ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71318.1— 2024

СИСТЕМЫ ХОЛОДИЛЬНЫЕ И ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

Оборудование, работающее под избыточным давлением

Часть 1

Сосуды. Общие требования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Российским союзом предприятий холодильной промышленности (Россоюзхолодпром) и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 271 «Холодильные установки»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 сентября 2024 г. № 1229-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений стандарта ДИН ЕН 14276-1:2020 «Оборудование под давлением для холодильных систем и тепловых насосов. Часть 1. Сосуды. Общие требования» (DIN EN 14276-1:2020 «Druckgeräte für Kälteanlagen und Wärmepumpen — Teil 1: Behälter — Allgemeine Anforderungen», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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 3
3.1 Термины и определения 3
3.2 Сокращения 5
4 Материалы 7
4.1 Общие положения 7
4.2 Требования к материалам, используемым для частей, находящихся под давлением 7
4.3 Требования к материалам 7
4.4 Требования по предотвращению хрупкого разрушения 8
4.5 Документация на материалы 8
4.6 Материалы для частей оборудования, не находящихся под давлением 9
5 Классификация сосудов под давлением 9
5.1 Категория сосудов 9
5.2 Классификация рабочих сред 9
6 Проектирование 10
6.1 Общие положения 10
6.2 Коррозия и защита от коррозии 10
6.3 Коррозионное растрескивание под напряжением 11
6.4 Нагрузка 11
6.5 Максимально допустимое давление PS 11
6.6 Проектное давление P_d 11
6.7 Расчетное давление P или P_c 11
6.8 Проектная температура t_d 11
6.9 Минимальная температура материала 11
6.10 Расчетная температура t_c 12
6.11 Коэффициент соединения сварных швов 12
6.12 Расчетное напряжение 14
6.13 Дверки и люки для доступа и осмотра, устройства для подачи и дренажа, устройства для заправки и извлечения хладагента, приспособления для перемещения и обслуживания . . 14
6.14 Методы проектирования 14
7 Производство 19
7.1 Прослеживаемость материалов 19
7.2 Производственные допуски 19
7.3 Неразъемные соединения 19
7.4 Формование деталей 21
7.5 Внутренняя чистота 22
7.6 Ремонт/модернизация 22
8 Испытания и проверки 22
8.1 Проведение проверок и испытаний 22
8.2 Проектная документация, рассмотрение и утверждение 22
8.3 Испытание типового образца 24
8.4 Калибровка 24
8.5 Материал 24

8.6 Производство 24
8.7 Неразрушающий и разрушающий контроль сварных и вальцовочных соединений 25
8.8 Паяные соединения 25
8.9 Приемка 25
8.10 Маркировка 26
8.11 Документация 26
Приложение А (обязательное) Система группирования материалов 29
Приложение Б (справочное) *DN*-система 31
Приложение В (обязательное) Требования по предотвращению хрупкого разрушения. Метод, основанный на различных случаях температурного напряжения 32
Приложение Г (обязательное) Аттестация и утверждение процедур пайки. 35
Приложение Д (обязательное) Соотношения между давлениями 41
Приложение Е (обязательное) Экспериментальные методы проектирования 42
Приложение Ж (обязательное) Аттестация процедур развальцовки и операторов развальцовки . . . 48
Приложение И (обязательное) Проведение испытаний давлением 52
Библиография 54

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМЫ ХОЛОДИЛЬНЫЕ И ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

Оборудование, работающее под избыточным давлением

Часть 1

Сосуды. Общие требования

Refrigeration systems and heat pumps. Pressure equipment. Part 1.Vessels. General requirements

Дата введения — 2025—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к материалам, конструкции, изготовлению, испытаниям и документации для стационарных сосудов под давлением, предназначенных для применения в холодильных системах и тепловых насосах, а также в технологических установках химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, газоперерабатывающей, нефтяной, газовой и других отраслях промышленности в соответствии с определениями, приведенными в ГОСТ 34891.1.

Примечание — В настоящем стандарте там, где применен термин «холодильная система», следует подразумевать, что речь идет также и о тепловых насосах.

Настоящий стандарт распространяется на сосуды, включая сварные и паяные соединения до фланцев включительно, резьбовые, сварные или паяные соединения до первой кромки, предназначенной для кольцевой сварки или пайки, для последующего соединения с трубопроводом или другими элементами холодильной системы.

Настоящий стандарт применим к сосудам под давлением с допустимым внутренним давлением до минус 1 бар, с учетом нагрузок, возникающих при вакуумировании сосуда перед заправкой хладагентом.

Сосуды под давлением, используемые в холодильных системах и тепловых насосах, должны соответствовать применимым для сосудов требованиям ГОСТ 34891.2, ГОСТ 34347 и [1].

Настоящий стандарт применим к сосудам, в которых основные части, находящиеся под давлением, изготовлены из металлов, соответствующих требованиям раздела 4 и приложения А.

Настоящий стандарт не распространяется на сосуды следующих типов:

- с клепаной конструкцией;
- многослойные, нагартованные или предварительно напряженные;
- непосредственно нагреваемые пламенем;
- теплообменники типа «ролл-бонд»;
- сосуды холодильных систем и тепловых насосов, изготовленные до введения в действие настоящего стандарта.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.2.233 (ISO 5149:1993) Система стандартов безопасности труда. Системы холодильные холодопроизводительностью свыше 3,0 кВт. Требования безопасности

Издание официальное

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

ГОСТ 2405 Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры. Общие технические условия

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

ГОСТ 6996 (ИСО 4136—89, ИСО 5173—81, ИСО 5177—81) Сварные соединения. Методы определения механических свойств

ГОСТ 12971 Таблички прямоугольные для машин и приборов. Размеры

ГОСТ 19248 (ИСО 3677—76) Припои. Классификация и обозначения

ГОСТ 24715 Соединения паяные. Методы контроля качества

ГОСТ 28338 (ИСО 6708—80) Соединения трубопроводов и арматура. Номинальные диаметры. Ряды

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

ГОСТ 34891.1—2022 (EN 378-1:2016) Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора

ГОСТ 34891.2—2022 (EN 378-2:2016) Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 2. Проектирование, конструкция, испытания, маркировка и документация

ГОСТ 34891.3 (EN 378-3:2016+A1:2020) Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 3. Размещение оборудования и защита персонала

ГОСТ 34891.4 (EN 378-4:2016+A1:2019) Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление

ГОСТ 34951 (EN 10020:2000) Сталь. Определение и классификация по химическому составу и классам качества

ГОСТ ЕН 1005-2 Безопасность машин. Физические возможности человека. Часть 2. Составляющая ручного труда при работе с машинами и механизмами

ГОСТ ISO 817 Хладагенты. Система обозначений

ГОСТ ISO 15609-3 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 3. Электронно-лучевая сварка

ГОСТ ISO/TR 15608 Сварка. Руководство по системе группирования металлических материалов

ГОСТ Р 52727 Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования

ГОСТ Р 58905/ISO/TR 25901-3:2016 Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 3. Сварочные процессы

ГОСТ Р ИСО 4063 Сварка и родственные процессы. Перечень и условные обозначения процессов

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

ГОСТ Р ИСО 7438 Материалы металлические. Испытание на изгиб

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

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

ГОСТ Р ИСО 14732 Персонал, выполняющий сварку. Аттестационные испытания сварщиков-операторов и наладчиков для полностью механизированной и автоматической сварки металлических материалов

ГОСТ Р ИСО 15607 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Общие правила

ГОСТ Р ИСО 15609-1 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 1. Дуговая сварка

ГОСТ Р ИСО 15611 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Аттестация, основанная на опыте ранее выполненной сварки

ГОСТ Р ИСО 15612 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Аттестация путем принятия стандартной процедуры сварки

ГОСТ Р ИСО 15614-1 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Проверка процедуры сварки. Часть 1. Дуговая и газовая сварка сталей и дуговая сварка никеля и никелевых сплавов

ГОСТ Р ИСО 15614-2 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Проверка процедуры сварки. Часть 2. Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов

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

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 34891.1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 Расчетные температурные напряжения

3.1.1.1 **min $t_{0\ 100}$:** Минимальная температура, при которой допускается использование частей, находящихся под давлением, при температурном напряжении до 100 % относительно расчетного напряжения при 20 °С.

Примечание — Такое напряжение также называют стандартным напряжением.

3.1.1.2 **min $t_{0\ 75}$:** Минимальная температура, при которой допускается использование частей, находящихся под давлением, при температурном напряжении, не превышающем 75 % относительно расчетного напряжения при 20 °С.

Примечание — Такое напряжение также называют пониженным напряжением.

3.1.1.3 **min $t_{0\ 50}$:** Минимальная температура, при которой допускается использование частей, находящихся под давлением, при температурном напряжении, не превышающем 50 % относительно расчетного напряжения при 20 °С.

Примечание — Такое напряжение также называют средним напряжением.

3.1.1.4 **min $t_{0\ 25}$:** Минимальная температура, при которой допускается использование частей, находящихся под давлением, при температурном напряжении, не превышающем 25 % относительно расчетного напряжения при 20 °С.

Примечание — Такое напряжение также называют низким напряжением.

3.1.2 **коррозия** (corrosion): Процесс разрушения металлов вследствие их химического, электрохимического или биохимического взаимодействия с окружающей средой.

Примечание — Например, окисление, эрозия, износ, истирание.

3.1.3 **максимально допустимая температура** (maximum allowable temperature): Максимальная температура, которая может возникнуть во время работы или остановки холодильной системы или во время проведения испытаний и которую используют при проектировании.

3.1.4 **минимально допустимая температура** (minimum allowable temperature): Минимальная температура, которая может возникнуть во время работы или остановки холодильной системы или во время проведения испытаний и которую используют при проектировании.

3.1.5 **основная часть, находящаяся под давлением** (main pressure bearing part): Компоненты сосуда, удерживающие давление, такие как обечайка, трубная решетка, днища сосуда, соединения или арматура.

3.1.6 **объем** (volume): Внутренний объем готового к эксплуатации сосуда или его части, включая объем патрубков до первого присоединения (фланец, муфта, место сварки или пайки).

Примечание — Не включает в себя объем присоединенной части.

3.1.7 **номинальный диаметр *DN*:** Параметр, применяемый для трубопроводных систем в качестве характеристики присоединяемых частей арматуры.

Примечания

1 Параметр, применяемый для трубопроводных систем и арматуры в качестве характеристики присоединяемых частей. Номинальный диаметр приблизительно равняется внутреннему диаметру присоединяемого трубопровода, выраженному в миллиметрах и соответствующему ближайшему значению из ряда чисел, принятых в установленном порядке, и указывается без обозначения размерности.

2 См. [1].

3.1.8 **теплообменник «ролл-бонд»** («roll bond» heat exchanger): Теплообменник, состоящий из двух пластин, соединенных сваркой с проходами для хладагента.

3.1.9 **максимальное рабочее давление** (maximum operating pressure): Избыточное давление, величина которого не должна быть превышена во время работы или остановки холодильной системы, при этом не учитываются пределы функционирования устройства ограничения давления согласно ГОСТ 12.2.233.

Примечания

1 В качестве источников подачи давления могут выступать: компрессор, источник тепла и т. д.

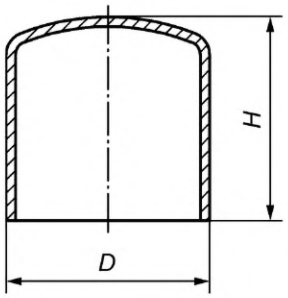
2 Данное давление определяет максимальные условия эксплуатации.

3.1.10 **максимальное давление покоя** (maximum standstill pressure): Максимальное давление, которое сосуд может выдержать без срабатывания каких-либо предохранительных устройств при неработающем источнике давления.

Примечание — Данное давление возникает при транспортировке, хранении или остановке генератора давления.

3.1.11 **глубокая штамповка** (deep drawing): Процесс формования штамповкой, когда отношение глубины к диаметру больше или равно 0,45.

Примечание — См. рисунок 1.



H — глубина; *D* — диаметр

Рисунок 1 — Глубокая штамповка

3.1.12 **ручная пайка** (manual brazing): Операция пайки, которую выполняют и контролируют вручную.

3.1.13 **полуавтоматическая пайка** (semi-automatic brazing): Операция пайки с использованием оборудования, которое управляет только подачей припоя.

Примечание — Продвижение пайки осуществляют вручную.

3.1.14 **машинная пайка** (machine brazing): Операция с использованием оборудования, выполняющего пайку, под контролем оператора пайки.

3.1.15 **автоматическая пайка** (automatic brazing): Операция с использованием оборудования, выполняющего пайку, без постоянного наблюдения и регулировки со стороны оператора пайки.

3.1.16 **паяльщик** (brazer): Рабочий, выполняющий ручную или полуавтоматическую операцию пайки.

3.1.17 **оператор (пайки, сварки)** (brazing or welding operator): Рабочий, контролирующий процесс и управляющий машинной и автоматической пайкой или сваркой.

3.1.18 **полуавтоматическая развальцовка** (semiautomatic expansion): Расширение трубы с использованием оборудования, выполняющего операцию развальцовки, при которой оператор вручную подает оборудование внутрь трубы.

3.1.19 **машинная развальцовка** (machine expansion): Расширение трубы с использованием оборудования, выполняющего операцию развальцовки под контролем оператора.

3.1.20 **автоматическая развальцовка** (automatic expansion): Расширение трубы с использованием оборудования, выполняющего операцию развальцовки без наблюдения и регулировки со стороны оператора.

3.1.21 **оператор (развальцовки)** (expansion operator): Рабочий, осуществляющий операцию развальцовки.

3.1.22 **прокатка** (rolling): Холодное формование труб с помощью инструмента, снабженного несколькими вращающимися валками.

3.1.23 **технические требования к процедуре пайки *BPS*** (specification of brazing procedures): Рабочая документация, содержащая описание или цифровые данные, касающиеся требований к осуществлению процедуры пайки деталей, паяному соединению для их последующего требуемого использования.

3.1.24 **технические требования к процедуре развальцовки *EPS*** (specification of expansion procedures): Рабочая документация, содержащая описание или цифровые данные, касающиеся требований к осуществлению процедуры развальцовки деталей, соединению развальцовкой для их последующего требуемого использования.

3.1.25 **холодильная система:** Совокупность содержащих хладагент и сообщающихся между собой частей, образующих один закрытый холодильный контур для циркуляции хладагента с целью подвода и отвода тепла.

3.1.26 **сосуды, работающие под давлением:** Любая часть холодильной системы, содержащая холодильный агент, за исключением:

- компрессоров;
- насосов;
- составных частей изолированной абсорбционной системы;
- испарителей, у которых каждая содержащая хладагент секция имеет объем не более 15 литров;
- теплообменных змеевиков и секций;
- трубопроводов, клапанов, соединений и фланцев;
- регулирующих устройств;
- коллекторов и других составных частей с внутренним диаметром не более 152 мм и внутренним полезным объемом не более 100 литров.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

A — удлинение после разрыва, %;

A_t — усиленный фрагмент со стороны трубы, мм^2;

A_v — усиленный фрагмент со стороны трубной решетки, мм^2;

A_W — эффективная площадь развальцованного соединения, мм^2;

BPS — технические требования к процедуре пайки;

c — допуск на коррозию, мм;

C — зазор соединения;

D — диаметр, мм;

DBA — проектирование путем анализа данных;

DBF — проектирование путем расчета по формулам;

D_e — внешний диаметр обечайки или трубы, мм;

d_e — внешний диаметр патрубка, мм;

D_s — внутренний диаметр обечайки, мм;

D_i — внутренний диаметр трубы, мм;

d_i — внутренний диаметр патрубка, мм;

DN — номинальный диаметр;

D_s — внутренний диаметр обечайки (применимо только в кожухотрубных теплообменниках), мм;

d_{tube} — номинальный наружный диаметр трубы (для трубных решеток), мм;

e — толщина, мм;

e_{act} — фактическая толщина, мм;

e_b — размер паяного соединения между трубой и трубной решеткой, мм;

e_n — номинальная толщина, мм;

EPS — технические требования к процедуре развальцовки;

E_{tube} — упругость материала труб при расчетной температуре, МПа;

EV — существенные переменные процедуры пайки;

e_w — размер сварного шва между трубой и трубной решеткой, мм;

f — номинальное расчетное напряжение при расчетной температуре, МПа;

f_{ttest} — номинальное расчетное напряжение при заданной температуре испытания t, МПа;

f_{tube} — номинальное расчетное напряжение материала трубы при расчетной температуре t, МПа;

F_{tube} — усилие со стороны трубы, Н;

H — глубина, мм;

K — коэффициент безопасности;

l — фактическая длина круга;

L_k — неподдерживаемая длина трубы, мм;

NEV — несущественные переменные процедуры пайки;

N_{tube} — количество труб кожухотрубного теплообменника;

p — шаг трубы для трубной решетки, мм;

P (max) — максимальное проектное давление, МПа или бар;

P_c — расчетное давление, МПа или бар;

P_d — проектное давление, МПа или бар;

PS — максимально допустимое давление, МПа или бар;

P_{test} — испытательное давление, МПа или бар;

P_{tube} — расчетное давление со стороны трубы, МПа или бар;

P_v — расчетное давление на стороне обечайки, МПа или бар;

Q — коэффициент нагрузки;

Q_t — внутренняя сила в трубе, воздействующая на стенку трубы, Н;

Q_V — сила, воздействующая на трубу со стороны трубной решетки, Н;

R_{eH} — предел текучести, МПа;

R_m — предел прочности, МПа;

$R_{m\ avg}$ — среднее значение предела прочности для нескольких испытанных образцов, МПа;

$R_{m\ max}$ — максимальный предел прочности, МПа;

$R_{m\ min}$ — минимальный предел прочности, МПа;

$R_{m,tube}$ — предел прочности трубы;

$R_{m/t}$ — предел прочности при заданной температуре t, МПа;

$R_{m/ttest}$ — предел прочности при температуре испытания, МПа;

$R_{p\ avg}$ — среднее значение предела прочности, полученное при проведении испытаний нескольких образцов, МПа;

$R_{p0,2}$ — 0,2 % запаса прочности, МПа;
$R_{p0,2/t}$ — 0,2 % запаса прочности при заданной температуре t, МПа;
$R_{p0,2/ttest}$ — 0,2 % запаса прочности при температуре испытания t, МПа;
$R_{p1,0}$ — 1,0 % запаса прочности, МПа;
$R_{p1,0/t}$ — 1,0 % запаса прочности при температуре t, МПа;
$Rp_{1,0/ttest}$ — 1,0 % запаса прочности при температуре испытания t, МПа;
S_0 — базовая площадь поперечного сечения, мм^2;
t_c — расчетная температура, °С;
t_d — проектная температура, °С;
t_{ha} — температура теплоотводящей среды, °С;
t_{he} — температура среды, подводящей теплоту, °С;
z — коэффициент соединения сварных швов;
a — коэффициент линейного теплового расширения;
δ_e — отрицательный допуск толщины стенки, мм;
V — коэффициент Пуассона;
$\tau_{b,max}$ — максимально допустимая прочность на сдвиг припоя, по умолчанию равная 100 МПа;
μ — базовая эффективность связок трубной решетки;
ВД — высокое давление;
НД — низкое давление.

4 Материалы

4.1 Общие положения

Разрешается использовать неметаллические материалы (например, прокладки, покрытия, изоляционные материалы, смотровые стекла) при условии, что они совместимы с другими используемыми материалами, хладагентами и смазками.

4.2 Требования к материалам, используемым для частей, находящихся под давлением

Материал должен быть пригоден для предполагаемого диапазона температуры и давления в сочетании с хладагентом, смазкой (если применимо) и другими средами, присутствующими в системе.

