ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

СТБ ЕН 286-1-2004

СОСУДЫ ДЛЯ ВОЗДУХА ИЛИ АЗОТА, РАБОТАЮЩИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Часть 1
Сосуды общего назначения, работающие под давлением

САСУДЫ ДЛЯ ПАВЕТРА АБО АЗОТУ, ЯКІЯ ПРАЦУЮЦЬ ПАД ЦІСКАМ

Частка 1
Сасуды агульнага назначэння, якія працуюць пад ціскам

(EN 286-1:1998, IDT)

Издание официальное

БЗ 6-2003



Госстандарт
Минск

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.642.02-98(083.74) МКС 23.020.30 (КГС П68) IDT

Ключевые слова: сосуд, сосуд, работающий под давлением, воздух, азот, классификация, сталь, алюминий, алюминиевый сплав, исполнение, изготовление, сварка, испытание, маркировка, свидетельство о соответствии

ОКП 36 9500
ОКП РБ 28.21.11

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС)»

ВНЕСЕН Управлением стандартизации Госстандарта Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 27 февраля 2004 г. № 11

3 Настоящий стандарт идентичен европейскому стандарту EN 286-1:1998 «Einffche unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff. Teil 1. Druckbehälter für allgemeine Zwecke» (ЕН 286-1:1998 «Сосуды для воздуха или азота, работающие под давлением. Часть 1. Сосуды общего назначения, работающие под давлением»)

Европейский стандарт разработан СЕН/ТК 54 «Необогреваемые сосуды под давлением».

Перевод с немецкого языка (de).

Официальные экземпляры европейского стандарта, на основе которого подготовлен настоящий государственный стандарт, и международных и европейских стандартов, на которые даны ссылки, имеются в БелГИСС.

Сведения о соответствии европейских стандартов, на которые даны ссылки, государственным стандартам, принятым в качестве идентичных государственных стандартов, приведены в дополнительном приложении Н.

Степень соответствия – идентичная (IDT).

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть тиражирован и распространен без разрешения Госстандарта Республики Беларусь

Издан на русском языке

Содержание

Введение IV
1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины, определения и единицы измерения 3
3.1 Термины и определения 3
3.2 Физические величины, единицы измерения и обозначения 4
4 Классификация и процедура освидетельствования 5
5 Материалы 6
5.1 Основные элементы сосудов, работающих под давлением 6
5.2 Составные части, влияющие на прочность сосуда 7
5.3 Части, не работающие под давлением 7
5.4 Присадочные материалы 7
6 Конструкция 8
6.1 Общие положения 8
6.2 Образование сварного шва 8
6.3 Определение толщины стенки 11
6.4 Расчетный метод 12
6.5 Экспериментальный метод 40
6.6 Лазы и люки для осмотра 41
6.7 Отверстия для удаления конденсата 42
6.8 Держатели 43
7 Изготовление 45
7.1 Оборудование для изготовления и испытаний 45
7.2 Изготовление днищ и обечаек 45
7.3 Типы соединений для корпуса сосуда 46
7.4 Сварка 49
8 Квалификация сварщиков, операторов и наладчиков сварочных установок 49
9 Квалификация процесса сварки 49
9.1 Общие положения 49
9.2 Дополнительные требования к стальным сосудам 49
9.3 Применяемый процесс сварки 50
10 Испытания 50
10.1 Поверка 50
10.2 Сосуды, сконструированные на основании расчетов 50
10.3 Сосуды, сконструированные экспериментальным методом 55
10.4 Протоколы испытаний 56
10.5 Испытание давлением 57
11 Сопроводительная документация для сосудов, работающих под давлением 57
12 Маркировка 57
Приложение A Оценка соответствия 58
Приложение B Подтверждение соответствия и надзор 59
Приложение C Техническая документация 61
Приложение D Испытание образца сосуда 62
Приложение E Содержание производственного отчета 63
Приложение F Испытание защиты от коррозии 64
Приложение G Общие требования безопасности 66
Приложение H Сведения о соответствии европейских стандартов, на которые даны ссылки, государственным стандартам, принятым в качестве идентичных государственных стандартов 69

Введение

Настоящий стандарт идентичен европейскому стандарту ЕН 286-1:1998 «Сосуды для воздуха или азота, работающие под давлением. Часть 1. Сосуды общего назначения, работающие под давлением», разработанному СЕН/ТК 54 «Необогреваемые сосуды под давлением».

Положения настоящего стандарта полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к сосудам, работающим под давлением.

Требования настоящего стандарта обязательны для применения к сосудам, работающим под давлением, предназначенным для поставок в страны ЕС, что позволяет устранить технические барьеры в торговле и обеспечить конкурентоспособность отечественной продукции.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

СОСУДЫ ДЛЯ ВОЗДУХА ИЛИ АЗОТА, РАБОТАЮЩИЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ
Часть 1
Сосуды общего назначения, работающие под давлением

САСУДЫ ДЛЯ ПАВЕТРА АБО АЗОТУ, ЯКІЯ ПРАЦУЮЦЬ ПАД ЦІСКАМ
Частка 1
Сасуды агульнага назначэння, якія працуюць пад ціскам

SIMPLE UNFIRED PRESSURE VESSELS DESIGNED TO CONTAIN AIR OR NITROGEN
Part 1
Pressure vessels for general purposes

Дата введения 2005-01-01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к конструированию и изготовлению простых сварных серийно выпускаемых неподверженных воздействию огня сосудов, работающих под давлением (далее – сосуды), требования безопасности к которым изложены в приложении G.

Настоящий стандарт распространяется на сосуды:

a) изготовленные методом сварки, однако отдельные элементы их конструкции могут содержать болтовые соединения;

b) простой геометрической формы, позволяющей использовать простые методы изготовления. Это достигается благодаря:

1) цилиндрической обечайке, соединяемой соосно с выпуклыми и/или плоскими днищами;

2) двум выпуклым днищам с общей осью;

c) со штуцерами, диаметр которых не превышает 0,5 диаметра обечайки, к которой они приварены.

1.2 Настоящий стандарт распространяется на неподверженные воздействию огня сосуды для хранения воздуха или азота, которые работают со следующими ограничениями:

a) внутреннее избыточное давление превышает 0,5 бар (0,05 МПа);

b) детали и соединения, обеспечивающие прочность находящегося под давлением сосуда, изготовлены из нелегированной качественной стали, алюминия или из устойчивых к старению алюминиевых сплавов.

Примечание – В настоящем стандарте под словом "алюминий" подразумевается алюминий и алюминиевые сплавы;

c) максимально допустимое рабочее давление не превышает 30 бар (3 МПа). Произведение рабочего давления на объем сосуда ($PS \cdot V$) составляет от 50 бар · л (5 МПа · л) до 10 000 бар · л (1000 МПа · л). Для сосудов со значением указанной величины менее 50 бар · л (5 МПа · л) использование настоящего стандарта рассматривается как выполнение требований современного уровня развития техники;

d) минимальная температура эксплуатации не менее минус 50 °С, а максимальная температура эксплуатации не более 300 °С для сосудов из стали и, соответственно, 100 °С для сосудов из алюминия.

Стандарт не распространяется на сосуды, предназначенные для использования в области ядерной техники, судостроения или самолетостроения и сосуды для огнетушителей.

Стандарт не распространяется на контейнеры, а также сосуды, которые содержат помимо азота и воздуха другие вещества, способные оказать негативное влияние на безопасность.

Требования к сосудам со сжатым воздухом, используемым в тормозных системах механических транспортных средств и их прицепов, изложены в ЕН 286-2. Требования к сосудам со сжатым воздухом, используемым на железнодорожном транспорте, изложены в ЕН 286-3 и ЕН 286-4.

Издание официальное

1.3 Настоящий стандарт распространяется на весь сосуд, начиная от входного и заканчивая выходным патрубком, включая все необходимые места соединений для вентилей и арматуры. При использовании соединений для трубопроводов указанные в стандарте требования имеют силу только до сварных швов, которыми в данном случае приварены фланцы.

1.4 В расчетах, проводимых по настоящему стандарту, применяют следующие единицы измерения:

размеры – миллиметры;

давление – бар (если не установлены другие единицы измерения);

механические напряжения – ньютон на квадратный миллиметр;

температура – градус Цельсия.

2 Нормативные ссылки

Настоящий стандарт содержит датированные и недатированные ссылки на стандарты, положения других документов. Нормативные ссылки, перечисленные ниже, приведены в соответствующих местах в тексте. Для датированных ссылок последующие их изменения или пересмотр применяют в настоящем стандарте только при внесении в него изменений или пересмотре. Для недатированных ссылок применяют их последние издания.

ЕН 287-1:1992 Квалификация сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали

ЕН 287-2:1992 Квалификация сварщиков. Сварка плавлением. Часть 2. Алюминий и алюминиевые сплавы

ЕН 288-2:1992 Квалификация технологических процессов сварки металлов. Часть 2. Требования к инструкции дуговой сварки

ЕН 288-3:1992 Квалификация технологических процессов сварки металлов. Часть 3. Требования к квалификации технологического процесса дуговой сварки сталей на основе испытаний

ЕН 288-4:1992 Квалификация технологических процессов сварки металлов. Часть 4. Требования к квалификации технологического процесса дуговой сварки алюминия и алюминиевых сплавов на основе испытаний

ЕН 473:2000 Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала, проводящего неразрушающий контроль. Общие принципы

ЕН 485-2:1994 Алюминий и алюминиевые сплавы. Ленты, листы и пластины. Часть 2. Механические свойства

ЕН 573-3:2003 Алюминий и алюминиевые сплавы. Химический состав и форма изделий. Часть 3. Химический состав

ЕН 573-4:1994 Алюминий и алюминиевые сплавы. Химический состав и форма изделий. Часть 4. Формы изделий

ЕН 754-2:1997 Алюминий и алюминиевые сплавы. Прутки и трубы тянутые. Часть 2. Механические свойства

ЕН 755-2:1997 Алюминий и алюминиевые сплавы. Прутки, тубы и профили прессованные. Часть 2. Механические свойства

ЕН 875:1995 Контроль разрушающий металла сварного соединения. Испытания на ударный изгиб. Требования к размещению, расположению и оценке образцов

ЕН 910:1996 Контроль разрушающий металла сварного соединения. Испытания на статический изгиб

ЕН 1418:1997 Квалификация операторов установок сварки плавлением и наладчиков установок контактной сварки

ЕН 1435:1997 Контроль неразрушающий сварных соединений. Радиографический метод контроля сварных соединений, выполненных сваркой плавлением

ЕН 10002-1:2001 Материалы металлические. Испытания на растяжение. Часть 1. Метод испытания при температуре окружающей среды

ЕН 10028-2:2003 Изделия плоские из сталей, предназначенные для сосудов, работающих под давлением. Часть 2. Стали легированные и нелегированные с заданными свойствами при повышенных температурах

ЕН 10204:1991 Изделия металлические. Виды документации по испытаниям и контролю

ЕН 10207:1991 Сталь для простых сосудов, работающих под давлением. Технические условия поставки для листов, полос и труб

ЕН 10216-1:2002 Трубы стальные бесшовные для работы под давлением. Технические условия поставки. Часть 1. Трубы из нелегированных сталей с заданными свойствами при комнатной температуре

ЕН 10217-2:2002 Трубы стальные сварные для работы под давлением. Технические условия поставки. Часть 2. Трубы электросварные из легированных и нелегированных сталей с заданными свойствами при повышенных температурах

ЕН 10222-4:1998 Поковки стальные для сосудов, работающих под давлением. Часть 4. Свариваемые мелкозернистые конструкционные стали с повышенным пределом прочности

ЕН 10226-1:1995 (проект) Резьба трубная с герметизацией соединений по резьбе. Часть 1. Размеры, допуски и обозначение

ЕН 20898-2:1993 Механические свойства крепежных изделий. Часть 2. Гайки с установленной контрольной нагрузкой. Крупный шаг (ИСО 898-2:1992)

ЕН 30042:1994 Соединения сварные алюминия и алюминиевых сплавов. Уровни качества (ИСО 10042:1992)

ЕН ИСО 898-1:1999 Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 1. Болты, винты и шпильки

ЕН ИСО 2409:1994 Лаки и краски. Испытание методом решетчатых надрезов (ИСО 2409:1992)

ЕН ИСО 5817:2003 Сварка. Сварка плавлением сталей, никеля, титана и их сплавов (кроме лучевой сварки). Уровни качества

ИСО 228-1:2000 Резьба трубная с герметизацией соединений вне резьбы. Часть 1. Размеры, допуски и обозначения

ИСО 3057:1998 Контроль неразрушающий. Методика металлографического контроля поверхности

ИСО 7005-1:1992 Фланцы металлические. Часть 1. Стальные фланцы

ИСО 7253:1996 Лаки и краски. Определение стойкости к нейтральному солевому туману

3 Термины, определения и единицы измерения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 Автоматическая сварка (Automatisches Schweißen) – процесс сварки, при котором все параметры сварки регулируются автоматически, причем некоторые из этих параметров при сварке могут регулироваться (вручную или автоматически, посредством механических или электронных устройств), чтобы выдерживать заданные режимы сварки.

3.1.2 Неавтоматическая сварка (Nichtautomatisches Schweißen) – все виды сварки, кроме установленных в 3.1.1.

3.1.3 Партия (Los) – партия сосудов, состоящая не более чем из 3000 сосудов одинакового типа.

3.1.4 Тип сосуда (Behältertyp) – сосуды принадлежат к определенному типу, если они удовлетворяют следующим пяти условиям:

– имеют схожую геометрическую форму (обечайки и днища или только днища; в обоих случаях днища имеют одинаковую форму);

– принадлежат к одному классу (см. раздел 4);

– проводится одинаковая квалификация технологического процесса сварки сосудов на основе испытаний материала и стенок сосудов, включая ответвления, штуцера и отверстия для осмотра;

– люки для осмотра сосудов принадлежат к одному типу (примерами различных типов люков для осмотра являются смотровой люк, люк для прохождения руки, люк для прохождения головы, лаз);

– имеют одинаковый диапазон расчетных температур.

3.1.5 Подтверждение соответствия (Konformitätserklärung) – процедура, при которой изготовитель подтверждает, что сосуды соответствуют требованиям настоящего стандарта (см. приложение B).

3.1.6 Оценка соответствия (Konformitätsprüfung) – процедура испытания и подтверждения соответствия изготовленных сосудов требованиям настоящего стандарта (см. приложение A).

3.1.7 Надзор (Überwachung) – процесс, который осуществляет аккредитованный орган в процессе выпуска продукции, гарантирующий, что изготовитель выполняет требования настоящего стандарта в соответствии с установленным порядком (см. B.3.2).

3.1.8 Испытание образца (Baumusterprüfung) – процесс, при котором аккредитованный орган устанавливает и свидетельствует, что образец сосуда соответствует требованиям настоящего стандарта (см. приложение D).

3.1.9 Техническая документация (Technische Bauunterlagen) – документация, предоставляемая изготовителем и содержащая сведения о назначении сосуда, его конструкции, материалах и методах изготовления, включая сертификаты (см. приложение C).

3.1.10 Производственный отчет (Herstellungsbericht) – отчет, оформляемый изготовителем и содержащий все требуемые данные о сосуде, устанавливаемые настоящим стандартом.

3.1.11 Расчетная температура (Berechnungstemperatur)

3.1.11.1 Максимальная расчетная температура (Höchste Berechnungstemperatur) – температура, заложенная в основу расчета, которая не может быть меньше максимальной температуры эксплуатации.

3.1.11.2 Минимальная расчетная температура (Mindestberechnungstemperatur) – наименьшая температура, которая заложена в основу выбора материалов и которая не может быть больше минимальной температуры эксплуатации.

3.1.12 Минимальная температура эксплуатации, T_{min} (Minimale Betriebstemperatur, T_{min}) – наименьшая установившаяся температура стенки сосуда при стандартных условиях эксплуатации.

3.1.13 Максимальная температура эксплуатации, T_{max} (Maxsimale Betriebstemperatur, T_{max}) – наибольшая установившаяся температура стенки сосуда при стандартных условиях эксплуатации.

3.1.14 Расчетное давление, *P* (Berechnungsdruck, *P*) – давление, которое заложено в основу расчета и которое не может быть ниже рабочего давления *PS*.

3.1.15 Рабочее давление, *PS* (Zulässiger Betriebsdruck, *PS*) – максимальное избыточное давление, возникающее при стандартных условиях эксплуатации (устанавливаемое давление устройств ограничения давления не может быть больше *PS*, но после начала срабатывания устройства величина рабочего давления *PS* может повышаться не более чем на 10 %).

3.1.16 Уполномоченный представитель (Sachkundiger des Herstellers) – представитель, назначенный изготовителем и обладающий определенными полномочиями, квалификацией и ответственностью за проведение испытаний сосудов и контроль, не зависящий от персонала, занимающегося производством.

Квалификация уполномоченного представителя означает, что он обладает специальными знаниями и опытом для контроля и испытаний, которые проводятся им под ответственность изготовителя. За компетенцию уполномоченного представителя отвечает изготовитель.

3.1.17 Протокол испытаний (Bericht über Prüfungen und Kontrollen) – документ, который составляет изготовитель по результатам проведенных им испытаний и контроля.

3.1.18 Акт испытаний (Prüfbericht) – документ, в котором изготовитель на основании проведенных испытаний подтверждает, что изготовленная им продукция соответствует требованиям договора [ЕН 10204 (пункт 2.2)].

Примечание 1 – Является инструментом директивы.

Примечание 2 – Это определение одинаково относится как к изготовителю сосудов, так и к изготовителю материалов.

3.1.19 Серийное производство (Serienfertigung) – способ производства, при котором изготавливается более чем один сосуд одного и того же типа за определенное время, процесс производства происходит по единой общей документации и с использованием единого технологического процесса.

3.1.20 Корпус сосуда (Hauptkörper) – основная сборочная единица, состоящая из обечайки и/или днищ.

3.2 Физические величины, единицы измерения и обозначения

В настоящем стандарте используют следующие единицы измерения системы СИ:
размеры (толщина, диаметр, длина и т. д.): мм
площадь: мм^2,
нагрузка, силы: Н,
момент: Н · мм,
давление: бар или Н/мм^2 (см. примечание),
механические напряжения, предел текучести, временное сопротивление разрыву: Н/мм^2.

Примечание – Чтобы достичь взаимосвязи в системных единицах, в подразделе 6.4 для расчетного давления применяют единицу измерения Н/мм^2. Во всех других разделах с целью сохранения терминологии директивы используют единицу измерения бар.

Используют следующие общие обозначения (специальные обозначения приводятся в соответствующих разделах):

A – относительное удлинение;
D_i – внутренний диаметр корпуса сосуда;
D_0 – наружный диаметр корпуса сосуда;

d – диаметр отверстий;
d_{ib} – внутренний диаметр штуцера;
d_{ob} – наружный диаметр штуцера;
d_{ip} – внутренний диаметр металлического фланца;
d_{op} – наружный диаметр металлического фланца;
d_{is} – внутренний диаметр обечайки;
e – номинальная толщина стенки;
e_s – номинальная толщина стенки обечайки;
e_b – номинальная толщина стенки штуцера;
e_p – номинальная толщина усилительного элемента или металлического фланца;
e_c – расчетная толщина;
e_a – действительная минимальная толщина;
e_{as} – действительная минимальная толщина стенки обечайки;
e_{ab} – действительная минимальная толщина стенки штуцера;
$e_{ам}$ – действительная минимальная толщина стенки корпуса сосуда;
$e_{ар}$ – действительная минимальная толщина усилительного элемента или металлического фланца;
f – номинальное расчетное напряжение при расчетной температуре;
K_c – расчетный коэффициент, который зависит от способа сварки (см. 6.4.2);
K_s – расчетный коэффициент для обечайки, который зависит от объема испытаний (см. 6.4.2);
KCV – ударная вязкость;
l_b – эффективная длина штуцера, работающая на усиление;
l_{bi} – эффективная длина внутренней части установленного штуцера;
l_m – эффективная длина корпуса сосуда, работающая на усиление;
l_p – ширина усилительной пластины;
$l_{гр}$ – расчетная ширина металлического фланца за вычетом прибавок для компенсации коррозии и допусков;
P – расчетное давление (не менее PS) в барах или Н/мм^2 (см. примечание к 3.2);
PS – рабочее давление;
R_{eT} – значение при максимальной температуре эксплуатации T_{max}:
– верхнего предела текучести R_{eH} для материалов с нижним и верхним пределом текучести;
– условный предел текучести $R_{p0,2}$;
– условный предел текучести $R_{p1,0}$ для алюминия;
R_m – минимальное значение временного сопротивления разрыву при температуре окружающей среды, гарантированное стандартом на материал.

4 Классификация и процедура освидетельствования

Настоящий стандарт устанавливает три класса сосудов, для которых в таблице 4-1 приведена процедура освидетельствования.

Таблица 4-1 – **Классификация сосудов**

<table>
<tr><th rowspan="2">Классификация</th><th rowspan="2">$PS \cdot V$, бар · л (МПа · л)</th><th colspan="2">Процедура освидетельствования[1]</th></tr>
<tr><th>Стадия разработки</th><th>Стадия производства</th></tr>
<tr><td>Класс 1</td><td>Св. 3000 (300)
до 10000 (1000) включ.</td><td rowspan="3">По выбору изготовителя:
испытание образца (см. приложение D),
или
экспертиза технической документации (см. приложение C.2)</td><td>Оценка соответствия (см. приложение A)</td></tr>
<tr><td>Класс 2</td><td>Св. 200 (20)
до 3000 (300) включ.</td><td>По выбору изготовителя: оценка соответствия[2] (см. приложение A),
или
декларация о соответствии и надзор (см. приложение B), включая проверку отдельных документов</td></tr>
<tr><td>Класс 3</td><td>Св. 50 (5)
до 200 (20) включ.</td><td>По выбору изготовителя: оценка соответствия[2] (см. приложение A),
или
декларация о соответствии (см. приложение B), включая проверку отдельных документов</td></tr>
<tr><td></td><td>До 50 (5)</td><td colspan="2">См. примечание</td></tr>
</table>

[1] Это требование является составной частью Директивы Европейского Союза, поэтому не является составной частью настоящего стандарта.

[2] На сосуды, которые подвергают оценке соответствия, на маркировочной табличке должен наноситься идентификационный номер аккредитованного органа (см. раздел 12).

Примечание – Использование настоящего стандарта рассматривается как выполнение требований современного уровня развития техники. Изготовитель несет ответственность и обязан руководствоваться правилами настоящего стандарта и помимо CE-маркировки и маркировки аккредитованного органа маркировать сосуды согласно разделу 12.

