сухим и чистым. Вид продувочного газа и его параметры (чистота, наличие механических примесей, точка росы и т.д.) в зависимости от хранимого в сосуде продукта должны быть указаны в эксплуатационной документации.

Сосуд должен быть охлажден в соответствии с рекомендациями изготовителя. Должны быть предприняты меры, чтобы избежать неконтролируемого роста давления из-за быстрого испарения жидкости.

5.6 Заправка

Перед тем, как производить заправку сосуда, необходимо проверить его состояние, в частности:
- заводскую табличку данных;
- правильное разъемное соединение для заправки продуктом;
- техническое состояние разъемного соединения для заправки и заправочного шланга (не повреждены, не загрязнены, без чрезмерного обледенения).

Необходимо выполнять внешний осмотр резервуара и оборудования, чтобы убедиться:
- в сохранности вакуума между внутренним сосудом и кожухом (проверка наличия снеговой «шубы» на поверхности кожуха);
- в том, что газ может беспрепятственно выходить из предохранительного вакуумного устройства;
- в том, что защитные клапаны сброса обеспечивают постоянный выпуск.

Если произошла потеря вакуума, владелец сосуда должен незамедлительно приступить к выяснению причины. Если потеря вакуума связана с повреждением внутреннего трубопровода, например в случае выхода пара из вакуумных клапанов (клапана), должны быть срочно приняты защитные меры путем понижения давления до атмосферного и освобождения сосуда от криогенной жидкости безопасным образом. Снижение давления будет самой действенной мерой, чтобы понизить уровень опасности.

Следует произвести продувку заправочного шланга. В зависимости от типа сосуда он может заправляться объемом или массой до того уровня, который предусмотрен для данного сосуда, с учетом плотности продукта. Необходимое измерительное оборудование должно быть в надлежащем рабочем состоянии и там, где требуется; должны быть соблюдены сроки проведения калибровки.

Если на момент заправки сосуда в нем отсутствует остаточное давление, следует произвести продувку сосуда, чтобы удалить возможные загрязнители.

Если сосуд теплый, его следует постепенно охлаждать, следуя рекомендациям изготовителя.

Чистоту остаточного продукта в сосуде следует анализировать и записывать, когда это требуется спецификацией. Если чистота остаточного продукта не укладывается в параметры спецификации, сосуд следует продувать до тех пор, пока его чистота не будет соответствовать требованиям спецификации.

По завершении заправки сосуда нужно проверить массу или уровень вещества в сосуде, а также давление и, если потребуется, следует сбросить лишний объем, чтобы достичь параметров, требуемых спецификацией.

Когда это требуется спецификацией, процентное содержание вещества в сосуде следует анализировать и записывать.

Необходимо удостовериться в том, что все заправочные клапаны закрыты, что не образовались холодные пятна, а также что отсутствуют утечки из клапанов, трубопроводов и других элементов.

5.7 Вывод из эксплуатации

Эту операцию следует проводить в соответствии с письменной процедурой, и результаты каждого шага по ходу реализации данного процесса необходимо регистрировать. Если сосуд планируют использовать в дальнейшем, такие записи должна сохранять компания-владелец.

Процедура должна включать следующее:

- опустошение сосуда и понижение давления до величины, не превышающей 0,2 МПа;
- проверку процесса путем постоянного контроля значений давления и массы (если потребуется, проверяют трубопровод на отсутствие засоров);
- анализ свойств используемого продукта.

В том случае, если планируют возврат сосуда в эксплуатацию, в дополнение к вышеуказанному необходимо предусматривать следующие меры:

- очистку сосуда, а также связанных с ним труб и устройств с использованием инертного газа;
- если сосуд будут транспортировать или хранить, то все открытые соединительные элементы следует закрывать защитными заглушками;
- во время хранения в сосуде должно оставаться небольшое давление сухого инертного газа, и сосуд должен быть соответствующим образом промаркирован.

Если сосуд будет утилизирован, он должен быть продут с использованием инертного газа и иметь соответствующую маркировку.

Пример — «Очищен с применением азота. Подлежит утилизации»

Опознавательные этикетки продукта должны быть удалены, а заводские таблички сделаны непригодными для использования.

5.8 Техническое обслуживание и ремонт

Необходимо проводить техническое обслуживание, чтобы убедиться, что оборудование продолжает оставаться безопасным. Ответственность за техобслуживание и ремонт следует устанавливать в договорной документации между сторонами-участниками (например, владелец, пользователь, оператор-заправщик). Проходя техобслуживание, сосуд должен соответствовать действующей разрешительной документации.

Необходимо предусматривать процедуру выдачи разрешений на производство работ, например для работ, приводящих к нагреванию материала, для осуществления модификаций, работ на электрооборудовании и для входа в зоны ограниченного доступа.

Как правило, техобслуживание включает:

- проверку технического состояния сосуда, связанных с ним труб и принадлежностей;
- проверку работоспособности клапанов и приборов контроля параметров;
- отогрев внутреннего сосуда и регенерацию адсорбента;
- мелкий ремонт, например замену уплотнений;
- очистку наружных поверхностей.

Оборудование нельзя выводить из эксплуатации для ремонта до тех пор, пока не будет сброшено давление или надлежащим образом изолировано и сброшено давление.

Любые утечки необходимо устранять оперативно и безопасным образом. Запасные детали должны иметь оригинальное происхождение или иметь аналогичные характеристики (например, быть рассчитанными на аналогичное давление и иметь аналогичную изоляцию).

Модификации, связанные с конструкцией, материалами и оборудованием или ремонтными работами, должно утверждать назначенное лицо с внесением соответствующих поправок в документацию (см. также раздел 4).

Работы, приводящие к нагреванию материала (сварка, пайка, термическая обработка и нагрев и т. д.), следует проводить по тем же процедурам (монтаж установки, аттестация персонала, проведение испытаний, сертификация и т. д.), что и на стадии изготовления.

Если в какой-либо момент потребуется нарушить пломбировку с целью регулировки клапана защиты от аварийного повышения давления, последний не должен находиться в эксплуатации до тех пор, пока он не будет заново отрегулирован и опломбирован. Любую необходимую регулировку должны проводить изготовитель или другая компания, имеющая квалификацию изготовителя для ремонта, регулировки и тестирования таких клапанов.