Если необходимо использовать материал, не указанный в настоящем стандарте, следует учитывать соответствующие требования к холодильным установкам или их частям.

4.3 Требования к материалам

4.3.1 Общие положения

Сосуды, изготовленные из материалов, указанных ниже, удовлетворяют требованиям настоящего стандарта к оборудованию и его частям, находящимся под давлением и требованиям ГОСТ 34347.

4.3.1.1 Если механические свойства могут быть изменены в процессе изготовления сосуда, материал следует выбирать из групп материалов, определенных в приложении А:

- группы стали: 1.1, 1.2, 8.1 в соответствии с приложением А;
- группы алюминия и алюминиевых сплавов: 21, 22;
- группы меди: от 31 до 35;
- трубчатые изделия для поверхностей теплообмена или для соединений с *DN*, не превышающим 50, могут быть изготовлены из титана;
- титан.

При выборе материалов также следует руководствоваться [2] и ГОСТ 34347.

4.3.1.2 Для глубокой штамповки следует использовать стали со свойствами минимального удлинения 14 % при формовании и возможной последующей термообработке при измерениях, проведенных в соответствии с 4.3.3.3.

4.3.1.3 Зависимость между *DN* по ГОСТ 28338 и внешним диаметром трубы, когда стандарт на материал не дает данной информации, приведена в приложении Б.

4.3.2 Плакировка

Металлы для последующей плакировки следует выбирать из групп сталей, перечисленных в 4.3.1.1. Плакировочные материалы могут быть выбраны из других групп материалов.

4.3.3 Специальные положения

4.3.3.1 Для марок стали, если изготовитель сосуда считает, что существует риск разрыва пластин из-за конструкции соединения и нагрузки, следует проводить ультразвуковой контроль в местах стыка. Ультразвуковой контроль следует проводить по всей длине шва, при этом общая ширина контролируемой поверхности должна составлять не менее пятикратной ширины шва.

4.3.3.2 Минимальные значения относительного удлинения до разрыва A, установленные для расчетной длины $L_0 = 5{,}65\sqrt{S_0}$ составляют:

- сталь в поперечном направлении — 14 %;
- сталь в продольном направлении — 16 %;
- алюминий и алюминиевые сплавы — 14 %;
- медь и медные сплавы (прокат) — 14 %;
- медные сплавы (после литья) — 12 %;
- титан — 14 %.

Если поставляется труба из меди или медных сплавов, у которых значения удлинений ниже значений, приведенных выше, их использование ограничивают до следующих значений:

- при $PS \cdot DN$ не более 50 000 бар, $A > 5$ %;
- при $PS \cdot DN$ не более 10 000 бар, 3 % ≤ A ≤ 5 %.

4.3.3.3 При расчетной длине, отличной от $L_0 = 5{,}65\sqrt{S_0}$, и для непропорциональной расчетной длины для определения минимального значения удлинения после разрушения применяют требования ГОСТ 1497.

4.3.3.4 Для стали, алюминия, меди, медных сплавов, титана и других материалов механическую прочность следует узнавать в соответствующих стандартах на материалы.

Значения, указанные для комнатной температуры, допускается применять для температуры, не превышающей 50 °С.

4.4 Требования по предотвращению хрупкого разрушения

4.4.1 Общие положения

Для сосудов под давлением допустимое напряжение при минимально допустимой температуре установлено в приложениях В и Г.

Приложение В составлено с учетом того, что из-за физических условий во время фазового перехода в холодильных системах давление в части сосуда, содержащей хладагент, падает при снижении температуры хладагента. Таким образом, при более низких температурах напряжения, вызванные давлением хладагента, всегда ниже, чем напряжения при расчетном давлении. См. таблицы ГОСТ 34891.2 и рисунок В.1.

В случае рабочих сред без фазового перехода (рассол) давление не изменяется при низких температурах, поэтому допустимые напряжения составных частей определяют с применением более высоких коэффициентов безопасности.

4.4.2 Требования к материалам

Для сталей, перечисленных в 4.3.1.1, температуру и допустимые напряжения определяют в соответствии с приложением В.

Медь, медные сплавы (за исключением сплавов групп 32.2 и 35), алюминий, алюминиевые сплавы и титан не подвержены хрупкому разрушению при низких температурах и не требуют специальных условий для их применения до минимально допустимой температуры минус 196 °С.

4.5 Документация на материалы

Документация на материалы основных частей сосудов, находящихся под давлением, документ, подтверждающий соответствие и/или протокол испытаний.

Присадочные материалы и припои, используемые для сварки и пайки, должны поставляться с сертификатом, подтверждающим марку материала.

4.6 Материалы для частей оборудования, не находящихся под давлением

Изготовителю сосуда следует выбирать материалы для частей, не находящихся под давлением, таких как монтажные скобы, опоры и т. д., которые неразъемно соединены с частями сосуда, а также расходные материалы для сварки и пайки для недопущения нежелательного воздействия на материал сосуда, к которому они прикреплены. Материалы следует поставлять в соответствии со спецификациями, содержащими как минимум информацию о химическом составе и свойствах при растяжении. Изготовитель сосуда должен указать свойства сопротивления ударным нагрузкам, если это требуется по условиям проектирования. Все материалы должны быть совместимы с материалами, с которыми они соединены.

5 Классификация сосудов под давлением

5.1 Категория сосудов

Сосуды под давлением подразделяют на четыре категории в соответствии со следующими положениями [1]:

а) произведение максимально допустимого давления на объем;

б) классификации рабочей среды согласно 5.2;

в) агрегатного состояния рабочей среды:

1) газы, сжиженные газы, газы, растворенные под давлением, и те жидкости, давление паров которых при максимально допустимой температуре превышает 0,5 бар;

2) жидкости, давление паров которых при максимально допустимой температуре не превышает 0,5 бар.

В настоящем стандарте части оборудования, содержащие хладагент, рассматриваются как газовый контур.

5.2 Классификация рабочих сред

Все рабочие среды классифицируют в соответствии с требованиями безопасности:

- группа 1 (опасные рабочие среды): рабочие среды, по крайней мере, с одним из следующих признаков опасности, как определено в таблице 1.

Таблица 1 — Опасные рабочие среды

Класс опасности	Обозначение
Нестабильные взрывчатые вещества или взрывчатые вещества подкатегорий 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 и 1.5	H200, H201, H202, H203, H204, H205
Горючие газы, категории 1 и 2, включая нестабильные газы	H220, H221, H230, H231
Окисляющие газы категории 1	H270
Легковоспламеняющиеся жидкости категории 1 и 2	H 224, H225
Легковоспламеняющиеся жидкости категории 3, где максимально допустимая температура превышает температуру воспламенения	H226, где предельно допустимая температура превышает температуру воспламенения
Легковоспламеняющиеся твердые вещества 1 и 2 категории	H228
Самореактивные вещества и смеси, типы от A до F Органические пероксиды типов от A до F	H240, H241, H242
Пирофорные жидкости, категория 1 Пирофорные твердые вещества, категория 1	H250
Вещества и смеси, которые при контакте с водой выделяют легковоспламеняющиеся газы, категория 1, 2 и 3	H260, H261
Окиляющие жидкости, категории 1, 2 и 3 Окисляющие твердые вещества, категории 1, 2 и 3	H271, H272

Окончание таблицы 1

Класс опасности	Обозначение
Острая оральная токсичность: категория 1 и 2	H300
Острая кожная токсичность: категория 1 и 2	H310
Острая ингаляционная токсичность: 1, 2 и 3 категории	H330, H331
3.8 — специфическая токсичность на орган-мишень — однократное воздействие: категория 1	H370
Вещества и смеси с предельно допустимой температурой, превышающей температуру воспламенения рабочей среды.	

- группа 2 (неопасные рабочие среды): рабочие среды, не отнесенные к группе 1.

Примечание — ГОСТ 34891.1—2022, приложение Е предоставляет информацию о свойствах хладагентов по группам опасности и сведения об их свойствах (группа 1 или группа 2).

6 Проектирование

6.1 Общие положения

Требования настоящего раздела распространяются на сосуды под давлением, изготовленные из материалов, указанных в разделе 4. Части оборудования, находящиеся под давлением, должны выдерживать проектное давление P_d при проектной температуре t_d. Отклонения от проектной документации при изготовлении (производстве) оборудования согласовывают с разработчиком (проектировщиком).

Оборудование должно быть безопасным в течение всего срока службы при выполнении потребителем мер по обеспечению его безопасности, установленных в технической документации. Методы проведения неразрушающего контроля и его объем определяются разработчиком проекта (конструкции) оборудования исходя из необходимости более точного и полного выявления недопустимых дефектов с учетом свойств материалов и указываются в проектной (конструкторской) документации оборудования.

6.2 Коррозия и защита от коррозии

6.2.1 Общие положения

Значения допуска на коррозию, установленные ниже, применимы при условии, что сосуд обслуживают в соответствии с требованиями ГОСТ 34891.4. Если холодильную систему обслуживают в соответствии с другими требованиями, могут быть применены другие допустимые значения, указанные в документации на сосуд.

6.2.2 Внутренняя коррозия

Материал, контактирующий с хладагентами, должен быть подобран таким образом, чтобы внутренняя коррозия была незначительна, при этом допуск на коррозию принимают равным 0 мм. Изготовитель может выбрать другие значения (отличные от нуля).

6.2.3 Внешняя коррозия

Допуски на внешнюю коррозию должны составлять:

- 0 мм для частей оборудования, находящихся под давлением, если соответствующее защитное покрытие (краска, оцинковка, пароизоляция, антикоррозийное покрытие и т. д.) нанесено на внешнюю поверхность, контактирующую с окружающей средой, и если защитное покрытие поддерживают должным образом в течение срока службы оборудования и проверяют в соответствии с ГОСТ 34891.2—2022 (приложения D и G);

- не менее 1 мм, если части, находящиеся под давлением, не имеют защитного покрытия в течение срока службы, как указано выше;

- как определено сторонами в момент заключения договора на поставку.

Низкие температуры, связанные с работой испарителей, сосудов, а также частей оборудования, работающих на «стороне низкого давления» холодильной системы, могут привести к образованию конденсата на охлажденных поверхностях. К данным сосудам следует применить дополнительные меры по проверке состояния защитных покрытий во избежание образования коррозии на поверхности.

6.2.4 Информация о допустимых значениях на коррозию

Величину допустимого значения на коррозию следует указать в документации на сосуд.

6.3 Коррозионное растрескивание под напряжением

Сосуды под давлением, контактирующие с хладагентами, не должны быть подвержены коррозионному растрескиванию под напряжением.

Для сосудов, работающих на аммиаке, коррозионное растрескивание под напряжением не происходит, если сосуды изготовлены из сталей с пределом текучести R_{eH}, не превышающим 360 МПа, а холодильную систему проектируют, эксплуатируют и обслуживают в соответствии с ГОСТ 34891.1, ГОСТ 34891.2, ГОСТ 34891.3, ГОСТ 34891.4.

Если предел текучести превышает 360 МПа, то следует применить меры по снятию напряжения на основе действующих стандартов.

Примечание — ГОСТ 34891.2—2022 (приложение Н) содержит дополнительные рекомендации по коррозионному растрескиванию под напряжением.

6.4 Нагрузка

Для стальных сосудов следует применять требования ГОСТ 34347.

6.5 Максимально допустимое давление *PS*

Давления, определенные в соответствии с ГОСТ 34891.2—2022 (пункт 6.2.2), являются минимальными значениями максимально допустимого давления *PS* для частей холодильной системы, содержащих хладагент.

Максимально допустимое давление *PS* не должно быть превышено, кроме как в течение короткого промежутка времени, необходимого для срабатывания предохранительного устройства, при этом значение давления не должно превысить $1{,}1 \cdot PS$. Значение *PS* следует определять с учетом уровня защиты сосуда или сборки. Приложение Д устанавливает взаимосвязь между различными давлениями, возникающими в холодильных системах или тепловых насосах.

6.6 Проектное давление P_d

Проектное давление должно быть не менее *PS*.

Сосуд, содержащий хладагент, и теплообменник с хладагентом должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдерживать отрицательное давление минус 1 бар (вакуум внутри с атмосферным давлением снаружи), которое может возникнуть во время заправки хладагентом или его извлечения.

Там, где применимо, допускается использовать опыт аналогичного проектирования.

При проведении расчетов используют следующие параметры:

- давление вакуумирования;
- температура: комнатная температура;
- коэффициент соединения сварных швов $z = 1$.

6.7 Расчетное давление *P* или P_c

Используемое расчетное давление *P* или P_c следует основывать на наиболее жестких сочетаниях давления и температуры. Расчет следует основывать на максимально возможном перепаде давления между двумя сторонами части, находящейся под давлением.

6.8 Проектная температура t_d

Проектная температура частей, содержащих хладагент под давлением, должна быть не ниже температуры рабочей среды, установленной в ГОСТ 34891.2—2022 (пункт 6.2.2).

Локальные высокие температуры (например, перегретый хладагент) следует учитывать при проведении расчетов.

6.9 Минимальная температура материала

Минимальная температура материала — это минимальная температура, которая может возникнуть во время работы или в условиях простоя. Данную температуру следует использовать при выборе

материалов, чтобы избежать хрупкого разрушения. Минимальная температура материала не может превышать 20 °С.

Локальные низкие температуры, связанные с быстрой заправкой сосуда хладагентом или их смесями (расширение среды в вакууме), следует учитывать при проведении расчетов для соответствующих локальных мест сосуда.

Примечание — Таким локальным местом может быть, например, соединение для заправки хладагента.

Для локальных мест следует применять требования приложения В при минимальной низкой температуре (см. 4.4).

6.10 Расчетная температура t_c

6.10.1 Общие положения

Расчетную температуру t_c применяют для определения соответствующего расчетного напряжения для выбранного материала.

6.10.2 Сосуд без нагревателя

Расчетную температуру, если она не получена с помощью проведения испытаний и соответствующих измерений, следует определять следующим образом:

- если температура рабочей среды не превышает 50 °С, расчетную температуру принимают равной температуре рабочей среды;
- если температура рабочей среды превышает 50 °С, расчетную температуру принимают равной значениям из таблицы 2.

Таблица 2 — Расчетная температура для сосудов без нагревателя

Расчетная температура t_c, °С		Теплоноситель		
		Газ или пар	Рабочая среда (кипящая или нет)	
			перетекает	находится в стационарном состоянии
Теплоноситель	Газ или пар	$\max\left(\frac{t_{ha}+t_{he}}{2},50\right)$	max (t_{ha}, 50)	max (t_{he}, 50)
	Жидкость (кипящая или нет)	max (t_{he}, 50)	$\max\left(\frac{t_{ha}+t_{he}}{2},50\right)$	max (t_{he}, 50)

Расчет прочности патрубков или усилений отверстий следует выполнять с учетом данных о локальных колебаниях температуры.

Если одна сторона сосуда подвергается воздействию комнатной температуре, расчетную температуру принимают равной t_{he}.

Для стен с односторонней изоляцией среднее значение температуры стенки можно считать таким же, как и значение у неизолированной стороны.

6.10.3 Сосуд с нагревателем

Если сосуд оборудован нагревателем, расчетную температуру следует определить испытанием или принять равной температуре, определенной в 6.10.2.

Изготовителю при выборе нагревателя следует количественно оценить риск перегрева рабочей среды или материала и принять соответствующие меры для снижения данного риска, например путем установки предохранительных устройств и/или размещения соответствующих предупредительных знаков и/или разработки соответствующих инструкций в документацию.

6.11 Коэффициент соединения сварных швов

Для расчета требуемой толщины сварных соединений важных компонентов (например, цилиндров, конусов и сфер) формулы содержат коэффициент соединения сварных швов z.

Примерами сварных соединений для z являются:

- продольные или винтовые швы цилиндрической обечайки;
- продольные швы конической обечайки;

- любой основной сварной шов в днище или сферическом сосуде;
- основные сварные швы в днище, изготовленном из двух и более деталей.

К сварным соединениям для *z* не относятся следующие сварные соединения:

- окружной сварной шов (кольцевой) между цилиндрической или конической обечайкой и фланцем или заглушкой, кроме полусферической;
- сварные швы крепления патрубков к обечайкам;
- сварные швы, подвергающиеся исключительно сжимающим напряжениям.

Примечание — Кольцевые соединения могут стать основными из-за внешних нагрузок.

Для различных вариантов нормальной рабочей нагрузки значение *z* приведено в таблице 3.

Если проводят испытания, группа испытаний основных сварных соединений обечайки определяет минимальную группу испытаний для всех сварных швов, включая сварные швы днища.

Таблица 3 — Группы испытаний

Коэффициент соединения сварных швов	Группы испытаний[1)]	Разрешенный материал. Группа стали	Максимальная толщина по категории материала, мм		Сварочный процесс	Диапазон рабочих температур, °С	Группы рабочей среды	Объем визуального контроля	Объем неразрушающего контроля, кроме визуального контроля, основных сварных соединений
			Группа стали 1.1/8.1	Группа стали 1.2					
1	1b	1.1/1.2/8.1	Не ограничен[2)]	Не ограничен[2)]	Не ограничен[2)]	Не ограничен[2)]	1/2	100 %	100 %
1	2b	1.1/1.2/8.1	≤ 50	≤ 30	Только полностью механическая сварка[3)]	Не ограничен[2)]	1/2	100 %	100—10 %[4), 5)]
0,85	3b	1.1/1.2/8.1	≤ 50	≤ 30	Не ограничен[2)]	Не ограничен[2)]	1/2	100 %	10 %
0,7	4	1.1/1.2/8.1	≤ 16	≤ 12	Не ограничен[2)]	50 — 200	1/2	100 %	0 %

[1)] Определение групп испытаний. Все группы испытаний требуют визуального осмотра.

[2)] «Не ограничен» означает отсутствие дополнительных ограничений при испытаниях. Ограничения, указанные в таблице, являются ограничениями, налагаемыми испытаниями. Другие ограничения (такие, как конструкция, ограничения по материалам) также должны быть приняты во внимание.

[3)] Полностью механизированный и/или автоматический процесс сварки, при котором по крайней мере головка сварочного агрегата, а также подача сварочных расходных материалов механизированы.

[4)] Первая цифра применяется изначально, вторая цифра применяется после испытания. Процент относится к проценту сварных швов каждого отдельного сосуда.

[5)] Объем неразрушающего контроля, отличный от визуального контроля, может быть заменен разрушающим контролем для группы 2b.

Для материалов, отличных от стали группы 1.1, 1.2 или 8.1, следует использовать применимые требования.

Объем неразрушающего контроля и применимые методы контроля стальных сварных соединений, кроме визуального, установлены в 8.7.

При оценке исключительных ситуаций, например, вакуум минус 1 бар, коэффициент соединения сварных швов для расчетов не требуется.

При расчетах по формулам для других неразъемных соединений, полученных не с помощью сварки, значение *z* принимают равным 1.

При отсутствии важных сварных соединений применяют группу испытаний 4 со значением z, равным 1,0 для целей расчета.

6.12 Расчетное напряжение

6.12.1 Величина расчетного напряжения должна учитывать условия проектирования и испытаний.

Показатели предела текучести и предела прочности на растяжение должны соответствовать применяемым материалам, а также соответствовать значениям, указанным в проектной документации.

6.12.2 Для цветных металлов, используемых в сварных или паяных конструкциях, расчетные напряжения не должны превышать значений, указанных для отожженного материала при расчетной температуре.

6.12.3 Для металлов и сплавов значение, полученное при (23 ± 5) °С допускается использовать для температур, не превышающих 50 °С. Если металлическая часть после сварки или пайки дает более низкие значения прочности, то следует использовать эти полученные значения.