5 Материалы

5.1 Основные элементы сосудов, работающих под давлением (см. 5.2)

5.1.1 Общие требования

Основные требования к материалам приведены в приложении G. Материалы должны поставляться не менее чем с одним протоколом испытаний (в соответствии с EH 10204 (пункт 2.2). Допускаются свидетельства о приемке 3.1.A, 3.1.B или 3.1.C по EH 10204.

5.1.2 Стальной сосуд

Для изготовления сосудов должны использоваться следующие материалы:

a) лист, стальная полоса и трубы:
- стали P 235 S, P 265 S и P 275 SL по EH 10207;
- стали P 275 N, P 275 NH, P 275 NL 1 и P 275 NL 2 по EH 10028-2;

b) трубы:
- стали P 235 T 2, P 265 T 2 по EH 10216-1 и EH 10217-2 ;

c) поковки:
- сталь P 285 QH по EH 10222-4 .

5.1.3 Алюминиевый сосуд

Для изготовления сосудов необходимо применять материалы, соответствующие ЕН 573-4, приведенные в таблице 5-2:

a) листы – ЕН 485-2;

b) трубы – ЕН 755-2.

5.1.4 Другие применяемые материалы

Допускается применять материалы, не указанные в 5.1.2 и 5.1.3 и выпускаемые по национальным или международным стандартам на качественные стали или алюминий, если они соответствуют 5.1.1.

Таблица 5-2 – **Алюминиевые материалы по ЕН 573-4**

Обозначение материала		Максимальная температура эксплуатации
Условное обозначение	Химический состав	
EN AW - 1080A EN AW - 1070A EN AW - 1050A	EN AW - Al 99,8 (A) EN AW - Al 99,7 EN AW - Al 99,5	100 °C 100 °C 100 °C
EN AW - 5005 EN AW - 5251 EN AW - 5049 EN AW - 5052 EN AW - 5754	EN AW - Al Mg1(B) EN AW - Al Mg2 EN AW - Al Mg2Mn0,8 EN AW - Al Mg2,5 EN AW - Al Mg3	100 °C 100 °C 100 °C 100 °C 100 °C
EN AW - 5454 EN AW - 5154A EN AW - 5086 EN AW - 5083	EN AW - Al Mg3Mn EN AW - Al Mg3,5(A) EN AW - Al Mg4 EN AW - Al Mg4,5Mn 0,7	100 °C 100 °C 65 °C 65 °C
EN AW - 3103 EN AW - 3105	EN AW - Al Mn1 EN AW - Al Mn0,5Mg0,5	100 °C 100 °C

5.2 Составные части, влияющие на прочность сосуда

Составные части, оказывающие влияние на прочность сосуда (винты, гайки, трубы, подсоединения и т. д.), должны быть изготовлены из стали или алюминия, которые сочетаются с материалами, используемыми для изготовления основных элементов сосуда, находящихся под давлением. Продольные образцы должны иметь относительное удлинение A не менее 14 % (см. ЕН 10002-1).

Допускается применять болты и винты по ЕН ИСО 898-1 класса прочности 5.6 или 8.8 и гайки по ЕН 20898-2 класса прочности 5 или 8 с относительным удлинением не менее 12 %.

Винты из стали для сосудов, которые эксплуатируются при температуре ниже минус 10 °С, должны иметь среднеарифметическое значение ударной вязкости KCV не менее 35 Дж/см^2. Испытание проводится на трех продольных образцах при минимальной температуре эксплуатации. Допускается только одно значение ниже 35 Дж/см^2, но не менее 25 Дж/см^2. Соответствующий материал должен поставляться совместно с протоколом испытаний (по ЕН 10204 (пункт 2.2). Допускаются свидетельства о приемке 3.1.A, 3.1.B или 3.1.C по ЕН 10204.

5.3 Части, не работающие под давлением

Все части сварных сосудов, которые не работают под давлением, должны изготовляться из материалов, сочетающихся с материалами частей, к которым они приварены. Для этого приваренные к корпусу фиксаторы и составные части стальных сосудов должны изготовляться из спокойной нелегированной стали, которая удовлетворяет следующим требованиям:

$C < 0{,}25$ %; $S < 0{,}05$ %; $P < 0{,}05$ % и $R_{m\,max} < 580$ Н/мм^2.

Алюминий должен соответствовать 5.1.3.

5.4 Присадочные материалы

Присадочные материалы, применяемые при сварке сосудов или приварке составных частей, должны подбираться в соответствии со свариваемостью материалов и соответствовать стандартам.

6 Конструкция

6.1.Общие положения

При конструировании сосуда разработчик должен определить область применения и установить следующие величины:

– минимальную температуру эксплуатации, T_{min};

– максимальную температуру эксплуатации, T_{max};

– рабочее давление, *PS*.

Если область применения сосуда включает дополнительные нагрузки или же продолжительную нагрузку, это должно учитываться при конструировании.

6.2 Образование сварного шва

6.2.1 Сварные соединения с частичным проплавлением не допускаются, кроме сварных соединений штуцеров, плоских днищ и фланцев, которые соединяются с обечайкой сосуда посредством двусторонних сварных швов достаточной толщины (см. 6.2.5).

Способ подготовки кромок зависит от применяемого способа сварки.

Если для штуцеров не используют сварные соединения с полным проплавлением, то швы сварных соединений должны соответствовать рисункам 6.2-1a) – 6.2-1d), причем, каждый шов имеет толщину *g* не менее 0,7 толщины элемента сварного соединения меньшей толщины.

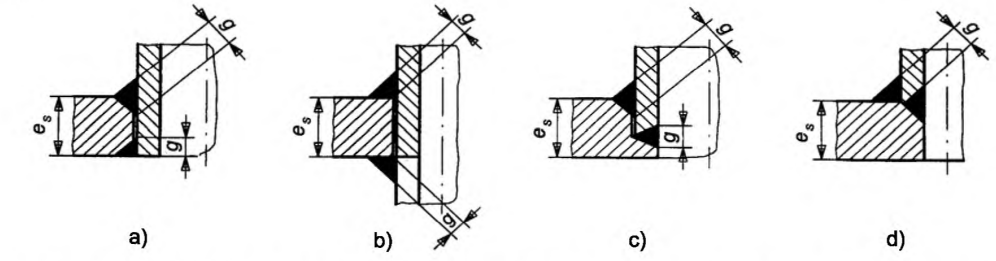
Штуцера могут использоваться в качестве усилительных элементов корпуса сосуда, если применяют швы сварных соединений, приведенные на рисунках 6.2-1a) – 6.2-1d), 6.2-2a) и 6.2-2b).

6.2.2 Отдельные сварные соединения с частичным проплавлением допускаются в стыковых соединениях и муфтах, если их наружный диаметр не более 65 мм. Толщина шва сварного соединения *g* должна составлять не менее 1,5 толщины элемента сварного соединения меньшей толщины (см. рисунки 6.2-1e), 6.2-1f), 6.2-1g) и 6.2-1h).

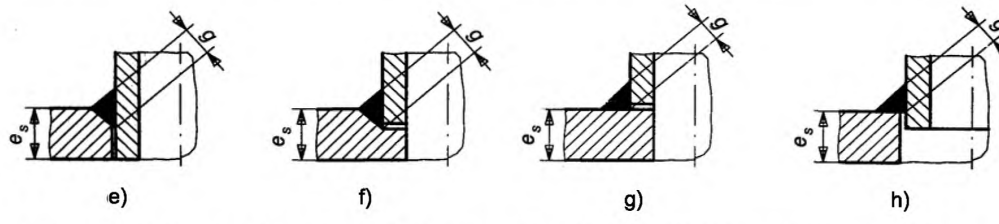
Штуцера не могут использоваться в качестве усилительных элементов, если в сварных соединениях применяют швы, приведенные на рисунках 6.2-1e) – 6.2-1h), а толщина корпуса сосуда, к которому приваривается штуцер, составляет более 6 мм.

6.2.3 Если сосуд изготовлен более чем из одной части, то средние линии продольных сварных швов должны быть смещены относительно друг друга не менее чем на 50 мм.

В горизонтально установленных сосудах продольные сварные швы не должны находиться в нижней части обечайки, ограниченной углом 30° в обе стороны относительно вертикальной оси (см. рисунок 6.2.3-1).



Примечание – *g* составляет не менее 0,7 толщины элемента сварного соединения меньшей толщины.



Примечание – *g* составляет не менее 1,5 толщины элемента сварного соединения меньшей толщины.

Рисунок 6.2-1 – **Примеры швов сварных соединений труб, штуцеров и муфт**

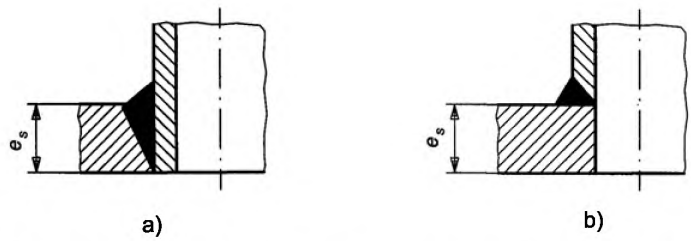
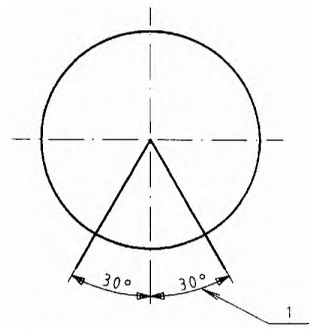


Рисунок 6.2-2 – **Швы сварных соединений с полным проплавлением для труб, штуцеров и муфт**

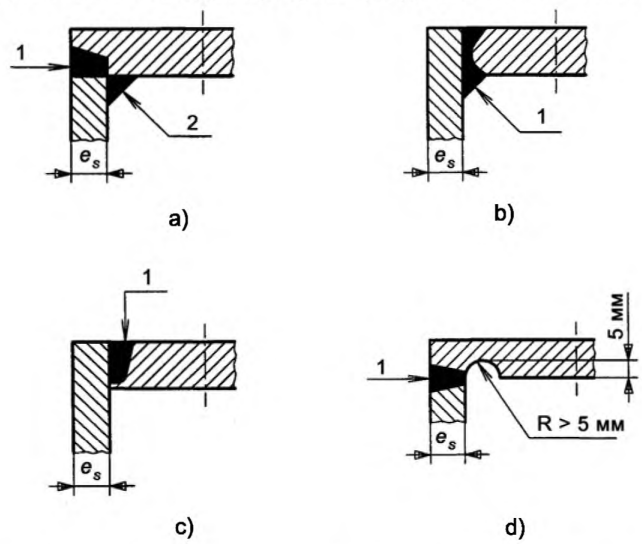


1 – область, в которой не допускаются продольные сварные швы

Рисунок 6.2.3-1 – **Положение продольных сварных швов**

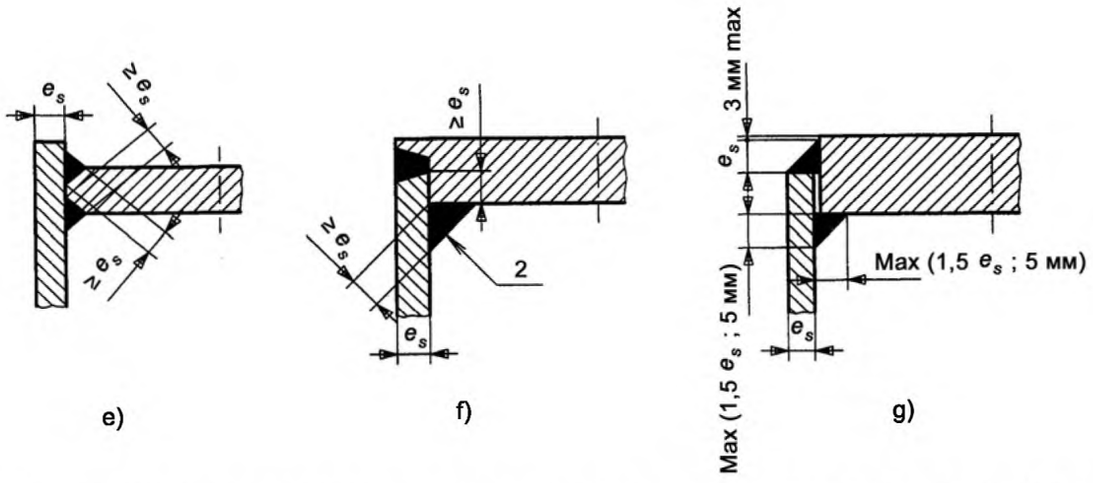
6.2.4 Отверстия в цилиндрических обечайках и днищах должны располагаться как можно дальше от сварных соединений и не пересекать сварное соединение обечайки. Расстояние от наружных частей подготовленных под сварку кромок между двумя сварными соединениями должно быть не менее четырехкратной величины действительной минимальной толщины стенки обечайки e_{as}. Расстояние до кольцевого сварного шва должно быть не менее $0{,}5\sqrt{D_0 e_s}$.

6.2.5 Сварные соединения плоских днищ и фланцев должны соответствовать рисунку 6.2.5-1.



Примечание – В случае d) материал, из которого изготовлено плоское днище, должен быть подвергнут ультразвуковому контролю на наличие расслоений, которые могут иметь размеры не более (3 × 2) мм.

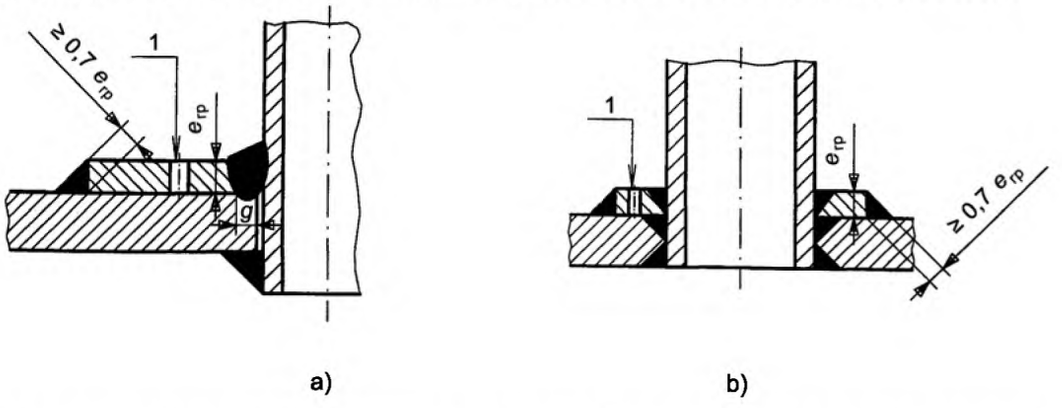
Рисунок 6.2.5-1, лист 1 – **Типовые сварные соединения для плоских днищ и фланцев**



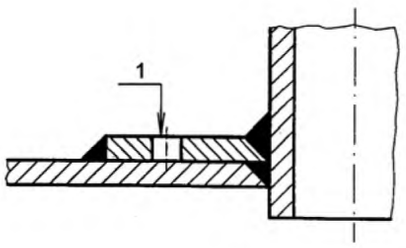
1 – шов сварного соединения с полным проплавлением; 2 – шов может не выполняться, если внутренний диаметр менее 300 мм

Рисунок 6.2.5-1, лист 2

6.2.6 Сварка усилительных элементов должна выполняться согласно рисунку 6.2.6-1.



$e_{гр}$ – толщина усилительного элемента; g – должно быть не менее 0,7 толщины элемента сварного соединения меньшей толщины



1 – контрольное отверстие

Рисунок 6.2.6-1 – **Сварка усилительных элементов**

6.3 Определение толщины стенки

6.3.1 Выбор метода

Изготовитель должен определять толщину стенки с учетом коррозии материала при помощи расчетного (см. 6.4) или экспериментального (см. 6.5) методов согласно следующим критериям:

– если произведение $PS \cdot V$ более 3000 бар · л (300 МПа · л) или максимальная температура эксплуатации превышает 100 °С, должен использоваться расчетный метод;

– если произведение $PS \cdot V$ не более 3000 бар · л (300 МПа · л) или максимальная температура эксплуатации не превышает 100 °С, то по выбору изготовителя может использоваться расчетный или экспериментальный методы.

6.3.2 Действительная минимальная толщина стенки

Действительной минимальной толщиной стенки e_a элемента конструкции (обечайка, днище или фланец) является номинальная толщина стенки данного элемента конструкции с корректировкой на минусовой допуск, утонение материала и коррозию (см. рисунок 6.3.2-1):

$$e_a = e - t - m - c, \qquad (6.2.3\text{-}1)$$

где e – номинальная толщина стенки элемента конструкции;

c – прибавка для компенсации коррозии (см. 6.3.3)

t – прибавка для компенсации минусового допуска (в соответствии со стандартом на материал);

m – прибавка технологическая.

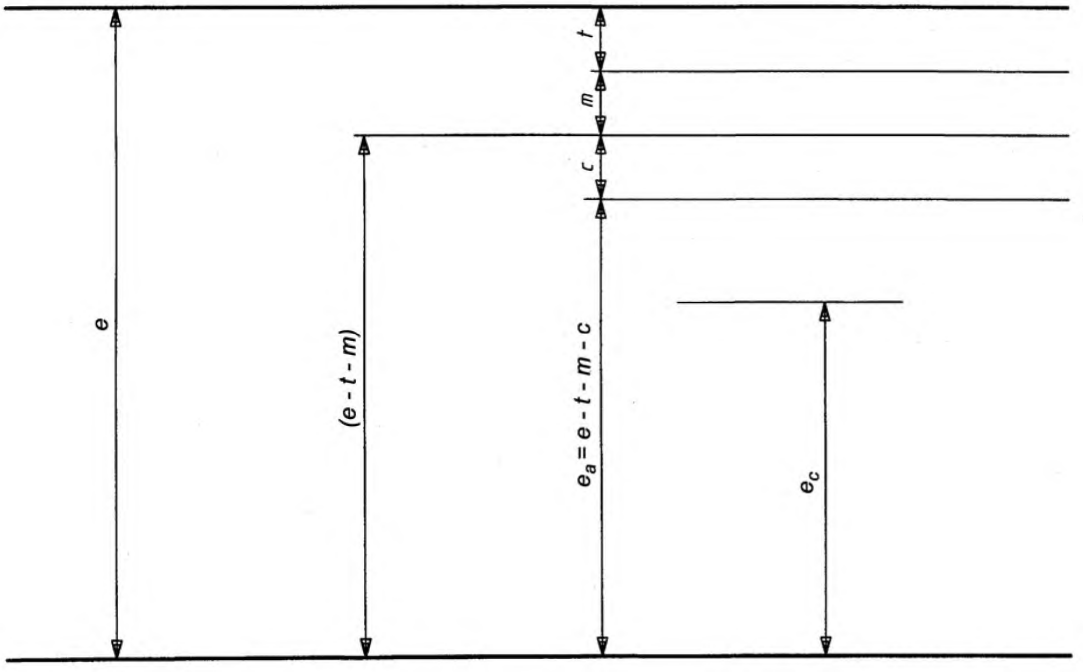


Рисунок 6.3.2-1 – **Номинальная, действительная минимальная и расчетная толщины элемента конструкции**

Действительная минимальная толщина стенки обечайки и днищ должна быть для стальных сосудов не менее 2 мм, а для алюминиевых сосудов – не менее 3 мм:

$e_a \geq 2$ мм – для стальных сосудов (6.3.2-2)

$e_a \geq 3$ мм – для алюминиевых сосудов (6.3.2-3)

Действительная минимальная толщина стенки обечайки e_a должна быть указана на маркировочной табличке (см. раздел 12).

6.3.3 Прибавка для компенсации коррозии

В зависимости от назначения сосуды должны быть защищены от коррозии.

6.3.3.1 Стальные сосуды достаточно защищены от коррозии, если:

– они имеют надежное и прочное внутреннее покрытие, которое должно быть испытано согласно приложению F и повторно проконтролировано аккредитованной испытательной лабораторией, которая должна подтвердить пригодность сосуда, проставив на маркировочной табличке символ "F" (см. раздел 12);

– устанавливается достаточная прибавка для компенсации коррозии, которая должна быть не менее 0,5 мм, если в течение срока службы сосуда не предусматривается какая-либо коррозионная опасность.

Принятая прибавка для компенсации коррозии должна указываться на маркировочной табличке (см. раздел 12).

6.3.3.2 Для алюминиевых сосудов не требуется ни защита от коррозии, ни прибавка для компенсации коррозии.

6.4 Расчетный метод

6.4.1. Общие положения

6.4.1.1 Номинальное расчетное механическое напряжение f не должно превышать наименьшее из двух значений $0{,}6R_{eT}$ или $0{,}3R_m$.

6.4.1.2 Все расчеты для сосудов должны выполняться с учетом коррозии материала.

6.4.1.3 В этом разделе давление P указывается в Н/мм^2.

6.4.1.4 Действительная минимальная толщина e_a обечайки, днищ и фланцев должна быть не менее расчетной толщины соответствующего элемента конструкции:

$$e_a \geq e_c\,, \tag{6.4.1.4-1}$$

где e_c – является расчетной толщиной.

6.4.2 Расчетная толщина стенки обечайки e_{cs}

$$e_{cs} = \frac{PD_0}{2f + P} \cdot K_c \cdot K_s\,, \tag{6.4.2-1}$$

где K_c – расчетный коэффициент, зависящий от способа сварки:

$K_c = 1$ – для автоматической сварки (см. таблицы 10.2.1-1 и 10.2.1-3)

$K_c = 1{,}15$ – для неавтоматической сварки (см. таблицы 10.2.1-2 и 10.2.1-4)

K_s – расчетный коэффициент для обечайки, зависящий от объема испытаний:

$K_s = 1$ – для стандартного объема испытаний (см. таблицы 10.2.1-1 и 10.2.1-3)

$K_s = 1{,}25$ – для иного объема испытаний (см. таблицы 10.2.1-2 и 10.2.1-4).

6.4.3 Расчетная толщина стенки выпуклых днищ e_{ce}

Выпуклые днища должны удовлетворять следующим условиям:

a) полусферические днища:

$$0{,}002D_0 \leq e_a \leq 0{,}16D_0 \tag{6.4.3-a1}$$

b) эллиптические днища:

$$0{,}002D_0 \leq e_a \leq 0{,}08D_0 \tag{6.4.3-b1}$$

$$h \geq 0{,}18D_0 \tag{6.4.3-b2}$$

c) торосферические днища:

$$0{,}002D_0 \leq e_a \leq 0{,}08D_0 \tag{6.4.3-c1}$$

$$r \geq 0{,}06D_0 \tag{6.4.3-c2}$$

$$r \geq 3e_a \tag{6.4.3-c3}$$

$$R \leq D_0, \tag{6.4.3-c4}$$

где h – наружная высота верхней части / высота днища;

r – внутренний радиус кромки в торосферических днищах;

R – внутренний радиус полусферы в торосферических днищах (см. рисунок 6.4.3-1).