Организация, делающая такую регулировку, должна прикреплять к клапану аварийного сброса давления этикетку с указанием установочных параметров, производительности и даты.

В тех случаях, когда проведенные работы по ремонту или модификации могли повлиять на целостность сосуда, его необходимо проверять и испытывать в соответствии с разделом 4.

Испытания должно проводить назначенное лицо.

Сосуды внутри должны быть чистыми, сухими, и в них не должно быть твердых частиц и загрязнителей; в сосудах, используемых для окисляющих сжиженных газов, не должно быть масла и смазки.

5.9 Дополнительные требования для пожароопасных газов

5.9.1 Общие положения

Сосуды следует устанавливать и эксплуатировать таким образом, чтобы работники или другие лица не подвергались опасности. Нужно соблюдать необходимые безопасные расстояния (см. 5.3.4).

Должны быть предприняты меры предосторожности в связи с утечками, поскольку может произойти воспламенение продукта. Такие продукты, как водород, требуют особого внимания, поскольку при возгорании его пламени не будет видно.

Необходимо уделять внимание выбору одежды для персонала, чтобы обеспечить максимально возможную защиту от статических разрядов и огня. Должна быть надета электропроводящая обувь.

5.9.2 Электрическое оборудование

Все оборудование, используемое и монтируемое в границах рабочей установки, должно соответствовать требованиям, применяемым к классификации опасных зон.

Назначенное лицо должно инспектировать монтаж и заземление всех электрических устройств, чтобы убедиться в соблюдении правил, действующих на данной территории.

В такие опасные зоны персоналу следует запретить проносить источники огня или электрические устройства, не входящие в утвержденный перечень. Должно уделяться внимание всем электрическим приборам например мобильным телефонам, радиопередатчикам и т.д.

5.9.3 Система заземления

Все элементы установки должны быть соединены таким образом, чтобы обеспечивалась неразрывность электрической цепи.

Главные элементы оборудования, такие как резервуар и дренажный стояк, должны напрямую присоединяться к заземлителю, при этом не следует полагаться на трубопровод как на средство заземления.

Заземляющие устройства для защиты от статического электричества следует, как правило, объединять с заземляющими устройствами для электрооборудования, при его наличии. Заземляющие устройства должны быть выполнены в соответствии с требованиями [9] и ГОСТ 12.4.124.

Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного исключительно для защиты от статического электричества, должно быть не более 100 Ом.

Должна также рассматриваться необходимость в защите от ударов молнии.

5.9.4 Установка

Сосуды, используемые для воспламеняющихся газов, не должны быть устанавлены внутри помещений кроме тех случаев, когда это разрешено действующими в стране правилами.

Сосуды, используемые для воспламеняющихся газов, следует располагать на достаточно безопасном расстоянии друг от друга и от других сосудов, чтобы обеспечить доступ в случае пожаротушения.

В случае цилиндрических сосудов необходимое расстояние будет составлять половину диаметра сосуда, но не меньше 1 м.

Основание (фундамент) в зоне соединений и фитингов должно быть таким, чтобы попадающая на него в случае протечек жидкость не могла проникнуть в него или накапливаться в опасных количествах.

Специальная компоновка данного основания не требуется, если соединения, включая фитинги на участке жидкой фазы текучей среды — кроме линий измерения и управления технологическим процессом — не будут иметь разъемных соединений.

Все сбросные трубопроводы, включая устройства защиты от внезапного повышения давления и продувочные клапаны, должны соединяться дренажной магистральной линией (с дренажным стояком).

Дренажная линия должна обеспечивать безопасную вентиляцию. Она не должна проходить близко к местам, где возможно скопление газа, например под навесами зданий.

В дренажной магистральной линии (дренажном стояке) не должна накапливаться вода, в том числе конденсат.

Во взрывоопасных зонах должны быть только конструкции и установки, которые служат для функционирования сосудов.

Подъездные дороги и пути, предназначенные для эксплуатации и обслуживания установок, должны быть включены в состав таких установок.

По таким транспортным маршрутам должны ездить только те транспортные средства, которые обслуживают работу данных сосудов.

Транспортные средства с двигателями внутреннего сгорания или не взрывобезопасное электрическое оборудование не должны работать во взрывоопасных зонах, если нельзя с достаточным основанием исключить опасной взрывоопасной среды.

При проектировании опор для резервуара должна учитываться возможность пожара. Должны быть предприняты необходимые меры предосторожности, например компоновка оборудования, тепловая изоляция, методы пожаротушения.

В хранилищах для воспламеняемых газов должны быть системы предупреждения о возгорании или опасности взрыва.

В зонах с резервуарами, предназначенными для хранения воспламеняющихся газов с вместимостью более 50 т, следует устанавливать хорошо видимый индикатор направления ветра, например ветровой конус. Если из-за характера установки использование индикатора направления ветра непосредственно на рабочей площадке нецелесообразно, направление ветра может определяться централизовано в соответствующем месте для аварийных служб, например пожарной команды.

В установках вместимостью более 50 т, в которых во время их функционирования не требуется присутствие персонала или которые проверяют нерегулярно, должны использоваться автоматические системы обнаружения и оповещения о возгорании или опасности взрыва, например системы предупреждения о концентрации газа, сигнал от которых передается на пульт дежурного в диспетчерскую.

В этих зонах должна присутствовать система аварийного останова с передачей сигналов на пульт дежурного. С помощью систем аварийного останова должна обеспечиваться возможность блокирования участков трубопровода между сосудами и другими частями установки таким образом, чтобы исключить возникновение дополнительных опасностей. На сосудах вместимостью более 5 т перед запорным клапаном с ручным приводом или после него должен быть установлен отсечной клапан с дистанционным управлением, подсоединенный к участку жидкой фазы трубопровода для заправки и подачи рабочего вещества.

Вместо отсечного клапана с дистанционным управлением в линию заправки может быть встроен обратный клапан.