6.12.4 Для меди группы 31-32-33-34-35 номинальное расчетное напряжение f рассчитывают по пределу прочности $R_{m/t}$ с коэффициентом безопасности 3,5 или по запасу прочности 0,2 % ($R_{p0,2/t}$) или 1,0 % запасу прочности ($R_{p1,0/t}$) с коэффициентом безопасности 1,5. Для расчетов сосудов под давлением, изготовленных из ковких медных сплавов, вместо запаса прочности 0,2 % ($R_{p0,2/t}$) можно использовать запас прочности 1,0 % ($R_{p1,0/t}$), если отношение запаса прочности 0,2 % к пределу прочности при растяжении не превышает 0,5 и удлинение после разрыва A в поперечном направлении составляет не менее 25 % или не менее 27 % в продольном направлении.

6.13 Дверки и люки для доступа и осмотра, устройства для подачи и дренажа, устройства для заправки и извлечения хладагента, приспособления для перемещения и обслуживания

6.13.1 Неагрессивные рабочие среды

Если рабочие среды являются неагрессивными, никакие особые условия для доступа, а также смотровые стекла не требуется, за исключением соединений, располагаемых на сосудах.

6.13.2 Агрессивные среды

Если рабочие среды являются агрессивными, изготовитель оборудования должен разработать процедуру технического осмотра в соответствии с действующими стандартами и другой документации, устанавливающей требования.

6.13.3 Подача и дренаж

Конструкция сосуда должна обеспечивать достаточную подачу испытательной среды во время гидравлического испытания и ее слив после проведения испытания.

6.13.4 Обеспечение заправки и извлечения хладагента

Для предотвращения риска выброса хладагента применяют требования ГОСТ 34891.2, ГОСТ 34891.3 и ГОСТ 34891.4 во время заправки холодильной системы или извлечения хладагента из нее.

Если сосуд можно использовать для хранения хладагента, документация должна содержать значение максимального уровня хладагента и применение предохранительных устройств.

6.13.5 Приспособления для перемещения

Когда масса сосуда превышает 25 кг, сосуд должен быть оборудован приспособлениями для перемещения или изготовитель должен указать порядок действий при перемещении (см. ГОСТ ЕН 1005-2).

То же требование относится к частям или компонентам, которые могут быть отсоединены во время обслуживания и ремонта.

6.14 Методы проектирования

6.14.1 Общие положения

Основным методом проектирования является метод проектирования путем расчета по формулам *DBF*. Кроме того, для дополнения или замены *DBF* можно использовать два других метода:

а) проектирование путем анализа данных *DBA*;

б) экспериментальные методы: правила установлены в приложении Е.

6.14.2 Расчет по формулам *DBF*

6.14.2.1 Неподвижная трубная решетка с неравномерной перфорацией

Ниже установлены методы расчета для плоских трубных решеток кожухотрубных сосудов, в которых трубная решетка не имеет однородной перфорации в круглой области, где учтены нагрузки, вызванные только давлением. Следует обратить внимание на возможные термические напряжения, вы-

званные разницей температур между пластиной и другими элементами (обечайкой и теплообменными трубками).

Минимальную толщину e тех частей плоской пластины, которая поддерживает трубную решетку, следует определять по формулам:

$$e = C_1 \cdot d_2 \cdot \sqrt{\frac{P}{f \cdot \mu}}, \quad (1)$$

где C_1 — константа, зависящая от способа крепления относительно обечайки и трубной решетки:

1) пластина, вставляемая внутрь обечайки:

- сварка с двух сторон, C_1 = 0,35,
- сварка с одной стороны C_1 = 0,45

2) пластина, приваренная к обечайке:

- сварная с 2-х сторон C_1 = 0,40,
- приваривается с 1 стороны C_1 = 0,50;

d_2 — наибольший диаметр круга, который можно расположить в рассматриваемой области;

$$\mu = \frac{p - d_t}{p}. \quad (2)$$

Общая конструкция должна предотвращать выпадение трубы из трубной решетки во время проведения испытаний и в нормальных условиях эксплуатации. Расчет сил, воздействующих на трубу Q_v и Q_t основан на усиленных областях A_v и A_t, применительно к одной трубе.

Для полностью перфорированной части трубной решетки усиленные зоны A_v и A_t обозначены штриховкой на рисунке 2.

Для краев трубной решетки (неперфорированной области) прочность можно принять в 50 % от непосредственно примыкающей стенки сосуда.

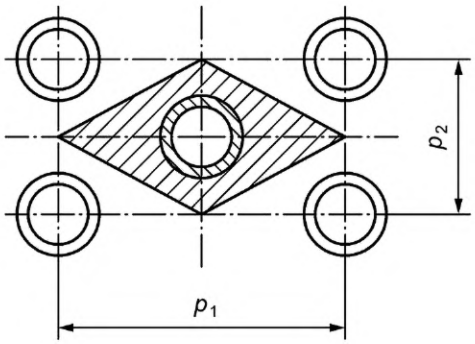


Рисунок 2 — Часть трубной решетки

$$Q_v = P \cdot A_v; \quad (3)$$

$$Q_t = P \cdot A_t; \quad (4)$$

для треугольного рисунка перфорации трубной решетки:

$$A_v = p^2 \cdot \cos 30° - \pi \cdot \frac{d_t^2}{4}; \quad (5)$$

$$A_t = p^2 \cdot \cos 30° - \pi \cdot \frac{d_i^2}{4}. \quad (6)$$

а) Если труба развальцована внутри трубной решетки, отношение коэффициента нагрузки Q к опорной площади F_w не должно превышать значения e, рассчитываемого по формуле (1). См. также таблицу 4.

Таблица 4 — Допустимая прочность трубы, развальцованной в трубную решетку

Тип развальцованного соединения	Максимум (Q_v/A_v; Q_t/A_t)
Отверстие без канавок внутри трубной решетки	150 МПа
Отверстие с канавками внутри трубной решетки	300 МПа

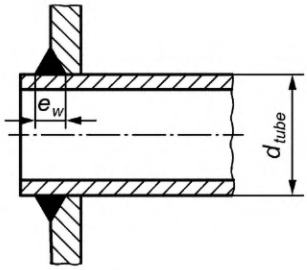
Длина развальцовки $l_{t,x}$ должна быть не менее 12 мм и для целей определения эффективной площади A_w не должна превышать 40 мм.

Эффективную площадь A_w рассчитывают по формуле

$$A_w = \max[0{,}1 \cdot d_{tube} \cdot l_{t,x};\ (d_{tube} - d_i) \cdot l_{t,x}]. \quad (7)$$

б) Если труба вварена в трубную решетку (см. рисунок 3), размер сварных швов должен быть увязан с коэффициентом нагрузки Q, а размер сварного шва e_w рассчитывают по формуле

$$e_w \geq \frac{0{,}4 \cdot \max(P_v \cdot A_v;\ P_{tube} \cdot A_t)}{d_{tube} \cdot f_{tube}} \quad (8)$$

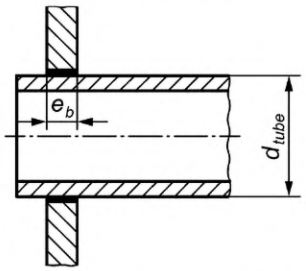


e_w — размер сварного шва между трубой и трубной решеткой;
d_{tube} — номинальный наружный диаметр трубы.

Рисунок 3 — Размер сварного шва между трубой и трубной решеткой

в) Если труба впаяна в трубную решетку (см. рисунок 4), размер паяного соединения должен быть увязан с коэффициентом нагрузки Q, а размер e_b рассчитывают по формуле

$$e_b \geq \frac{0{,}5 \cdot \max(P_v \cdot A_v;\ P_{tube} \cdot A_t)}{d_{tube} \cdot f_{tube}}. \quad (9)$$



e_b — размер паяного соединения между трубой и трубной решеткой;
d_{tube} — номинальный наружный диаметр трубы

Рисунок 4 — Размер паяного соединения между трубой и трубной решеткой

6.14.2.2 Неподвижная трубная решетка с трубой, припаянной или приваренной к трубной решетке

Используют следующий метод:

- две идентичные трубные решетки должны быть плоскими или круглыми и одинаковой толщины;
- трубные решетки должны иметь равномерную перфорацию по кругу либо треугольную или квадратную перфорацию;
- шаг перфорации не должен превышать наружный диаметр трубы более чем в два раза;
- неперфорированные диаметральные ряды допускаются при условии, что их ширина *UL* не превышает четырехкратного шага перфорации;
- все трубы схемы должны находиться в пределах огибающей окружности, составляющей не менее 0,9 от внутреннего диаметра обечайки;

- обечайка не должна содержать сильфонного компенсатора;
- трубы должны крепиться к трубной решетке с помощью сварки или пайки;
- внешний диаметр обечайки не должен превышать 500 мм;
- диаметр трубы не должен превышать 20 мм;
- категория сосуда должна быть III или ниже;
- метод применяют только для частей трубной решетки в пределах внутреннего диаметра обечайки; части трубной решетки, выходящие за пределы диаметра обечайки, рассматривают отдельно;
- метод применяют только для теплообменников, расчетная температура которых составляет от минус 50 °С до 150 °С.

а) Минимальную толщину трубной решетки e определяют по формуле

$$e = 0{,}08\sqrt{\frac{\left(D_s^2 - N_{tube} \cdot d_{tube}^2\right) \cdot P(\max)}{\mu \cdot f}} + c + \delta_e, \tag{10}$$

где D_s — внутренний диаметр обечайки;
N_{tube} — количество труб кожухотрубного теплообменника;
d_{tube} — номинальный наружный диаметр труб;
c — допуск на коррозию;
δ_e — допуск на толщину стенки;
μ — мазовая эффективность связок трубной решетки;
f — номинальное расчетное напряжение при расчетной температуре, МПа;
P (max) — максимальное проектное давление со стороны трубы и со стороны обечайки, действующее на трубную решетку, МПа.

б) Прочность труб

Усиления в местах соединения труб с трубными решетками создают с помощью пропорциональных фрагментов A_v и A_t, для каждой трубы. Для однородного треугольного рисунка перфорации A_v и A_t определены в 6.14.2.1.

Для других рисунков перфорации и для труб, примыкающих к неперфорированным рядам, усиленные фрагменты следует определять методами, подходящими для каждого из рисунка перфорации.

в) Крепление труб к трубной решетке

Крепления труб к трубной решетке должны быть спроектированы таким образом, чтобы безопасно выдерживать нагрузки, создаваемые трубой. Следует применять требования, установленные в 6.14.2.1 б) и в).

г) Растяжение труб из-за давления со стороны обечайки

Трубы, способные воздействовать на трубные решетки как натяжные стержни, не должны подвергаться напряжению в продольном направлении более чем на 0,8 от их расчетного напряжения, при этом соответствующую силу Q_v рассчитывают по формуле

$$Q_v \le 0{,}8 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot \left(d_e^2 - d_i^2\right) \cdot f_{tube}. \tag{11}$$

Если в трубе не могут возникнуть условия, превышающие 160 бар и/или превышающие 200 °С, требования могут быть упрощены в части:

1) требований сварки труб с трубными решетками;
2) требований по пайке труб с трубной решеткой (заполнение шва не менее 80 %).

д) Изгибание труб из-за давления со стороны трубы

Трубы, способные воздействовать на трубные решетки как разжимающие стержни, следует устанавливать и фиксировать таким образом, чтобы избежать изгибания. Для расчета соответствия этому требованию применяют формулу

$$F_{tube} \le \frac{\pi^3}{480\,000} \cdot \frac{E_{tube}\left(d_e^2 - d_i^2\right)}{L_k^2}, \tag{12}$$

где L_k — неподдерживаемая длина трубы между двумя трубными решетками, трубной решеткой и перегородкой или двумя перегородками.

6.14.3 Проектирование соединений

6.14.3.1 Общие положения

Соединения, контактирующие с хладагентом, должны быть спроектированы с учетом вероятности повреждения из-за намерзания льда снаружи. Они должны соответствовать конструкции сосуду, его содержимому, применяемым материалам, проектному давлению и проектной температуре.

6.14.3.2 Разъемные соединения

Разъемные соединения должны быть прочными и устойчивыми к воздействиям и противостоять выдавливанию уплотнительной прокладки. Предпочтительны фланцы с защемлением прокладки с помощью канавки и язычка или выступа и углубления.

Фланцевые соединения должны быть расположены таким образом, чтобы соединяемые детали можно было свободно демонтировать. Демонтаж должен быть возможен без приложения чрезмерных усилий к соединенным компонентам.

Конструкции болтов должны учитывать напряжения, вызванные колебаниями температуры во время работы и в состоянии покоя. См. также таблицу 5.

6.14.3.3 Допустимые случаи при сварке

Если применяют выравнивающую подкладку, то следует:

1) учесть, что обратная сторона шва недоступна для сварки;

2) свести к минимуму риск коррозии за счет наличия выравнивающей подкладки в частности, следует учитывать риск щелевой коррозии;

3) учесть усталость, которая не должна являться определяющим конструктивным фактором;

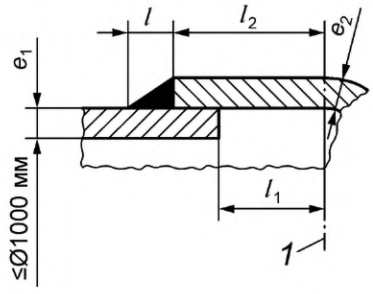
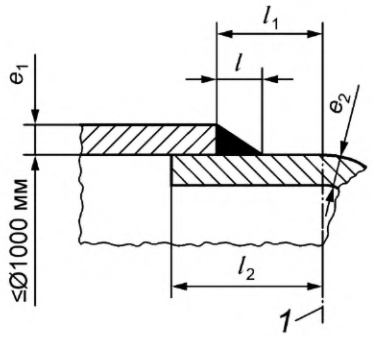
4) учесть, что материал выравнивающей подкладки должен удовлетворять соответствующим требованиям конструкторской документации, совместимости и прослеживаемости;

5) провести аттестацию процедуры сварки выравнивающей подкладки;

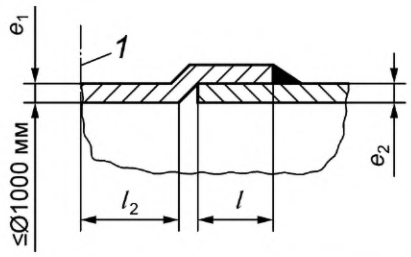
6) учесть, что толщина выравнивающей подкладки должна превышать 6 мм или иметь толщину основного материала +1 мм.

Примечание — Риск щелевой коррозии можно снизить, сводя к минимуму нахлест между выравнивающей подкладкой и соединяемым компонентом. Рекомендуемое максимальное значение несварного нахлеста 1,5 мм.

Таблица 5 — Требования к конструкции в зависимости от типа соединения

Обозначение соединения	Тип соединения	Требования к конструкции
A		$l \geq 1{,}3 \cdot e_1$; $e_1 \leq 6$ мм; $e_2 \leq 16$ мм для эллипсоидальных днищ: $l_1 \geq 2 \cdot e_2$, но не менее 12 мм для других видов днищ: $l_1 \geq 2 \cdot e_2 + 12$ мм $l_2 \geq 3 \cdot e_2 + 12$ мм, но не менее 25 мм
B		$l \geq 1{,}3 \cdot e_1$; $e_1 \leq 16$ мм; $e_2 \leq 16$ мм для эллипсоидальных днищ: $l_1 \geq 2 \cdot e_2$, но не менее 12 мм для других видов днищ: $l_1 \geq 2 \cdot e_2 + 12$ мм $l_2 \geq 3 \cdot e_2 + 12$ мм, но не менее 25 мм

Окончание таблицы 5

Обозначение соединения	Тип соединения	Требования к конструкции
C		$2e_1 \le l \le 3e_1$; $e_1 \le 16$ мм; $e_2 \le 16$ мм для эллипсоидальных днищ: $l_1 \ge 2 \cdot e_2$, но не менее 12 мм для других видов днищ: $l_1 \ge 2 \cdot e_2 + 12$ мм $l_2 \ge 3 \cdot e_2 + 12$ мм, но не менее 25 мм
Примечание — 1 — линия начала изгиба днища сосуда.		

7 Производство

7.1 Прослеживаемость материалов

Должны быть установлены и поддерживаться соответствующие процедуры идентификации материалов, из которых изготовлены компоненты оборудования, находящегося под давлением с помощью подходящих средств, с момента их получения и до окончательного испытания изготовленного сосуда.

Следует предусмотреть соответствующие процедуры проверки соответствия материала, полученного от поставщика. При этом следует проверять документы, полученные от поставщика в соответствии с 4.5. Изготовитель обеспечивает проведение контроля сварных соединений оборудования.

7.2 Производственные допуски

Для геометрии паяных соединений для всех материалов изготовитель должен установить письменную процедуру, устанавливающую критерии приемки, аналогичные уровню качества С по ГОСТ Р ИСО 5817 и ГОСТ 24715. Уровни качества для стальных соединений должны соответствовать требованиям 5.10 ГОСТ 34347—2017. Для сварных соединений, полученных лучевыми способами сварки, уровни качества изложены в [3], [4].

7.3 Неразъемные соединения

7.3.1 Общие положения

Неразъемные соединения характеризуются как:

- сварные и паяные соединения, повышающие устойчивость сосуда к давлению;
- соединения развальцовкой, используемые в основном для соединения труб с трубной решеткой.

Другие соединения, такие как запрессовка и паянные низкотемпературные соединения, не следует использовать для соединений частей, находящихся под давлением.

7.3.2 Неразъемные соединения и квалификация операторов

Процедуры и операторы должны быть аттестованы, как определено ниже.

7.3.3 Процедуры выполнения неразъемных операций и прослеживаемость

Выполнение неразъемных соединений не следует начинать до тех пор, пока процедуры выполнения и операторы не будут аттестованы. Изготовитель должен иметь соответствующую процедуру аттестации операторов.

7.3.4 Сварка

7.3.4.1 Аттестация процедуры сварки

Аттестацию процедуры сварки следует проводить в соответствии с применимыми стандартами:

- для соединений деталей основной части, находящейся под давлением:
- стали: ГОСТ Р ИСО 15614-1, ГОСТ Р ИСО 15607, ГОСТ Р ИСО 15609-1 и ГОСТ ISO 15609-3.
- алюминия ГОСТ Р ИСО 15614-2:
- соединений деталей, не относящихся к основной части, а также других соединений, выполняемых при присоединении деталей непосредственно к сосудам:

а) сварки: ГОСТ Р ИСО 15611 и ГОСТ Р ИСО 15612;

б) сварки труб к трубной решетке: ГОСТ Р ИСО 15614-1.

7.3.4.2 Аттестация сварщика или оператора сварки

Сварщики должны пройти аттестацию в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9606-1 для дуговой сварки стали и ГОСТ Р ИСО 15614-2 для алюминия.

Операторы сварки должны иметь квалификацию в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14732.

Подтверждение квалификации и переквалификация осуществляются в соответствии с требованиями применимых стандартов.

Если применяют методы сварки, отличные от указанных выше, изготовителю следует аттестовать сварщика или оператора сварки в соответствии с соответствующими стандартами.

7.3.5 Пайка

7.3.5.1 Процессы пайки

В настоящем стандарте установлены следующие виды пайки по способу нагрева:

- пайка с нагревом пламенем: ручная горелка или механизированная газопламенная пайка;
- печная пайка: закрытая или открытая печь;
- индукционная пайка;
- пайка сопротивлением;
- пайка в вакууме.

7.3.5.2 Ограничения при пайке

Для проектной температуры $t_d \leq 100$ °C ограничений на пайку нет.

Для проектной температуры t_d, превышающей 100 °C максимально допустимая температура ограничена в зависимости от материала припоя (см. таблицу 6).