Два условия, указанные в 6.4.3 b) или четыре условия, указанные в 6.4.3 c), должны выполняться одновременно.

Толщина цилиндрического или гладкого фланца выпуклого днища (см. рисунки 6.4.3-1a и 6.4.3-1b) должна быть не менее толщины бесшовной цилиндрической обечайки без отверстий, с тем же диаметром, из того же материала и предназначенной для таких же расчетных температуры и давления.

6.4.3.1 Полусферические днища

Толщину стенки полусферических днищ рассчитывают по формуле

$$e_{ce} = \frac{PD_0}{4f + P} \qquad (6.4.3.1\text{-}1)$$

Примечание – Если два полусферических днища без гладких фланцев свариваются вместе, то значение выражения должно умножаться на соответствующее значение расчетного коэффициента K_c (см. таблицы 10.2.1-1 – 10.2.1-4).

6.4.3.2 Эллиптические и торосферические днища

Типовые конструкции днищ изображены на рисунке 6.4.3-1. Толщина стенки эллиптических и торосферических днищ должна определяться следующим методом:

a) рассчитывается отношение P/f;

b) значение этой величины откладывается на оси абсцисс на рисунке 6.4.3.2-1; от полученной точки двигаются вертикально вверх до пересечения с h_e/D_0 – кривой, которая соответствует заданной форме днища; от полученной точки до точки пересечения с осью e_{ce}/D_0, чтобы получить соответствующее значение величины e_{ce}/D_0.

Расчетную высоту днища h_e определяют по формуле

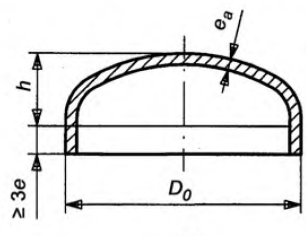
$$h_e = min\left[(h)\ ;\left(\frac{D_0^2}{4(R+e_a)}\right);\left(\sqrt{\frac{D_0(r+e_a)}{2}}\right)\right] \qquad (6.4.3.2\text{-}b1)$$

Примечание – Для эллиптических днищ $h_e = h$. (6.4.3.2-b2)

c) При умножении значение e_{ce}/D_0 на D_0 получают расчетную толщину стенки.

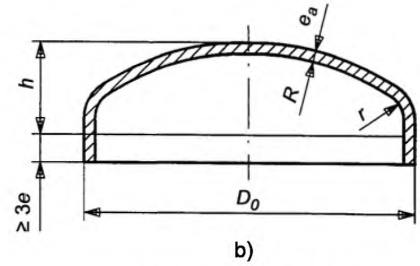
Вместо кривых на рисунке 6.4.3.2-1 могут использоваться числовые значения из таблицы 6.4.3.2-1. Допускается интерполяция кривых h_e/D_0 или использование следующей, более высокой кривой h_e/D_0.

Примечание – На рисунке 6.4.3.2-1 для h_e и D_0 могут использоваться внутренние размеры, если $h_e/D_0 < 0{,}27$; в остальных случаях необходимо использовать наружные размеры.



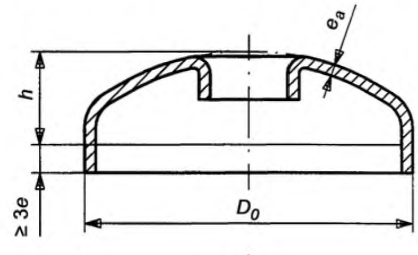
a)

Эллиптическое днище



b)

Торосферическое днище



c)

Днище с отбортованным отверстием (эллиптическое, торосферическое)

Рисунок 6.4.3-1 – **Выпуклые днища**

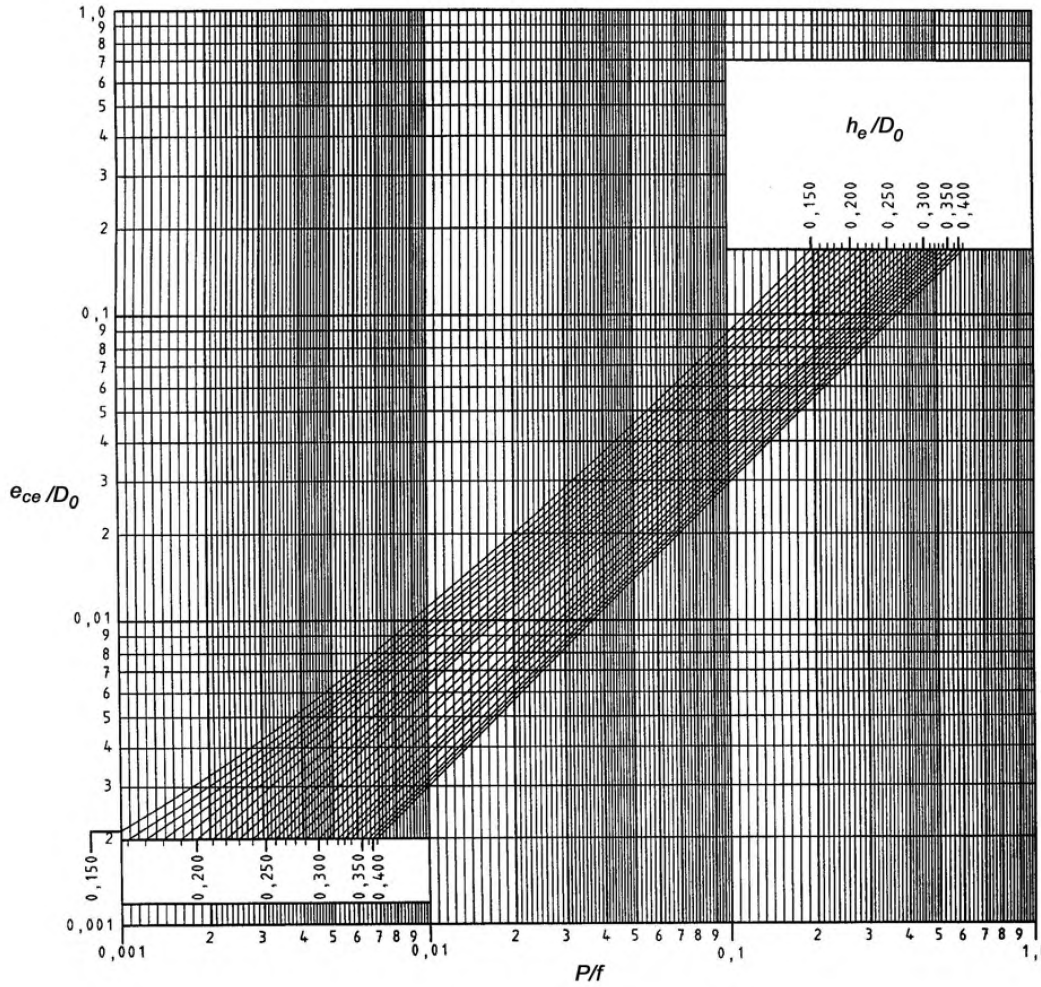


Рисунок 6.4.3.2-1 – **Расчетная диаграмма для эллиптических и торосферических днищ**

6.4.4 Расчетная толщина стенки плоских днищ и крышек

6.4.4.1 Плоские днища без отверстий

Расчетную толщину стенки плоского днища определяют по формуле

$$e_{cd} = CD_i\sqrt{\frac{P}{f}}, \qquad (6.4.4.1\text{-}1)$$

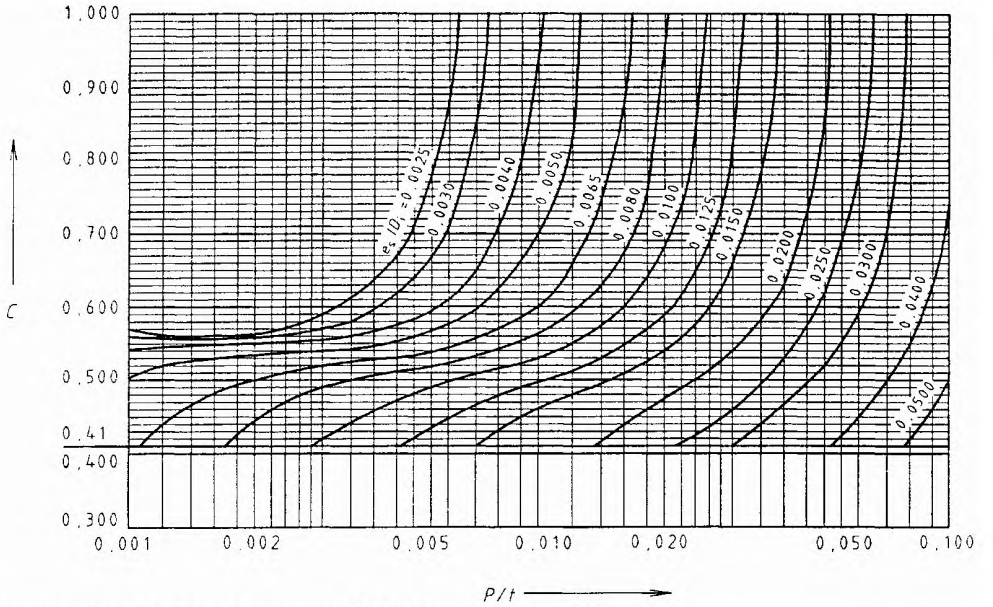
где C – коэффициент, определяемый по рисунку 6.4.4.1-1;

D_i – внутренний диаметр днища (см. рисунок 6.4.4.1-2c).

Таблица 6.4.3.2-1 – **Значения $e_{ce}/D_0 \cdot 10^3$ для выпуклых днищ без отверстий в зависимости от h_e/D_0 и P/f**

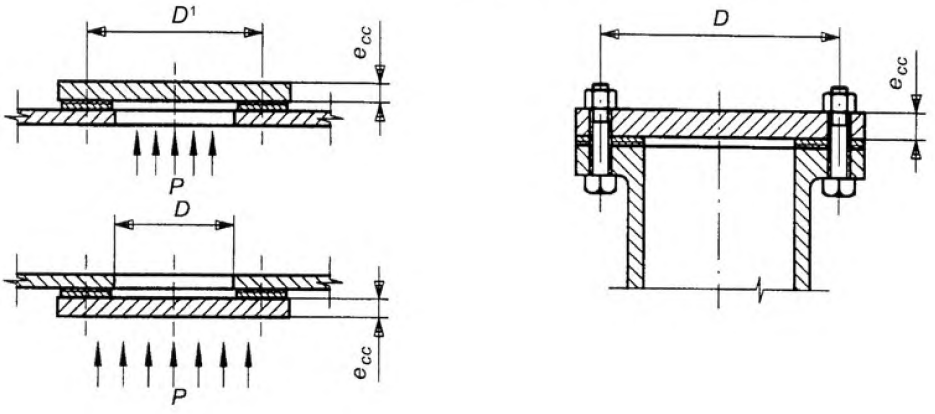
h_e/D_0	P/f									
	0,001	0,0015	0,0025	0,004	0,006	0,010	0,015	0,025	0,050	Большие значения
0,15	2,13	2,70	3,73	5,22	7,20	10,9	15,4	24,0	44,5	880×*P/f*
0,16	(1,95)	2,50	3,50	4,90	6,70	10,2	14,3	22,2	41,5	810×*P/f*
0,17	(1,80)	2,30	3,24	4,58	6,30	9,6	13,5	21,0	39,2	770×*P/f*
0,18	(1,65)	2,11	2,99	4,23	5,80	8,8	12,6	19,7	37,0	730×*P/f*
0,19	–	(1,95)	2,77	3,95	5,43	8,3	11,8	18,5	35,0	695×*P/f*
0,20	–	(1,80)	2,55	3,64	5,00	7,7	11,0	17,3	33,0	650×*P/f*
0,21	–	(1,65)	2,39	3,42	4,75	7,3	10,4	16,2	620×*P/f*	–
0,22	–	(1,52)	2,22	3,20	4,45	6,84	9,7	15,4	585×*P/f*	–
0,23	–	(1,40)	2,08	2,95	4,12	6,30	9,1	14,5	555×*P/f*	–
0,24	–	–	(1,92)	2,76	3,83	5,90	8,5	13,6	530×*P/f*	–
0,25	–	–	(1,75)	2,58	3,56	5,50	7,8	500×*P/f*	–	–
0,26	–	–	(1,64)	2,40	3,34	5,15	7,35	475×*P/f*	–	–
0,27	–	–	(1,52)	2,25	3,12	4,80	6,80	445×*P/f*	–	–
0,28	–	–	(1,41)	2,12	2,93	4,50	6,45	425×*P/f*	–	–
0,29	–	–	–	(2,00)	2,73	4,20	405×*P/f*	–	–	–
0,30	–	–	–	(1,86)	2,54	3,95	385×*P/f*	–	–	–
0,31	–	–	–	(1,71)	2,41	3,80	370×*P/f*	–	–	–
0,32	–	–	–	(1,61)	2,30	3,65	358×*P/f*	–	–	–
0,33	–	–	–	(1,52)	2,20	3,50	345×*P/f*	–	–	–
0,34	–	–	–	(1,45)	2,10	335×*P/f*	–	–	–	–
0,35	–	–	–	–	325×*P/f*	–	–	–	–	–
0,36	–	–	–	–	319×*P/f*	–	–	–	–	–
0,38	–	–	–	–	307×*P/f*	–	–	–	–	–
0,40	–	–	–	–	295×*P/f*	–	–	–	–	–

Примечание 1 – Данная таблица имеет значение для величин $e_{ce}/D_0 \cdot 10^3 < 2{,}00$.
Примечание 2 – Промежуточные значения могут определяться путем интерполяции.
Примечание 3 – Величины в скобках могут быть определены эмпирическим путем.



Примечание – Минимальное значение C = 0,41.

Рисунок 6.4.4.1-1 – **Значение *C* для приварных плоских днищ**

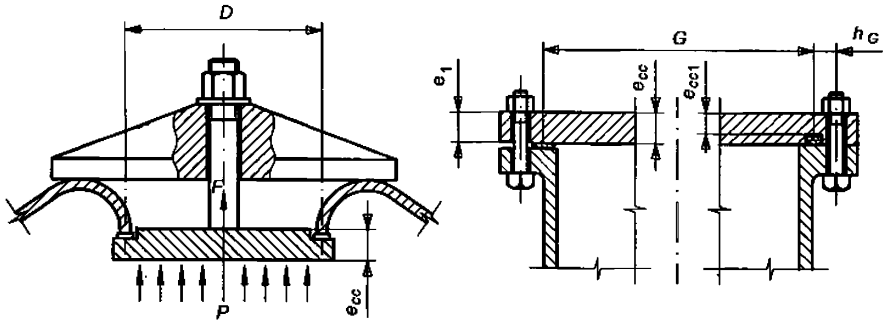


[1] D – средний диаметр уплотнения.

а1) плоская крышка с фиксированным уплотнением; C = 0,41

а2) крышка с фиксированным уплотнением; C = 0,41

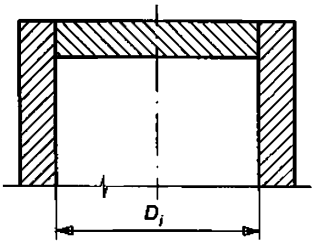
Рисунок 6.4.4.1-2, лист 1 – **Типовые плоские днища и крышки**



Примечание – Данную конструкцию необходимо использовать совместно с конструкцией 6.4.3-1c) и 6.4.6.3-1i).

a3) крышка с конструкцией уплотнения на основе стержня

b) крышка с внутренним уплотнением



Примечание – Подробности сварных швов – см. рисунок 6.2.5-1.

c) сварное плоское днище

Рисунок 6.4.4.1-2, лист 2

6.4.4.2 Крышка без отверстий

Расчетную толщину крышки определяют по формуле

a) для крышки с фиксированным уплотнением или с конструкцией уплотнения на основе стержня (рисунки 6.4.4.1-2a1, 6.4.4.1-2a2 и 6.4.4.1-2a3):

$$e_{cc} = CD\sqrt{\frac{P}{f}}, \qquad (6.4.4.2\text{-a1})$$

где D – расчетный диаметр, приведенный на рисунках 6.4.4.1-2a1, 6.4.4.1-2a2 и 6.4.4.1-2a3;

C = 0,41 – для крышек с фиксированным уплотнением (рисунки 6.4.4.1-2a1 и 6.4.4.1-2a2);

Для крышек с конструкцией уплотнения на основе стержня (рисунок 6.4. 4.1-2a3):

$$C = \sqrt{0{,}17 + 0{,}75\frac{F}{H}}, \qquad (6.4.4.2\text{-a2})$$

где F – общая нагрузка на болт;

H – общая гидростатическая нагрузка на крышку.

b) для крышек с внутренним уплотнением (рисунок 6.4.4.1-2b).

1) для круглых крышек имеют силу следующие равенства:

$$e_{cc} = \max\left[\left(\sqrt{\frac{0{,}3G^2P}{f_{F,op}} + \frac{1{,}91W_{m,op}h_G}{Gf_{F,op}}}\right);\left(\sqrt{\frac{1{,}91Wh_G}{Gf_{F,b}}}\right)\right] \qquad (6.4.4.2\text{-b1-1})$$

$$e_{cc1} = \max\left[\left(\frac{1{,}91W_{m,op}h_G}{Gf_{F,op}}\right);\left(\sqrt{\frac{1{,}91Wh_G}{Gf_{F,b}}}\right)\right], \qquad (6.4.4.2\text{-b1-2})$$

где e_{cc} и e_{cc1} – изображены на рисунке 6.4.4.1-2b;

W, $W_{m,op}$, h_G, G – указаны в 6.4.5.1.1.

$f_{F,op}$, $f_{F,b}$ – номинальные расчетные механические напряжения крышки для условий эксплуатации или смонтированного состояния;

2) для некруглых крышек имеют силу следующие равенства:

$$e_{cc} = \max\left[\left(\sqrt{\frac{0{,}3G^2PZ_0^2}{f_{F,op}} + \frac{6W_{m,op}h_G}{npf_{F,op}}}\right);\left(\sqrt{\frac{6Wh_G}{npf_{F,b}}}\right)\right], \qquad (6.4.4.2\text{-b2-1})$$

$$e_{cc1} = \left[\left(\sqrt{\frac{6W_{m,op}h_G}{npf_{F,op}}}\right);\left(\sqrt{\frac{6Wh_G}{npf_{F,b}}}\right)\right], \qquad (6.4.4.2\text{-b2-2})$$

где e_{cc} *и* e_{cc1} – изображены на рисунке 6.4.4.1-2b;

W, $W_{m,op}$, h_G, G – указаны в 6.4.5.1.1;

$f_{F,op}$, $f_{F,b}$ – номинальные расчетные механические напряжения крышки для условий эксплуатации или смонтированного состояния;

G – значение, измеренное вдоль более короткой оси;

P – минимальное расстояние между болтами;

n – число болтов;

Z_0 – коэффициент, который выбирается по рисунку 6.4.4.2-1 в зависимости от b_{min} и b_{max} (см. рисунок 6.4.4.2-2).

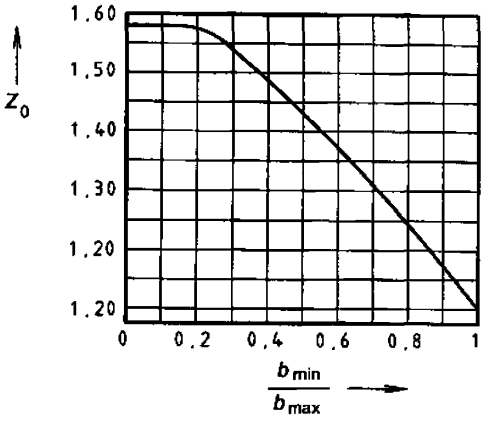


Рисунок 6.4.4.2-1 – **Значение коэффициента Z_0 для некруглых крышек**

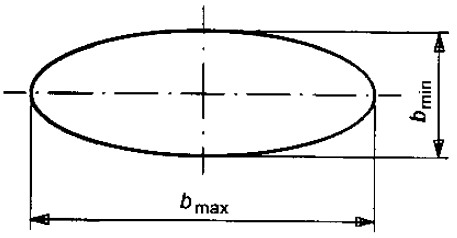


Рисунок 6.4.4.2-2 – **Определение b_{min} и b_{max}**

6.4.4.3 Отверстия в плоских днищах и крышках

Плоские днища или крышки с отверстиями, диаметр *d* которых больше чем *D/2*, должны рассчитываться по соответствующей формуле в 6.4.5.

Отверстия с *d* не более *D/2* должны усиливаться согласно 6.4.7.

6.4.5 Расчет фланцев

Расчеты действительны для следующих четырех классов фланцев:

– фланцы с внутренним уплотнением в соответствии с 6.4.5.1 (см. рисунок 6.4.5.1-1);

– фланцы с фиксированным уплотнением в соответствии с 6.4.5.2 (см. рисунок 6.4.5.2-1);

– внутренние фланцы с внутренним уплотнением в соответствии с 6.4.5.3 (см. рисунок 6.4.5.3-1);

– внутренние фланцы с фиксированным уплотнением в соответствии с 6.4.5.4 (см. рисунок 6.4.5.4-1);

Для расчета фланцы должны подразделяться на два типа:

– встроенные фланцы, которые воспринимают нагрузку, действующую на обечайку. На рисунке 6.4.5-1 изображены три конструкции *a*, *b* и *c*, которые допустимы для встроенных фланцев;

– свободные фланцы, которые не воспринимают нагрузку, действующую на обечайку.

На рисунке 6.4.5-1 изображены три конструкции *d*, *e* и *f*, которые применяют для свободных фланцев.

Примечание – Рисунок 6.4.5-1, на котором изображены фланцы с внутренним уплотнением, может также использоваться для трех других вышеупомянутых классов фланцев.

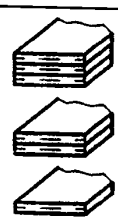
В 6.4.5.1 приведен полный метод расчета фланцев с внутренним уплотнением. Расчеты для трех других классов фланцев основываются на этом основном методе с изменениями, которые приведены в 6.4.5.2, 6.4.5.3 и 6.4.5.4 соответственно.

Все расчеты должны быть выполнены для условий эксплуатации (в рассмотрение можно принимать более одного условия) и для смонтированного состояния.