5.9.5 Заправка

Перед началом заправки необходимо подключить провод заземления, проверить полноту и целостность системы заземления, а также произвести продувку заправочного шланга инертным газом, чтобы в нем отсутствовал воздух и загрязнители.

5.9.6 Техническое обслуживание, ремонт и изъятие из эксплуатации

Там, где для проведения ремонтных работ и техобслуживания требуется продувка системы инертным газом, так же как и в случае изъятия из эксплуатации, следует производить продувку инертным газом до тех пор, пока концентрация воспламеняющегося газа не станет ниже 50 % от нижнего предела взрывоопасной концентрации.

5.10 Оборудование/процедуры для чрезвычайных ситуаций

Должны быть разработаны процедуры, устанавливающие порядок действий для чрезвычайных ситуаций, включающих возгорание или другие опасные события, например возможные разливы. Данные процедуры должны быть подготовлены с участием аварийных служб с учетом условий на местах.

Необходимо, чтобы данная процедура учитывала:

- характеристики криогенных сжиженных газов;
- используемые объемы;
- рельеф местности;
- конструкцию и оборудование установки.

Такая процедура должна включать:

- перечень требуемого оборудования на случай аварии;
- перечень ответственных лиц/организаций за руководство действиями в чрезвычайных ситуациях, а также процедуры контакта с ними как в течение рабочей смены, так и в остальное время;
- незамедлительные действия, предпринимаемые собственными силами (аварийное отключение, звуковая сигнализация, эвакуация людей, подача сигналов о помощи и др.).

Данные процедуры должны быть документально оформлены, следует проводить регулярные тренировки. Периодически данные процедуры необходимо проверять на соответствие актуальным на данный момент требованиям.

Для окисляющих и воспламеняемых сжиженных газов должна быть предусмотрена система пожаротушения. Тип и количество средств пожаротушения, зависящих от размеров установки, должны быть согласованы с пожарными службами.

Как минимум, на местах должен находиться один огнетушитель подходящего типа. Если в случае пожара будет использоваться вода в целях охлаждения оборудования, она не должна распыляться вблизи клапанов защиты от внезапного повышения давления из-за опасности забивания клапанов льдом.

Библиография

[1] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 010/2011 — О безопасности машин и оборудования

[2] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 032/2013 — О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением

[3] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 г. № 536)

[4] ИСО 21009-1:2022 — Криогенные сосуды. Стационарные сосуды с вакуумной изоляцией. Часть 1. Проектный расчет, изготовление, контроль и испытания

[5] ИСО 21009-2:2015 — Криогенные сосуды. Стационарные сосуды с вакуумной изоляцией. Часть 2. Эксплуатационные требования

[6] РД 26-18—89 — Сосуды. Термины и определения

[7] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности процессов получения или применения металлов» (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 9 декабря 2020 г. № 512)

[8] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 г. № 533)

[9] ПУЭ Правила устройства электроустановок. Изд. 7-е

УДК 621.5:621.642:006.354 ОКС 23.020

Ключевые слова: оборудование криогенное, криогенные сосуды стационарные, сжиженные нетоксичные газы

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 13.12.2023. Подписано в печать 25.12.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,95.

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

ОКС 23.020

Изменение № 1 ГОСТ Р 71145—2023 Сосуды криогенные стационарные. Общие технические условия

Утверждено и введено в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.05.2025 № 504-ст

Дата введения — 2025—09—01

Содержание. Подраздел 4.9. Наименование изложить в новой редакции:

«4.9 Деформационное и низкотемпературное упрочнение металла сосудов»;

дополнить наименованиями приложений А, Б, В:

«Приложение А (обязательное) Определение допускаемых напряжений для основного металла сосуда с учетом низкотемпературного упрочнения материала . . . . . .

Приложение Б (обязательное) Определение допускаемых напряжений для сварных элементов сосуда с учетом низкотемпературного упрочнения материала . . . . . .

Приложение В (справочное) Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения материалов ([σ]) при различных температурах. . ».

Пункт 3.2 изложить в новой редакции:

«3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

ВВТИ — волокнисто-вакуумная тепловая изоляция;

ЕСКД — Единая система конструкторской документации;

ЗИП — запасные части и принадлежности;

ПВТИ — порошково-вакуумная тепловая изоляция;

РЖД — Российские железные дороги;

СПГ — сжиженный природный газ;

ТИП — теплоизоляционная полость;

ЭВТИ — экранно-вакуумная тепловая изоляция;

E^T — модуль упругости материала при расчетной температуре T, МПа;

K^T — поправочный коэффициент для расчета прочности сварного шва при криогенной температуре;

$n_в$ — коэффициент запаса по пределу прочности;

$n_т$ — коэффициент запаса по пределу текучести;

p — расчетное давление, МПа;

$p_{пр}$ — пробное давление, МПа;

q, β — параметры, характеризующие энергопоглощаемость материала;

T — расчетная температура стенки сосуда, К;

t — расчетная температура стенки сосуда, °С;

$\varepsilon_в$ — относительная пластическая деформация образца в момент потери устойчивости, %;

η — поправочный коэффициент, учитывающий условия эксплуатации сосуда или аппарата;

$[\sigma^{20}]$ — допускаемое напряжение для материала при температуре 20 °С, МПа;

$[\sigma^T]$ — допускаемое напряжение материала сосуда при расчетной температуре T, МПа;

$[\sigma^T]_c$ — допускаемое напряжение сварного соединения, работающего в условиях статического нагружения, при расчетной температуре T, МПа;

$\sigma_в^T$ — временное сопротивление (предел прочности) материала при расчетной температуре T, определенное на гладких образцах, МПа;

$\sigma_{1,0}^T$ — условный предел текучести при остаточном удлинении 1,0 % при температуре T, МПа;

$\sigma_{0,2}^T$ — условный предел текучести при остаточном удлинении 0,2 % при температуре T, МПа;

$\sigma_э$ — эквивалентное напряжение вдали от зон краевого эффекта, МПа;

$(\sigma_э)_к$ — эквивалентное напряжение в зоне краевого эффекта, МПа;

φ — коэффициент прочности сварного шва при температуре 293 К.