Таблица 6 — Обозначение и применение припоя

Обозначение припоя по ГОСТ 19248	Максимально допустимая температура, °C
B-Cu-P	150
B-Ag	200
B-Cu-Zn	200
B-Cu	200

7.3.5.3 Особенности пайки

Паяные соединения рассматривают как неразъемные соединения аналогично сварке. Преобладающим типом соединения при пайке является соединение внахлест, хотя допускается применять и другие типы соединений. При проектировании соединений следует учитывать свойства спаиваемых материалов, коэффициенты расширения, расширение охватываемых и охватывающих компонентов и т. д., при которых размер примененного зазора обеспечивал надлежащее качество паяного шва.

Зазор в соединении должен быть достаточно мал, чтобы припой распределялся за счет капиллярного притяжения.

Зазоры между поверхностями, подлежащими пайке, должны поддерживаться в пределах допусков, предусмотренных конструкцией соединения и примененных при аттестации процедуры пайки (см. приложение Г).

Поверхности, предназначенные для пайки, должны быть чистыми, обезжиренными, очищены от краски, окалины и посторонних материалов.

Подходящие флюсы или защитный газ или комбинации флюсов и защитных газов следует использовать для предотвращения окисления припоя и поверхностей.

Примечание — Это особенно важно в холодильных системах, где необходимо предотвратить образование оксидов внутри холодильного контура, поскольку они могут засорять фильтры и образовывать кислотные растворы при контакте с хладагентом или маслом.

Если пайку выполняют с одной стороны, а доступ к противоположной стороне после пайки ограничен, противоположную сторону следует защитить применением подходящего защитного газа или другими способами, обеспечивающими надлежащий результат.

Во избежание коррозии, после пайки остатки флюса должны быть удалены.

7.3.5.4 Утверждение процедуры пайки

Утверждение процедуры пайки осуществляют в соответствии с приложением Г.

7.3.5.5 Оборудование и персонал

Применяемое оборудование должно быть подходящим и быть утверждено при аттестации процедуры пайки.

Оператор пайки должен обладать необходимой квалификацией и быть аттестован на проведение работ.

7.3.5.6 Производственные аспекты

При наличии доступа внешняя сторона паяных соединений должна быть проверена визуальным осмотром, чтобы убедиться, что:

- удалены остатки использованного флюса;
- соединение имеет завершенный вид.

Окончательное испытание давлением используется для проверки механической прочности и достаточной герметичности паяных соединений.

7.3.6 Деформация неразъемных соединений. Развальцовка

Изготовителю следует иметь соответствующую документированную процедуру, обеспечивающую правильность применения, поддержания в надлежащем состоянии процесса развальцовки, для достижения желаемых свойств соединений.

Аттестацию процедур развальцовки проводят в соответствии с приложением Ж.

Аттестацию оператора развальцовки проводят в соответствии с приложением Ж.

Изготовителю следует разработать документированную процедуру неразрушающего контроля и критерии приемки развальцованного соединения.

Примечание — Это может быть один из следующих методов:
- контроль крутящего момента;
- разница диаметра трубы до и после развальцовки;
- уменьшение толщины стенок трубы.

Окончательное испытание давлением также следует применять для проверки целостности развальцованных соединений.

7.3.7 Разъемные соединения

Как правило, разъемные соединения применяют только тогда, когда неразъемные соединения не подходят по каким-либо причинам. В этом случае применяют требования ГОСТ 34891.2—2022 (пункт 6.2.3.2.3).

7.4 Формование деталей

7.4.1 Общие положения

Для меди применяют следующие требования:

1) холодная штамповка:

- для медных сплавов группы 32 и группы 35, подвергнутых холодной штамповке в процессе изготовления, следует провести термообработку для снятия напряжений.

Примечание — Для многих сплавов рекомендованный диапазон термообработки от 300 °С до 400 °С в течение не менее 30 мин;

- для меди и других медных сплавов, включая сплавы CuZnSi, снятие напряжений не является необходимым;

2) горячая штамповка:

- медь и медные сплавы, подлежащие термообработке, должны быть равномерно нагреты в нейтральной или окислительной среде без прямого воздействия пламени до температурного диапазона, установленного в таблице 7;
- при горячей штамповке предварительно следует провести испытания, чтобы убедиться, что термообработка обеспечивает требуемые свойства на репрезентативном испытуемом образце.

Таблица 7 — Температура горячей штамповки

Материал	Температура, °С	Материал	Температура, °С
Группа меди 31	От 750 до 950	Cu-Ni группы 34	От 850 до 950
Группа латуни 32	От 650 до 750	Cu-Al группы 35	От 800 до 975

7.4.2 Глубокая штамповка

Минимальная толщина материала после формовки не должна быть меньше минимально необходимой толщины.

Термическая обработка не требуется после глубокой штамповки, если минимальное удлинение материала составляет 14 % (см. 4.3.1.2) для сталей.

Для алюминия следует учитывать применимые требования для определения необходимости термической обработки.

Для меди и медных сплавов следует применять требования 7.4.1.

7.5 Внутренняя чистота

Все поверхности, соприкасающиеся с хладагентом, должны соответствовать требованиям чистоты для холодильного контура.

Следует обеспечить чистоту сосудов при транспортировании и хранении.

7.6 Ремонт/модернизация

Следует использовать применимые требования ГОСТ 34891.4.

8 Испытания и проверки

8.1 Проведение проверок и испытаний

Безопасность оборудования обеспечивается путем соблюдения при разработке (проектировании), изготовлении (производстве) требований безопасности, изложенных в настоящем разделе и [1].

В комплект документов, обосновывающих безопасность оборудования с учетом всех характерных для него факторов опасности и требований безопасности, входят:

- техническое задание, технические условия или иные документы, в которых устанавливаются требования к оборудованию на стадиях разработки (проектирования) и производства (изготовления);
- проектная (конструкторская) документация (чертежи, схемы, спецификации, расчеты);
- техническая документация, прилагаемая к оборудованию;
- отчетные документы по испытаниям (протоколы, заключения, акты, свидетельства);
- иные документы, содержащие оценку риска и эксплуатационной надежности (при наличии).

Все действия по проверке, испытаниям и осмотру следует документировать.

8.2 Проектная документация, рассмотрение и утверждение

8.2.1 Общие положения

Изготовление сосуда не следует начинать до тех пор, пока проектная документация не будет разработана и утверждена изготовителем. При разработке (проектировании) оборудования и его элементов должны быть идентифицированы и учтены опасные факторы. Обеспечение приемлемого уровня рисков при разработке (проектировании) осуществляется с помощью расчета на прочность и соблюдения комплекса технических требований экспериментальным, экспертным методами или по данным эксплуатации аналогичного оборудования.

8.2.2 Проектная документация

В результате проверки проектной документации следует убедиться, что она соответствует применимым требованиям и техническим условиям. Конструкция сосудов должна быть технологичной, надежной в течение установленного в технической документации срока службы, должна обеспечивать безопасность при изготовлении, монтаже и эксплуатации, предусматривать возможность визуального и измерительного контроля (в том числе внутренней поверхности), очистки, промывки, полного опорожнения, продувки и ремонта, контроля технического состояния сосуда при диагностировании, а также контроля за отсутствием давления и отбора среды перед открытием сосуда.

Если конструкция сосуда не позволяет при техническом освидетельствовании проведения гидравлического испытания и/или визуального и измерительного контроля (наружного или внутреннего) в объеме, требуемом настоящим стандартом, должны быть предусмотрены компенсирующие меры при расчете и проектировании сосуда. В технической документации на сосуд должны быть указаны методика, периодичность и объем контроля сосуда, выполнение которых обеспечит своевременное выявление и устранение дефектов.

Если это применимо, изготовитель должен указать, на какие сосуды распространяется одна и та же проектная документация:

а) сосуды изготовлены одним и тем же изготовителем с использованием одних и тех же процессов (например, формовки, соединения деталей, термообработки);

б) сосуды имеют одинаковую функцию в холодильной системе (например, испаритель, конденсатор, ресивер, масляный бак);

в) сосуды имеют сходную геометрическую форму;

г) сосуды имеют одинаковые группы рабочих сред;

д) сосуды имеют одинаковые условия работы (диапазон давлений/температур);

е) сосуды изготовлены из одинаковых материалов;

ж) сосуды имеют одинаковые проектные условия (например, допуск на коррозию, защиту от коррозии, совместимость материалов с рабочими средами);

и) сосуды имеют одинаковые расчетные коэффициенты (например, безопасности, нагрузки и т. д.);

к) сосуды имеют одинаковые нагрузки.

Документация должна содержать как минимум следующее:

л) общее описание сосуда под давлением;

м) перечень сосудов, работающих под давлением, на которые распространяется одна и та же проектная документация;

н) рабочие и расчетные условия: давление, температура, статическая, циклическая и динамическая нагрузка, где применимо, допуск на коррозию, рабочая среда или группа рабочей среды, испытательные давления и испытательная среда;

п) перечень используемых стандартов на продукцию и других примененных документов, устанавливающих требования. Перечень и идентификацию компонентов, которые разработаны не в соответствии со стандартами;

р) проектный чертеж (или набор чертежей), содержащий всю информацию, необходимую для проверки того, что сосуд высокого давления полностью соответствует требованиям настоящего стандарта. Основной проектный чертеж при необходимости может быть дополнен более подробными чертежами или схемами узлов или компонентов. Чертежи могут быть дополнены письменным описанием для облегчения понимания;

с) заводскую табличку или информацию о маркировке;

т) перечень материалов и сертификаты примененных материалов, если применимо;

у) результаты расчетов и/или протокол испытаний при экспериментальном проектировании;

ф) информацию о неразъемных соединениях:

1) детализацию неразъемного соединения: форма, подготовки поверхностей, описание предполагаемого процесса соединения деталей или обозначения в соответствии с ГОСТ 19248 или ГОСТ Р ИСО 4063;
2) присадочные и вспомогательные материалы в случае сварки и/или пайки;
3) ссылку на аттестованную процедуру и/или ссылку на стандарты;
4) коэффициент соединения сварных швов, где применимо;
5) процедуры термообработки после сварки, если применимо;
6) процедуры формовки, если они влияют на конструкцию и/или характеристики материала;
7) описание процедур термообработки, необходимых для восстановления характеристик материала;
8) процедуры неразрушающего контроля и нормы отбраковки дефектов;
9) перечень испытаний и проверок, проводимых на этапах изготовления, необходимых для обеспечения соответствия проекту, и ссылки на применяемые методики и (или) стандарты;
10) процедуры аттестации операторов для выполнения неразъемных соединений и проведения неразрушающего контроля, например: уровень квалификации, ссылка на стандарт или соответствующие процедуры.

8.2.3 Экспертиза проекта и утверждение проекта

Разработанную конструкторскую документацию следует проверить и утвердить.

Проверка и утверждение проекта должны гарантировать, что конструкторская документация соответствует настоящему стандарту и проектной документации, устанавливающей требования, и должна как минимум включать в себя:

- проверку выбранных стандартов;

- проверку того, что выбранные решения обеспечивают достаточные уровни безопасности;
- проверку соответствия материала, способа формовки и неразъемных соединений и их возможность обеспечить требуемый уровень безопасности;
- оценку материала, не указанного в настоящем стандарте;
- проверку того, что утвержденные или предполагаемые процедуры выполнения неразъемных соединений аттестованы и являются подходящими.

8.2.4 Изменение проектной документации

Изготовитель должен внедрить и поддерживать процедуру, обеспечивающую управление модификациями конструкции сосуда.

Если модификация может повлиять на соответствие сосуда настоящему стандарту, следует провести анализ изменений.

8.3 Испытание типового образца

Изготовитель должен предоставить с образцом следующее:
- конструкторскую документацию;
- подтверждение аттестации процедуры выполнения неразъемных соединений;
- подтверждение аттестации сварщиков и операторов для выполнения неразъемных соединений;
- протоколы испытаний и результаты проверок, выполненных в процессе изготовления;
- перечень примененных методик неразрушающего контроля и данные, подтверждающие квалификацию операторов неразрушающего контроля;
- любую информацию для доказательства того, что образец соответствует требованиям проектной документации.

8.4 Калибровка

Следует периодически проводить поверку и/или калибровку измерительного, контрольного и испытательного оборудования, используемого для оценки соответствия сосудов требованиям. Данные процедуры следует проводить в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10012.

Поверку/калибровку такого рода оборудования следует основывать, как минимум:
- на требованиях национального стандарта на измерительное оборудование;
- рекомендациях изготовителя измерительного оборудования;
- документально подтвержденном опыте изготовителя сосуда по повторной калибровке;
- других требованиях и рекомендациях.

8.5 Материал

Изготовитель должен гарантировать, что материалы, используемые для частей, находящихся под давлением:
- соответствуют материалу, указанному в проектной документации;
- соответствуют документации, поставляемой с материалом;
- имеют сертификаты в соответствии с 4.5.

Где применимо, изготовитель должен обеспечить проведение испытаний и проверок поступающего материала в соответствии с требованиями стандартов на материал или других документов.

Изготовитель должен гарантировать, что присадочные материалы, используемые для выполнения неразъемных соединений:
- соответствуют материалу, указанному в проектной документации и/или в аттестованных процедурах выполнения неразъемных соединений;
- соответствуют закупочным спецификациям;
- имеют сертификаты, как определено в 4.5;
- хранятся в соответствии с требованиями изготовителя присадочного материала.

8.6 Производство

Изготовитель должен организовать производственный процесс таким образом, чтобы сосуд под давлением соответствовал проектным требованиям и настоящему стандарту.

Изготовитель должен иметь документированный процесс, устанавливающий требования к проведению испытаний, проверок и контролю, а также критерии приемки.

Изготовитель должен обеспечить проведение всех испытаний, проверок и контроля с частотой и в объеме, описанном в документированном процессе.

8.7 Неразрушающий и разрушающий контроль сварных и вальцовочных соединений

Объем неразрушающего и разрушающего контроля проводят в соответствии с таблицей 3 и требованиями ГОСТ 34347—2017 (подраздел 5.10).

В случае обнаружения дефекта сварного шва в ходе неразрушающего и разрушающего контроля изготовитель должен иметь процедуру, определяющую корректирующие действия, которые необходимо предпринять для сваренных изделий, изготовленных между двумя последними точками проверки процесса сварки.

Для сосудов, прошедших испытания и соответствующих требованиям Е.4, качество сварных соединений подтверждается положениями, приведенными в Е.4.1, в сочетании с соответствующими требованиями Е.4.2, Е.4.3 или Е.4.4.

8.8 Паяные соединения

Для паяных соединений требуется неразрушающий контроль согласно ГОСТ 24715 и испытание давлением. Для круговых паяных соединений может быть достаточно испытания давлением.

8.9 Приемка

8.9.1 Общие положения

Каждый готовый сосуд, спроектированный и изготовленный в соответствии с настоящим стандартом, подлежит окончательной проверке на соответствие конструкторским документам и настоящему стандарту и ГОСТ 34347—2017 (раздел 6).

Окончательную проверку следует проводить после завершения всех производственных операций до нанесения любого покрытия, независимо от его типа.

Если проверка внутренних элементов из-за их размещения невозможна после сборки сосуда, то изготовитель сосуда должен обеспечить, чтобы данные элементы подвергались окончательной проверке перед сборкой.

Окончательная проверка состоит:

- из визуального осмотра сосуда;
- проверки документации;
- испытания давлением.

8.9.2 Проверка документации

В данную проверку следует включать, как минимум, следующее:

- проверку документов (документов: подтверждающих квалификацию сварщиков, паяльщиков и операторов; специалистов по проведению неразрушающего контроля; аттестации процедур выполнения неразъемных соединений, протоколы испытаний, протоколы неразрушающего контроля, данные о термообработке после сварки, сертификаты на материалы, протоколы визуального и инструментального контроля);
- проверку прослеживаемости материалов по документально оформленным записям.

Любое несоответствие документируют и исправляют, а документацию повторно проверяют перед продолжением работ.

8.9.3 Визуальный осмотр

Объем визуального осмотра включает:

- соответствие конструкции чертежам, в том числе размерам, с учетом допусков, указанных в конструкторской документации и настоящем стандарте;
- оценку состояния готового сосуда с осмотром сварных швов, паяных соединений, соединения патрубков, монтажных скоб и опор с точки зрения внешнего вида неразъемных соединений, общей геометрии на соответствие конструкторской документации и настоящего стандарта;
- сверку маркировки материала с соответствующими документами и зарегистрированными записями на материал, если прослеживаемость материала осуществляется посредством маркировки;
- сверку маркировки неразъемных соединений с данными о проведении неразрушающего контроля и с документацией, если это применимо.

Любое несоответствие должно быть задокументировано, а затем исправлено, после чего перед продолжением работ сосуд следует осмотреть повторно.

8.9.4 Испытание давлением

Механическая прочность и герметичность всех сосудов, изготовленных в соответствии с настоящим стандартом, должны быть подтверждены прохождением испытания, установленного в приложении И.

8.9.5 Испытания на герметичность

При проведении испытаний на герметичность выполняют следующие требования.

Процедура испытаний должна быть документально оформлена и содержать описание:

1) испытательной среды;
2) метода испытаний;
3) испытательного давления и продолжительности испытания;
4) метода обнаружения утечек;
5) течеискателя;
6) проверки течеискателя и пользования им;
7) критерии приемки.

Если испытание на герметичность с применением газа проводят до гидростатического или пневматического приемочного испытания, испытательное давление не должно превышать 10 % от проектного значения или 0,5 бар в зависимости от того, что меньше.

Если испытание на герметичность с применением газа проводят после гидростатического или пневматического приемочного испытания, испытательное давление не должно превышать проектное значение.

Для каждого испытания на герметичность выпускают протокол испытаний, в котором приводят следующие данные:

- изготовитель сосуда и его идентификация;
- информация об испытателях и испытательной лаборатории, если применимо;
- испытательные давления;
- испытательная среда;
- продолжительность испытания;
- идентификация течеискателя;
- выводы;
- ссылка на документальную программу испытаний.

8.10 Маркировка

Каждый сосуд должен поставляться с маркировкой, которая должна быть доступной, читаемой и закреплена неснимаемым способом.

Метод нанесения маркировки не должен наносить ущерб сосуду. Маркировка может быть выполнена:

- нанесением прямой маркировки на сосуде;
- отдельной заводской табличкой или ярлыком, прикрепленным неснимаемым способом согласно ГОСТ 12971.

Табличку допускается не устанавливать на сосудах с наружным диаметром не более 325 мм. В этом случае необходимые данные наносят на корпус сосуда согласно ГОСТ 34347—2017 (пункт 9.1.4).

Содержание маркировки согласно ГОСТ 34347—2017 (пункт 9.1.3) должно иметь следующую дополнительную информацию:

- максимально допустимое давление *PS* в барах и минимальное давление при нормальной эксплуатации сосуда ниже 0 бар;
- обозначение хладагента по ГОСТ ISO 817 или группу рабочей среды 1 или 2;
- обозначение рабочей среды, отличной от хладагента или группы среды 1 или 2;
- объем;

Примечание — Для сосуда массой более 100 кг целесообразно указывать массу тары сосуда. В случае необходимости указания дополнительных требований следует руководствоваться ГОСТ 34347—2017 (раздел 9).

8.11 Документация

8.11.1 Общие положения

После завершения окончательной проверки и всех отделочных операций для каждого сосуда согласно ГОСТ 34347—2017 (подраздел 8.2) оформляют паспорт и документы, указанные ниже.