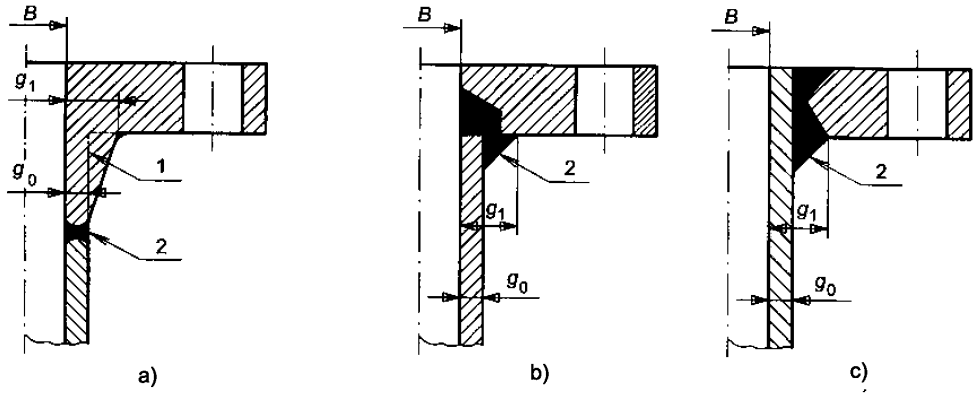
Рекомендуемые значения коэффициента уплотнения *m* и коэффициента минимального обжатия уплотнения *y* для характеристик уплотнения указаны в таблице 6.4.5-1 для различных уплотнений.

Если используются стандартные фланцы с диаметром до 250 мм включительно по ИСО 7005-1, то расчет фланца не требуется.

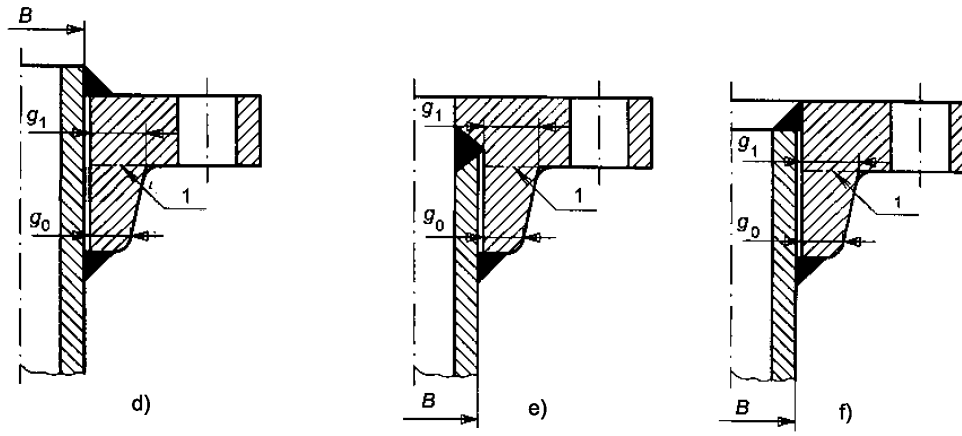
Таблица 6.4.5-1 – **Рекомендуемые коэффициенты уплотнения *(m)* для условий эксплуатации и минимальных обжатий площади *(y)* уплотнения**

Материал уплотнения	Коэффициент уплотнения *m*	Коэффициент минимального обжатия уплотнения *y*, Н/мм^2	Эскиз
Резина без волоконной вставки, т. е. с высокой процентной долей асбестовой нити: менее 75 IRHD 75 IRHD и более	 0,50 1,00	 0 1,4	
Прессованная нить со связующим материалом, пригодным для условий эксплуатации толщиной: 3,2 мм 1,6 мм 0,8 мм	 2,0 2,75 3,50	 11,0 25,5 44,8	
Резиновое кольцо с хлопковой вставкой	1,25	2,8	
Резиновое кольцо с волоконной вставкой с или без проволочного армирования 3-слойное 2-слойное 1-слойное	 2,25 2,50 2,75	 15,2 20,0 25,5	
Волоконный материал растительного происхождения	1,75	7,6	
Резиновое кольцо с круглым поперечным сечением: менее 75 IRHD между 75 и 85 IRHD	 0 0,25	 0,7 1,4	
Резиновое кольцо с квадратным поперечным сечением: менее 75 IRHD между 75 и 85 IRHD	 0 0,25	 1,0 2,8	
Резиновое кольцо с Т-образным поперечным сечением: менее 75 IRHD между 75 и 85 IRHD	 0 0,25	 1,0 2,8	
Примечание – Использование асбеста в некоторых странах запрещено.			

Встроенные фланцы



Свободные фланцы



1 – схема без выступа; 2 – шов сварного соединения с полным проплавлением

Примечание 1 – На этих схемах показаны значения B, g_0 и g_1, используемые при расчетах.
Примечание 2 – Для фланцев без усиления (очерченных пунктирной линией), показанных на рисунках d), e) и f): $g_1 = g_0 = 0$.
Примечание 3 – Эти шесть конструкций могут использоваться для фланцев с фиксированным уплотнением; внутренних фланцев с внутренним уплотнением; внутренних фланцев с фиксированным уплотнением.

Рисунок 6.4.5-1 – **Типовые сварные конструкции фланцев**

6.4.5.1 Фланцы с внутренним уплотнением

Следующие расчеты действительны для фланцев с внутренним уплотнением, приведенных на рисунке 6.4.5.1-1. На рисунке 6.4.5-1 показаны типовые конструкции встроенных фланцев (конструкции a), b) и c) и свободных фланцев (конструкции d), e) и f).

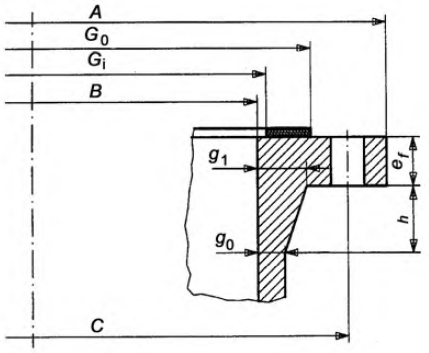
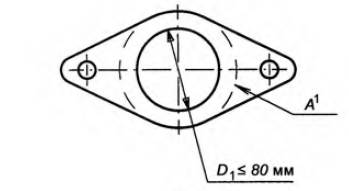
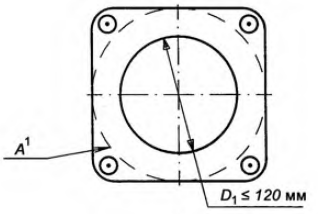


Рисунок 6.4.5.1-1 – **Фланец с внутренним уплотнением**



a)



b)

[1]Для расчета применяется наружный диаметр *A*.

Рисунок 6.4.5.1-2 – **Некруглые фланцы**

Расчеты действительны для круглых фланцев. Однако они могут проводиться для некруглых фланцев, приведенных на рисунке 6.4.5.1-2, если их внутренний диаметр составляет не более 80 мм (рисунок 6.4.5.1-2a) или не более 120 мм (рисунок 6.4.5.1-2b). При расчете применяют наружный диаметр *A*, приведенный на рисунке 6.4.5.1-2.

6.4.5.1.1 Обозначения

Дополнительно к обозначениям, приведенным в 3.2, для расчетов используют следующие обозначения. Все размеры указаны с учетом прибавки для компенсации коррозии.

Примечание – Дальнейшие и модифицированные расчеты приведены в 6.4.5.2, 6.4.5.3 и 6.4.5.4.

A – наружный диаметр фланца;

A_m – суммарная необходимая площадь поперечного сечения болтов;

$A_{m,op}$ – суммарная площадь поперечного сечения болтов, необходимая для условий эксплуатации;

$A_{m,b}$ – суммарная площадь поперечного сечения болтов, необходимая для смонтированного состояния;

b – действительная ширина посадочного места уплотнения:

$$b = \frac{G_0 - G_i}{2} \qquad (6.4.5.1.1\text{-}1)$$

B – внутренний диаметр фланца в миллиметрах (см. рисунки 6.4.5-1a), 6.4.5-1b), 6.4.5-1c) для встроенных фланцев и рисунки 6.4.5-1d), 6.4.5-1e), 6.4.5-1f) для свободных фланцев);

C – диаметр окружности, на которой расположены отверстия для болтов;

e_f – толщина фланца в наиболее тонком месте;

f_{op} – номинальное расчетное механическое напряжение болтов для условий эксплуатации;

f_b – номинальное расчетное механическое напряжение болтов для смонтированного состояния;

$f_{F,op}$ – номинальное расчетное механическое напряжение материала фланца для условий эксплуатации;

$f_{F,b}$ – номинальное расчетное механическое напряжение материала фланца для смонтированного состояния;

g_0 – наименьшая толщина выступа;

g_1 – наибольшая толщина выступа;

G – средний диаметр поверхности уплотнения:

$$G = \frac{G_i + G_0}{2}, \qquad (6.4.5.1.1\text{-}2)$$

где G_i – внутренний диаметр поверхности уплотнения;

G_0 – наружный диаметр поверхности уплотнения;

$$h_0 = \sqrt{B \cdot g_0} \qquad (6.4.5.1.1\text{-}3)$$

h – высота выступа;

h_D – плечо силы H_D;

h_T – плечо силы H_T;

h_G – плечо силы H_G;

H_D – сила гидростатического давления, которая передается фланцу от обечайки;

H_T – сила гидростатического давления на наружной стороне фланца;

H_G – сила гидростатического давления на уплотнение;

$$K = \frac{A}{B}; \qquad (6.4.5.1.1\text{-}4)$$

m – коэффициент уплотнения по таблице 6.4.5-1 или по НД на уплотнение;

M_{op} – суммарный момент, действующий на фланец в условиях эксплуатации;

M_b – суммарный момент, действующий на фланец в смонтированном состоянии;

$$T = \frac{K^2(1 + 8{,}55246 \lg K) - 1}{(1{,}0472 + 1{,}9448K^2) \cdot (K - 1)}; \qquad (6.4.5.1.1\text{-}5)$$

$$U = \frac{K^2(1 + 8{,}55246 \lg K) - 1}{1{,}36136(K^2 - 1) \cdot (K - 1)}; \qquad (6.4.5.1.1\text{-}6)$$

W – расчетная нагрузка для болтов фланцев;

$W_{m,op}$ – минимальная нагрузка в условиях эксплуатации;

$W_{m,b}$ – минимальная нагрузка в смонтированном состоянии;

y – коэффициент минимального поверхностного обжатия уплотнения по таблице 6.4.5-1 или по НД на уплотнение

$$Y = \frac{1}{K - 1} \cdot \left(0{,}66845 + 5{,}71690 \frac{K^2 \lg K}{K^2 - 1}\right); \qquad (6.4.5.1.1\text{-}7)$$

$$Z = \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1}. \qquad (6.4.5.1.1\text{-}8)$$

6.4.5.1.2 Осевые нагрузки и диаметры болтов

Рекомендуется применять болты и шпильки с номинальным диаметром не менее 12 мм, однако минимальный номинальный диаметр должен составлять не менее 8 мм. Номинальное расчетное механическое напряжение болтов должно составлять не более $0{,}6R_{eT}$ или $0{,}3R_m$. В таблице 6.4.5.1.2-1 приведены значения для расчетных номинальных механических напряжений, если значения R_{eT} или R_m не приведены в стандарте на болты.

Таблица 6.4.5.1.2-1 – **Значения расчетных номинальных механических напряжений для материалов болтов фланцевых соединений**

Материал	Характеристика	Рекомендуемое расчетное номинальное механическое напряжение, Н/мм^2				
Нелегированная сталь	класс прочности по ЕН ИСО 898-1 и ЕН 20898-2	50 °С	100 °С	200 °С	250 °С	300 °С
	8.8 5.6	192 150	174 125	139 105	129 95	119 80

Шаг резьбы болтов и винтов должен составлять не более

$$2d_b + \frac{6e}{m+0{,}5}, \qquad (6.4.5.1.2\text{-}1)$$

где d_b – номинальный диаметр болтов;

e – номинальная толщина фланца.

Минимальная расчетная нагрузка и суммарная площадь поперечного сечения болтов:

– для условий эксплуатации

$$W_{m,op} = H_D + H_T + H_G, \qquad (6.4.5.1.2\text{-}2)$$

$$A_{m,op} = \frac{W_{m,op}}{f_{op}} \qquad (6.4.5.1.2\text{-}3)$$

– для смонтированного состояния

$$W_{m,b} = \pi \cdot b \cdot G \cdot y, \qquad (6.4.5.1.2\text{-}4)$$

$$A_{m,b} = \frac{W_{m,b}}{f_b}. \qquad (6.4.5.1.2\text{-}5)$$

Действительные площади поперечного сечения болтов A_{act} должны быть не менее A_m:

$$A_{act} \geq A_m, \qquad (6.4.5.1.2\text{-}6)$$

$$A_m = \max\left[\left(A_{m,op}\right); \left(A_{m,b}\right)\right] \qquad (6.4.5.1.2\text{-}7)$$

6.4.5.1.3 Нагрузки и моменты, действующие на фланцы:

В таблице 6.4.5.1.3-1 приведены нагрузки и моменты для условий эксплуатации.

Таблица 6.4.5.1.3-1 – **Силы, плечи и моменты сил для условий эксплуатации**

Сила		Плечо силы	
$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot B^2 \cdot P$	(6.4.5.1.3-1)	$h_D = \frac{C - B - g_1}{2}$	(6.4.5.1.3-2)
$H_T = \frac{\pi}{4}\left(G^2 - B^2\right)P$	(6.4.5.1.3-3)	$h_T = \frac{2C - B - G}{4}$	(6.4.5.1.3-4)
$H_G = \pi(2b)G \cdot m \cdot P$	(6.4.5.1.3-5)	$h_G = \frac{C - G}{2}$	(6.4.5.1.3-6)
$M_{op} = H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_G \cdot h_G$			(6.4.5.1.3-7)
Примечание – Для свободных фланцев $g_1 = 0$ в формуле (6.4.5.1.3-2).			

Для смонтированного состояния:

$$W_b = \frac{A_m + A_{act}}{2} \cdot f_b , \qquad (6.4.5.1.3\text{-}8)$$

$$M_b = W_b \cdot h_G . \qquad (6.4.5.1.3\text{-}9)$$

6.4.5.1.4 Напряжения во фланцах

Момент M:

– для условий эксплуатации:

$$M = \frac{M_{op}}{B} , \qquad (6.4.5.1.4\text{-}1)$$

– для смонтированного состояния:

$$M = \frac{M_b}{B} . \qquad (6.4.5.1.4\text{-}2)$$

Напряжения во фланцах должны определяться следующим образом:

а) для встроенных фланцев максимальные напряжения задаются:

– осевое напряжение в выступе:

$$\sigma_H = \frac{f_l}{\lambda_l \cdot g_1^2} \cdot M , \qquad (6.4.5.1.4\text{-}a1)$$

– радиальное напряжение фланца:

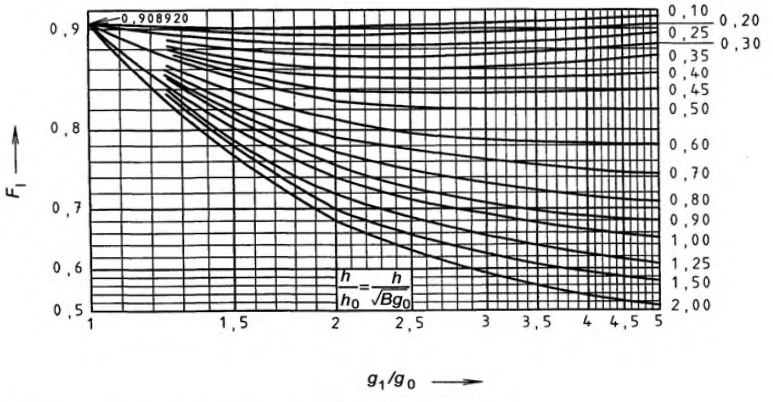
$$\sigma_R = \frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{F_l}{h_0} \cdot e_f + 1}{\lambda_l \cdot e_f^2} \cdot M , \qquad (6.4.5.1.4\text{-}a2)$$

– тангенциальное напряжение фланца:

$$\sigma_T = \frac{Y}{e_f^2} \cdot M - Z \cdot \sigma_R , \qquad (6.4.5.1.4\text{-}a3)$$

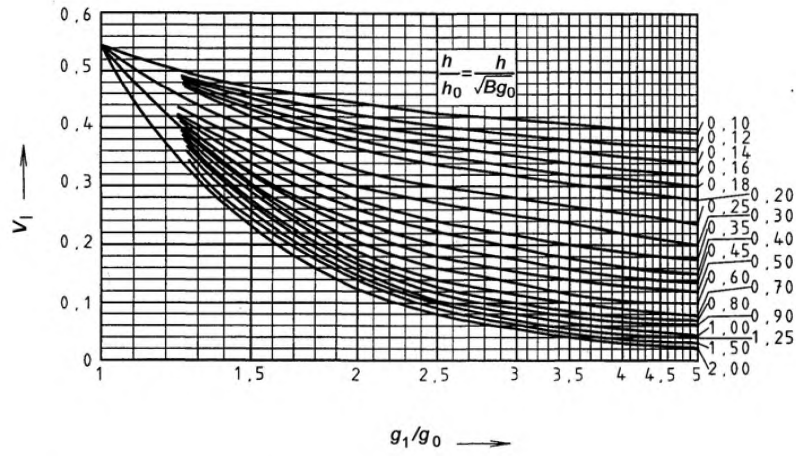
где $\lambda_l = \dfrac{\frac{F_l}{h_0} \cdot e_f + 1}{T} + \dfrac{V_l}{U} \cdot \dfrac{e_f^3}{h_0 \cdot g_0^2}$; (6.4.5.1.4-a4)

F_l, V_l и f_l – коэффициенты для встроенных фланцев, приведенные на рисунках 6.4.5.1.4-1, 6.4.5.1.4-2 и 6.4.5.1.4-3 соответственно.



Примечание – Если выступ не используется, то $\dfrac{g_1}{g_0} = 1$.

Рисунок 6.4.5.1.4-1 – **Значения F_l для встроенных фланцев с выступом** (рисунки 6.4.5-1a), 6.4.5-1b) и 6.4.5-1c)



Примечание – Если выступ не используется, то $\frac{g_1}{g_0}=1$.

Рисунок 6.4.5.1.4-2 – **Значения V_l для встроенных фланцев с выступом** (рисунки 6.4.5-1a), 6.4.5-1b) и 6.4.5-1c)

b) для свободных фланцев задаются следующие максимальные напряжения:

– осевое напряжение в выступе:

$$\sigma_H = \frac{1}{\lambda_L \cdot g_1^2} \cdot M \qquad (6.4.5.1.4\text{-b1})$$

– радиальное напряжение фланца:

$$\sigma_R = \frac{\frac{4}{3}\cdot\frac{F_L}{h_0}\cdot e_f + 1}{\lambda_L \cdot e_f^2} \cdot M \qquad (6.4.5.1.4\text{-b2})$$

– тангенциальное напряжение фланца:

$$\sigma_T = \frac{Y}{e_f^2} \cdot M - Z \cdot \sigma_R, \qquad (6.4.5.1.4\text{-b3})$$

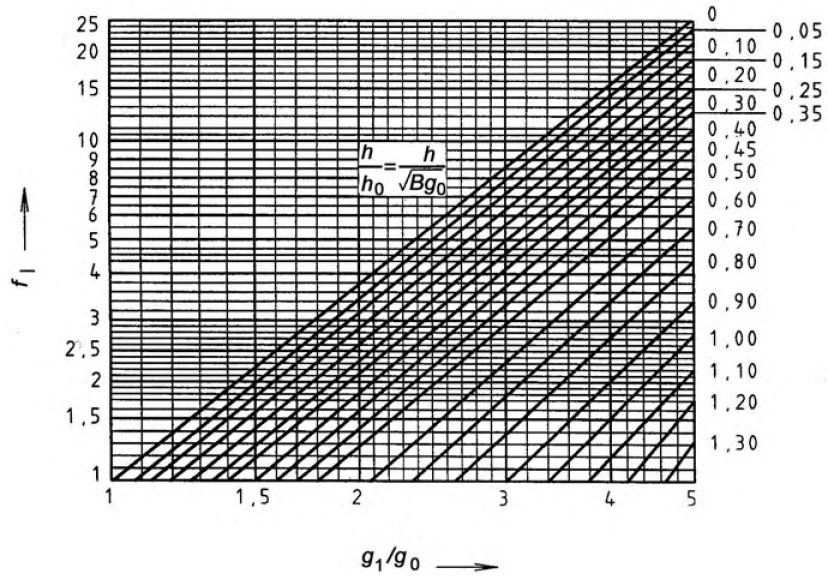
где $\lambda_L = \frac{\frac{F_L}{h_0}\cdot e_f + 1}{T} + \frac{V_L}{U}\cdot\frac{e_f^3}{h_0 \cdot g_0^2}$; (6.4.5.1.4-b4)

F_L, V_L – коэффициенты для свободных фланцев, приведенные на рисунках 6.4.5.1.4-4 и 6.4.5.1.4-5 соответственно.

Примечание – Если выступ не используется, то: $\sigma_H = 0$; (6.4.5.1.4-b5)

$\sigma_R = 0$; (6.4.5.1.4-b6)

$$\sigma_T = \frac{Y}{e_f^2} \cdot M \qquad (6.4.5.1.4\text{-b7})$$



Примечание 1 – $f = 1$ для фланцев одинаковой толщины ($\frac{g_1}{g_0} = 1$).

Примечание 2 – Если выступ не используется, то $\frac{g_1}{g_0} = 1$.