Пункт 4.1.14. Первый абзац. Заменить слово: «предусматрены» на «предусмотрены».

Пункт 4.1.20. Таблицу 1 изложить в новой редакции:

«Таблица 1 — Содержание жировых загрязнений

Среда	Температура стенки оборудования, К (°С)	Содержание жировых загрязнений, мг/м^2, не более, при давлении, МПа				
		до 0,59	св. 0,59 до 1,57 включ.	св. 1,57 до 3,92 включ.	св. 3,92 до 6,27 включ.	св. 6,27
Газообразный кислород	≤ 333 (60,15 °С)	500	200	100		50
	> 333 (60,15 °С)	250	100	50		25
Жидкий кислород и его пары	—	500		200	100	50

».

Пункт 4.5.4 изложить в новой редакции:

«4.5.4 Материалы, применяемые для изготовления резервуаров, и требования к ним — в соответствии с ГОСТ 34347».

Подраздел 4.6 изложить в новой редакции:

«**4.6 Проектный расчет**

4.6.1 Стационарный криогенный резервуар должен быть способен безопасным образом выдерживать механические и термические нагрузки, возникающие при эксплуатации резервуара в нормальных условиях, при его транспортировании и испытаниях под давлением, указанных в 4.2—4.4.

4.6.2 Должны быть рассчитаны все элементы, работающие под давлением. Расчеты на прочность должны быть выполнены по ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.6, ГОСТ 34233.11, ГОСТ 34233.12, ГОСТ 34283 и соответствовать требованиям [2].

4.6.3 При учете низкотемпературного упрочнения легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов расчетную температуру стенки сосуда определяют как наибольшую возможную температуру стенки сосуда в рабочих условиях.

4.6.4 При учете низкотемпературного упрочнения легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов допускаемое напряжение материала внутреннего сосуда определяют в соответствии с приложениями А и Б.

4.6.5 При применении технологии деформационного упрочнения допускаемые напряжения материала внутреннего сосуда определяют на основании механических характеристик материала после упрочнения.

4.6.6 При проектировании криогенного резервуара, кроме расчетов на прочность сосуда, работающего под давлением, для подтверждения заданных в контракте (договоре на поставку) параметров должны быть выполнены гидравлический (для подтверждения расходных характеристик) и тепловой (для подтверждения заданной испаряемости жидкого криогенного продукта от теплопритоков из окружающей среды) расчеты резервуара в сборе, совместно с кожухом».

Подраздел 4.9 изложить в новой редакции:

«**4.9 Деформационное и низкотемпературное упрочнение металла сосудов**

4.9.1 Помимо традиционной технологии изготовления сосудов, предназначенных для работы под давлением, с целью снижения металлоемкости внутренних сосудов из легированных нержавеющих сталей аустенитного класса допускается применять операцию упрочнения давлением.

4.9.2 Операцию упрочнения давлением, являющуюся одним из этапов производства сосуда, выполняют в соответствии с утвержденной изготовителем технологией.

4.9.3 Операция упрочнения давлением заменяет заводское испытание сосуда на прочность пробным давлением.

4.9.4 Сведения о проведении операций упрочнения внутреннего сосуда давлением должны быть отражены в паспорте сосуда.

4.9.5 В технически обоснованных случаях при проектировании сосудов, предназначенных для работы под давлением и постоянно контактирующих с криогенными рабочими средами, для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов допускается учитывать низкотемпературное упрочнение материалов давлением. При этом расчетную температуру стенки сосуда принимают равной наибольшей возможной температуре стенки сосуда в рабочих условиях.

4.9.6 Расчетную толщину стенки внутреннего сосуда в рабочих условиях определяют на основе допускаемого напряжения, рассчитанного с использованием механических свойств материала при расчетной температуре, в соответствии с приложениями А и Б.

4.9.7 Механические свойства, физические характеристики и допускаемые напряжения для некоторых марок легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов приведены в приложении В.

4.9.8 Испытания на прочность сосуда, спроектированного с учетом низкотемпературного упрочнения материала, необходимо проводить пробным давлением, которое вычисляют по формулам:

- при гидравлическом испытании:

$$p_{\text{пр}} = \max\left(1{,}25p\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]};\ p\right); \tag{1}$$

- при пневматическом испытании:

$$p_{\text{пр}} = \max\left(1{,}15p\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]};\ p\right), \tag{2}$$

где $\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]}$ — минимальное значение отношения допускаемых напряжений для материалов сосуда, нагруженных давлением (за исключением болтов и шпилек), при температуре 20 °С и при расчетной температуре.

4.9.9 При наличии вакуума в изоляционной полости испытания на прочность сосуда, спроектированного с учетом низкотемпературного упрочнения материала, необходимо проводить пробным давлением, которое вычисляют по формулам:

- при гидравлическом испытании:

$$p_{\text{пр}} = \max\left(1{,}25p\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]} - 0{,}1;\ p - 0{,}1\right); \tag{3}$$

- при пневматическом испытании:

$$p_{\text{пр}} = \max\left(1{,}15p\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]} - 0{,}1;\ p - 0{,}1\right). \tag{4}$$

4.9.10 Расчетную толщину стенки внутреннего сосуда в условиях испытаний пробным давлением определяют путем использования допускаемого напряжения, рассчитанного для соответствующих условий испытаний по ГОСТ 34233.1.

4.9.11 Сосуд должен удовлетворять требованиям прочности в рабочих условиях и в условиях испытаний.

4.9.12 Избыточное давление в сосуде в промежуточных режимах работы, таких как захолаживание или отогрев, не должно превышать 0,7p».

Пункты 5.3.3 (второй абзац), 5.9.4 (первый абзац). Заменить слово: «устанавлены» на «установлены».