8.11.2 Руководство по эксплуатации (инструкция) изготовителя

Руководство (инструкция) по эксплуатации включает в себя:

а) сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) оборудования;

б) указания по монтажу или сборке, наладке или регулировке, техническому обслуживанию и ремонту оборудования;

в) указания по использованию оборудования и меры по обеспечению безопасности, которые необходимо соблюдать при эксплуатации оборудования (включая ввод в эксплуатацию, применение по назначению, техническое обслуживание, все виды ремонта, периодическое диагностирование, испытания, транспортирование, упаковку, консервацию и условия хранения);

г) назначенные показатели (назначенный срок хранения, назначенный срок службы и (или) назначенный ресурс) в зависимости от конструктивных особенностей.

По истечении назначенных показателей (назначенного срока хранения, назначенного срока службы и (или) назначенного ресурса), указанных в руководстве (инструкции) по эксплуатации, прекращается эксплуатация оборудования и принимается решение о направлении его в ремонт, или об утилизации, или о проверке и об установлении новых назначенных показателей (назначенного ресурса, срока хранения, срока службы);

д) периодичность технического освидетельствования, технического диагностирования, гидравлических (пневматических) испытаний;

е) перечень критических отказов, возможные ошибочные действия персонала, которые приводят к инциденту или аварии;

ж) действия персонала в случае инцидента, критического отказа или аварии;

и) критерии предельных состояний;

к) указания по выводу из эксплуатации и утилизации;

л) сведения о квалификации обслуживающего персонала;

м) наименование, местонахождение и контактную информацию изготовителя (уполномоченного изготовителем лица), импортера.

Примечание — Руководство (инструкция) по эксплуатации оформляется на бумажном носителе, при этом может прилагаться комплект эксплуатационных документов на электронном носителе. К комплекту оборудования не бытового назначения по выбору изготовителя может прилагаться руководство (инструкция) по эксплуатации только на электронном носителе.

Дополнительно изготовитель должен предоставить, где это применимо, следующую информацию:

- критерии выбора для использования сосуда;
- минимальный и максимальный расход;
- тип и качество рабочей среды (как минимум, группа 1 или 2);
- данные о сосуде: вес, размеры;
- методы защиты от коррозии;
- данные о теплоизоляции;
- допуск на коррозию.

8.11.3 Техническая документация для пользователя

Сосуд должен быть доставлен со следующей документацией для обеспечения возможности периодического осмотра и ремонта, содержащей:

- паспорт сосуда;
- руководство по эксплуатации сосуда;
- чертеж сосуда;
- перечень материалов, используемых для частей сосуда и находящихся под давлением;
- документ, подтверждающий соответствие оборудования требованиям;
- другую информацию по ГОСТ 34891.2.

8.11.4 Хранение документации изготовителем

Техническая документация на оборудование хранится у изготовителя (уполномоченного изготовителем лица) в течение расчетного срока службы со дня прекращения производства этого оборудования и включает:

- проектную документацию;
- данные об испытаниях типового образца;
- записи об изменениях конструкторской документации и проведенных испытаниях, если применимо;

- данные об аттестации процедур выполнения неразъемных соединений;
- данные о неразрушающем контроле;
- документы, относящиеся к системе качества;
- все документы, выданные инспекционными органами;
- ссылки на все относящиеся к делу документы, которые позволяют оценить соответствие сосуда требованиям настоящего стандарта.

Для каждого изготовленного сосуда и там, где это применимо:

- список использованных материалов с подтверждением проверки соответствия;
- сертификаты на материалы (где применимо);
- планы качества или записи о контроле в процессе производства;
- результаты неразрушающего контроля;
- записи о термообработке;
- отчеты о несоответствиях (при наличии);
- отчеты об окончательной проверке;
- документ, подтверждающий соответствие оборудования требованиям;
- инструкцию по эксплуатации.

8.11.5 Упаковка, транспортирование и хранение

Упаковку сосудов необходимо проводить по технической документации на конкретный сосуд в соответствии с требованиями ГОСТ 34347—2017 (подраздел 9.3).

8.11.6 Гарантии изготовителя

8.11.6.1 Предприятие-изготовитель должно гарантировать соответствие сосудов требованиям настоящего стандарта при соблюдении условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

8.11.6.2 Гарантийный срок эксплуатации сосудов устанавливает предприятие-изготовитель. Гарантийный срок эксплуатации сосудов может быть установлен в соответствии с договорами (контрактами) на поставку сосудов.

Приложение А
(обязательное)

Система группирования материалов

Примечание — См. также ГОСТ ISO/TR 15608, ГОСТ 34951 и ГОСТ 5632.

А.1 Система группирования сталей

Стали сгруппированы, как показано в таблице А.1.

Таблица А.1 — Система группирования сталей

Группа	Тип стали[1)]
1	Стали с установленным минимальным пределом текучести R_{eH} ≤ 360 Н/мм^2 и химическим составом, %: C ≤ 0,25 Ni ≤ 0,5 Si ≤ 0,60 Cr ≤ 0,3 (0,4 для отливок) Mn ≤ 1,8 Nb ≤ 0,06 Mo ≤ 0,70 V ≤ 0,1 S ≤ 0,045 Ti ≤ 0,05 *P* ≤ 0,045
1.1	Стали с установленным минимальным пределом текучести R_{eH} ≤ 275 Н/мм^2 и химическим составом, указанным для группы 1 со следующим изменением: Mo ≤ 0,08 % V ≤ 0,03 %
1.2	Стали с установленным минимальным пределом текучести в диапазоне 275 Н/мм^2 < R_{eH} ≤ 360 Н/мм^2 и химическим составом, указанным для группы 1 со следующим изменением: Mo ≤ 0,08 % V ≤ 0,03 %
8.1	Аустенитные нержавеющие стали с содержанием Cr ≤ 19 %
[1)] В соответствии с требованиями стандартов на стальную продукцию R_{eH} может быть заменен на $R_{p\,0,2}$.	

А.2 Система группирования алюминия и алюминиевых сплавов

Алюминий и алюминиевые сплавы группируют в соответствии с таблицей А.2.

Таблица А.2 — Система группирования алюминия и алюминиевых сплавов

Группа	Вид алюминия или алюминиевого сплава
21	Чистый алюминий. Чистый алюминий с содержанием примесей или сплавов не более 1 %
22	Алюминиево-магниевые сплавы
22.1	Алюминиево-магниевые сплавы, Mg ≤ 3,0 %
22.2	Алюминиево-магниевые сплавы, 3 % < Mg ≤ 5,6 %

А.3 Система группирования меди и медных сплавов

Медь и медные сплавы группируют в соответствии с таблицей А.3.

Таблица А.3 — Система группировки меди и медных сплавов

Группа	Вид меди или медного сплава
31	Медь (до 6 % Ag и 3 % Fe)
32	Медно-цинковые сплавы
32.1	Медно-цинковые сплавы, бинарные
32.2	Медно-цинковые сплавы сложные
33	Медно-оловянные сплавы
34	Медно-никелевые сплавы
35	Медно-алюминиевые сплавы

Приложение Б
(справочное)

DN-система

Настоящее приложение определяет зависимость между *DN* по ГОСТ 28338 и внешним диаметром трубы, когда стандарт на материал не дает данной информации (см. таблицу Б.1).

Примечание — Для медных труб DN, как правило, указывают в стандартах.

Таблица Б.1 — Зависимость между *DN* и внешним диаметром круглой трубы

DN	Максимальный номинальный внешний диаметр трубы, мм		*DN*	Максимальный номинальный внешний диаметр трубы, мм	
	Сталь	Алюминий		Сталь	Алюминий
8	13,5	—	400	406,4	406,4
10	17,2	18,0	450	457,0	457,0
15	21,3	—	500	508,0	508,0
20	26,9	26,7	550	559,0	559,0
25	33,7	33,4	600	610,0	610,0
32	42,4	42,1	650	660,0	660,0
40	48,3	48,3	700	711,0	711,0
50	60,3	60,3	750	762,0	762,0
65	76,1	76,1	800	813,0	813,0
80	88,9	88,9	850	864,0	864,0
90	101,6	101,6	900	914,0	914,0
100	114,3	108,0	950	965,0	965,0
125	139,7	141,3	1000	1016,0	1016,0
150	168,3	168,3	1025	1067,0	1067,0
200	219,1	219,1	1050	1118,0	1118,0
250	273,0	267,0	1100	1168,0	1168,0
300	323,9	323,9	1200	1219,0	1219,0
350	355,6	368,0			

При отсутствии *DN* в соответствующих стандартах или в приведенной выше таблице *DN* принимают равным соответствующему внутреннему диаметру в миллиметрах для круглых или эквивалентному проходному сечению для некруглых изделий.

Приложение В
(обязательное)

Требования по предотвращению хрупкого разрушения. Метод, основанный на различных случаях температурного напряжения

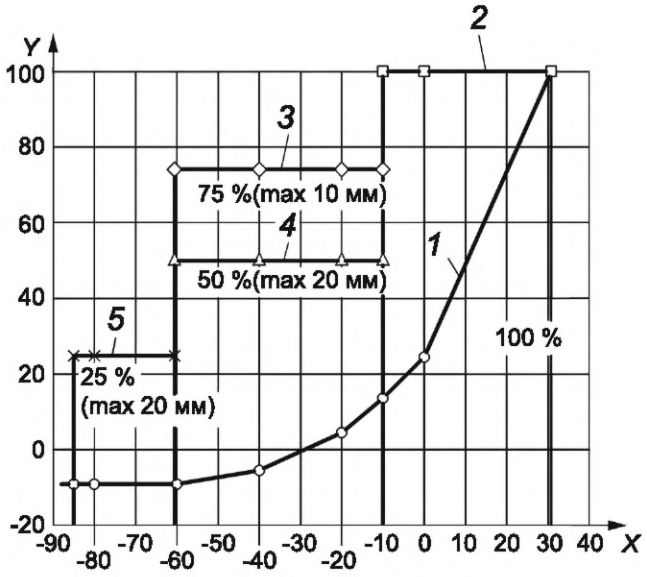
В.1 Общие положения

Метод, описанный в настоящем приложении, был разработан на основе опыта эксплуатации.

При низких температурах ударная вязкость стали сильно снижается и возникает опасность образования трещин, так как компенсация напряжений за счет пластической деформации, принятая как одно из условий в формулах, не может происходить в полной мере (это явление называется хрупким разрушением).

Такого рода опасность может быть устранена за счет использования более низких расчетных напряжений.

Более низкие напряжения можно получить двумя способами (см. рисунок В.1 и таблицу В.1).



1 — обычный хладагент (например, R-134a); *2* — случай напряжения при min $t_{0\ 100}$; *3* — случай напряжения при min $t_{0\ 75}$; *4* — случай напряжения при min $t_{0\ 50}$; *5* — случай напряжения при min $t_{0\ 25}$; X — температура, °C; Y — пониженное давление, %

Рисунок В.1 — Давление пара обычного хладагента по отношению к проектному давлению для температуры 32 °C и случаи напряжений. Пример для сталей и стальных отливок [см. В.3 а)]

Таблица В.1 — Методы получения более низких напряжений

Случаи напряжений	min $t_{0\ 100}$	min $t_{0\ 75}$	min $t_{0\ 50}$	min $t_{0\ 25}$
Давление паров хладагента при min t_0	100 %	75 %	50 %	25 %
Значение, на которое следует умножить расчетное напряжение, полученное по 6.12	1	0,75	0,5	0,25

В условиях, установленных в 4.4.1, защиту от хрупкого разрушения обеспечивают при соблюдении температурных нагрузок, установленных в В.2.

Эта процедура не применима к недостаточно раскисленным или полуспокойным сталям и стальному литью. Термическая обработка после сварки требуется, за исключением случаев, установленных в В.4.

В.2 Случаи температурных напряжений

Случай напряжения min $t_{0\ 100}$.

Оборудование, работающее под давлением, которое подвергается нагрузке до 100 % допустимого расчетного напряжения, допускается использовать до самой низкой температуры применения для данного материала.

Самой низкой температурой считается температура, для которой в стандартах указана минимальная ударная вязкость 27 Дж/см^2. Ниже данного значения материал использовать не допускается.

Если минимальная ударная вязкость указана для комнатной температуры или температуры окружающей среды 0 °С, материал можно использовать при температурах до минус 10 °С.

Примечание — См. В.3 в) для аустенитных сталей группы 8.1.

Случай напряжения min $t_{0\ 75}$.

Для температур применения ниже min $t_{0\ 75}$ допустимое расчетное напряжение составляет до 75 % допустимого расчетного напряжения от min $t_{0\ 100}$.

Случай напряжения min $t_{0\ 50}$.

Для температур применения ниже min $t_{0\ 50}$ допустимое расчетное напряжение составляет до 50 % допустимого расчетного напряжения от min $t_{0\ 100}$.

Случай напряжения мин $t_{0\ 25}$.

Для температур применения ниже min $t_{0\ 25}$ допустимое расчетное напряжение составляет до 25 % допустимого расчетного напряжения от min $t_{0\ 100}$.

В.3 Определение самых низких температур применения для случаев нагрузки мин $t_{0\ 75}$, мин $t_{0\ 50}$ и мин $t_{0\ 25}$

а) Для сталей и стальных отливок, у которых min $t_{0\ 100}$ имеется для температуры –10 °С, применяют следующие случаи температурных напряжений:

1) min $t_{0\ 75}$ или min $t_{0\ 50}$ до понижения температуры на 50 К относительно min $t_{0\ 100}$;
2) min $t_{0\ 25}$ до понижения температуры на 75 К относительно min $t_{0\ 100}$.

б) Для сталей и стальных отливок, у которых мин $t_{0\ 100}$ имеется для температуры минус 20 °С, применяют следующие случаи температурных напряжений:

3) min $t_{0\ 75}$ или $t_{0\ 50}$ до понижения температуры на 50 К относительно min $t_{0\ 100}$;
4) min $t_{0\ 25}$ до понижения температуры на 80 К относительно min $t_{0\ 100}$.

в) Аустенитные стали группы 8.1 допускается применять до min $t_{0\ 100}$ минус 200 °С.

г) Алюминий и кованые алюминиевые сплавы групп материалов 21 и 22, а также медь или кованую медь, за исключением групп сплавов 32.2 и 35, допускается использовать до эксплуатационной температуры min $t_{0\ 100}$ минус 196 °С.

д) Для крепежных изделий применяется только min $t_{0\ 100}$.

Примеры материалов и пределы их применения приведены в таблице В.2.

Таблица В.2 — Пример температурных пределов применения материалов

Материал[1), 2)]				Рабочая температура, °С		
Отечественное обозначение	Обозначение 1	Обозначение 2	Группа материала	min $t_{0\ 100}$	min $t_{0\ 75/50}$	min $t_{0\ 25}$
Сталь 20К	P265GH	1.0425	1.1	–10	–60	–85
Сталь Ст3сп, Ст3пс	S235JRG2	1.0038	1.1	–10	–60	–85
Сталь 12К	P235GH	1.0345	1.1	–10	–60	–85
Сталь 08Х17Н13М2Т	X6CrNiMoTi17	1.4571	8.1	–196	—	—
Сталь 03Х17Н14М3	X2CrNiMo17 12 2	1.4404	8.1	–196	—	—
Медь М1Ф	Cu-DHP	CW024A	31	–269	—	—
Медно-никелевый сплав МНЖМц30-1-1	CuNi30Mn1Fe	CW354H	34	–269	—	—
Сталь 16ГС, 17ГС1	P355NL2	1.1106	1.2	–50	–100	–130
Сталь 08Ю	FeP04	1.0338	1.1	–10	–60	–85
Сталь12Х18 Н10Т	A2—70		8.1	–196	—	—
Сталь 20ХМ	25CrMo4		1.1	–65	–115	–140

1) Холодноформованные детали, у которых степень деформации превышает 2 %, перед сваркой должны быть подвергнуты термообработке.

2) В графах «Обозначение 1» и «Обозначение 2» указаны обозначения конструкционных материалов по стандартам DIN.

Другие материалы с аналогичными характеристиками могут использоваться с теми же ограничениями.

В.4 Условия сварки

В.4.1 Сварные соединения

Для сварных соединений применяют те же правила, что и для основного материала, при следующих условиях:

- во время тестирования процедуры сварки для самой низкой температуры применения в соответствии со значением min $t_{0\ 100}$ следует подвергнуть как испытаниям заданной температурой, так и испытанию на ударную вязкость;

- для облегчения условий испытаний при минимальной $t_{0\ 100}$, равной минус 10 °С, достаточно испытания при комнатной температуре. Для использования сварных соединений, которые были подвергнуты данному испытанию, минимальную температуру применения min $t_{0\ 75}$, min $t_{0\ 50}$ и min $t_{0\ 25}$ следует определять по В.3. Примеры приведены в таблице В.3.

Таблица В.3 — Определение самых низких температур применения с учетом различных температур испытаний сварных швов в соответствии с В.4.1. Примеры для материалов с мин $t_{0\ 100}$ = –10 °С

Температура испытания сварного шва, °С	min $t_{0\ 100}$, °С	Разность (понижение) температур относительно температуры испытания [см. В.3 а)], К	min $t_{0\ 75}$ и min $t_{0\ 50}$, °С	Разность (понижение) температур относительно температуры испытания [см. В.3 а)], К	min $t_{0\ 25}$, °С
минус 10	минус 10	50	минус 60	75	минус 85
20	минус 10	50	минус 30	75	минус 55

В.4.2 Термообработка после сварки

Для применения при температуре ниже min $t_{0\ 100}$ требуется термообработка для снятия напряжений.

Для материалов групп 1.1 и 1.2 термообработка для снятия напряжений не требуется при следующих условиях:

- для заданной толщины до 10 мм;

- для заданной толщины от 10 до 20 мм, когда допустимое расчетное напряжение для min $t_{0\ 100}$ уменьшается до 50 % (т. е. всегда используется min $t_{0\ 50}$ вместо min $t_{0\ 75}$).

В.5 Подтверждение ударной вязкости

Подтверждением предотвращения хрупкого разрушения является испытание на ударную вязкость при min $t_{0\ 100}$ в условиях, указанных в стандартах на материалы.

Приложение Г
(обязательное)

Аттестация и утверждение процедур пайки

Г.1 Введение

Настоящее приложение устанавливает общие правила для аттестации утверждения процедур пайки, паяльников и операторов пайки для различных видов ручных и машинных процессов пайки материалов толщиной до 25 мм.

Утверждение процедур пайки осуществляют после проведения испытаний.

Требования настоящего приложения не распространяются на низкотемпературную пайку защитных кожухов.

Примечание — В настоящем стандарте речь идет как о пайке («brazing»), так и о низкотемпературной пайке («soldering»), разница между ними заключается в температуре плавления припоя:

- не более 450 °С для низкотемпературной пайки;
- более 450 °С для пайки.

Г.2 Общие положения

Г.2.1 Ответственность

Изготовитель оборудования, работающего под давлением, несет ответственность за проводимую пайку, и ему следует проводить аттестацию процедур пайки, паяльщиков и операторов пайки.

Изготовитель должен вести учет аттестованных процедур, паяльщиков и операторов пайки.

Г.2.2 Технические требования к процедуре пайки *BPS*

Целью *BPS* является определение того, что свойства примененной пайки соответствуют последующему предполагаемому применению паяных соединений.

Операция пайки должна быть надлежащим образом спланирована до начала выполнения. Планирование должно предусматривать *BPS* для всех паяных соединений до соответствующих аттестаций.

Допускается подготовка подробных рабочих инструкций, которые следует использовать во время выполнения работ.

В случае разработки рабочих инструкций:

- они должны быть подготовлены на основе *BPS*;
- в них должны быть определены характеристики процесса пайки, на основе которых будет произведена настройка всех основных показателей аппаратуры для пайки.

В *BPS* следует включить подробную информацию о выполнении операций пайки.