Рисунок 6.4.5.1.4-3 – **Значения f_1 для встроенных фланцев** (рисунки 6.4.5-1a), 6.4.5-1b) и 6.4.5-1c)

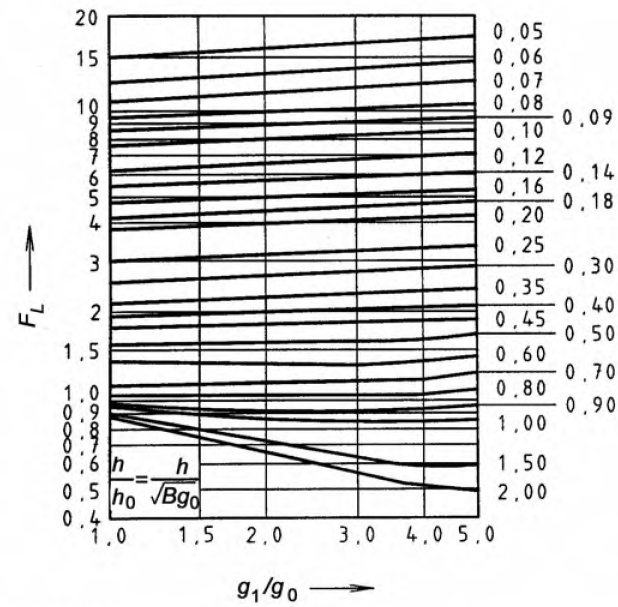


Рисунок 6.4.5.1.4-4 – **Значения F_L для свободных фланцев с выступом** (рисунки 6.4.5-1d), 6.4.5-1e) и 6.4.5-1f)

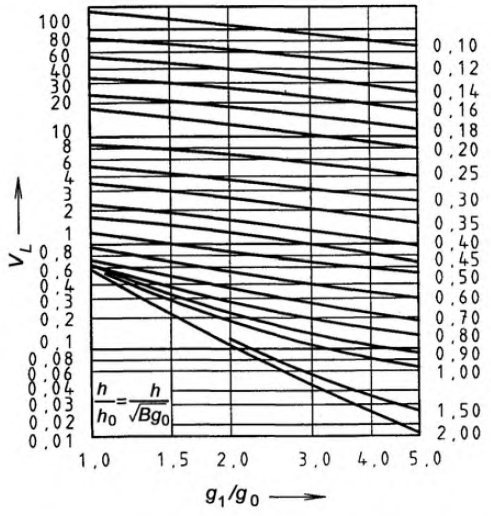


Рисунок 6.4.5.1.4-5 – **Значения V_L для свободных фланцев с выступом** (рисунки 6.4.5-1d), 6.4.5-1e) и 6.4.5-1f)

c) для встроенных и свободных фланцев максимальные напряжения ограничиваются следующим образом:

$$\sigma_H \le 1{,}5 f_F \qquad (6.4.5.1.4\text{-c1})$$

$$\sigma_R \le f_F \qquad (6.4.5.1.4\text{-c2})$$

$$\sigma_T \le f_F \qquad (6.4.5.1.4\text{-c3})$$

$$\frac{\sigma_H + \sigma_R}{2} \le f \qquad (6.4.5.1.4\text{-c4})$$

$$\frac{\sigma_H + \sigma_T}{2} \le f\,, \qquad (6.4.5.1.4\text{-c5})$$

где $f_F = f_{F,op}$ – для условий эксплуатации; (6.4.5.1.4-c6)

$f_F = f_{F,b}$ – для смонтированного состояния. (6.4.5.1.4-c7)

6.4.5.2 Фланец с фиксированным уплотнением

Для фланцев с фиксированным неметаллическим уплотнением толщиной не более 1,5 мм, изображенных на рисунке 6.4.5.2-1, применяют расчеты, приведенные ниже. Допускаются конструкции фланцев, приведенные на рисунке 6.4.5-1.

6.4.5.2.1 Обозначения

Для расчетов применяют следующие обозначения, которые вводятся дополнительно или в виде изменений к обозначениям 3.2 и 6.4.5.1.1:

b' – действительная ширина уплотнения

$$b' = 4\sqrt{G_0 - C} \qquad (6.4.5.2.1\text{-1})$$

$2b''$ – действительная ширина уплотнения после обжатия

$$2b'' = 5 \text{ мм} \qquad (6.4.5.2.1\text{-2})$$

d_h – диаметр отверстия под болт;

e_{cf} – расчетная толщина фланца;

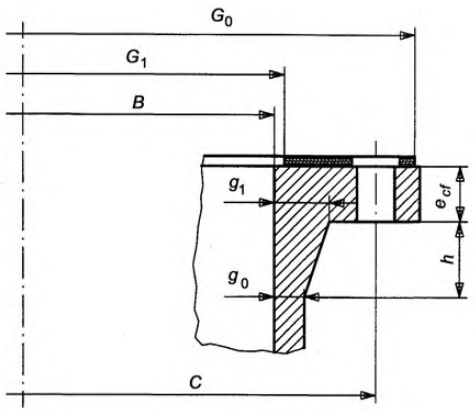


Рисунок 6.4.5.2-1 – **Фланец с фиксированным уплотнением**

G – диаметр в месте реакции уплотнения:

$$G = C - d_h - 2b'' \qquad (6.4.5.2.1\text{-}3)$$

H_R – сила реакции снаружи диаметра отверстия противоположная моментам, которые вызываются нагрузками внутри диаметра отверстия;

h_r – плечо силы H_R;

n – число болтов.

6.4.5.2.2 Осевые нагрузки и диаметры болтов

Болты должны рассчитываться по 6.4.5.1.2 со следующими изменениями:

$$W_{m,op} = H_D + H_T + H_G + H_R \qquad (6.4.5.2.2\text{-}1)$$

$$W_{m,b} = \pi b' \cdot C \cdot y \qquad (6.4.5.2.2\text{-}2)$$

6.4.5.2.3 Нагрузки и моменты, действующие на фланец

Нагрузки, плечи и моменты сил должны рассчитываться по 6.4.5.1.3 с учетом указанных в таблице 6.4.5.2.3-1 изменений.

6.4.5.2.4 Толщина фланца

Толщина фланца рассчитывается по следующей формуле:

$$e_{cf} = \sqrt{\frac{6M_{op}}{f_{F,op} \cdot (\pi \cdot C - n \cdot d_h)}} \qquad (6.4.5.2.4\text{-}1)$$

6.4.5.3 Внутренний фланец с внутренним уплотнением

Для внутренних фланцев с внутренним уплотнением, приведенных на рисунке 6.4.5.3-1, для которых отношение диаметров B/A менее 1,1 применяют расчеты, приведенные ниже. Допускаются конструкции фланцев, приведенные на рисунке 6.4.5-1.

Таблица 6.4.5.2.3-1 – **Силы и плечи сил для условий эксплуатации**

Сила		Плечо силы	
$H_T = \frac{\pi}{4} \cdot \left(G^2 - B^2\right) \cdot P$ (неизменно)	(6.4.5.2.3-1)	$h_T = \frac{C + d_h + 2b'' - B}{4}$	(6.4.5.2.3-2)
$H_G = \pi(2b'') \cdot G \cdot m \cdot P$	(6.4.5.2.3-3)	$h_G = \frac{d_h + 2b''}{2}$	(6.4.5.2.3-4)
$H_R = \frac{M_{op}}{h_R}$	(6.4.5.2.3-5)	$h_R = \frac{G_0 - C + d_h}{4}$	(6.4.5.2.3-6)

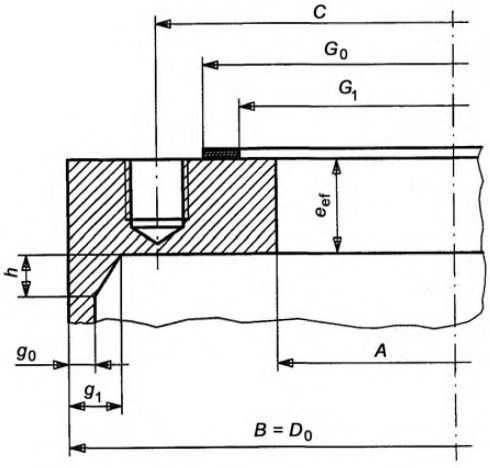


Рисунок 6.4.5.3-1 – **Внутренний фланец с внутренним уплотнением**

Если внутренний диаметр обечайки D_i менее 300 мм, то в конструкции, приведенной на рисунке 6.4.5-1, может применяться шов сварного соединения с неполным проплавлением (см. рисунок 6.4.5.3-2). В этом случае при расчетах должна использоваться толщина фланца e_f согласно рисунку 6.4.5.3-2.

6.4.5.3.1 Обозначения

Для расчетов применяют следующие обозначения, которые вводятся дополнительно или в виде изменений к обозначениям 3.2 и 6.4.5.1.1:

A – внутренний диаметр фланца;

B – наружный диаметр фланца;

D_i – внутренний диаметр обечайки:

$D_i = B - 2g_0$ – для встроенного фланца (6.4.5.3.1-1)

$D_i = B$ – для свободного фланца (6.4.5.3.1-2)

$$K = \frac{B}{A}. \quad (6.4.5.3.1\text{-}3)$$

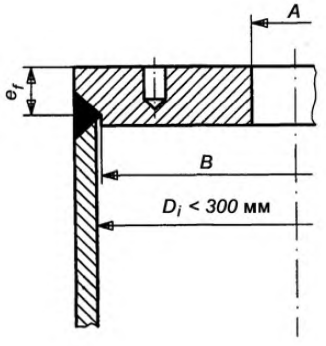


Рисунок 6.4.5.3-2 – **Альтернативная конструкция внутреннего фланца с внутренним диаметром обечайки менее 300 мм**

Таблица 6.4.5.3.3-1 – **Силы и плечи сил для условий эксплуатации**

Сила	Плечо силы
$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2 \cdot P$ (6.4.5.3.3-1)	$h_D = \frac{B - C - g_1}{2}$ (6.4.5.3.3-2) (неизменно)
$H_T = \frac{\pi}{4} \cdot \left(D_i^2 - G^2\right) \cdot P$ (6.4.5.3.3-3)	$h_T = \frac{2C - G - D_i}{4}$ (6.4.5.3.3-4)
Примечание 1 – Для свободных фланцев $g_1 = 0$ в формуле 6.4.5.3.3-2. Примечание 2 – Должно учитываться значение h_T (формула 6.4.5.3.3-4), которое может быть отрицательным.	

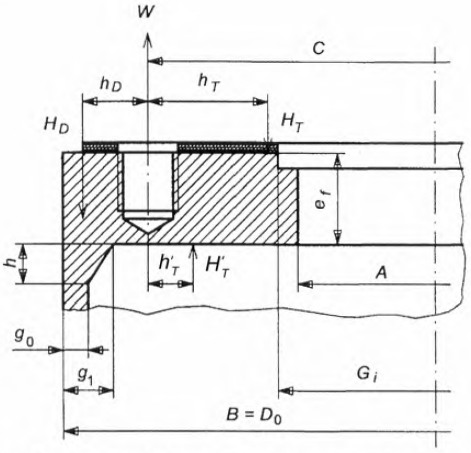


Рисунок 6.4.5.4-1 – **Внутренний фланец с фиксированным уплотнением**

6.4.5.3.2 Осевые нагрузки и толщины

Болты должны рассчитываться согласно 6.4.5.1.2.

6.4.5.3.3 Нагрузки и моменты, действующие на фланец

Нагрузки, плечи и моменты сил должны рассчитываться по 6.4.5.1.3 с учетом указанных в таблице 6.4.5.3.3-1 изменений.

6.4.5.3.4 Напряжения во фланцах

Напряжения должны рассчитываться по 6.4.5.1.4 с учетом момента M:

– для условий эксплуатации:

$$M = \frac{M_{op}}{A}, \qquad (6.4.5.3.4\text{-}1)$$

– для смонтированного состояния:

$$M = \frac{M_b}{A} \qquad (6.4.5.3.4\text{-}2)$$

6.4.5.4 Внутренний фланец с фиксированным уплотнением

Для внутренних фланцев с фиксированным уплотнением, приведенных на рисунке 6.4.5.4-1, применяют расчеты, приведенные ниже. Допускаются конструкции фланцев согласно рисунку 6.4.5-1.

Если внутренний диаметр обечайки D_i менее 300 мм, то в конструкции, приведенной на рисунке 6.4.5-1e, может применяться шов сварного соединения с частичным проплавлением (см. рисунок 6.4.5.3-2). В этом случае при расчетах должна использоваться толщина фланца e_f по рисунку 6.4.5.3-2.

6.4.5.4.1 Обозначения

Для расчетов применяют следующие обозначения, вводимые дополнительно или в виде изменений к обозначениям 3.2 и 6.4.5.1.1:

A – внутренний диаметр фланца;

B – наружный диаметр фланца;

D_i – внутренний диаметр обечайки;

$D_i = B - 2g_0$ – для встроенного фланца; (6.4.5.4.1-1)

$D_i = B$ – для свободного фланца; (6.4.5.4.1-2)

d_h – диаметр отверстия под болт;

h'_T – плечо силы H'_T ;

H'_T – гидростатическая сила давления на наружной стороне фланца;

$$K = \frac{B}{A}. \qquad (6.4.5.4.1\text{-}3)$$

Таблица 6.4.5.4.3-1 – **Силы и плечи сил для условий эксплуатации**

Сила		Плечо силы	
$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2 \cdot P$	(6.4.5.4.3-1)	$h_D = \frac{B - C - g_1}{2}$ (неизменно)	(6.4.5.4.3-2)
$H_T = \frac{\pi}{8} \cdot \left[(C - d_h)^2 - G_i^2\right] \cdot P$	(6.4.5.4.3-3)	$h_T = \frac{2C + d_h - 2G_i}{6}$	(6.4.5.4.3-4)
$H_G = \pi \cdot 2b \cdot C \cdot m \cdot P$	(6.4.5.4.3-5)	$h_G = 0$	(6.4.5.4.3-6)
$H'_T = \frac{\pi}{4} \cdot \left[\left(D_i^2 - G_i^2\right)\right] \cdot P$	(6.4.5.4.3-7)	$h'_T = \frac{2C - D_i - G_i}{4}$	(6.4.5.4.3-8)
$M_{op} = H_T \cdot h_T - H_D \cdot h_D + H'_T \cdot h'_T$			(6.4.5.4.3-9)
Примечание 1 – Для свободных фланцев $g_1 = 0$ в формуле (6.4.5.4.3-2). Примечание 2 – Должно учитываться значение h_T (формула 6.4.5.4.3-4), которое может быть отрицательным.			

6.4.5.4.2 Осевые нагрузки и толщины

Болты должны рассчитываться согласно 6.4.5.1.2.

6.4.5.4.3 Нагрузки и моменты, действующие на фланцы

Нагрузки, плечи и моменты сил должны рассчитываться по 6.4.5.1.3 с изменениями, приведенными в таблице 6.4.5.4.3-1.

6.4.5.4.4 Напряжения во фланце

Напряжения должны рассчитываться по 6.4.5.1.4 с определением момента M:

$$M = \frac{M_{op}}{A} \qquad (6.4.5.4.4\text{-}1)$$

6.4.6 Расчет усиления отверстий цилиндрических обечаек и выпуклых днищ

6.4.6.1 Общие положения

Описанный в 6.4.6.4 – 6.4.6.7 метод расчета действителен для цилиндрических обечаек, сферических корпусов и выпуклых днищ с круглыми или эллиптическими отверстиями, при этом указанные в 6.4.6.2 – 6.4.6.3.5 условия должны быть выполнены. Диаметр штуцера должен составлять не более 0,5 диаметра обечайки, к которой он приварен. Наибольшее расстояние от середины выпуклого днища до наружной кромки усиления или отверстия должно быть не более 0,4 D_0 (см. рисунок 6.4.6-1).

6.4.6.2 Расстояние между отверстиями

Расстояние между отверстиями или штуцерами, измеренное от наружной стороны штуцеров, плоских фланцев или пластин, должно быть не менее $2 \cdot l_m$, при этом:

$$l_m = \sqrt{(2r_{im} + e_{am})\, e_{am}}\,, \qquad (6.4.6.2\text{-}1)$$

где e_{am} – действительная минимальная толщина стенки корпуса сосуда с учетом прибавки для компенсации коррозии материала, то есть $e_{as} = e_{ah}$;

r_{im} – внутренний радиус закругления корпуса сосуда:

для обечайки

$$r_{im} = \frac{D_0}{2} - e_{as}\,, \qquad (6.4.6.2\text{-}2)$$

для полусферических или торосферических днищ

$$r_{im} = r_{ih}\,, \qquad (6.4.6.2\text{-}3)$$

для эллиптических днищ

$$r_{im} = \frac{d_{is}^2}{4h}\,. \qquad (6.4.6.2\text{-}4)$$

Допускаются расстояния между отверстиями менее $2 \cdot l_m$, но не менее пятикратной номинальной толщины стенки, если проводится расчет усиления, приведенный в последующих разделах, при использовании меньших значений длин для каждого усиленного отверстия, так что сумма этих длин не превышает действительное расстояние между отверстиями.

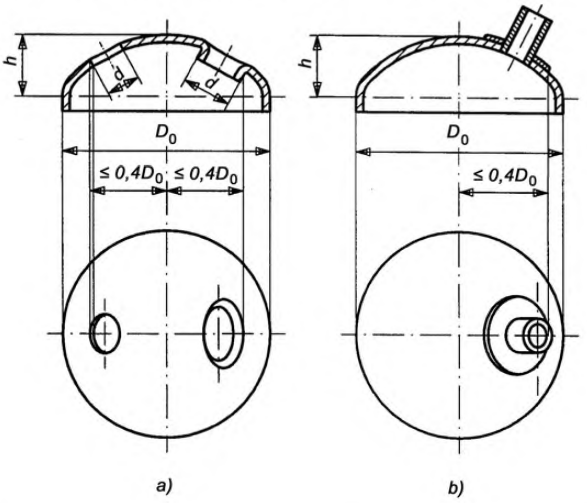


Рисунок 6.4.6-1 – **Расположение отверстий в выпуклых днищах**

6.4.6.3 Усиление

При необходимости обечайки и выпуклые днища с отверстиями должны усиливаться. Усиление корпуса сосуда может осуществляться следующими способами:

a) увеличением толщины стенки обечайки или днища по сравнению с толщиной стенки, необходимой для обечайки или днища без отверстий (см. рисунки 6.4.6.3-1a) и 6.4.6.3-1b);

b) приваркой пластины (см. рисунки 6.4.6.3-1c) и 6.4.6.3-1d);

c) плоским фланцем (см. рисунки 6.4.6.3-1e) и 6.4.6.3-1f);

d) приваркой штуцеров (см. рисунки 6.4.6.3-1g) и 6.4.6.3-1h);

e) комбинацией вышеназванных способов (см. рисунки 6.4.6.3-1i) и 6.4.6.3-1j);

f) формовкой и отбортовкой отверстий (см. рисунки 6.4.6.3-1k) и 6.4.6.3-1l);

6.4.6.3.1 Площадь усилений корпуса сосуда с отверстиями не может рассчитываться непосредственно, а должна прежде всего оцениваться. Эта оценка может перепроверяться при помощи расчетов, приведенных ниже. Приведенный метод расчета основывается на формуле (6.4.2-1) для цилиндрических обечаек и формуле (6.4.3.1-1) для сферических и полусферических выпуклых днищ и показывает связь между площадью поверхности, подверженной давлению A_p, и площадью поперечного сечения усиления A_f (см. рисунок 6.4.6.3-1).

При определенных условиях возможен повторный расчет с использованием уточненной площади усиления.

6.4.6.3.2 В случае необходимости следует предусмотреть достаточное усиление во всех плоскостях осей отверстий и штуцеров.

6.4.6.3.3 В эллиптических отверстиях без штуцеров отношение длины большей оси к меньшей может составлять не более 1,5. В эллиптических отверстиях цилиндрических обечаек диаметр в осевом направлении должен приниматься за основу в качестве диаметра в расчетах. В эллиптических отверстиях выпуклых днищ за основу принимается большая ось.

6.4.6.3.4 Расширенные штуцера не могут рассматриваться в качестве усиления и должны рассчитываться согласно 6.4.6.4. Насаженные или вставные штуцера могут рассматриваться в качестве усиления, если сварные швы выполнены по 6.2.

6.4.6.3.5 Усиления отверстий пластинами допустимо при следующем условии:

$$\frac{d_{ib}}{d_{is}} \le 0{,}3 \qquad (6.4.6.3.5\text{-}1)$$

6.4.6.4 Усиление увеличением толщины стенки

Усиление может достигаться увеличением толщины стенки корпуса сосуда по сравнению с толщиной стенки корпуса сосуда без отверстий. Усиление увеличением толщины стенки должно находиться на расстоянии не менее l_m (см. формулу 6.4.6.2-1), измеренном от края отверстия, как показано на рисунках 6.4.6.3-1a) и 6.4.6.3-1b). Кроме этого должно выполняться условие:

$$P \cdot \left[\frac{A_p}{A_f} + 0{,}5 \right] \le f\,, \qquad (6.4.6.4\text{-}1)$$

где A_p – площадь поверхности, подверженной давлению;

A_f – площадь поперечного сечения, действующая как усиление (см. рисунок 6.4.6.3-1).

6.4.6.5 Усиление пластинами

Пластины должны плотно прилегать к корпусу сосуда и изготавливаться из материала согласно 5.1. Ширина пластин l_p должна составлять не более l_m:

$$l_p \le l_m \qquad (6.4.6.5\text{-}1)$$

в соответствии с рисунками 6.4.6.3-1c) и 6.4.6.3-1d).

Значение e_{ap} в формуле (6.4.6.5-3) для определения A_{fp}, должно быть не более e_{am}, а действительная минимальная толщина пластин должна быть не более полуторакратной действительной минимальной толщины стенки корпуса сосуда:

$$e_p \le 1{,}5 e_m\,. \qquad (6.4.6.5\text{-}2)$$

При этом должно выполняться следующее условие:

$$P \cdot \left[\frac{A_p}{A_{fm} + 0{,}7 A_{fp}} + 0{,}5 \right] \le f\,, \qquad (6.4.6.5\text{-}3)$$

где A_{fm} – площадь поперечного сечения корпуса сосуда;

A_{fp} – площадь поперечного сечения пластины.

6.4.6.6 Усиление плоским фланцем

Могут использоваться только вставные типы конструкций согласно рисункам 6.4.6.3-1e) и 6.4.6.3-1f). Ширина плоских фланцев l_p должна быть не более l_m:

$$l_p \le l_m \qquad (6.4.6.6\text{-}1)$$

Значение e_{ap} в формуле (6.4.6.6-2) для определения A_{fp}, должно быть не более $2e_{am}$. При этом должно выполняться следующее условие:

$$P \cdot \left[\frac{A_p}{A_{fm} + A_{fp}} + 0{,}5 \right] \le f \qquad (6.4.6.6\text{-}2)$$

6.4.6.7 Усиление штуцерами

Толщина стенки штуцеров должна быть больше толщины стенки, рассчитанной на внутреннее давление, и при этом больше длины l_b (см. формулу (6.4.6.7.1-3), измеренной от наружной стенки корпуса сосуда. Это требование имеет силу независимо от усилений, которые достигнуты увеличением толщины стенки корпуса сосуда или приваркой пластин (см. рисунки 6.4.6.3-1g), 6.4.6.3-1h), 6.4.6.3-1i) и 6.4.6.3-1j).

Если штуцера имеют резьбу, то ее глубина может не приниматься во внимание при расчетах усиления.

Необходимо применять цилиндрические штуцера, кроме эллиптических отверстий для осмотра.