Стандарт дополнить приложениями А, Б, В:

«Приложение А
(обязательное)

Определение допускаемых напряжений для основного металла сосуда с учетом низкотемпературного упрочнения материала

А.1 Допускаемые напряжения для основного металла сосуда принимают как наименьшие из значений, вычисляемых по формулам в зависимости от материала:

- для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса:

$$\left[\sigma^T\right] = \min\left\{\left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_в^T}{n_в}\beta;\ \left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_{1,0}^T}{n_т}q\right\}\cdot\eta; \tag{А.1}$$

- для алюминиевых сплавов:

$$\left[\sigma^T\right] = \min\left\{\left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_в^T}{n_в}\beta;\ \left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_{0,2}^T}{n_т}q\right\}\cdot\eta. \tag{А.2}$$

А.2 Значения $\Delta\sigma_в^T, \Delta\sigma_{1,0}^T, \Delta\sigma_{0,2}^T$ вычисляют по формулам:

$$\Delta\sigma_в^T = \sigma_в^T - \sigma_в^{293}; \tag{А.3}$$

$$\Delta\sigma_{1,0}^T = \sigma_{1,0}^T - \sigma_{1,0}^{293}; \tag{А.4}$$

$$\Delta\sigma_{0,2}^T = \sigma_{0,2}^T - \sigma_{0,2}^{293}. \tag{А.5}$$

А.3 Параметры q и β вычисляют по формулам:

$$q = \frac{E^T\cdot\varepsilon_в^T\cdot\left(\sigma_{0,2}^T + \sigma_в^T\right)\cdot\left(\sigma_{0,2}^{293}\right)^2}{E^{293}\cdot\varepsilon_в^{293}\cdot\left(\sigma_{0,2}^{293} + \sigma_в^{293}\right)\cdot\left(\sigma_{0,2}^T\right)^2}, \tag{А.6}$$

$$\beta = \frac{E^T\cdot\varepsilon_в^T\cdot\left(\sigma_{0,2}^T + \sigma_в^T\right)\cdot\left(\sigma_в^{293}\right)^2}{E^{293}\cdot\varepsilon_в^{293}\cdot\left(\sigma_{0,2}^{293} + \sigma_в^{293}\right)\cdot\left(\sigma_в^T\right)^2}. \tag{А.7}$$

А.4 Для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса в случае, когда значение параметра q превышает 1, должно выполняться условие прочности:

$$\frac{\sigma_в^T}{\left[\sigma^T\right]} \geq n_в;\ \frac{\sigma_{0,2(1,0)}^T}{\left[\sigma^T\right]} \geq n_т. \tag{А.8}$$

А.5 Для алюминиевых сплавов максимальные значения параметров q и β не должны превышать 1.

А.6 Коэффициент запаса по пределу прочности $n_в$ и коэффициент запаса по пределу текучести $n_т$ в соответствии с таблицей А.1.

А.7 Значения механических свойств ($\sigma_в$, $\sigma_{0,2}$) и физических характеристик (E, $\varepsilon_в$), значения параметров q и β для некоторых марок легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов, допускаемые напряжения для основного металла некоторых марок легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов при криогенных температурах при $\eta = 1$ принимают в соответствии с приложением В.

Таблица А.1 — Коэффициенты запаса

Материал	Условия нагружения	Коэффициенты запаса	
		$n_в$	$n_т$
Легированные нержавеющие стали аустенитного класса	Рабочие условия	3	1,5
	Гидравлические испытания	—	1,1
	Пневматические испытания	—	1,2
Алюминиевые сплавы	Условия монтажа	—	1,1
* При отсутствии данных о пределе длительной прочности см. ГОСТ 34233.1.			

Приложение Б
(обязательное)

Определение допускаемых напряжений для сварных элементов сосуда с учетом низкотемпературного упрочнения материала

Б.1 Допускаемые напряжения для сварных элементов сосуда принимают как наименьшие из значений, вычисляемых по формулам в зависимости от материала:

- для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса:

$$\left[\sigma^T\right]_c = \min\left\{\left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_в^T}{n_в}\beta K^T; \left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_{1,0}^T}{n_т} qK^T\right\} \cdot \varphi; \quad (Б.1)$$

- для алюминиевых сплавов:

$$\left[\sigma^T\right]_c = \min\left\{\left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_в^T}{n_в}\beta K^T; \left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_{0,2}^T}{n_т} qK^T\right\} \cdot \varphi. \quad (Б.2)$$

Б.2 Значения $\Delta\sigma_в^T$, $\Delta\sigma_{1,0}^T$, $\Delta\sigma_{0,2}^T$, а также параметров q и β, коэффициента запаса по пределу прочности $n_в$ и коэффициента запаса по пределу текучести $n_т$ принимают согласно приложению А, поправочного коэффициента K^T — в соответствии с таблицей Б.1, коэффициента прочности сварного шва φ при температуре 293 К для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов — в соответствии с ГОСТ 34233.1.

Таблица Б.1 — Поправочный коэффициент K^T

Материал	Коэффициент K^T при температуре T, К				
	293	203	77	20	4
12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т	1,0	0,95	0,9	0,8	0,8
АМцС, АМг5	1,0	0,95	0,9	0,9	0,9
АМг6	1,0	1,00	1,0	0,9	0,9

Приложение В
(справочное)

Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения материалов ([σ]) при различных температурах

В.1 Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения ([σ]) для некоторых марок нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов, применяемых для изготовления сосудов, при $\eta = 1$ приведены в таблицах В.1 и В.2.

Таблица В.1 — Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения ([σ]) легированных нержавеющих сталей аустенитного класса

Материал	T, К	t, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{1,0}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	E, МПа	$\varepsilon_в$	q	β	$\Delta\sigma_{1,0}$, МПа	$\Delta\sigma_в$, МПа	[σ], МПа
12Х18Н10Т	293	20	240	276	540	200 000	0,32	1	1	0	0	184
	203	–70	274	304	804	200 000	0,22	0,73	0,43	28	264	198
	77	–196	335	370	1215	201 000	0,18	0,58	0,22	94	675	220
	20	–253	421	460	1215	206 000	0,16	0,35	0,21	184	675	227
	4	–269	421	460	1400	206 000	0,14	0,34	0,16	184	860	226
08Х18Н10Т	293	20	210	252	520	200 000	0,32	1,00	1,00	0	0	168
	203	–70	249	290	790	200 000	0,22	0,70	0,42	38	270	186
	77	–196	299	350	1194	201 000	0,18	0,57	0,22	98	674	205
	20	–253	376	440	1194	206 000	0,16	0,35	0,21	188	674	211
	4	–269	376	440	1376	206 000	0,14	0,34	0,15	188	856	210