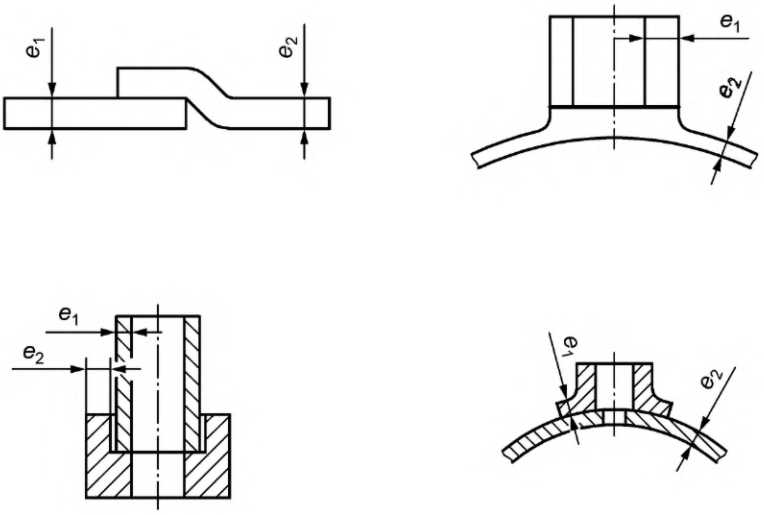
Г.2.3 Содержание *BPS* (элементы)

Параметры, содержащиеся в *BPS*, подразделяют на существенные *EV* и несущественные переменные *NEV* (см. таблицу Г.2):

- *EV* представляет собой переменную, изменение которой считается влияющим на механические свойства паянного соединения, в результате чего процедура пайки при внесении изменения подлежит повторной аттестации;
- *NEV* представляет собой переменную, изменение которой может быть произведено без переаттестации.

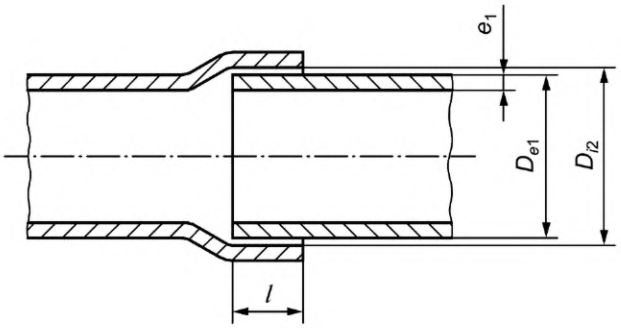
В *BPS*, когда это применимо, следует включить следующую информацию:

а) данные об изготовителе;
б) данные о производственной площадке;
в) обозначение *BPS* (или другую подобную информацию);
г) данные об аттестации процедуры пайки или ссылки на соответствующие документы (при необходимости);
д) идентификацию материалов со ссылкой на соответствующие стандарты (если применимо);
е) размеры материалов:
   1) толщины спаиваемых материалов (см. рисунок Г.1);
   2) наружные диаметры и толщины спаиваемых труб;
ж) процесс пайки:
   1) пайка с нагревом пламенем: ручная горелка или механизированная газопламенная пайка;
   2) пайка в печи: закрытая или открытая печь;
   3) индукционная пайка;
   4) пайка сопротивлением;
   5) пайка в вакууме;
и) конструкция соединения:
   1) эскиз конструкции соединения с указанием конфигурации, размеров, зазора и нахлеста (см. таблицу Г.1);



e_1 — толщина 1; e_2 — толщина 2

Рисунок Г.1 — Определение толщины паяного соединения



D_{e1} — внешний диаметр трубы 1; D_{i2} — внутренний диаметр трубы/фитинга 2; e_1 — толщина трубы 1; l — длина нахлеста

Рисунок Г.2 — Зазор и нахлест

$$l_{calc} = K \cdot \frac{R_{m,tube}}{\tau_{b,\max}} \cdot \left(1 - \frac{e_1}{D_{e1}}\right) \cdot e_1, \qquad (Г.1)$$

где D_{e1} — внешний диаметр трубы 1;

e_1 — толщина трубы 1;

K — коэффициент запаса, K = 1,5;

$R_{m,tube}$, — предел прочности трубы 1;

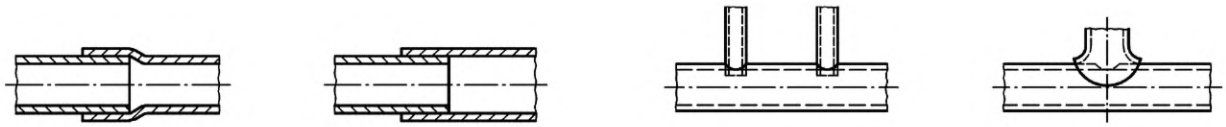
$\tau_{b,\max}$ — максимально допустимая прочность на сдвиг припоя, $\tau_{b,\max}$ = 100 МПа.

Примечание — Если предполагается применять более высокие значения прочности на сдвиг τ, значение должно быть подтверждено соответствующей аттестацией процедуры пайки.

Таблица Г.1 — Рекомендуемый зазор

Номинальный внешний диаметр D_e, мм	Рекомендуемый зазор ($D_{i2} - D_{e1}$), мм
$6 \le D_e < 21$	0,02 – 0,20
$21 \le D_e < 34$	0,02 – 0,24
$34 \le D_e < 64$	0,03 – 0,30
$64 \le D_e < 108$	0,03 – 0,41

2) тип соединения: круглое, Т-образное;



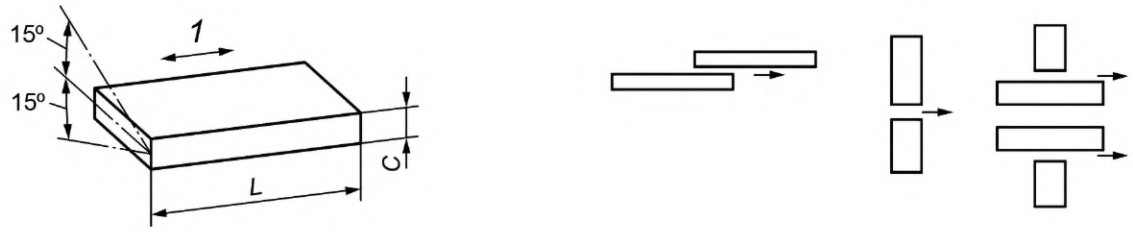
а) Круглое соединение

б) Т-образное соединение

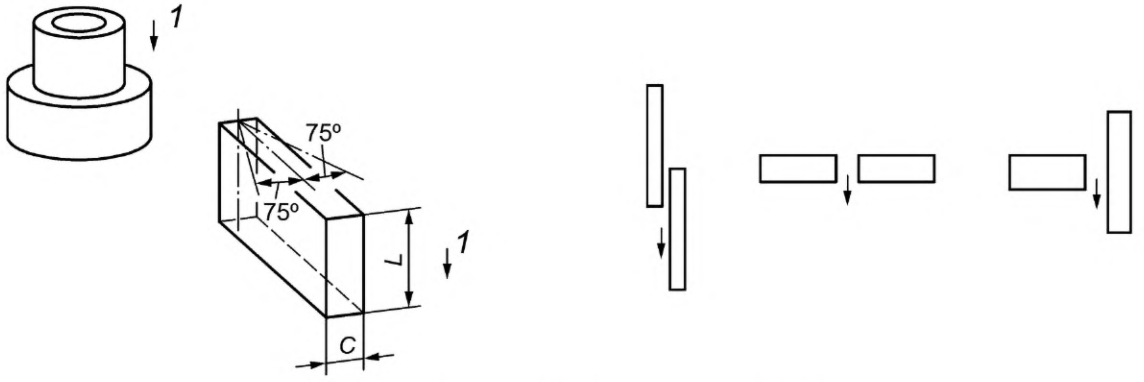
Рисунок Г.3 — Тип соединения

к) направление подачи припоя (см. рисунок Г.4):

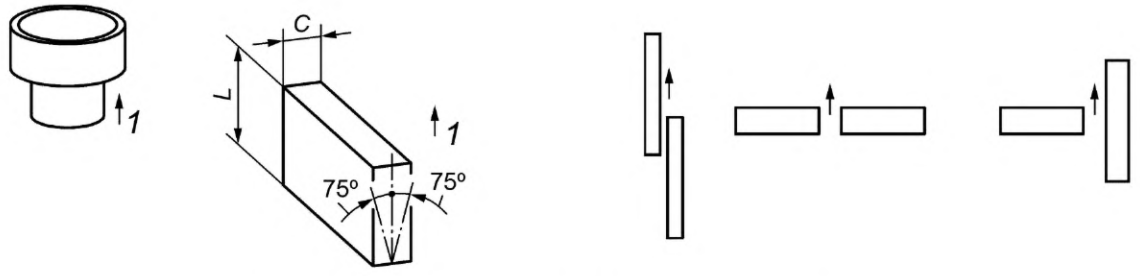
1) круговое направление подачи: максимально допустимое угловое отклонение от плоскости ±15°;
2) вертикальное направление с нисходящей подачей: припой стекает под действием капиллярного эффекта и под действием силы тяжести вниз в соединение. Максимально допустимое угловое отклонение от плоскости ±75°;
3) вертикальное направление с восходящей подачей: припой поступает через соединение под действием капиллярных сил. Максимально допустимое угловое отклонение от плоскости ±75°;
4) горизонтальное направление подачи: припой течет горизонтально за счет капиллярного действия через соединение. Максимально допустимое угловое отклонение от плоскости ±75°;



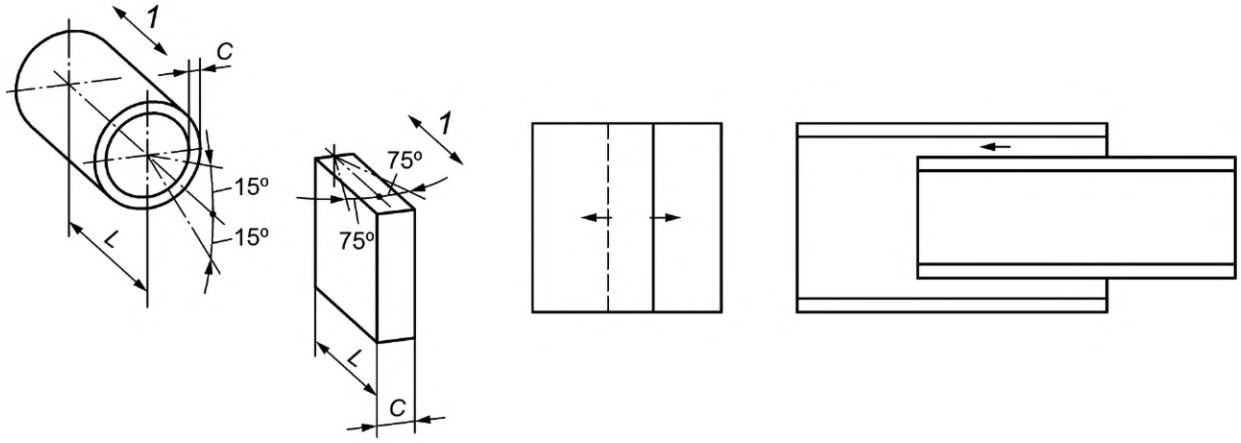
а) Круговое направление подачи



б) Вертикальное направление с нисходящей подачей



в) Вертикальное направление с восходящей подачей



г) Горизонтальное направление подачи

1 — направление подачи; *L* — длина нахлеста или толщина детали; *C* — зазор соединения

Рисунок Г.4 — Направление подачи припоя

л) твердый припой:
   1) обозначение по ГОСТ 19248 или торговая марка с указанием химического состава;
   2) форма припоя: лист, фольга, полоса, формованное кольцо, паста, порошок, проволока или стержни;

м) температура пайки;

н) флюс для пайки:
   1) классификация;
   2) химический состав флюса, торговая марка или обозначение;
   3) форма флюса: порошок, паста, жидкость;

п) газообразное топливо:
   1) вид газообразного топлива: состав и/или обозначение;
   2) расход газа;

р) параметры газовой среды печи;

с) необходимость термообработки после пайки:
   1) без термообработки;
   2) термообработка после пайки ниже нижней температуры фазового превращения;
   3) термообработка после пайки выше верхней температуры фазового превращения;
   4) термообработка после пайки между нижней и верхней температурами фазового превращения;
   5) термообработка после пайки выше верхней температуры фазового превращения с последующей термообработкой ниже нижней температуры фазового превращения;

т) процедура подготовки и очистки соединения:
   1) способ подготовки основного металла (предварительная очистка);
   2) способ очистки после пайки;

у) диапазон скоростей движения для механизированной пайки (см. таблицу Г.2).

Таблица Г.2 — Процесс пайки

Параметры	Пайка с нагревом пламенем	Пайка в печи	Индукционная пайка	Пайка сопротивлением	Пайка в вакууме
Основной металл	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Диапазон толщин	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Процесс пайки	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Конструкция соединения	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Конструкция зазора	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Направление подачи припоя	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Вид припоя	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*

Окончание таблицы Г.2

Параметры	Пайка с нагревом пламенем	Пайка в печи	Индукционная пайка	Пайка сопротивлением	Пайка в вакууме
Форма припоя	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Температура пайки	—	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Флюс	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Газообразное топливо	*NEV*	—	—	—	—
Газовая среда печи	—	*EV*	—	—	*EV*
Термообработка после пайки	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*	*EV*
Подготовка соединения	*NEV*	*NEV*	*NEV*	*NEV*	*NEV*
Очистка соединения после пайки	*NEV*	*NEV*	*NEV*	*NEV*	*NEV*
Размер сопла мундштука горелки	*NEV*	—	—	—	—
Уровень вакуума	—	—	—	—	*EV*
Ручная или механическая	*NEV*	—	—	—	—
Примечание — *EV* — существенная переменная, *NEV* — несущественная переменная.					

Г.3 Испытуемый образец

Испытуемый образец должен быть репрезентативным. Образец должен иметь достаточный размер, чтобы обеспечить распределение тепла, а количество испытуемых образцов должно быть достаточным для проведения всего неразрушающего и разрушающего контроля по Г.4.

Г.4 Оценка и испытания

Г.4.1 Общие положения

Виды оценки и испытаний, а также необходимое количество испытуемых образцов установлены в таблице Г.3.

Таблица Г.3 — Испытания процедуры пайки

Тип соединения	Тип испытания и необходимое количество испытуемых образцов				
	Визуальный осмотр	Испытание на растяжение	Испытание на изгиб	Испытание на отслаивание	Металлографический контроль
Т-образное	Да	—	4	—	—
Круглое	Да	2	—	2[1)]	—
[1)] Если припой имеет предел прочности, равный или превышающий предел прочности основного металла, требуется металлографический контроль.					

Г.4.2 Визуальный осмотр

Визуальный осмотр паяных соединений применяют для оценки надежности по внешним признакам, таким как непрерывность шва, размер шва, окантовка и, при необходимости, определение перетекания припоя с одной стороны стыка на другую.

Критерии приемки:

- отсутствие ухудшения внешнего вида основного металла (например, эрозии поверхности) из-за перегрева;
- отсутствие внешних признаков недостатка припоя на местах;
- отсутствие капель припоя;
- отсутствие излишков припоя;
- отсутствие остатков флюса.

Г.4.3 Испытание на растяжение

Испытание проводят в соответствии с ГОСТ 1497.

Предел прочности должен быть не менее:

а) заданной минимальной прочности на разрыв более слабых недрагоценных спаиваемых металлов в отожженном состоянии;

б) если в испытуемом образце происходит разрушение основного металла за пределами места пайки, допускается 95 %-ное значение предела прочности паяного соединения от установленного минимального предела прочности основных металлов в отожженном состоянии.

Г.4.4 Испытание на изгиб

Испытуемые образцы должны соответствовать ГОСТ Р ИСО 7438.

Испытание проводят в соответствии с ГОСТ 6996.

Г.4.5 Испытание на отслаивание

Испытуемые образцы отбирают после завершения процедуры пайки, после чего спаянные детали следует отсоединить разрушением паяного шва механическим способом.

Критерии приемки: на отсоединенных деталях должны быть видны следы припоя вдоль всех краев паяного шва. Поверхности также должны соответствовать следующим критериям:

а) сумма длин дефектов, измеренных по любой линии, соответствующей направлению нахлеста, не должна превышать 25 % длины нахлеста.

б) ни один дефект не должен распространяться непрерывно от одного края соединения к другому, независимо от его направления.

Г.4.6 Металлографический контроль

Металлографический контроль применяют вместо испытания на отслаивание.

Испытуемые образцы отбирают после завершения процедуры пайки, после чего спаянные детали следует отсоединить разрушением паяного шва механическим способом. В некоторых случаях следует применить срезы нескольких слоев для более детального изучения структуры.

Процедура: образцы разрезают, шлифуют и полируют для достижения чистоты поверхности, необходимой для проведения исследования. На изучаемом срезе при небольшом (до десятикратного) увеличении делают два надреза.

Критерии приемки: отсутствие трещин не допускается. Сумма длин непропаянных участков с обеих сторон, рассматриваемых по отдельности, не должна превышать 20 % длины нахлеста шва.

Г.5 Протокол утверждения процедуры пайки

Данный протокол представляет собой совокупность протоколов испытаний каждого образца, включая повторные испытания. В протокол также включают элементы *BPS* вместе с подробной информацией о любых действиях, необходимых для приемки. Протокол утверждают, если нет неприемлемых результатов контроля и испытаний.

Приложение Д
(обязательное)

Соотношения между давлениями

Настоящее приложение устанавливает зависимость между максимально допустимым давлением *PS* и максимальным рабочим давлением в соответствии с типом и характеристиками предохранительных устройств, установленных или рекомендованных к установке изготовителем сосуда.

Верное определение различных давлений при проектировании и эксплуатации сосудов холодильных систем позволяет отвечать требованиям:

- безопасности людей, имущества и животных;
- экологической безопасности;
- уровня рабочей среды в системе.

Давление внутри сосуда никогда не должно превышать максимально допустимое давление, за исключением случая, указанного в 6.5. Соотношение между различными давлениями показано на рисунке Д.1.

Обычно расчетное давление P_c равно P_d или превышает его, за исключением случаев, когда некоторые компоненты сосуда рассчитаны на различные расчетные давления P_c. В этом случае за P_c принимают меньшее из двух расчетных давлений.

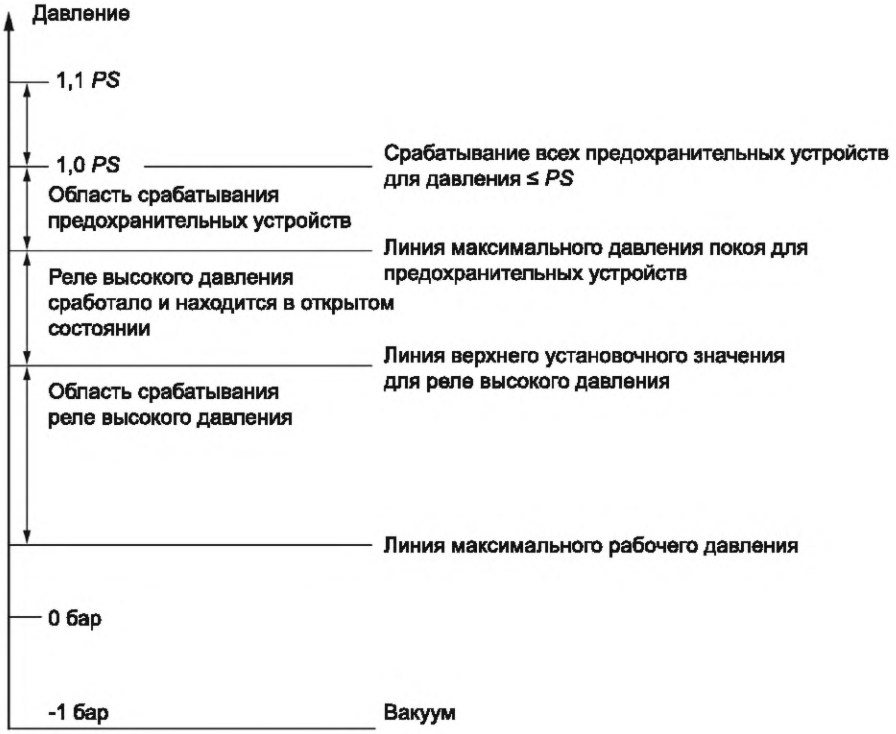


Рисунок Д.1 — Распределение давления

Приложение Е
(обязательное)

Экспериментальные методы проектирования

Е.1 Введение

Е.1.1 Общие положения

Максимально допустимое давление для сосудов или частей сосудов, прочность которых не может быть определена при проектировании путем расчета по формулам *DBF* или при проектировании путем анализа данных *DBA*, следует определять в соответствии с требованиями настоящего приложения одним из трех методов, представленных ниже.