6.4.6.7.1 Штуцера, расположенные перпендикулярно к обечайке

Для штуцеров, расположенных перпендикулярно к обечайке, должно выполняться следующее условие:

– без усиления пластинами

$$P \cdot \left[\frac{A_p}{A_{fm} + A_{fb}} + 0{,}5 \right] \le f \qquad (6.4.6.7.1\text{-}1)$$

– с усилением пластинами

$$P \cdot \left[\frac{A_p}{A_{fm} + A_{fb} + 0{,}7A_{fp}} + 0{,}5 \right] \le f \qquad (6.4.6.7.1\text{-}2)$$

Площади A_p, A_{fm}, A_{fb} и A_{fp} должны определяться по рисункам 6.4.6.3-1g) – 6.4.6.3-1l), причем для обечайки длины могут составлять не более l_m (см. формулу 6.4.6.2-1), для штуцеров:

$$l_b = 0{,}8\sqrt{(d_{ob} - e_{ab})\, e_{ab}} \qquad (6.4.6.7.1\text{-}3)$$

Наибольшее значение, которое должно использоваться при расчете выступающей внутрь части вставленного штуцера, если это имеет место (см. рисунки 6.4.6.3-1h), 6.4.6.3-1i) и 6.4.6.3-1j), определяют по формуле:

$$l_{bi} = 0{,}5 \cdot l_b \qquad (6.4.6.7.1\text{-}4)$$

Используемые в расчете размеры пластины должны быть не более:

$$e_{ap} \le e_{am} \qquad (6.4.6.7.1\text{-}5)$$

и

$$l_p \le l_m\,. \qquad (6.4.6.7.1\text{-}6)$$

Формулы (6.4.6.7.1-1) и (6.4.6.7.1-2) действительны, если допустимое механическое напряжение f для материала корпуса сосуда (и пластины) не более допустимого напряжения f_b для штуцера.

Если допустимое напряжение f_b менее f_m, действительны следующие условия:

$$P\left[A_p + 0{,}5\left(A_{fm} + A_{fb}\right) \right] \le f \cdot A_{fm} + f_b \cdot A_{fb} \qquad (6.4.6.7.1\text{-}7)$$

и

$$P\left[A_p + 0{,}5\left(A_{fm} + A_{fb} + 0{,}7A_{fp} \right) \right] \le f \cdot \left(A_{fm} + 0{,}7A_{fp} \right) + f_b \cdot A_{fb} \qquad (6.4.6.7.1\text{-}8)$$

Для расширенных и приварных штуцеров, которые не рассматриваются в качестве усиления (см. 6.2), применяют формулу (6.4.6.4-1).

6.4.6.7.2 Наклонные штуцера в обечайке

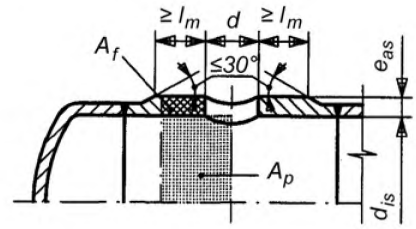
Штуцера в обечайке, лежащие в плоскости, перпендикулярной к продольной оси обечайки и образующие угол ψ не более 50°, должны соответствовать следующим требованиям.

Наибольшее напряжение может возникать в поперечном (рисунок 6.4.6.3-2a) вид I) или продольном сечениях (рисунок 6.4.6.3-2a) вид II). Формулы (6.4.6.7.1-1) или (6.4.6.7.1-2) применяют в обоих случаях, при этом в расчетах используют площади A_p и A_f (см. рисунки 6.4.6.3-2a) вид I и 6.4.6.3-2a) вид II). Наибольшая длина усиления должна определяться для корпуса сосуда (обечайка, днище) по формуле (6.4.6.2-1), а для штуцеров по формуле (6.4.6.7.1-3).

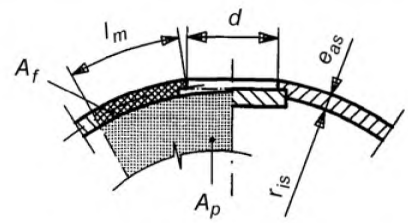
Штуцера в обечайке, лежащие в плоскости, содержащей продольную ось обечайки, и образующие угол ψ не более 50°, должны усиливаться в направлении продольной оси согласно 6.4.6.7.1, как показано на рисунке 6.4.6.3-2b).

6.4.6.7.3 Наклонные штуцера в выпуклых днищах

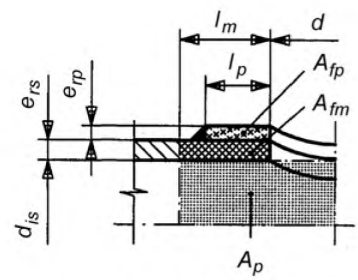
Следующие требования действительны для штуцеров в выпуклых днищах, которые лежат в плоскости, содержащей ось штуцера и центр выпуклого днища. При расчете выпуклых днищ с наклонным штуцером должны использоваться размеры, приведенные на рисунке 6.4.6.3-2c) с условными обозначениями согласно 6.4.6.7.1.



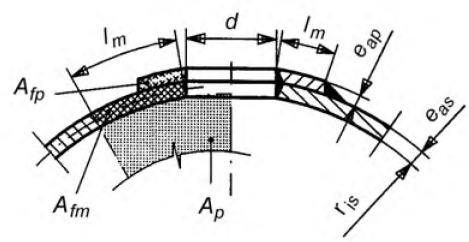
a) цилиндрические обечайки – усиление увеличением толщины стенки



b) сферические корпуса и выпуклые днища – усиление увеличением толщины стенки

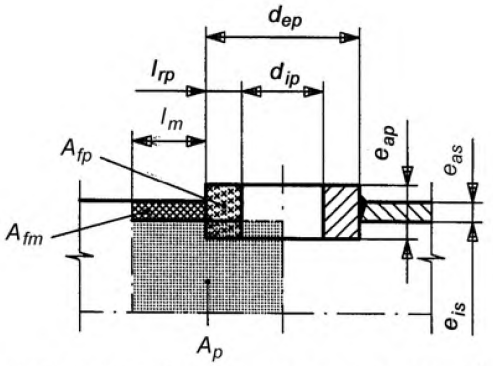


c) цилиндрические обечайки – усиление пластиной

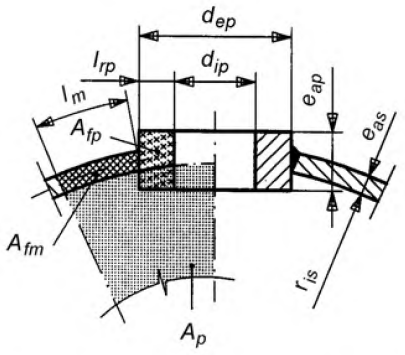


d) сферические корпуса и выпуклые днища – усиление пластиной

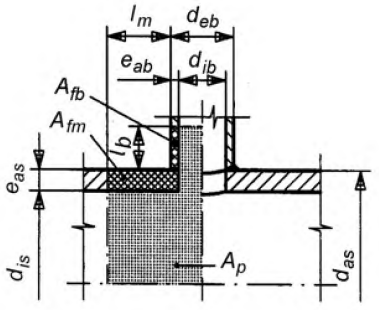
Рисунок 6.4.6.3-1, лист 1 – **Усиление отверстий и штуцеров**



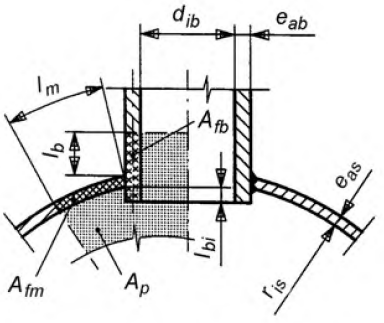
e) цилиндрические обечайки – усиление плоским фланцем



f) сферические корпуса и выпуклые днища – усиление плоским фланцем

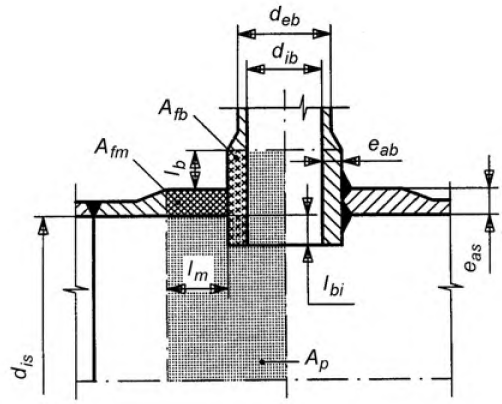


g) цилиндрические обечайки – усиление штуцером

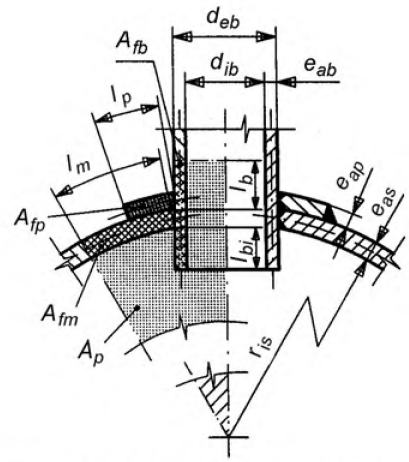


h) сферические корпуса и выпуклые днища – усиление штуцером

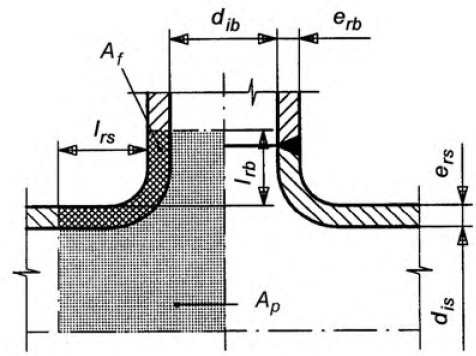
Рисунок 6.4.6.3-1, лист 2



i) цилиндрические обечайки – комбинированное усиление

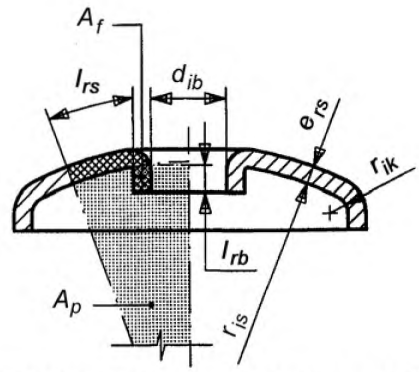


j) сферические корпуса и выпуклые днища – комбинированное усиление



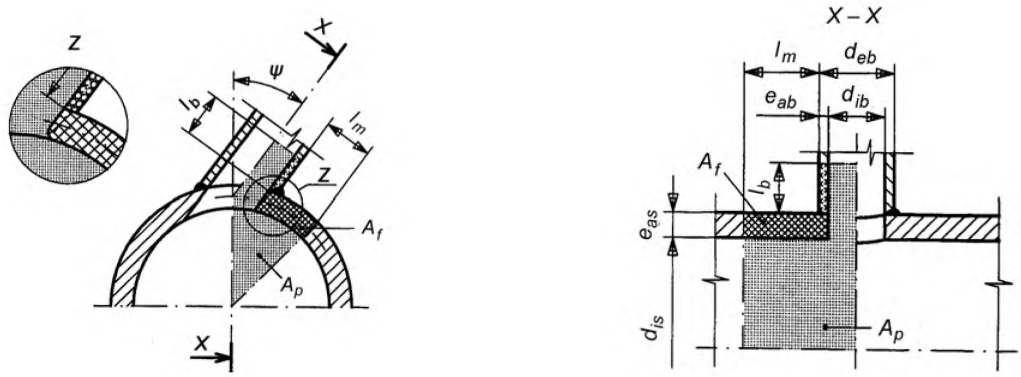
k) цилиндрические обечайки – отверстия с отбортовкой наружу

Рисунок 6.4.6.3-1, лист 3



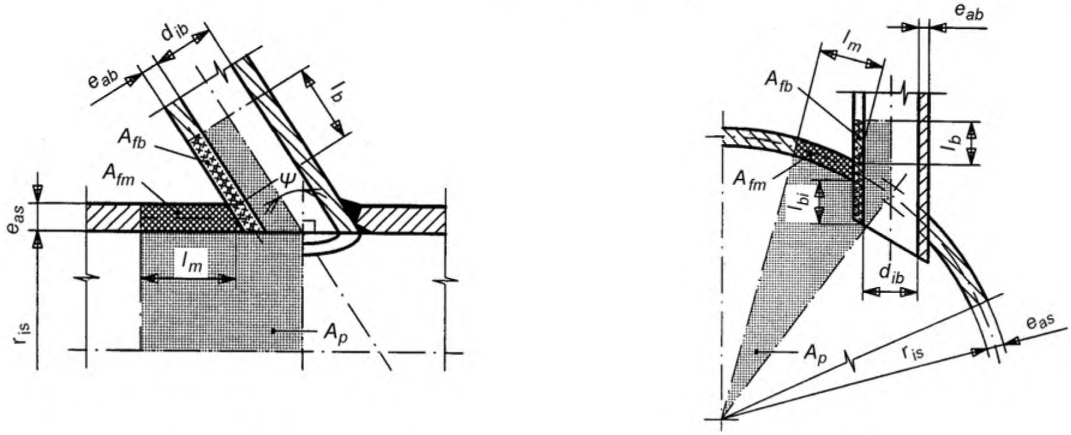
l) сферические корпуса и выпуклые днища – отверстия с отбортовкой внутрь

Рисунок 6.4.6.3-1, лист 4



Вид I Вид II

a) цилиндрическая обечайка с наклонно расположенным штуцером (ось не проходит через середину)



b) цилиндрическая обечайка с наклонно расположенным штуцером

c) цилиндрическая обечайка с наклонно расположенным штуцером

Рисунок 6.4.6.3-2 – **Наклонные штуцера**

6.4.7 Расчеты усиления для плоских днищ и крышек с одним отверстием не более $D_i/2$.

Плоские днища и крышки с одним отверстием, у которого d менее $D_i/2$ должны усиливаться следующим образом (см. рисунок 6.4.7-1).

Усиленная площадь A_R задается формулой:

$$A_R = (e_a - e_c) \cdot L, \qquad (6.4.7\text{-}1)$$

где e_c – расчетная толщина по разделу 6.4.4;

e_a – действительная минимальная толщина стенки плоского днища или крышки;

$$L = \max\left[(e_a + 75); \left(\frac{d}{2}\right)\right] \qquad (6.4.7\text{-}2)$$

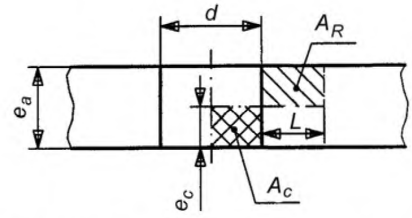
Необходимая площадь усиления A_c задается формулой:

$$A_c = e_c \cdot \frac{d}{2} \qquad (6.4.7\text{-}3)$$

Площадь A_R должна быть:

$$A_R \geq 0{,}5A_c \qquad (6.4.7\text{-}4)$$

Если площадь A_R меньше, чем $0{,}5A_c$, то толщина стенки должна быть усилена.



d – диаметр отверстия; e_a – действительная минимальная толщина стенки обечайки;
e_c – определяется по формулам (6.4.4.1-1) или (6.4.4.2-a1)

Рисунок 6.4.7-1 – **Отверстия в плоских днищах и крышках**

6.5 Экспериментальный метод

Настоящий метод применяют, если произведение $PS \cdot V$ не более 3000 бар · л (300 МПа · л), или максимальная температура эксплуатации не превышает 100 °С. Если существуют постоянные изменения указанных величин, они должны учитываться (см. 6.1).

Дополнительные обозначения:

c_s – прибавка для компенсации коррозии для обечайки;

e_{ms} – измеренная толщина стенки обечайки перед испытанием давлением;

e_s – номинальная толщина стенки обечайки;

$R_{eT,act}$ – предел текучести для материала, из которого изготовлен сосуд;

$R_{m,act}$ – временное сопротивление для материала, из которого изготовлен сосуд;

t_s – абсолютное значение минусового допуска по стандарту на материал обечайки;

u_i – периметр поперечного сечения i после испытания давлением;

u_{i0} – периметр поперечного сечения i перед испытанием давлением.

6.5.1 Толщина стенки сосуда должна выбираться таким образом, чтобы сосуд при температуре окружающей среды мог выдержать не менее чем пятикратное рабочее давление с остаточной деформацией периметра не более 1 %.

6.5.2 Для подтверждения выбранного типа конструкции сосуда должны проводиться испытания при комнатной температуре не менее чем на одном образце (это соответствует самым неблагоприятным условиям), включающие:

– испытание пятикратным рабочим давлением;

– испытание на разрыв;

– испытание на растяжение листа/полосы, который (ая) использован (а) для изготовления обечайки.

Если произведение $PS \cdot V$ более 50 бар · л (5 МПа · л), то испытания проводит изготовитель в присутствии представителя аккредитованного органа, а результаты испытания должны быть подтверждены данным аккредитованным органом.

6.5.3 Перед испытанием давлением необходимо определить действительную минимальную толщину стенки обечайки, а диаметр сосуда должен измеряться с погрешностью не более 0,2 % в не менее чем трех различных поперечных сечениях. Измерение должно проводиться на расстоянии не менее 20 мм от каждого проема (резьбовое соединение, штуцер и т. д.).

6.5.4 Испытание давлением и испытание на разрыв должны проводиться водой с температурой от 7 до 25 °С.

6.5.5 При испытании давлением его величина должна повышаться со средней скоростью не более 1,0 бар/с (0,1 МПа/с) до достижения пятикратного рабочего давления. Полученное давление необходимо выдерживать не менее 5 мин, при этом в сосуде не допускается появление признаков негерметичности. После этого давление должно быть снижено до нуля, а диаметр сосуда измерен в тех же поперечных сечениях, как в 6.5.3.

Должно выполняться следующее условие:

$$100\frac{u_i - u_{i0}}{u_{i0}} \cdot \frac{R_{eT,act}}{R_{eT}} \cdot \frac{e_{ms}}{e_s - t_s - c_s} \leq 1 \qquad (6.5.5\text{-}1)$$

6.5.6 При испытании на разрыв давление должно постепенно повышаться до давления разрыва. Давление разрыва должно составлять не менее:

$$5PS \cdot \frac{R_{m,act}}{R_m} \cdot \frac{e_{ms}}{e_s - t_s - c_s} \qquad (6.5.6\text{-}1)$$

При этом не допускается разъединение частей, разброс обломков или образование трещин в сварных швах.

6.5.7 Предельные значения параметров t, R_{eT} и R_m, которые используются при расчете указанного в 6.5.5 условия и при определении предельного значения для давления разрыва, указанного в 6.5.6, могут отличаться от предельных значений, указанных в стандарте на материал, если:

– эти предельные значения или предельные значения для произведений $(e - t) \cdot R_{eT}$ и $(e - 1) \cdot R_m$ указаны на чертеже;

– каждый металлический лист/полоса/труба испытаны соответствующим образом.

В этом случае толщину каждой трубы, листа или пластины необходимо рассчитывать, а $R_{eT,act}$ и $R_{m,act}$ определять в этом листе или трубе испытанием на растяжение, если длина листа более 7,0 м. На листах, трубах или полосах должны проводиться два испытания (на обоих концах), если длина более 7,0 м.

6.6 Лазы и люки для осмотра

6.6.1 Общие положения

Все сосуды должны иметь отверстия, размеры и число которых выбирают таким образом, чтобы был возможен внутренний осмотр и очистка сосуда.

Число, размеры и расположение люков для осмотра должны соответствовать требованиям 6.6.2 и 6.6.3.

Предельные значения для высоты выступов или колец, приведенные в 6.6.2, могут быть превышены, если внутренние размеры соответственно увеличиваются. Конические кольца и выступы необходимо изготавливать с уклоном не менее 15°; при уклонах менее 15° используют предельные значения для высоты выступов и колец цилиндрической формы. Для лазов и отверстий для осмотра, в которых внутреннее давление отжимает крышку от уплотнения, зазор между выступом и пазом должен быть не более 3 мм, то есть 1,5 мм в диаметре, а глубина паза должна быть достаточно большой, чтобы предотвратить выдавливание уплотнения наружу.

6.6.2 Типы и размеры лазов и отверстий для осмотра

6.6.2.1 Смотровые люки

Смотровые люки являются отверстиями с внутренним диаметром не менее 30 мм (малые смотровые люки) или 50 мм (большие смотровые люки). Высота фланца не должна превышать диаметр отверстия.

6.6.2.2 Люки для прохождения руки

Люки для прохождения руки – это отверстия, через которые одновременно могут пройти рука и лампа. Внутренние размеры люков для прохождения руки должны быть не менее 80 × 100 мм или внутренним диаметром 100 мм. Высота штуцера или кольца должна составлять не более 65 мм, в коническом исполнении – не более 100 мм.

6.6.2.3 Люки для прохождения головы

Люки для прохождения головы – это отверстия, через которые одновременно могут пройти голова, рука и лампа. Внутренние размеры люков для прохождения головы должны быть не менее 220 × 320 мм или внутренним диаметром 320 мм. Высота штуцера или кольца должна составлять не более 100 мм, в коническом исполнении – не более 120 мм.

6.6.2.4 Лазы

Лазы – это отверстия, через которые человек может войти в сосуд и выйти из него без вспомогательных средств. Внутренние размеры лазов должны быть не менее 320 × 420 мм или внутренним диаметром 420 мм. Высота штуцера или кольца должна составлять не более 150 мм.

6.6.3 Типы, расположение и минимальное количество лазов и люков для осмотра

Типы, расположение и минимальное количество лазов и люков для осмотра сферических сосудов должны выбираться из таблицы 6.6.3-2, для всех других – из таблицы 6.6.3-1. Отверстия для удаления конденсата, трубопроводы для устройств безопасности и другие соединения, которые могут быть легко демонтированы, могут использоваться в качестве люков для осмотра при условии, что они позволяют произвести непосредственный осмотр различных областей внутренней поверхности сосуда, в частности, сварных швов. Они должны соответствовать требованиям 6.6.2.1.

Если днище имеет съемную крышку, при удалении которой становится возможным осмотр всех сварных соединений, то нет необходимости в других отверстиях для осмотра.

6.6.4 Требования к смотровым люкам малых сосудов

Для сосудов с внутренним диаметром не более 450 мм требования разделов 6.6.2, 6.6.3 и таблицы 6.6.3-1 могут быть изменены следующим образом:

a) внутренний диаметр смотровых люков должен быть достаточно большим, чтобы обеспечить плановую внутреннюю очистку и иметь размеры не менее:

– 19 мм для сосудов с внутренним диаметром не более 350 мм;

– 24 мм для сосудов с внутренним диаметром свыше 350 до 450 мм включительно.

b) если через эти отверстия внутренняя поверхность полностью не просматривается, то визуальный контроль необходимо дополнить другими методами осмотра, которые должны быть описаны изготовителем в сопроводительной документации (см. раздел 11).

c) описанный изготовителем метод осмотра должен быть проверен на образце сосуда и подтвержден аккредитованным органом.