Таблица В.2 — Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения ([σ]) алюминиевых сплавов

Материал	T, К	t, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{1,0}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	E, МПа	$\varepsilon_в$	q	β	$\Delta\sigma_{0,2}$, МПа	$\Delta\sigma_в$, МПа	[σ], МПа
АМцС*	293	20	45	—	110	71 000	0,20	1,00	1,00	0	0	30
	203	–70	55	—	130	76 000	0,20	0,86	0,91	10	20	36
	77	–196	70	—	220	79 000	0,3	1,00	0,78	25	110	47
	20	–253	100	—	300	80 000	0,25	0,74	0,49	55	190	57
	4	–269	100	—	320	80 000	0,25	0,77	0,45	55	210	58
АМг5	293	20	110	—	260	71 000	0,15	1,00	1,00	0	0	73
	77	–196	150	—	370	79 000	0,20	1,00	1,00	40	110	100
АМг6	293	20	130	—	280	72 000	0,10	—	—	—	—	86
	77	–196	180	—	380	79 000	0,15	1,00	1,00	50	100	119
* Прокат отожженный толщиной до 20 мм.												

».

(ИУС № 9 2025 г.)

ОКС 23.020

Изменение № 1 ГОСТ Р 71145—2023 Сосуды криогенные стационарные. Общие технические условия

Утверждено и введено в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.05.2025 № 504-ст

Дата введения — 2025—09—01

Содержание. Подраздел 4.9. Наименование изложить в новой редакции:

«4.9 Деформационное и низкотемпературное упрочнение металла сосудов»;

дополнить наименованиями приложений А, Б, В:

«Приложение А (обязательное) Определение допускаемых напряжений для основного металла сосуда с учетом низкотемпературного упрочнения материала . . . . . .

Приложение Б (обязательное) Определение допускаемых напряжений для сварных элементов сосуда с учетом низкотемпературного упрочнения материала . . . . . .

Приложение В (справочное) Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения материалов ([σ]) при различных температурах. . ».

Пункт 3.2 изложить в новой редакции:

«3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

ВВТИ — волокнисто-вакуумная тепловая изоляция;

ЕСКД — Единая система конструкторской документации;

ЗИП — запасные части и принадлежности;

ПВТИ — порошково-вакуумная тепловая изоляция;

РЖД — Российские железные дороги;

СПГ — сжиженный природный газ;

ТИП — теплоизоляционная полость;

ЭВТИ — экранно-вакуумная тепловая изоляция;

E^T — модуль упругости материала при расчетной температуре T, МПа;

K^T — поправочный коэффициент для расчета прочности сварного шва при криогенной температуре;

$n_в$ — коэффициент запаса по пределу прочности;

$n_т$ — коэффициент запаса по пределу текучести;

p — расчетное давление, МПа;

$p_{пр}$ — пробное давление, МПа;

q, β — параметры, характеризующие энергопоглощаемость материала;

T — расчетная температура стенки сосуда, К;

t — расчетная температура стенки сосуда, °С;

$\varepsilon_в$ — относительная пластическая деформация образца в момент потери устойчивости, %;

η — поправочный коэффициент, учитывающий условия эксплуатации сосуда или аппарата;

$[\sigma^{20}]$ — допускаемое напряжение для материала при температуре 20 °С, МПа;

$[\sigma^T]$ — допускаемое напряжение материала сосуда при расчетной температуре T, МПа;

$[\sigma^T]_c$ — допускаемое напряжение сварного соединения, работающего в условиях статического нагружения, при расчетной температуре T, МПа;

$\sigma_в^T$ — временное сопротивление (предел прочности) материала при расчетной температуре T, определенное на гладких образцах, МПа;

$\sigma_{1,0}^T$ — условный предел текучести при остаточном удлинении 1,0 % при температуре T, МПа;

$\sigma_{0,2}^T$ — условный предел текучести при остаточном удлинении 0,2 % при температуре T, МПа;

$\sigma_э$ — эквивалентное напряжение вдали от зон краевого эффекта, МПа;

$(\sigma_э)_к$ — эквивалентное напряжение в зоне краевого эффекта, МПа;

φ — коэффициент прочности сварного шва при температуре 293 К.

Пункт 4.1.14. Первый абзац. Заменить слово: «предусматрены» на «предусмотрены».

Пункт 4.1.20. Таблицу 1 изложить в новой редакции:

«Таблица 1 — Содержание жировых загрязнений

Среда	Температура стенки оборудования, К (°С)	Содержание жировых загрязнений, мг/м^2, не более, при давлении, МПа				
		до 0,59	св. 0,59 до 1,57 включ.	св. 1,57 до 3,92 включ.	св. 3,92 до 6,27 включ.	св. 6,27
Газообразный кислород	≤ 333 (60,15 °С)	500	200	100		50
	> 333 (60,15 °С)	250	100	50		25
Жидкий кислород и его пары	—	500		200	100	50

».

Пункт 4.5.4 изложить в новой редакции:

«4.5.4 Материалы, применяемые для изготовления резервуаров, и требования к ним — в соответствии с ГОСТ 34347».

Подраздел 4.6 изложить в новой редакции:

«**4.6 Проектный расчет**

4.6.1 Стационарный криогенный резервуар должен быть способен безопасным образом выдерживать механические и термические нагрузки, возникающие при эксплуатации резервуара в нормальных условиях, при его транспортировании и испытаниях под давлением, указанных в 4.2—4.4.

4.6.2 Должны быть рассчитаны все элементы, работающие под давлением. Расчеты на прочность должны быть выполнены по ГОСТ 34233.1 — ГОСТ 34233.6, ГОСТ 34233.11, ГОСТ 34233.12, ГОСТ 34283 и соответствовать требованиям [2].

4.6.3 При учете низкотемпературного упрочнения легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов расчетную температуру стенки сосуда определяют как наибольшую возможную температуру стенки сосуда в рабочих условиях.