Методы экспериментального проектирования (без каких-либо расчетов) применяются только к сосудам, в которых произведение $PS \cdot V < 6000$ бар л.

В некоторых случаях экспериментальный метод проектирования может использоваться в дополнение к *DBF* или *DBA*.

Сосуд или компонент не допускается использовать в качестве частей, работающих под давлением, после испытания на разрыв, проведенного в соответствии с Е.3 или Е.4.

При использовании других методов компоненты или сосуды могут быть использованы в качестве частей, работающих под давлением, если подтверждено, что их напряжения не были превышены сверх максимально допустимого уровня при проведении испытаний.

Е.1.2 Методы

Для определения максимально допустимого давления можно использовать три метода:

- тензорезисторный метод испытания (см. Е.2).

Этот метод основан на пластической деформации испытуемой детали или сосуда и ограничен материалами, у которых отношение запаса прочности к пределу прочности при растяжении не превышает 0,625:

$$\frac{R_{p/t}}{R_{m/t}} \leq 0,625, \qquad (Е.1)$$

где $R_{p/t}$ — одно из двух значений: $R_{p0,2/t}$ либо $R_{p1,0/t}$;

- метод испытания на разрыв, основанный на разрушении компонента или сосуда (см. Е.3);
- метод испытания на разрыв корпуса герметичного компрессора и сосудов для группы испытаний 2b по 6.11 (см. Е.4).

Если сосуд состоит из более чем одного отсека под давлением, полное испытание должно быть повторено на отдельных испытательных образцах для каждого отсека. Для каждого отсека может использоваться свой метод определения максимально допустимого давления.

Пример — Для компрессора, соответствующего ограничениям Е.4, максимально допустимое давление для стороны высокого давления можно определить с помощью Е.3, тогда как максимально допустимое давление для стороны низкого давления можно определить с помощью Е.4.4.

Е.1.3 Документация

В протокол испытаний следует включить описание сосуда и его компонентов, подробную информацию о процедуре испытаний, контрольно-измерительных приборах, использованном методе калибровки испытательного оборудования и полученных результатах.

Е.1.4 Подобные и аналогичные части

Е.1.4.1 Общие сведения

При определении максимально допустимого давления экспериментальным методом не подлежат дополнительным испытаниям дублирующиеся или геометрически аналогичные детали, отвечающие следующим требованиям.

Е.1.4.2 Подобные части

Чтобы часть сосуда можно было считать подобной частью, единственными переменными, которые разрешено изменять, являются длина и диаметр, которые не должны быть больше, чем при контрольных испытаниях представленных образцов.

Другие отклонения следует оценить и четко указать в документации.

Е.1.4.3 Геометрически аналогичные части

Чтобы части считать геометрически аналогичными, сосуды или части сосудов должны быть изготовлены из одних и тех же материалов, иметь одинаковые геометрические формы, иметь одинаковые критерии проектирования (например, давление, температура, жидкости, допуск на коррозию), должны быть произведены одним и тем же изготовителем с применением одних и те же процессов (например, сварка, формовка, термообработка) и должны находиться в пределах толщин и размеров, указанных в документации.

Примечание — Особое внимание следует обратить на ориентацию и расположение отверстий и соединений, поскольку они могут быть самым слабым местом детали или сосуда.

Максимально допустимое давление для геометрически аналогичных деталей следует устанавливать серией испытаний, равномерно охватывающих диапазон размеров, давлений или других показателей, путем интерполяции плавных кривых, построенных на основе результатов испытаний, с учетом следующего:

- проведено достаточное количество испытаний для получения как минимум пяти точек данных с шагом, находящимся в пределах, выходящих на 20 %—30 % охватываемого диапазона;
- кривые построены на основе нижней границы испытаний;
- экстраполяций не было.

Е.1.5 Осмотр компонентов или сосуда

Следует провести исследование достаточного количества точек чтобы гарантировать, что исследования и измерения были проведены в наиболее критических участках. При использовании тензорезисторного метода поверхность должна быть соответствующим образом очищена перед закреплением тензорезисторов, чтобы обеспечить необходимую адгезию. Технология закрепления должна соответствовать материалу.

Е.1.6 Приложенное давление

Перед проведением испытания компонент или сосуд не должны подвергаться воздействию давления, превышающего то, которое запланировано при проведении испытаний.

Давление в сосуде или его части следует повышать постепенно до тех пор, пока не будет достигнуто примерно 50 % от планируемого максимального давления. После этого испытательное давление следует увеличивать с шагом в 10 %.

Давление следует поддерживать постоянным после каждого приращения в течение достаточного времени, чтобы можно было провести наблюдения, требуемые процедурой испытания.

При использовании тензорезисторного метода давление следует снизить до нуля после каждого приращения давления, чтобы определить, существует ли какая-либо остаточная деформация. Испытание должно быть прекращено либо при достижении запланированного давления, либо когда остаточная деформация превышает допустимое значение, либо когда деталь или сосуд протекает или разрывается. Значение давления в одной из данных точек принимают за P_{test}.

Е.1.7 Свойства материала

Значения предела текучести $R_{p\ avg}$ и предела прочности $R_{m\ avg}$ следует определять как среднее значение для трех образцов материала, предоставленного для испытаний, взятых из одной и той же производственной партии и прошедших тот же процесс термообработки, что и материал сосуда или его части.

Е.2 Тензорезисторный метод испытания

Е.2.1 Общие положения

Деформацию следует измерять в направлении максимального напряжения в зонах с высокой нагрузкой с помощью тензорезисторов, способных показывать приращение деформации 0,005 %.

Рекомендуется, чтобы расчетная длина была такой, чтобы ожидаемая максимальная деформация в ее пределах не превышала ожидаемую среднюю деформацию более чем на 10 %.

В ходе испытаний следует подтвердить надежность тензорезисторов и метода их крепления, а результат такого подтверждения — задокументировать.

Е.2.2 Процедура

Испытательное давление следует прилагать в соответствии с Е.1.6.

После каждого увеличения давления необходимо зарегистрировать значения тензорезисторов и давления. Затем давление необходимо снизить до нуля, чтобы определить, имеется ли какая-либо остаточная деформация.

Испытание прекращают и регистрируют значение P_{test}, когда давление достигает желаемого значения или когда имеются следующие показатели:

- остаточная деформация 0,2 % для алюминия, алюминиевых сплавов и стали;
- остаточная деформация 0,5 % для меди и медных сплавов.

Минимальное испытательное давление P_{test} следует рассчитывать по формуле

$$P_{test} = 2 \cdot PS \cdot \frac{R_{p\ avg}}{R_p} \cdot \frac{f_{ttest}}{f} \cdot \left(\frac{e_n - \delta e - c}{e_{act}} \right)^n , \qquad (E.2)$$

где n = 1 для криволинейных поверхностей (цилиндров, сфер), конусов с углами $\alpha \le 60°$, неподвижных поверхностей и напряженных деталей, когда напряжение при изгибе составляет менее 2/3 общего напряжения, а также для других поверхностей, у которых напряжение при изгибе составляет менее 2/3 общего напряжения. n = 2 для всех остальных поверхностей;

R_p — минимальный предел текучести или предел прочности в зависимости от обстоятельств;

$R_{p\ avg}$ — среднее значение предела текучести, измеренное на трех образцах.

Е.3 Испытание на разрыв

Е.3.1 Общие положения

Данное испытание можно использовать для сосудов или частей сосудов, находящихся под внутренним давлением, изготовленных из любых материалов, за исключением литейного чугуна с шаровидным графитом.

Е.3.2 Процедура испытания

Гидростатическое давление следует применять в соответствии с Е.1.6.

Испытание следует прекратить при возникновении разрыва или утечки или при достижении желаемого давления.

Результат испытания считается удовлетворительным, если при P_{test} не происходит разрыва.

Если испытание проводят до момента разрыва, должны выполняться два следующих условия:

- разрыв не должен возникнуть ни в одном из сварных швов;
- имеет место пластическое разрушение.

Е.3.3 Разрывное давление

Разрывное давление рассчитывают по формуле

$$P_{test} = 1{,}1 \cdot K \cdot \frac{R_{mavg}}{R_{m\,\min}} \cdot \frac{f_{ttest}}{f} \cdot \left(\frac{e_{act}}{e_n - \delta_e - c} \right)^n \cdot \frac{1}{z} \cdot \frac{1}{C_q} \cdot PS, \quad \text{(Е.3)}$$

где C_q — коэффициент испытаний, определенный в соответствующем стандарте на литой материал, и если материал не литой, $C_q = 1$;

K — коэффициент для расчета, связанный с пределом прочности;

n — см. формулу (Е.2);

f_{ttest} — максимально допустимое значение напряжения, основанное на характеристиках материала в расчетных условиях при заданной температуре испытания.

Если соотношение, приведенное в формуле (Е.4), невозможно определить, его принимают равным 1,25

$$\frac{e_{act}}{e_n - \delta_e - c}. \quad \text{(Е.4)}$$

Е.4 Корпуса герметичных компрессоров группы испытаний 2b и сосудов группы испытаний 2b

Е.4.1 Общие положения

Положения, приведенные ниже, применимы для сосудов только в том случае, если выполняются следующие условия:

- корпуса имеют «простую конструкцию», что означает, что общая форма корпуса состоит из цилиндрической/эллиптической основной оболочки и/или днищ, и/или частей глубокой штамповки, а геометрический контур не содержит углов на внешней стороне (см. рисунок Е.1);

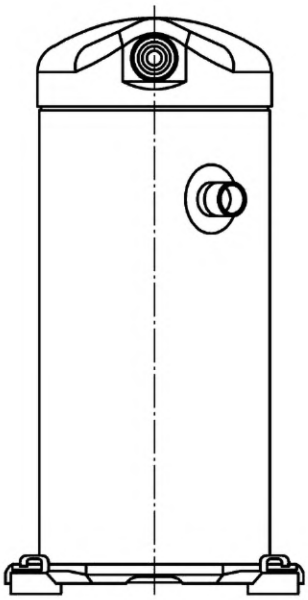


Рисунок Е.1 — Корпус сосуда «простой конструкции»

- материалы, из которых изготовлены основные детали опор, относятся к группе сталей 1,1 или 1,2;
- все основные сварные соединения производятся полностью механизированным способом;
- соответствие сварных соединений подтверждено либо неразрушающим, либо разрушающим контролем, либо сочетанием разрушающего и неразрушающего контроля.

Применяют коэффициент соединения сварных швов, равный 1.

В качестве экспериментального метода проектирования изготовитель может выбрать один из методов, описанных ниже:

- в Е.4.2 метод испытания на разрыв для корпусов сосудов;
- в Е.4.3 метод испытания на разрыв для корпусов компрессоров;
- в Е.4.4 комбинированный метод испытания на разрыв/усталость для корпусов компрессоров.

Все методы включают дополнительные меры подтверждения соответствия путем проведения повторных испытаний.

Результаты испытаний следует регистрировать, и эти данные должны быть доступны в соответствии с требованиями 8.12.4.

Е.4.2 Метод испытания корпусов сосудов на разрыв

Этот метод предназначен для корпусов сосудов с максимально допустимой температурой 125 °С. Корпус должен выдерживать испытательное давление, рассчитываемое по формуле

$$P_{test} = 1{,}3 \cdot K \cdot \left(\frac{e_{act}}{e_n - \delta_e - c} \right) \cdot PS. \qquad (E.5)$$

Соотношение $\frac{e_{act}}{e_n - \delta_e - c}$ следует определять в соответствии со спецификациями изготовителя. Если информация отсутствует, данное соотношение принимают равным 1,2.

Примечание — Коэффициент 1,3 введен для учета влияния температуры и свойств материала при температурах до 125 °С.

Испытание проводят на трех образцах. Гидростатическое давление следует применять в соответствии с Е.1.6. Образцы выдерживают при испытательном давлении P_{test} не менее 1 мин, в течение этого времени образец не должен протекать или разрываться.

Результат испытания считают удовлетворительным, если при P_{test} не происходит разрыва.

Если испытание проводят до момента разрыва, должны выполнять два следующих условия:

- разрыв не должен возникнуть ни в одном из сварных швов;
- имеет место пластическое разрушение.

В качестве дополнительной меры обеспечения соответствия испытание на разрыв можно повторять каждые три месяца на образце серийного производства, при этом испытания на разрыв должны завершаться удовлетворительным результатом в соответствии с критериями, приведенными выше.

Е.4.3 Метод испытания корпусов компрессоров на разрыв

Корпус компрессора разделен на две напорные камеры: сторону НД и сторону ВД.

Соответствующие камеры давления должны выдерживать:

- испытательное давление P_{test} для стороны камеры НД, рассчитываемое по формуле

$$P_{test} = 1{,}1 \cdot K \cdot \left(\frac{e_{act}}{e_n - \delta_e - c} \right) \cdot PS, \qquad (E.6)$$

- испытательное давление P_{test} для стороны камеры ВД, рассчитываемое по формуле (Е.5).

Соотношение $\frac{e_{act}}{e_n - \delta_e - c}$ следует определять в соответствии со спецификациями изготовителя. Если информация отсутствует, данное соотношение принимают равным 1,2.

Примечание — Коэффициент 1,3 введен для учета влияния температуры и свойств материала при температурах до 125 °С.

Испытание проводят на трех образцах и отдельно для каждой камеры давления. Гидростатическое давление следует применять в соответствии с Е.1.6. Образцы выдерживают при испытательном давлении P_{test} не менее 1 мин, в течение этого времени образец не должен протекать или разрываться.

Результат испытания считается удовлетворительным, если при P_{test} не происходит разрыва.

Если испытание проводят до момента разрыва, должны выполнять два следующих условия:

- разрыв не должен возникнуть ни в одном из сварных швов;
- имеет место пластическое разрушение.

В качестве дополнительной меры обеспечения соответствия испытание на разрыв можно повторять каждые три месяца на образце серийного производства, при этом испытания на разрыв должны завершаться удовлетворительным результатом в соответствии с критериями, приведенными выше.

Е.4.4 Комбинированный метод испытания на разрыв/усталость корпусов компрессоров

Е.4.4.1 Общие испытания и испытания на разрыв

Корпус компрессора разделен на две напорные камеры: сторону НД и сторону ВД.

Камера стороны НД должна выдерживать испытательное давление P_{test}, рассчитываемое по формуле

$$P_{test} = K \cdot \left(\frac{e_{act}}{e_n - \delta_e - c} \right) \cdot PS. \quad (E.7)$$

Камера стороны ВД должна выдерживать испытательное давление P_{test}, рассчитываемое по формуле

$$P_{test} = 1{,}15 \cdot K \cdot \left(\frac{e_{act}}{e_n - \delta_e - c} \right) \cdot PS. \quad (E.8)$$

Из-за дополнительных испытаний на усталость, которые необходимо проводить на регулярной основе, введены другие коэффициенты безопасности по сравнению с Е.4.3.

Соотношение $\frac{e_{act}}{e_n - \delta_e - c}$ следует определять в соответствии со спецификациями изготовителя. Если информация отсутствует, данное соотношение принимают равным 1,2.

Примечание — Коэффициент 1,15 введен для учета влияния температуры и свойств материала при температурах до 125 °С.

Испытание проводят на трех образцах и отдельно для каждой камеры давления. Гидростатическое давление следует применять в соответствии с Е.1.6. Образцы выдерживают при испытательном давлении P_{test} не менее 1 мин, в течение этого времени образец не должен протекать или разрываться.

Результат испытания считается удовлетворительным, если при P_{test} не происходит разрыва.

Если испытание проводят до момента разрыва, должны выполняться два следующих условия:

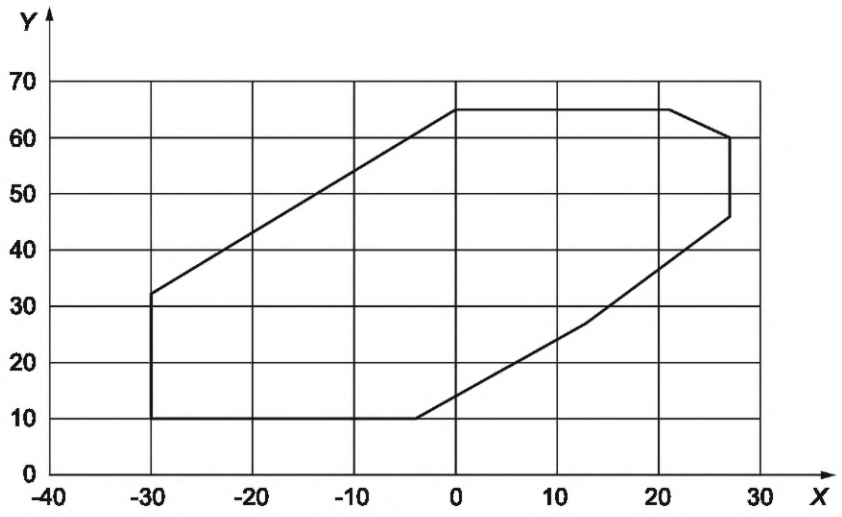
- разрыв не должен возникнуть ни в одном из сварных швов;
- имеет место пластическое разрушение.

В качестве дополнительной меры обеспечения соответствия испытание на разрыв можно повторять каждые три месяца на образце серийного производства, при этом испытания на разрыв должны завершаться удовлетворительным результатом в соответствии с критериями, приведенными выше.

Е.4.4.2 Дополнительное испытание на усталость

Отличия применяемых рабочих давлений $P_{app,max}$ и $P_{app,min}$ следующие:

- $P_{app,max}$ — максимальное давление, возникающее в результате работы компрессора. Если имеется несколько камер высокого давления, они могут иметь различные значения $P_{app,max}$ в соответствии со своими условиями работы. Пример графика (рабочей карты) работы компрессора показан на рисунке Е.2. Если в рабочей карте не указано максимальное давление, $P_{app,max}$ считают равным PS.
- $P_{app,min}$ — минимальное давление, возникающее в результате работы на стороне низкого давления компрессора в соответствии с рабочей картой. Пример рабочей карты показан на рисунке Е.2.



X — температура испарения, сторона НД, °С; *Y* — температура конденсации, сторона ВД, °С

Рисунок Е.2 — Рабочая карта

Пример — Для стороны низкого давления компрессора с хладагентом R-410A с рабочей картой, допускающей температуру испарения до 25 °C, $P_{app,max}$ для стороны низкого давления определяют исходя из давления насыщенных паров R-410A в 15,5 бар.

Применяют следующую процедуру испытаний.

Три испытуемых образца, за исключением образцов, использованных для испытания, установленного в Е.4.4.1, следует заполнить рабочей средой и подключить к источнику создания давления. Давление следует циклически повышать и понижать между верхним и нижним значениями, указанными изготовителем, в течение общего количества циклов — 250 000. Частота циклов — от 10 до 60 в минуту.