6.7 Отверстия для удаления конденсата

6.7.1 В сосудах должны быть предусмотрены отверстия для удаления конденсата с резьбой по ЕН 10226-1 или ИСО 228-1, размер которых должен быть не менее:

– для *V* менее 300 л: *R* 3/8, R_p 3/8 или *G* 3/8;

– для *V* свыше 300 л: *R* 1/2, R_p 1/2 или *G* 1/2.

6.7.2 Конструкция сосуда должна обеспечивать полное удаление воздуха во время гидравлического испытания.

6.8 Держатели

6.8.1 В конструкции держателей должны приниматься во внимание механические напряжения, которые возникают в корпусе сосуда из-за его веса и возможных стапельных нагрузок, а также других нагрузок (например, переменная нагрузка из-за работы компрессора). Чтобы уменьшить напряжения, отрицательно сказывающиеся на корпусе сосуда, которые возникают из-за дополнительных нагрузок, непосредственная приварка держателей к корпусу сосуда недопустима (см. рисунок 6.8-1a1). Для крепления держателей на корпусе сосуда должны применяться пластины (см. рисунок 6.8-1a2, 6.8-1b и 6.8-1c), которые соответствуют следующим требованиям:

– минимальная ширина пластины должна составлять 50 мм;
– толщина пластины должна составлять от одной до двух толщин обечайки;
– радиус кромки пластины должен составлять не менее трехкратного значения ее толщины;
– пластина должна иметь контрольное отверстие.

Показанные на рисунках 6.8-2a и 6.8-2b конструкции не могут использоваться без пластин.

6.8.2 Пластины не требуются в сосудах, которые не связаны с компрессором или электродвигателем.

Пластины также не требуются в сосудах, которые оснащены компрессором или электродвигателем, если наружный диаметр корпуса сосуда не более 310 мм и компрессор не закреплен на сосуде.

На рисунках 6.8-3a – 6.8-3d приведены различные расположения держателей для этих случаев. Могут использоваться иные, чем показаны на рисунках конструкции держателей, однако должны выполняться минимальные требования, приведенные на этих рисунках.

6.8.3 Изготовитель должен подробно указать в документации дополнительные нагрузки, которые учитываются в конструкции, а также метод крепления сосуда на его фундаменте.

Таблица 6.6.3-1 – **Типы и минимальное количество лазов и люков для осмотра в несферических сосудах**

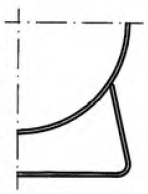
Внутренний диаметр D_i, мм	Длина цилиндрической части L, мм	Минимальное количество и тип отверстий
$D_i \leq 300$	–	Один малый смотровой люк в каждом днище. При $L > 1000$ мм предусматривается один дополнительный большой смотровой люк*
$300 < D_i \leq 450$	$L \leq 1500$	Два больших смотровых люка, по одному вблизи каждого днища или в каждом днище, или один люк для прохождения руки* в средней трети цилиндрической части
	$L > 1500$	Один люк для прохождения руки вблизи каждого днища в цилиндрической части* или в днищах. При длине более 1500 мм должен быть предусмотрен один дополнительный смотровой люк *
$450 < D_i \leq 840$	$L \leq 1500$	Два больших смотровых люка вблизи днища или в каждом днище или один люк для прохождения руки в средней трети цилиндрической части
	$1500 < L \leq 3000$	Один люк для прохождения головы в средней трети цилиндрической части или люк для прохождения руки, как для случая $300 < D_i \leq 450$, $L > 1500$
	$L > 3000$	Количество люков для осмотра должно быть увеличено так, чтобы наибольшее расстояние между люками для прохождения головы составляло 3000 мм, а между люками для прохождения руки – 2000 мм. Люки для прохождения руки должны располагаться вблизи каждого днища на концах цилиндрической части, или в обоих днищах, и один люк для прохождения руки в средней трети цилиндрической части.
$840 < D_i \leq 1200$	$L \leq 2000$	Один люк для прохождения головы в средней трети цилиндрической части или два люка для прохождения головы, по одному вблизи обоих концов цилиндрической части или в днищах или один лаз
	$L > 2000$	Один лаз или люки для осмотра как для случая $D_i \leq 840$, $L > 3000$
$D_i > 1200$		Один лаз

* Смотровые люки и люки для прохождения руки должны быть расположены таким образом, чтобы продольный сварной шов и поверхности днищ просматривались через отверстие для удаления конденсата.

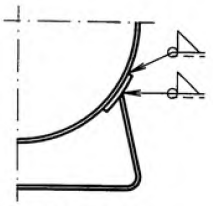
Примечание – Там, где в данной таблице указаны альтернативные решения, конкретный выбор предоставляется изготовителю.

Таблица 6.6.3-2 – **Типы и минимальное количество лазов, люков для осмотра в сферических сосудах**

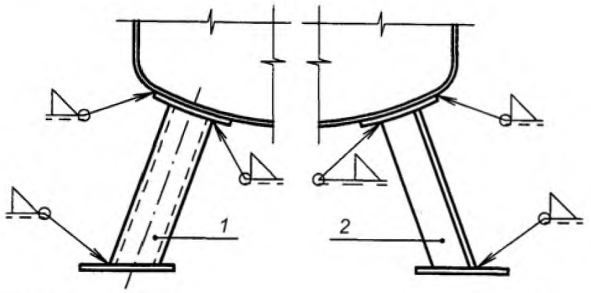
Внутренний диаметр D_i, мм	Минимальное количество и тип отверстий
$D_i \leq 450$	Два больших смотровых люка или один люк для прохождения руки
$450 < D_i \leq 840$	Один люк для прохождения руки или один люк для прохождения головы
$840 < D_i \leq 1200$	Один люк для прохождения головы или один лаз
$D_i > 1200$	Один лаз
Примечание – Там, где в данной таблице указаны альтернативные решения, конкретный выбор предоставляется изготовителю.	



a1) не допускается



a2) допускается



b) допускается

c) допускается

1 – труба
2 – профиль *e*
Примеры пластин с минимальной шириной 50 мм и радиусом кромки 10 мм.

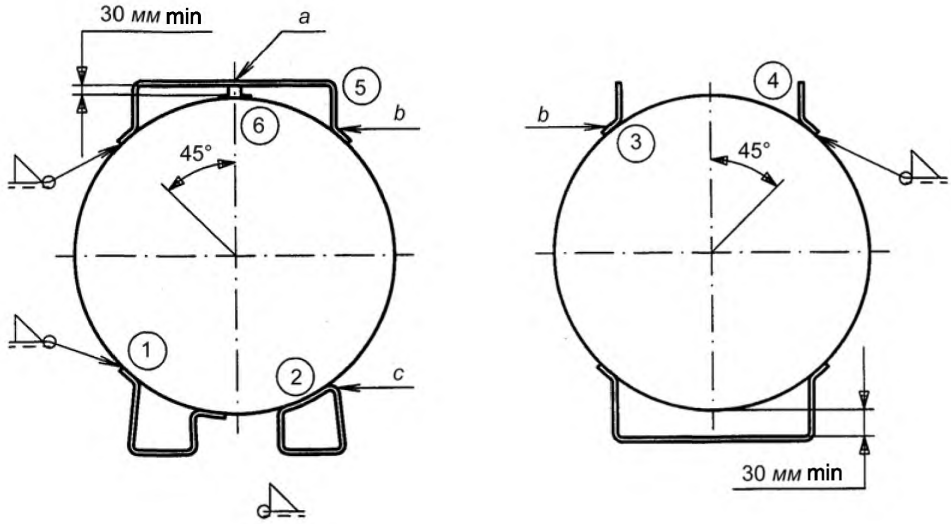
Рисунок 6.8-1 – **Примеры использования пластин**



a)

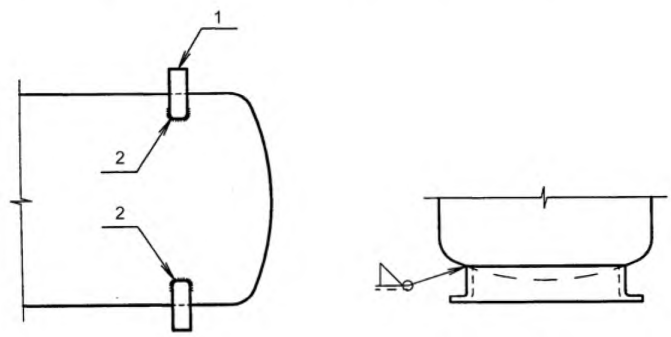
b)

Рисунок 6.8-2 – **Пример держателей сосудов, закрепленных на колесах**



a – лист держателя; b – минимальная длина 6e; c – радиус

Примечание – Сварные швы 1, 3, 4 и 5 на внутренней стороне держателя отсутствуют.



c) d)

1 – минимальная ширина 50 мм; 2 – радиус кромок не менее 10 мм

Рисунок 6.8-3 – **Пример держателей сосудов без использования пластин**

7 Изготовление

7.1 Оборудование для изготовления и испытаний

Изготовитель или его поставщик должны иметь в распоряжении персонал и оборудование, которые гарантируют качественное изготовление и испытание.

7.2 Изготовление днищ и обечаек

7.2.1 Общие положения

Плоские и выпуклые днища должны изготовляться, по возможности, из одного листа. Выпуклые части и кромки должны быть изготовлены механическим способом, например штамповкой или прессованием. Доводка вручную не допускается.

7.2.2 Стальные днища, изготовленные холодной штамповкой или с отбортовкой внутрь

Днища с толщиной стенки не более 6 мм могут быть изготовлены холодной штамповкой без термической обработки, однако днища с входной и выходной горловинами (см. рисунок 6.4.6-1a) должны подвергаться термической обработке.

Днища с толщиной стенки свыше 6 до 8 мм включительно после холодной штамповки должны подвергаться термической обработке, если минимальная температура для требуемого испытания на ударный изгиб на образцах с надрезом ниже минус 10 °С. Днища с толщиной стенки свыше 8 мм не могут использоваться без термической обработки после холодной штамповки. После холодной штамповки в качестве термической обработки применяют нормализацию. Для сталей, приведенных в 5.1.1, температура термической обработки должна составлять 890 – 950 °С. Если температура термической обработки не указана в стандарте на сталь, то изготовитель стали должен указать фактическую температуру процесса нормализации. Оцинковка днищ, изготовленных холодной штамповкой и не подвергнутых термической обработке, требует особой тщательности.

7.2.3 Стальные выпуклые днища, изготовленные горячей штамповкой

Выпуклые днища, изготовленные горячей штамповкой, должны подвергаться процессу нормализации. Нормализацию можно не проводить при следующих условиях:

a) горячую штамповку осуществляют за одну рабочую операцию при температуре нормализации или за несколько рабочих операций, причем изделие перед последней рабочей операцией охлаждается ниже критической температуры, а последняя рабочая операция проводится при температуре нормализации;

b) требуемые свойства (такие как R_{eH}, R_m, A % и KCV) сохраняются и могут достигаться после процесса нормализации.

7.2.4 Днища из алюминия, изготовленные холодной штамповкой

Днища из алюминия, изготовленные холодной штамповкой, не могут использоваться без последующей термической обработки. Свойства материалов после термической обработки должны находиться в пределах значений, установленных стандартами на основные материалы.

7.2.5 Стальная обечайка

Стальная обечайка, в которой имеются выходные штуцера, должна подвергаться термической обработке. После холодной штамповки в качестве термической обработки применяют нормализацию.

7.3 Типы соединений для корпуса сосуда

7.3.1 Продольные сварные швы

Могут применяться только стыковые сварные швы. Максимальное смещение средних линий элементов сварного соединения не должно превышать значений приведенных в таблице 7.3-1. Если в продольных сварных швах используются съемные подкладки, они должны быть удалены.

7.3.2 Кольцевые сварные швы

Для соединения обечайки и штампованных днищ могут применяться только стыковые сварные швы и сварные швы с отбортовкой внутрь кромок днища. При выполнении сварных соединений могут применяться подкладки, однако следует избегать их применения, если возможно выполнение сварки внутренним швом. Типовые примеры сварных швов с отбортовкой внутрь кромок днища приведены на рисунке 7.3.2-1. Типовые примеры стыковых сварных швов приведены на рисунках 7.3.2-2 и 7.3.2-3.

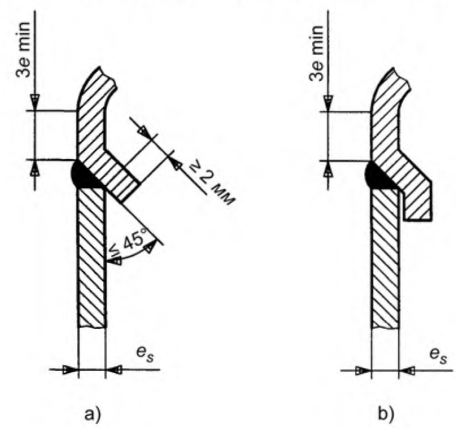
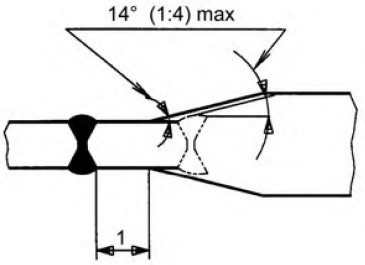


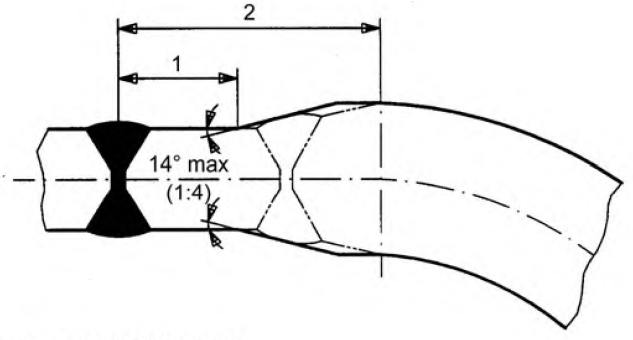
Рисунок 7.3.2-1 – **Типовые примеры сварных швов с отбортовкой внутрь кромок днища**



1 – параллельный отрезок

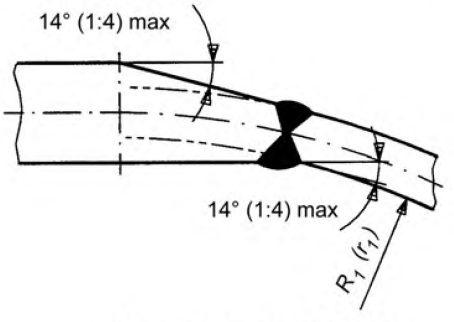
a) внутреннее и наружное смещение кромок должно быть расположено несимметрично

При необходимости сварной шов может находиться на скосе, но при разнице в толщине менее 3 мм скос не выполняют.



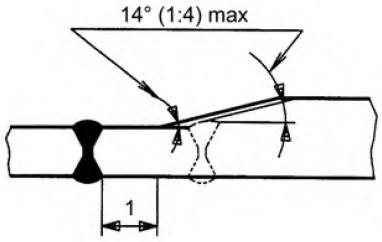
1 – параллельный отрезок; 2 – гладкий фланец

b) днище толще обечайки, причем их средние линии примерно совпадают



c) днище тоньше обечайки

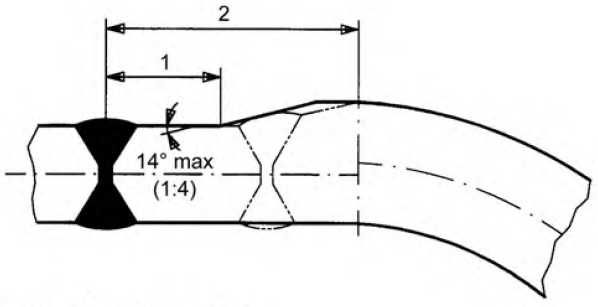
Рисунок 7.3.2-2 – **Стыковые сварные швы пластин разной толщины**



1 – параллельный отрезок

a) скос может находиться внутри или снаружи сосуда

Смещение может находиться внутри или снаружи сосуда. При необходимости сварной шов может находиться на скосе.



1 – параллельный отрезок; 2 – гладкий фланец

b) днище толще обечайки, смещение происходит между средними линиями

Рисунок 7.3.2-3 – **Стыковые сварные соединения со смещением средних линий элементов сварного соединения**

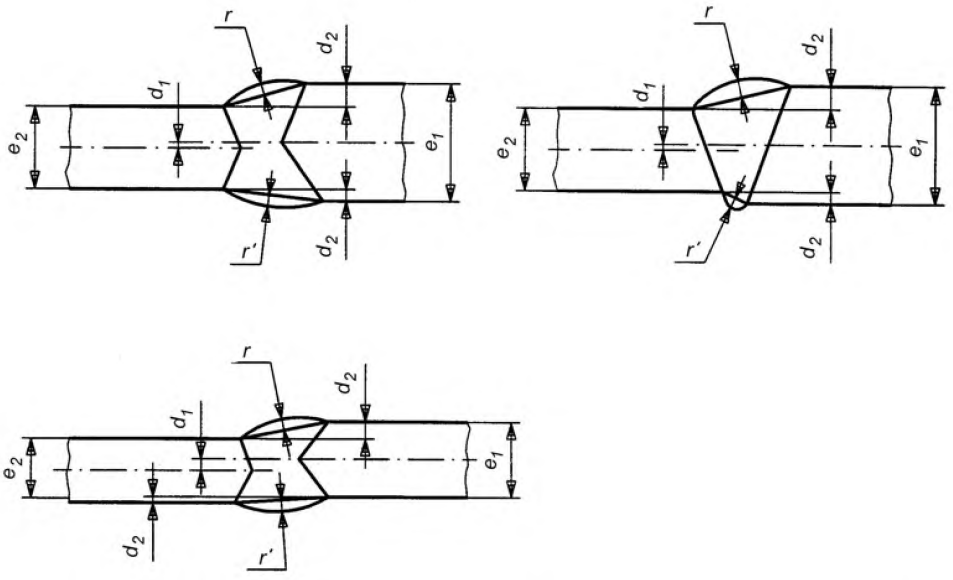


Рисунок 7.3.2-4 – **Смещение средних линий элементов сварных соединений**

Максимальное смещение в сварных соединениях не может превышать значения, приведенные в таблице 7.3-1. Если смещение превышает указанные значения, то поверхность более толстого листа возле места сварки необходимо обработать с уклоном 1:4, включая ширину сварного шва (см. рисунок 7.3.2-4). Средние линии листов могут быть смещены относительно друг друга со значениями, приведенными в таблице 7.3-1.

Таблица 7.3-1 – **Максимальное смещение**

Продольные швы	Кольцевые швы
$d_1 \le e/10$	$d_1 \le \max\left[\frac{e}{4};\ 1\text{мм}\right]$
$d_2 \le e/4$	$d_2 \le e/4$
Примечание – Размер e – наименьшее из двух значений e_1 и e_2 в соответствии с рисунком 7.3.2-4.	

Сварные соединения плоских днищ и обечаек должны быть выполнены в соответствии с рисунком 6.2.5-1.

Сварные соединения фланцев и обечаек должны быть выполнены в соответствии с рисунком 6.2.5-1.

7.4 Сварка

На деталях сосуда, работающих под давлением, не разрешается проведение сварочных работ после проведения гидравлического испытания. Если перед автоматически проводимым вторым этапом сварки на обратной стороне вручную проводится подварка корня, то впоследствии должна быть проведена зачистка корня шва заподлицо с основным металлом, чтобы удалить посторонние включения, шлаки и т. д.

8 Квалификация сварщиков, операторов и наладчиков сварочных установок

Квалификацию сварщиков, операторов и наладчиков сварочных установок необходимо осуществлять по ЕН 287-1, ЕН 287-2 и ЕН 1418. Квалификацию проводит компетентный орган.

9 Квалификация процесса сварки

9.1 Общие положения

Квалификацию процессов сварки необходимо проводить по ЕН 288-3 и ЕН 288-4.

Квалификацию должен проводить компетентный орган.

9.2 Дополнительные требования к стальным сосудам

Дополнительно к требованиям 9.1 при квалификации технологических процессов сварки продольных и кольцевых сварных швов корпуса сосуда должны проводиться:

– два испытания на статический изгиб лицевой поверхности шва образцов, вырезанных поперек шва, с диаметром оправки или внутреннего ролика 2e и углом изгиба 180° (ЕН 910);

– два испытания на статический изгиб корня шва образцов, вырезанных поперек шва, с диметром оправки или внутреннего ролика 2e и углом изгиба 180° (ЕН 910).

Примечание – Испытание на статический изгиб по ЕН 283-3 не проводится.

Если номинальная толщина стенки превышает 5 мм, должны быть проведены:

– три испытания на ударный изгиб по Шарпи образцов с V-образным надрезом в зоне сварного шва (ЕН 875);

– три испытания на ударный изгиб по Шарпи образцов с V-образным надрезом в зоне термического влияния (ЕН 875).

Среднеарифметическое значение ударной вязкости KCV должно составлять не менее 35 Дж/см^2. Испытание проводится на трех продольных образцах при минимальной температуре эксплуатации. Допускается только одно значение менее 35 Дж/см^2, но не менее 25 Дж/см^2.

Если минимальная температура эксплуатации превышает значение минус 10 °С, то испытание на ударную вязкость KCV должно проводиться при температуре минус 10 °С.

9.3 Применяемый процесс сварки

Если пригодность применяемого процесса сварки по ЕН 288 в соответствующих частях не соответствует требованиям 9.2, то данные требования должны контролироваться до начала производства на контрольном сварном соединении пластин. Контроль за выполнением указанного требования должен осуществлять аккредитованный орган.

10 Испытания

10.1 Поверка

Все измерительные и испытательные устройства, которые используются для окончательной приемки сосудов, должны быть поверены.

10.2 Сосуды, сконструированные на основании расчетов

10.2.1 Общие требования

Все сварные швы должны быть подвергнуты визуальному контролю на наличие поверхностных дефектов. При этом они должны соответствовать требованиям ЕН ИСО 5817 для стальных сосудов и требованиям ЕН 30042 для алюминиевых сосудов. Уровень качества В.

Если фланцы изготовлены гибкой с последующей приваркой, то эти сварные швы считаются главными.

Примечание – Визуальный контроль может быть дополнен магнитопорошковым контролем и контролем проникающими веществами.