4.6.4 При учете низкотемпературного упрочнения легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов допускаемое напряжение материала внутреннего сосуда определяют в соответствии с приложениями А и Б.

4.6.5 При применении технологии деформационного упрочнения допускаемые напряжения материала внутреннего сосуда определяют на основании механических характеристик материала после упрочнения.

4.6.6 При проектировании криогенного резервуара, кроме расчетов на прочность сосуда, работающего под давлением, для подтверждения заданных в контракте (договоре на поставку) параметров должны быть выполнены гидравлический (для подтверждения расходных характеристик) и тепловой (для подтверждения заданной испаряемости жидкого криогенного продукта от теплопритоков из окружающей среды) расчеты резервуара в сборе, совместно с кожухом».

Подраздел 4.9 изложить в новой редакции:

«**4.9 Деформационное и низкотемпературное упрочнение металла сосудов**

4.9.1 Помимо традиционной технологии изготовления сосудов, предназначенных для работы под давлением, с целью снижения металлоемкости внутренних сосудов из легированных нержавеющих сталей аустенитного класса допускается применять операцию упрочнения давлением.

4.9.2 Операцию упрочнения давлением, являющуюся одним из этапов производства сосуда, выполняют в соответствии с утвержденной изготовителем технологией.

4.9.3 Операция упрочнения давлением заменяет заводское испытание сосуда на прочность пробным давлением.

4.9.4 Сведения о проведении операций упрочнения внутреннего сосуда давлением должны быть отражены в паспорте сосуда.

4.9.5 В технически обоснованных случаях при проектировании сосудов, предназначенных для работы под давлением и постоянно контактирующих с криогенными рабочими средами, для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов допускается учитывать низкотемпературное упрочнение материалов давлением. При этом расчетную температуру стенки сосуда принимают равной наибольшей возможной температуре стенки сосуда в рабочих условиях.

4.9.6 Расчетную толщину стенки внутреннего сосуда в рабочих условиях определяют на основе допускаемого напряжения, рассчитанного с использованием механических свойств материала при расчетной температуре, в соответствии с приложениями А и Б.

4.9.7 Механические свойства, физические характеристики и допускаемые напряжения для некоторых марок легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов приведены в приложении В.

4.9.8 Испытания на прочность сосуда, спроектированного с учетом низкотемпературного упрочнения материала, необходимо проводить пробным давлением, которое вычисляют по формулам:

- при гидравлическом испытании:

$$p_{\text{пр}} = \max\left(1{,}25p\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]};\ p\right); \tag{1}$$

- при пневматическом испытании:

$$p_{\text{пр}} = \max\left(1{,}15p\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]};\ p\right), \tag{2}$$

где $\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]}$ — минимальное значение отношения допускаемых напряжений для материалов сосуда, нагруженных давлением (за исключением болтов и шпилек), при температуре 20 °С и при расчетной температуре.

4.9.9 При наличии вакуума в изоляционной полости испытания на прочность сосуда, спроектированного с учетом низкотемпературного упрочнения материала, необходимо проводить пробным давлением, которое вычисляют по формулам:

- при гидравлическом испытании:

$$p_{\text{пр}} = \max\left(1{,}25p\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]} - 0{,}1;\ p - 0{,}1\right); \tag{3}$$

- при пневматическом испытании:

$$p_{\text{пр}} = \max\left(1{,}15p\frac{\left[\sigma^{20}\right]}{\left[\sigma^{T}\right]} - 0{,}1;\ p - 0{,}1\right). \tag{4}$$

4.9.10 Расчетную толщину стенки внутреннего сосуда в условиях испытаний пробным давлением определяют путем использования допускаемого напряжения, рассчитанного для соответствующих условий испытаний по ГОСТ 34233.1.

4.9.11 Сосуд должен удовлетворять требованиям прочности в рабочих условиях и в условиях испытаний.

4.9.12 Избыточное давление в сосуде в промежуточных режимах работы, таких как захолаживание или отогрев, не должно превышать 0,7p».

Пункты 5.3.3 (второй абзац), 5.9.4 (первый абзац). Заменить слово: «устанавлены» на «установлены».

Стандарт дополнить приложениями А, Б, В:

«Приложение А
(обязательное)

Определение допускаемых напряжений для основного металла сосуда с учетом низкотемпературного упрочнения материала

А.1 Допускаемые напряжения для основного металла сосуда принимают как наименьшие из значений, вычисляемых по формулам в зависимости от материала:

- для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса:

$$\left[\sigma^T\right] = \min\left\{\left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_в^T}{n_в}\beta;\ \left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_{1,0}^T}{n_т}q\right\}\cdot\eta; \tag{А.1}$$

- для алюминиевых сплавов:

$$\left[\sigma^T\right] = \min\left\{\left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_в^T}{n_в}\beta;\ \left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_{0,2}^T}{n_т}q\right\}\cdot\eta. \tag{А.2}$$

А.2 Значения $\Delta\sigma_в^T, \Delta\sigma_{1,0}^T, \Delta\sigma_{0,2}^T$ вычисляют по формулам:

$$\Delta\sigma_в^T = \sigma_в^T - \sigma_в^{293}; \tag{А.3}$$

$$\Delta\sigma_{1,0}^T = \sigma_{1,0}^T - \sigma_{1,0}^{293}; \tag{А.4}$$

$$\Delta\sigma_{0,2}^T = \sigma_{0,2}^T - \sigma_{0,2}^{293}. \tag{А.5}$$

А.3 Параметры q и β вычисляют по формулам:

$$q = \frac{E^T\cdot\varepsilon_в^T\cdot\left(\sigma_{0,2}^T + \sigma_в^T\right)\cdot\left(\sigma_{0,2}^{293}\right)^2}{E^{293}\cdot\varepsilon_в^{293}\cdot\left(\sigma_{0,2}^{293} + \sigma_в^{293}\right)\cdot\left(\sigma_{0,2}^T\right)^2}, \tag{А.6}$$

$$\beta = \frac{E^T\cdot\varepsilon_в^T\cdot\left(\sigma_{0,2}^T + \sigma_в^T\right)\cdot\left(\sigma_в^{293}\right)^2}{E^{293}\cdot\varepsilon_в^{293}\cdot\left(\sigma_{0,2}^{293} + \sigma_в^{293}\right)\cdot\left(\sigma_в^T\right)^2}. \tag{А.7}$$

А.4 Для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса в случае, когда значение параметра q превышает 1, должно выполняться условие прочности:

$$\frac{\sigma_в^T}{\left[\sigma^T\right]} \geq n_в;\ \frac{\sigma_{0,2(1,0)}^T}{\left[\sigma^T\right]} \geq n_т. \tag{А.8}$$

А.5 Для алюминиевых сплавов максимальные значения параметров q и β не должны превышать 1.