В целях безопасности рекомендуется использовать несжимаемую жидкость.

Давление испытательных циклов должно быть следующим:

- для первого цикла верхнее значение давления должно быть не менее PS;
- для последующих циклов верхнее значение давления принимают за большее из:
  - $0,7 \cdot P_{app,max}$;
  - давление насыщенных паров хладагента при температуре 50 °C для камер ВД;
  - давление насыщенных паров хладагента при температуре 25 °C для камер НД;
  - не более PS;
- нижнее значение давления циклов принимают наименьшим из:
  - для камер ВД:
    - $0,2 \cdot P_{app,max}$;
    - давления насыщенных паров хладагента при 5 °C;
    - не менее 6,9 бар для R-744 или 0,35 бар для всех остальных хладагентов;
  - для камер НД:
    - $0,2 \cdot P_{app,max}$;
    - $P_{app,min}$;
    - не менее 6,9 бар для R-744 или 0,35 бар для всех остальных хладагентов;
- для заключительного цикла испытаний испытательное давление должно быть увеличено до значения не менее $1,4 \cdot PS$.

Для смесей хладагентов давление насыщенных паров принимается за давление при температуре точки росы.

Приложение Ж
(обязательное)

Аттестация процедур развальцовки и операторов развальцовки

Ж.1 Общие положения

Ж.1.1 Общие правила

В настоящем приложении определены общие правила аттестации процедур развальцовки, а также операторов развальцовки.

Аттестацию процедур развальцовки осуществляют после проведения испытаний, а для операторов — путем оценки правильности выполнения процедур развальцовки.

Ж.1.2 Ответственность

Изготовитель оборудования, работающего под давлением, несет ответственность за выполненную развальцовку, в связи с чем ему следует провести испытания и оценку, установленные ниже.

Изготовителю следует вести учет аттестации процедур развальцовки и операторов развальцовки.

Ж.1.3 Технические требования к процедуре развальцовки *EPS*

Целью *EPS* является определение того, что выполняемая развальцовка способна обеспечить требуемые свойства для его предполагаемого применения.

Операция развальцовки должна быть тщательно спланирована до начала выполнения; при планировании должны быть предусмотрены *EPS* для всех соединений развальцовкой.

Допускается подготовка подробных рабочих инструкций, которые следует использовать во время выполнения работ.

В случае разработки рабочих инструкций:

- они должны быть подготовлены на основе *EPS*;
- в них должны быть определены характеристики процесса развальцовки, на основе которых будет произведена настройка всех основных показателей аппаратуры для развальцовки.

В *EPS* следует включить подробную информацию о выполнении операций развальцовки.

Ж.1.4 Содержание *EPS*

Параметры, содержащиеся в *EPS*, подразделяют на переменные (см. таблицу Ж.1):

- существенная переменная *EV*: представляет собой переменную, изменение которой считается влияющим на механические свойства соединения развальцовкой, в результате чего процедура развальцовки при внесении изменений подлежит повторной аттестации;
- несущественная переменная *NEV*: переменная, в которую можно внести изменения без переаттестации.

Таблица Ж.1 — Параметры *EPS*

Параметры	Переменная
Материал	*EV*
Диапазон толщин	*EV*
Процесс развальцовки	*EV*
Конструкция соединения	*EV*
Коэффициент расширения	*EV*
Длина соединения	*EV*
Примечание — *EV* — существенная переменная.	

В *EPS*, когда это применимо, следует включить следующую информацию:

а) данные об изготовителе;

б) данные о производственной площадке;

в) обозначение *EPS* (или другую подобную информацию);

г) данные об аттестации процедуры развальцовки или ссылки на соответствующие документы (при необходимости);

д) следующие существенные сведения:

1) идентификацию материалов трубной решетки и трубы, со ссылкой на соответствующий стандарт или спецификацию, если возможно (*EPS* может охватывать группу материалов);
2) сведения о дополнительных материалах (клей, прокладка и т. д.);

е) размеры материала:

1) диапазон толщин трубной решетки;

2) наружный диаметр и толщина труб;

ж) дополнительные сведения о процедуре развальцовки (при необходимости);

и) конструкцию соединения, включая эскиз конструкции соединения с указанием конфигурации, шаг, расположение труб, геометрию отверстий (канавки и т. д.), качество поверхностей;

к) оборудование, инструмент и технологическую информацию:

1) тип, форма и длина роликов;

2) крутящий момент;

3) длина зоны прокатки;

л) коэффициент расширения $T1$ или $T2$, рассчитываемый по формулам Ж.1 и Ж.2 соответственно:

$$T1 = 100 \cdot \left(1 - \frac{D^2 - D_{if}^2}{D_e^2 - D_{ii}^2}\right), \quad (Ж.1)$$

$$T2 = 100 \cdot \left(\frac{D_{if} - D_{ii} - D + D_e}{D_e - D_{ii}}\right), \quad (Ж.2)$$

где D — диаметр отверстия внутри трубной решетки;

D_{if} — внутренний диаметр трубы после развальцовки;

D_e — внешний диаметр трубы до развальцовки;

D_{ii} — внутренний диаметр трубы до развальцовки.

Ж.2 Испытуемый образец

Испытуемый образец должен быть репрезентативным. Образец должен иметь достаточный размер, а количество образцов должно быть достаточными для выполнения требований Ж.5.

Ж.3 Оценка и испытания

Ж.3.1 Общие положения

Виды оценки и испытаний, а также и необходимое количество испытуемых образцов установлены ниже.

Ж.3.2 Визуальный осмотр

Визуальный осмотр паяных соединений применяют для оценки надежности по внешним признакам.

Ж.3.3 Проверка размеров

Проверяют следующие размеры:

- диаметр трубной решетки;
- шаг отверстия;
- внешний диаметр трубы до развальцовки;
- внутренний диаметр и/или толщину трубы до развальцовки;
- внутренний диаметр трубы после развальцовки;
- длину развальцовки.

Ж.3.4 Испытания

После развальцовки соединения следует подвергнуть одному из следующих испытаний:

а) испытанию на извлечение трубы.

При выборе данного метода изготовителю следует разработать процедуру испытаний на извлечение трубы из трубной решетки, а также критерии приемки.

Примечание — При разработке данного вида испытаний в качестве справочного материала возможно использование [5];

б) испытанию давлением.

Развальцованные соединения следует подвергнуть серии из десяти испытаний давлением в соответствии с приложением И.

После десяти испытаний под давлением не должно быть утечек и видимых признаков повреждения.

Ж.4 Область аттестации

Ж.4.1 Общие положения

Следует соблюдать все условия подтверждения, установленные ниже. Изменение за пределами указанных ниже диапазонов потребует проведения новой оценки и испытаний процедуры развальцовки.

Ж.4.2 Производство

Аттестация процедур и операторов пайки действительна для применения на различных площадках, находящихся под техническим контролем и контролем качества изготовителя.

Ж.4.3 Материалы

Аттестация с применением конкретного материала действительна для всей группы материалов, примененной при испытаниях и с тем же диапазоном минимального предела текучести ±25 %.

Ж.4.4 Размеры трубы

Аттестация действительна для труб того же номинального диаметра и толщины стенок, при условии использования одного и того же производственного инструмента.

Ж.4.5 Коэффициент расширения

Аттестация действительна для диапазона коэффициента расширения, указанного в *EPS*.

Ж.4.6 Процесс развальцовки

Аттестация действительна только для процесса развальцовки, используемого в процедуре развальцовки.

Ж.4.7 Конструкция соединения

Аттестация действительна для типа конструкции соединения и диапазона зазоров соединения, указанных в *EPS*, при условии, что не имеется никаких изменений в расположении труб и шаге труб на трубной решетке.

Ж.4.8 Инструмент

Аттестация действительна для того же инструмента, который использовался в процессе аттестации, и для диапазона крутящих моментов, который указан в *EPS*.

Ж.5 Протокол утверждения процедуры развальцовки

Данный протокол представляет собой совокупность протоколов оценки и испытаний каждого образца, включая повторные испытания. В протокол также включают элементы *EPS* вместе с подробной информацией о любых действиях, необходимых для приемки. Протокол утверждают, если нет неприемлемых результатов контроля и испытаний.

Ж.6 Аттестация оператора развальцовки

Ж.6.1 Общие положения

Аттестация гарантирует, что операторы развальцовки, применяющие *EPS* и/или рабочие инструкции, способны соответствовать требованиям, предъявляемым к выполнению производственных операций.

Ж.6.2 Область аттестации оператора развальцовки

Область аттестации оператора развальцовки должна соответствовать той, которая указана в соответствующей *EPS*.

Ж.6.3 Квалификационная оценка и аттестация

Е.6.3.1 Общие сведения

Для оператора развальцовки следует провести аттестацию для каждого процесса развальцовки, который он будет выполнять в процессе производства. Оператор развальцовки, который выполняет работу по изготовлению квалификационного образца в соответствии с *EPS*, должен иметь соответствующую подготовку в рамках данных *EPS*.

Квалификационную оценку и все действия с этим связанные проводят под контролем экзаменатора или представителей экзаменационного органа.

Квалификационная оценка может быть прекращена на любом этапе процедуры аттестации, если экзаменатору или представителю экзаменационного органа становится очевидным, что оператор развальцовки не обладает необходимыми знаниями для получения удовлетворительных результатов.

Ж.6.3.2 Образец для квалификационной оценки

Образец должен соответствовать предполагаемому использованию. Образец должен иметь достаточный размер, чтобы обеспечить разумное распределение ограничений, а размер и количество образцов должны быть достаточными для проведения всех испытаний, требуемых Ж.3.

Ж.6.3.3 Оценка образца для квалификационной оценки

Образец для квалификационной оценки следует развальцевать в соответствии с *EPS* или рабочей инструкцией, если применимо. Оператор должен оценить компоненты образца с точки зрения соответствия необходимых параметров перед началом операции развальцовки. Оператор может отказаться от образца, если он не соответствует EPS и/или другим документам.

Образец должен быть предварительно проверен оператором развальцовки. Если в ходе предварительной проверки оператор определит, что развальцованное соединение не имеет требуемого качества, ему следует выполнить еще одно соединение или отремонтировать имеющееся.

Если вторая деталь также не соответствует требованиям, считают, что оператор развальцовки еще не компетентен производить данные операции и нуждается в дополнительном обучении перед повторной квалификационной оценкой.

Ж.6.4 Оценка и испытания

Каждая деталь должна быть подвергнута визуальному осмотру и проверке размеров в соответствии с Ж.3.2 и Ж.3.3 и последующим испытанием давлением в соответствии с приложением И.

Ж.6.5 Срок действия аттестации

Ж.6.5.1 Первичная аттестация

Срок действия аттестации оператора начинается с даты, когда вся необходимая оценка была завершена и результаты приняты экспертом или экзаменационным органом. Срок действия составляет три года при соблюдении следующих условий:

1) оператор постоянно занят на операциях развальцовки, и не было перерывов в данных работах более шести месяцев;

2) нет причин ставить под сомнение способности, навыки или знания оператора;

3) работа оператора в целом соответствует техническим требованиям, в соответствии с которыми проводят аттестационную оценку.

В случае невыполнения любого из этих условий аттестацию аннулируют.

Ж.6.5.2 Продление аттестации

Срок действия аттестации оператора может быть продлен еще на три года по специализации в рамках первичной аттестации при условии выполнения к следующих условий:

1) развальцованные соединения, выполненные оператором, постоянно имеют требуемое качество;

2) имеются протоколы испытаний (например, протоколы неразрушающего контроля или разрушающего контроля) или любые документы, подтверждающие качество выполняемых работ.

Ж.6.6 Аттестация

В ходе аттестации следует подтвердить, что оператор успешно подтвердил требования к выполнению процедуры развальцовки. Все значимые данные о проведенной квалификационной оценке заносят в аттестационное удостоверение. Если у соискателя не принято хотя бы одно из предусмотренных квалификационной оценкой операций, аттестационное удостоверение не выдают.

Аттестационное удостоверение выдается под исключительную ответственность экзаменатора или экзаменующего органа.

Приложение И
(обязательное)

Проведение испытаний давлением

И.1 Испытание давлением

И.1.1 Общие положения

Все сосуды, изготовленные в соответствии с настоящим стандартом, подвергают испытанию давлением для подтверждения механической прочности и герметичности. Испытание давлением следует проводить в контролируемых условиях, с использованием соответствующих мер безопасности и подходящего оборудования, при этом лица, проводящие испытания, должны иметь возможность провести осмотр всех необходимых частей, находящихся под давлением, и провести нужные измерения.

Испытание давлением может проводиться одним из следующих методов:

а) гидравлическим испытанием;

б) пневматическим испытанием.

И.1.2 Основные требования

И.1.2.1 Сосуды под давлением

Сосуд или его отсеки должны быть испытаны давлением после завершения всех операций производства частей, находящихся под давлением, и проведения всех проверок и операций контроля. Такие операции, как покраска, изоляция и т. д. следует выполнять после удовлетворительного завершения испытания давлением. Последующие операции изготовления неразъемных соединений могут выполняться только на частях, не работающих под давлением.

Сосуды, которые были отремонтированы или модифицированы после испытания давлением, следует снова подвергнуть испытанию давлением после завершения всех операций.

И.1.2.2 Дополнительные принадлежности

Все дополнительное оборудование или устройства, необходимые для проведения испытаний давлением, но при этом не являющиеся частью сосуда, должны быть спроектированы, изготовлены и установлены так, чтобы выдерживать испытательное давление.

После проведения испытания давлением все временно установленные принадлежности должны быть либо демонтированы, либо идентифицированы для предотвращения неправильного использования.

И.1.2.3 Безопасность

Во время проведения испытаний давлением следует предпринять все необходимые меры для обеспечения безопасности.

И.1.2.4 Гидравлические испытания

Когда в качестве испытательной среды используют жидкость (гидравлические испытания), то после ее применения не должно образовываться коррозии, а также остаточных недопустимых твердых веществ.

В наивысших точках сосуда следует предусмотреть сбросные отверстия для удаления возможных воздушных карманов при заполнении сосуда.

И.1.2.5 Пневматические испытания

Из-за имеющихся опасностей при применении газа под давлением следует предпринять меры безопасности с применением:

а) специальной камеры (бункера);

б) жидкостного бассейна;

в) испытательной зоны с особым допуском.

И.1.3 Испытание давлением

И.1.3.1 Значение испытательного давления

Испытательное давление для сосуда или отсека сосуда при применении любой испытательной среды (метода испытаний, см. И.1.1) не должно быть меньше значения, полученного по формуле

$$P_{test} = \max\left[1{,}43 \cdot P_d; 1{,}25 \cdot P_d \cdot \frac{f_{ttest}}{f_t}\right], \quad (И.1)$$

где P_{test} и P_d, f_{ttest} и f_t должны иметь согласованные единицы измерения.

Напряжения f_{ttest} и f_t следует основывать на расчетных условиях, определенных в 6.12.

Приложенное испытательное давление должно иметь величину, соответствующую давлению, имеющему место при эксплуатации сосуда.

И.1.3.2 Значение испытательного давления для корпуса компрессора

Значение испытательного давления для корпуса герметичного компрессора для любой испытательной среды (т. е. метода испытаний, см. И.1.1) должно быть не менее значения, определяемого по формуле

$$P_{test} = 1{,}1 \cdot PS, \quad (И.2)$$

если дополнительные требования, приведенные в Е.4, выполнены для каждого размера и типа.

И.1.3.3 Требования к температуре

Температура испытательной среды (для метода испытаний, см. И.1.1) должна удовлетворять следующим требованиям:

а) при гидравлическом методе испытаний:
   1) быть не менее чем на 5 К выше температуры затвердевания испытательной среды;
   2) быть не менее чем на 10 К ниже температуры кипения испытательной среды при атмосферном давлении;
   3) следует поддерживать на уровне, достаточном для предотвращения риска хрупкого разрушения.

б) при пневматическом методе испытаний температура испытательной среды должна быть такой, чтобы избежать риска хрупкого разрушения, и должна быть как минимум на 20 К выше минимально допустимой температуры.

Примечание — Следует обратить внимание, что при снижении давления газа из мест хранения с высокого до давления в испытуемом сосуде его температура снижается.

Сосуды не следует подвергать герметизации до тех пор, пока температура металла не станет приблизительно равной температуре испытательной среды.

И.1.3.4 Процедура испытаний

Давление в испытуемых сосудах должно постепенно повышаться до испытательного давления P_{test}. Требуемое испытательное давление должно поддерживаться в течение времени, достаточного для обнаружения любого недопустимого эффекта. Продолжительность испытания определяет изготовитель, и она должна учитывать сложность сосуда.

Если испытательной средой является газ, к сосуду не допускается приближаться для осмотра до тех пор, пока давление не будет снижено до уровня ниже или равного PS.

Если испытательной средой является жидкость, давление следует поддерживать в течение времени, достаточного для визуального осмотра всех поверхностей и соединений.

И.1.3.5 Критерии приемки

При проведении испытания следует убедиться в отсутствии:

а) утечек;

б) признаков деформации.

И.1.3.6 Требования к манометрам

Шкала циферблата манометра или диапазон измерений цифрового манометра должны приблизительно вдвое превышать предполагаемое максимальное давление. Не допускается, чтобы диапазон измерений манометра выходил за пределы менее чем в 1,5 и более чем в 4 раза предполагаемого значения максимального давления.

Манометр или манометры следует расположить в удаленном безопасном месте таким образом, чтобы персонал, контролирующий давление, имел возможность снимать показания в течение всего времени испытания.

Все средства измерений, используемые при проведении испытаний, должны быть поверены в соответствии с требованиями 8.4. Манометр должен соответствовать классу точности 1 или выше по ГОСТ 2405.

И.1.4 Протокол испытаний

Следует зарегистрировать и внести в протокол испытаний, как минимум, следующие данные:

а) данные об изготовителе сосуда;

б) идентификационные данные о сосуде;

в) дату и место проведения испытания;

г) значения испытательных давлений;

д) среду (т. е. метод испытаний, см. И.1.1), примененную при проведении испытаний;

е) ссылку на методику испытаний;

ж) данные о лицах, проводивших испытания;

и) выводы.

И.2 Акустико-эмиссионная диагностика

Акустико-эмиссионная диагностика может использоваться в дополнение к другим методам неразрушающего контроля (см. ГОСТ Р 52727).

Библиография

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

[2] Приказ Ростехнадзора от 15 декабря 2020 г. № 536 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением»

[3] ИСО 13919-1:2019 — Соединения, полученные электронно-лучевой и лазерной сваркой. Требования и рекомендации по оценке уровня качества для дефектов. Часть 1. Сталь, никель, титан и их сплавы (Electron and laser-beam welded joints — Requirements and recommendations on quality levels for imperfections — Part 1: Steel, nickel, titanium and their alloys)

[4] ИСО 13919-2:2021 — Соединения, полученные электронно-лучевой и лазерной сваркой. Требования и рекомендации по оценке уровня качества для дефектов. Часть 2. Алюминий, магний и их сплавы, а также чистая медь (Electron and laser-beam welded joints — Requirements and recommendations on quality levels for imperfections — Part 2: Aluminium, magnesium and their alloys and pure copper)

[5] Код котлов и сосудов под давлением. РАЗДЕЛ VIII. Сосуды под давлением. Раздел 1 (BPVC Section VIII — Rules for Construction of Pressure Vessels — Division 1)

УДК 66.065.54:006.354

ОКС 23.020.30
27.080
27.200

Ключевые слова: холодильная система, давление, сосуд, аттестация, проектирование

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 16.09.2024. Подписано в печать 20.09.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,53.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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

gost.e-ecolog.ru