А.6 Коэффициент запаса по пределу прочности $n_в$ и коэффициент запаса по пределу текучести $n_т$ в соответствии с таблицей А.1.

А.7 Значения механических свойств ($\sigma_в$, $\sigma_{0,2}$) и физических характеристик (E, $\varepsilon_в$), значения параметров q и β для некоторых марок легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов, допускаемые напряжения для основного металла некоторых марок легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов при криогенных температурах при $\eta = 1$ принимают в соответствии с приложением В.

Таблица А.1 — Коэффициенты запаса

Материал	Условия нагружения	Коэффициенты запаса	
		$n_в$	$n_т$
Легированные нержавеющие стали аустенитного класса	Рабочие условия	3	1,5
	Гидравлические испытания	—	1,1
	Пневматические испытания	—	1,2
Алюминиевые сплавы	Условия монтажа	—	1,1
* При отсутствии данных о пределе длительной прочности см. ГОСТ 34233.1.			

Приложение Б
(обязательное)

Определение допускаемых напряжений для сварных элементов сосуда с учетом низкотемпературного упрочнения материала

Б.1 Допускаемые напряжения для сварных элементов сосуда принимают как наименьшие из значений, вычисляемых по формулам в зависимости от материала:

- для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса:

$$\left[\sigma^T\right]_c = \min\left\{\left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_в^T}{n_в}\beta K^T; \left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_{1,0}^T}{n_т} qK^T\right\} \cdot \varphi; \quad (Б.1)$$

- для алюминиевых сплавов:

$$\left[\sigma^T\right]_c = \min\left\{\left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_в^T}{n_в}\beta K^T; \left[\sigma^{293}\right] + \frac{\Delta\sigma_{0,2}^T}{n_т} qK^T\right\} \cdot \varphi. \quad (Б.2)$$

Б.2 Значения $\Delta\sigma_в^T$, $\Delta\sigma_{1,0}^T$, $\Delta\sigma_{0,2}^T$, а также параметров q и β, коэффициента запаса по пределу прочности $n_в$ и коэффициента запаса по пределу текучести $n_т$ принимают согласно приложению А, поправочного коэффициента K^T — в соответствии с таблицей Б.1, коэффициента прочности сварного шва φ при температуре 293 К для легированных нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов — в соответствии с ГОСТ 34233.1.

Таблица Б.1 — Поправочный коэффициент K^T

Материал	Коэффициент K^T при температуре T, К				
	293	203	77	20	4
12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т	1,0	0,95	0,9	0,8	0,8
АМцС, АМг5	1,0	0,95	0,9	0,9	0,9
АМг6	1,0	1,00	1,0	0,9	0,9

Приложение В
(справочное)

Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения материалов ([σ]) при различных температурах

В.1 Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения ([σ]) для некоторых марок нержавеющих сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов, применяемых для изготовления сосудов, при $\eta = 1$ приведены в таблицах В.1 и В.2.

Таблица В.1 — Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения ([σ]) легированных нержавеющих сталей аустенитного класса

Материал	T, К	t, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{1,0}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	E, МПа	$\varepsilon_в$	q	β	$\Delta\sigma_{1,0}$, МПа	$\Delta\sigma_в$, МПа	[σ], МПа
12Х18Н10Т	293	20	240	276	540	200 000	0,32	1	1	0	0	184
	203	–70	274	304	804	200 000	0,22	0,73	0,43	28	264	198
	77	–196	335	370	1215	201 000	0,18	0,58	0,22	94	675	220
	20	–253	421	460	1215	206 000	0,16	0,35	0,21	184	675	227
	4	–269	421	460	1400	206 000	0,14	0,34	0,16	184	860	226
08Х18Н10Т	293	20	210	252	520	200 000	0,32	1,00	1,00	0	0	168
	203	–70	249	290	790	200 000	0,22	0,70	0,42	38	270	186
	77	–196	299	350	1194	201 000	0,18	0,57	0,22	98	674	205
	20	–253	376	440	1194	206 000	0,16	0,35	0,21	188	674	211
	4	–269	376	440	1376	206 000	0,14	0,34	0,15	188	856	210

Таблица В.2 — Механические свойства ($\sigma_{0,2}$, $\sigma_{1,0}$, $\sigma_в$), физические характеристики (E, $\varepsilon_в$) и допускаемые напряжения ([σ]) алюминиевых сплавов

Материал	T, К	t, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{1,0}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	E, МПа	$\varepsilon_в$	q	β	$\Delta\sigma_{0,2}$, МПа	$\Delta\sigma_в$, МПа	[σ], МПа
АМцС*	293	20	45	—	110	71 000	0,20	1,00	1,00	0	0	30
	203	–70	55	—	130	76 000	0,20	0,86	0,91	10	20	36
	77	–196	70	—	220	79 000	0,3	1,00	0,78	25	110	47
	20	–253	100	—	300	80 000	0,25	0,74	0,49	55	190	57
	4	–269	100	—	320	80 000	0,25	0,77	0,45	55	210	58
АМг5	293	20	110	—	260	71 000	0,15	1,00	1,00	0	0	73
	77	–196	150	—	370	79 000	0,20	1,00	1,00	40	110	100
АМг6	293	20	130	—	280	72 000	0,10	—	—	—	—	86
	77	–196	180	—	380	79 000	0,15	1,00	1,00	50	100	119
* Прокат отожженный толщиной до 20 мм.												

».

(ИУС № 9 2025 г.)

gost.e-ecolog.ru