Продольные и кольцевые сварные швы должны быть подвергнуты неразрушающему и/или разрушающему контролю (см. таблицы 10.2.1-1 – 10.2.1-4).

Уполномоченный представитель изготовителя проводит испытания, которые приведены в таблицах 10.2.1-1 – 10.2.1-4. В этих таблицах указан минимальный объем испытаний в зависимости от расчетного коэффициента K_c и расчетного коэффициента обечайки K_s (см. 6.4.2).

Стандартный объем испытаний, который должен быть проведен изготовителем и/или аккредитованной испытательной лабораторией, если используется расчетный коэффициент для обечайки, равный 1 (см. 6.4.2), указан в:

– таблице 10.2.1-1 для сварных швов, выполненных автоматической сваркой. Расчетный коэффициент K_c принимают равным 1;

– таблице 10.2.1-2 для сварных швов, выполненных неавтоматической сваркой. Расчетный коэффициент K_c принимают равным 1,15.

Примечание – Если корень шва под автоматическую сварку выполнен ручной сваркой, то расчетный коэффициент K_c принимают равным 1.

Испытания проводят в уменьшенном объеме, если расчетный коэффициент для корпуса K_s принимается равным 1,25 (см. 6.4.2). Это приведено в:

– таблице 10.2.1-3 для автоматической сварки (K_c = 1);

– таблице 10.2.1-4 для неавтоматической сварки (K_c = 1,15).

Таблица 10.2.1-1 – **Требуемый объем испытания сварных швов, выполненных автоматической сваркой с K_c = 1,0 и K_s = 1,0 (см. 6.4.2)**

<table>
<tr><td colspan="3">Испытания, проводимые изготовителем для сосудов всех классов</td><td>Испытания, проводимые аккредитованной испытательной лабораторией[1] при оценке соответствия (см. таблицу 4-1)</td></tr>
<tr><td>Испытания</td><td>Неразрушающий контроль (см. 10.2.3)</td><td>Разрушающий контроль (см. 10.2.4.1)</td><td>Разрушающий контроль при оценке соответствия</td></tr>
<tr><td>В каждом сосуде</td><td>100 %-ный визуальный контроль</td><td>–</td><td rowspan="5">Продольные швы: одно испытание на партию (минимум один на 6 мес)

Испытания: см. 10.2.4.2

Для кольцевых сварных швов, изготовленных различными процессами сварки: одно контрольное сварное соединение пластин на партию; такие же испытания, как для продольных швов,

или

снимки, охватывающие длину окружности, для одного сосуда на партию. Должны быть охвачены начало и конец каждого кольцевого шва, включая тавровые соединения (не менее одного в год)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Для каждого сварочного аппарата и для каждого процесса сварки</td><td colspan="2">После каждой новой установки[2] (с разрешения аккредитованной испытательной лаборатории для классов 1 и 2)</td></tr>
<tr><td>Один рентгенографический снимок не менее 200 мм длины продольного шва</td><td>или одно контрольное сварное соединение пластин в качестве продления первого продольного шва</td></tr>
<tr><td colspan="2">Во время готовности[3]</td></tr>
<tr><td>Один рентгенографический снимок не менее 200 мм длины продольного шва с не менее чем одним тавровым соединением для 100 сосудов[4], но не менее одного снимка за рабочий день. Для кольцевых сварных швов, изготовленных различными методами сварки, а также если выполнены только кольцевые сварные швы – такие же испытания, как для продольных швов, однако один снимок на 500 сосудов или не менее одного снимка в течение 5 рабочих дней</td><td>–</td></tr>
</table>

[1] Испытание аккредитованной испытательной лабораторией необходимо только для оценки соответствия. Это требование не является составной частью Директивы Европейского Союза, а поэтому также не является составной частью настоящего стандарта.

[2] Новая установка означает изменение существенных параметров процесса сварки.

[3] Максимальный промежуток времени между такими испытаниями должен составлять не более 3 мес.

[4] Если снимок содержит тавровое соединение после изменения установки (новой установки), то снимок должен удовлетворять требованиям изготовления предыдущих 100 сосудов.

Примечание 1 – Целесообразно контролировать сварные швы после остановки производства.

Примечание 2 – Если два полусферических днища без гладких фланцев свариваются между собой, то сварной шов должен испытываться как продольный шов.

Примечание 3 – Снимки кольцевых сварных швов относятся только к стыковым и нахлесточным соединениям.

Таблица 10.2.1-2 – **Требуемый объем испытания сварных швов, выполненных неавтоматической сваркой с K_c = 1,15 и K_s = 1,0 (см. 6.4.2)**

<table>
<tr><td colspan="3">Испытания, проводимые изготовителем для сосудов всех классов</td><td>Испытания, проводимые аккредитованной испытательной лабораторией[1] при оценке соответствия (см. таблицу 4-1)</td></tr>
<tr><td>Испытания</td><td>Неразрушающий контроль (см. 10.2.3)</td><td>Разрушающий контроль (см. 10.2.4.1)</td><td>Разрушающие испытания при оценке соответствия</td></tr>
<tr><td>В каждом сосуде</td><td>100 %-ный визуальный контроль</td><td>–</td><td rowspan="4">Продольные швы: одно испытание на партию (не менее одного на 6 мес)
Испытания: см. 10.2.4.2
Для кольцевых сварных швов, изготовленных различными процессами сварки: одно контрольное сварное соединение пластин на партию; проводят такие же испытания, как для продольных швов,
или
снимки, которые охватывают длину окружности, для одного сосуда на партию. Должны быть охвачены начало и конец каждого кольцевого шва, включая тавровые соединения (не менее одного на год).</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Для каждого сварочного аппарата и для каждого процесса сварки</td><td colspan="2">Во время готовности</td></tr>
<tr><td>Снимки продольных сварных швов каждых 40 сосудов. Два снимка по 200 мм сварного шва каждый, включая два тавровых соединения продольного шва на одном сосуде[2]</td><td>и одно контрольное сварное соединение пластин каждые три месяца в качестве продления продольного шва</td></tr>
<tr><td>Если используются только круговые сварные швы, проводят такие же испытания, как для продольных швов, однако один снимок на 200 сосудов или не менее одного снимка в течение месяца производства[2]</td><td>и одно контрольное сварное соединение пластин в год</td></tr>
</table>

[1] Испытание аккредитованной испытательной лабораторией необходимо только при испытании на соответствие. Это требование не является составной частью Директивы Европейского Союза, а поэтому также не является составной частью настоящего стандарта.

[2] Максимальный промежуток времени между такими испытаниями должен составлять не более 3 мес.

Примечание 1 – Целесообразно контролировать сварные швы после остановки производства.

Примечание 2 – Если два полусферических днища без гладких фланцев сваривают между собой, то сварной шов необходимо испытывать как продольный шов.

Примечание 3 – Снимки кольцевых сварных швов относятся только к стыковым и нахлесточным соединениям.

10.2.2 Альтернативные требования к испытаниям

Если при вычислениях расчетное давление P составляет не менее 1,25 величины рабочего давления PS, то достаточен объем испытаний согласно таблиц 10.2.1-3 и 10.2.1-4.

Альтернативные варианты, предлагаемые в таблицах 10.2.1-3 и 10.2.1-4, могут выбираться изготовителем по усмотрению.

Таблица 10.2.1-3 – **Альтернативный объем испытания сварных швов, выполненных автоматической сваркой с K_c = 1,0 и K_S = 1,25 (см. 6.4.2)**

<table>
<tr><td colspan="3">Испытания, проводимые изготовителем для сосудов всех классов</td><td>Испытания, проводимые аккредитованной испытательной лабораторией[1] при оценке соответствия (см. таблицу 4-1)</td></tr>
<tr><td>Испытания</td><td>Неразрушающий контроль (см. 10.2.3)</td><td>Разрушающий контроль (см. 10.2.4.1)</td><td>Разрушающий контроль при оценке соответствия</td></tr>
<tr><td>В каждом сосуде</td><td>100 %-ный визуальный контроль</td><td>–</td><td rowspan="4">Продольные швы: одно испытание на партию (не менее одного на 6 мес)
Испытания: см. 10.2.4.2
Для кольцевых сварных швов, изготовленных различными процессами сварки: одно контрольное сварное соединение пластин на партию; проводят такие же испытания, как для продольных швов,
или
один снимок с минимальной длиной 200 мм каждого кольцевого сварного шва, включая тавровое соединение в одном сосуде из партии (не менее одного в год)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Для каждого сварочного аппарата и для каждого процесса сварки</td><td colspan="2">После каждой новой установки[2] (с согласия аккредитованной испытательной лаборатории для сосудов классов 1 и 2)</td></tr>
<tr><td>Один рентгенографический снимок не менее 200 мм длины продольного шва</td><td>или одно контрольное сварное соединение пластин в качестве продления первого продольного шва</td></tr>
<tr><td colspan="2">Во время готовности[3]</td></tr>
<tr><td></td><td>Один рентгенографический снимок не менее 200 мм длины продольного шва с не менее чем одним тавровым соединением для 500 сосудов[4], но не менее одного снимка в течение пяти дней производства. Если используются только кольцевые сварные швы – такие же испытания, как для продольных швов, однако один снимок на 2500 сосудов или не менее одного снимка в течение одного месяца производства</td><td>–</td><td></td></tr>
</table>

[1] Испытание аккредитованной испытательной лабораторией необходимо только для оценки соответствия. Это требование не является составной частью Директивы Европейского Союза, а поэтому не является составной частью настоящего стандарта.

[2] Новая установка означает изменение существенных параметров процесса сварки.

[3] Максимальный промежуток времени между такими испытаниями должен составлять не более 3 мес.

[4] Если снимок содержит тавровое соединение после изменения установки (новой установки), то снимок должен удовлетворять требованиям изготовления предыдущих 100 сосудов.

Примечание 1 – Целесообразно контролировать сварные швы после остановки производства.

Примечание 2 – Если два полусферических днища без гладких фланцев свариваются между собой, то сварной шов должен испытываться как продольный шов.

Примечание 3 – Снимки кольцевых сварных швов относятся только к стыковым и нахлесточным соединениям.

Таблица 10.2.1-4 – **Требуемый объем испытания сварных швов, выполненных неавтоматической сваркой с K_c = 1,15 и K_s = 1,25 (см. 6.4.2)**

<table>
<tr><th colspan="3">Испытания, проводимые изготовителем для сосудов всех классов</th><th>Испытания, проводимые аккредитованной испытательной лабораторией[1] при оценке соответствия (см. таблицу 4-1)</th></tr>
<tr><th>Испытания</th><th>Неразрушающий контроль (см. 10.2.3)</th><th>Разрушающий контроль (см. 10.2.4.1)</th><th>Разрушающий контроль при оценке соответствия</th></tr>
<tr><td>В каждом сосуде</td><td>100 %-ный визуальный контроль</td><td>–</td><td rowspan="4">Продольные швы: одно испытание на партию (не менее одного на 6 мес)
Испытания: см. 10.1.4.2
Для кольцевых сварных швов, изготовленных различными процессами сварки: одно контрольное сварное соединение пластин на партию; такие же испытания, как для продольных швов,

или

снимки, которые охватывают 100 % кольцевого шва, в одном сосуде на партию (не менее одного в год).</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Для каждого сварочного аппарата и для каждого процесса сварки</td><td colspan="2">Во время готовности</td></tr>
<tr><td>Снимки продольных сварных швов каждых 200 сосудов. Два снимка по 200 мм сварного шва каждый, включая два тавровых соединения продольного шва на одном сосуде[2]</td><td>и одно контрольное сварное соединение пластин в год в качестве продления продольного шва</td></tr>
<tr><td>Если используются только кольцевые сварные швы, проводят такие же испытания, как для продольных швов, однако один снимок на 1000 сосудов или не менее одного снимка за 6 месяцев производства</td><td>и одно контрольное сварное соединение пластин в год</td></tr>
</table>

[1] Испытание аккредитованной испытательной лабораторией необходимо только для оценки соответствия. Это требование не является составной частью Директивы Европейского Союза, а поэтому не является составной частью настоящего стандарта.

[2] Промежуток времени между такими испытаниями должен быть не более 3 мес.

Примечание 1 – Целесообразно контролировать сварные швы после остановки производства.

Примечание 2 – Если два полусферических днища без гладких фланцев свариваются между собой, то сварной шов должен испытываться как продольный шов.

Примечание 3 – Снимки кольцевых сварных швов относятся только к стыковым и нахлесточным соединениям.

10.2.3 Неразрушающий контроль

10.2.3.1 Квалификация персонала

Квалификацию персонала, проводящего неразрушающий контроль, необходимо проводить по ЕН 473.

10.2.3.2 Дефекты

Дефекты, устанавливаемые радиографическим методом, должны сравниваться с уровнем приемлемых дефектов согласно ЕН ИСО 5817 или ЕН 30042. Уровень качества В.

10.2.3.3 Радиографический контроль

Оптическая плотность рентгенографических снимков должна соответствовать классу В по ЕН 1435 и составлять от 2 до 4.

10.2.3.4 Ультразвуковой контроль

Использование ультразвукового контроля в настоящем стандарте не предусматривается.

10.2.4 Разрушающий контроль сварных швов

В случаях, когда согласно таблиц 10.2.1-1 – 10.2.1-4 необходимо изготовить контрольное сварное соединение пластин, должен проводиться разрушающий контроль.

10.2.4.1 Разрушающий контроль для сосудов классов 2 и 3

Должны проводиться следующие испытания:

– испытание на статический изгиб лицевой поверхности шва образцов, вырезанных поперек шва (ЕН 910);

– испытание на статический изгиб корня шва образцов, вырезанных поперек шва (ЕН 910).

Для стальных сосудов с температурой эксплуатации ниже минус 10 °С и номинальной толщиной стенки не менее 5 мм должны быть проведены следующие испытания:

– три испытания на ударный изгиб по Шарпи образцов с *V*-образным надрезом в зоне сварного шва (ЕН 875);

– три испытания на ударный изгиб по Шарпи образцов с *V*-образным надрезом в зоне термического влияния (ЕН 875);

– исследование макроструктуры (ИСО 3057).

Эти испытания необходимо проводить согласно разделу 9.

10.2.4.2 Разрушающий контроль для сосудов класса 1

При испытании на соответствие аккредитованной испытательной лабораторией должны быть проведены и утверждены испытания, указанные в 10.2.4.1.

Если аккредитованная испытательная лаборатория перепроверяет и утверждает результаты после изменения настройки параметров режима сварки, то эти результаты должны быть использованы для испытания на соответствие.

10.2.5 Условия приемки

10.2.5.1 Контрольные сварные соединения пластин

Если испытание, выполненное на контрольном сварном соединении пластин, дает неудовлетворительный результат, то должна быть определена причина дефекта. Должны быть подготовлены и испытаны два дополнительных контрольных сварных соединения пластин. Если результат двух повторных испытаний неудовлетворительный, то партия сосудов, из которых были подготовлены контрольные сварные соединения пластины, бракуется.

10.2.5.2 Радиографический контроль

Если при контроле выявлены недопустимые дефекты, то должны быть выяснены их причины. Затем проводят дополнительный контроль на двойной длине контролируемого участка.

Если в результате повторного контроля выявляется недопустимый дефект, то проводят контроль всего испытуемого сварного шва, а также всех сварных швов произведенной партии.

При повторном контроле с отрицательным результатом вся партия сосудов бракуется.

Если в результате повторного контроля недопустимых дефектов не выявлено, то сварной шов принимается, предполагая, что содержавшие дефекты места исправлены, а контроль, проведенный после этого исправления, не показывает недопустимых дефектов.

10.3 Сосуды, сконструированные экспериментальным методом

10.3.1 Общие требования

Все сварные швы должны подвергаться визуальному контролю на наличие поверхностных дефектов и должны соответствовать требованиям ЕН ИСО 5817 для стальных сосудов и требованиям ЕН 30042 для алюминиевых сосудов. Уровень качества В.

Если фланцы изготовлены гибкой с последующей приваркой, то эти сварные швы считаются главными.

Примечание – Визуальный контроль может быть дополнен магнитопорошковым контролем или контролем проникающими веществами.

10.3.2 Испытания, которые проводит изготовитель

Изготовитель должен выбрать сосуд:

– или в начале смены;

– или в конце смены;

– и при каждой новой установке (изменение одного из основных параметров сварки);

– при неавтоматической сварке не менее одного сосуда в день на сварщика/оператора.

На этих сосудах изготовитель должен провести:

– испытание давлением согласно 6.5.3 – 6.5.5;

– испытание на разрыв согласно 6.5.6.

По 6.5.5 и 6.5.6 должно выполняться следующее условие:

$$100 \cdot \frac{u_i - u_{i0}}{u_{i0}} \leq 1 \qquad (10.3.2\text{-}1)$$

и давление разрыва должно составлять не менее 5 *PS*.

10.3.3 Испытания, которые проводит аккредитованная испытательная лаборатория

Для испытания на соответствие аккредитованная испытательная лаборатория должна отобрать методом случайной выборки пять сосудов из каждой партии и провести гидравлическое испытание.

10.3.4 Условия приемки

10.3.4.1 Испытания, которые проводит изготовитель

При испытании на разрыв с отрицательным результатом должна определяться причина возникновения дефекта. Должны быть выбраны два дополнительных сосуда. Изготовитель должен провести на каждом сосуде:

– испытание давлением согласно 6.5.3 – 6.5.5;

– испытание на разрыв согласно 6.5.6.

При испытании на разрыв с отрицательным результатом вся произведенная за день продукция данного сварщика и/или изготовленная на данном сварочном оборудовании бракуется.

10.3.4.2 Испытания, которые проводит аккредитованная испытательная лаборатория

При испытании на разрыв с отрицательным результатом должна быть определена причина дефекта. Из содержащей дефекты партии должны быть выбраны два дополнительных сосуда, а также два сосуда из начала следующей партии данного сварщика и/или данного сварочного процесса. Аккредитованная испытательная лаборатория должна провести на каждом сосуде:

– испытание давлением согласно 6.5.3 – 6.5.5;

– испытание на разрыв согласно 6.5.6.

При испытании на разрыв с отрицательным результатом вся партия сосудов и сосуды последующей партии данного сварщика и/или изготовленные на данном сварочном оборудовании бракуются.

10.4 Протоколы испытаний

10.4.1 Общие требования

По результатам разрушающего и неразрушающего контроля изготовитель должен составлять протоколы испытаний.

Для каждого испытания должно быть указано следующее:

– дата и место проведения испытания;

– фамилия компетентного специалиста и/или непосредственного поставщика;

– результаты испытаний;

– номер серии или партии сосудов, от которой проведены испытания.

10.4.2 Протоколы неразрушающего и разрушающего контроля образца

Протоколы неразрушающего и разрушающего контроля, которые необходимы для выдачи сертификата соответствия на образец, должны храниться в архиве изготовителя не менее 10 лет.

10.4.3 Сосуды классов 1 и 2

Сосуды, выбранные для испытания на разрыв, контрольные сварные соединения пластин, которые использованы для механических испытаний, и рентгенографические снимки продукции должны храниться изготовителем до передачи их аккредитованному органу, который проводит оценку соответствия и надзор.

10.4.4 Сосуды класса 3

Рентгенографические снимки, протоколы макроскопического и лабораторного разрушающего контроля (пробные пластины и испытания на разрыв), который проводится при производстве сосудов класса 3, должны храниться изготовителем не менее 10 лет.

10.5 Испытание давлением

10.5.1 Каждый сосуд должен быть подвергнут испытанию давлением.

10.5.2 Для гидравлического испытания давлением значение P_h определяют по формуле

$$P_h = 1{,}5\ P \qquad (10.5.2\text{-}1)$$

Пробное давление должно выдерживаться на значении P_h в течение времени, необходимого для проведения визуального контроля всех поверхностей и соединений. Сосуд не должен иметь признаков пластической деформации и негерметичности. По согласованию на каждом сосуде может быть проведено пневматическое испытание давлением с указанным выше значением P_h.

ВНИМАНИЕ! Необходимо обратить внимание на то, что пневматическое испытание опаснее гидравлического испытания, поскольку независимо от размеров сосуда каждая ошибка при проведении испытания с большей вероятностью ведет к взрыву. Поэтому такие испытания должны проводиться по разрешению аккредитованного органа и после гарантии, что мероприятия по безопасности удовлетворяют действующим нормам.

10.5.3 Каждый сосуд, не выдержавший испытание давлением, бракуется. Ремонт таких сосудов допустим, однако в этих случаях испытание давлением должно быть проведено повторно.

11 Сопроводительная документация для сосудов, работающих под давлением

a) Данные на маркировочной табличке, включая номер серии;

b) область применения сосуда, включая возможные дополнительные нагрузки, которые учитываются при конструировании, и способы крепления сосуда;

c) данные о прибавке для компенсации коррозии на корпусе сосуда (обечайка, днища, фланцы, внутренние днища – при наличии) и значение действительной минимальной толщины стенки корпуса сосуда;

d) требования по обслуживанию и установке, если они необходимы для обеспечения безопасности сосуда;

e) данные о соответствии сосуда требованиям настоящего стандарта (см. приложение B);

f) для информации потребителей отметка на свидетельстве об испытании давлением о том, что на частях, подверженных давлению, не могут проводиться сварочные работы.

Примечание – Данная документация должна быть написана на языке (языках) страны (стран) назначения.

12 Маркировка

Сосуд или маркировочная табличка должны содержать следующие данные:

– рабочее давление PS в барах (МПа);

– пробное давление P_h в барах (МПа);

– максимальную температуру эксплуатации T_{max} в градусах Цельсия;

– минимальную температуру эксплуатации T_{min} в градусах Цельсия;

– объем сосуда V в литрах;

– значение выбранной прибавки для компенсации коррозии c в миллиметрах или знак "F", если сосуд имеет внутреннее покрытие;

– значение действительной минимальной толщины;

– наименование или фирменный знак изготовителя;

– тип и порядковый номер или номер серии сосуда и год изготовления;

– идентификационный номер аккредитованного органа в соответствии с требованиями настоящего стандарта;

– обозначение настоящего стандарта;

– CE-маркировка для сосудов, работающих под давлением более 50 бар·л (5 МПа·л), изготовленных в соответствии с Директивой 87/404/ЕЭС.

Если применяется маркировочная табличка, то она должна быть изготовлена таким образом, чтобы исключалось ее повторное использование. Маркировочная табличка должна иметь свободное место для последующей информации (например, для маркировки испытания).

Надписи должны быть видимы, легко читаемы, нестираемы и размещены на сосуде или прикрепленной на нем табличке таким образом, чтобы в период эксплуатации сосуда они не могли быть удалены и были читаемы из зоны обслуживания.

Приложение А
(обязательное)

Оценка соответствия

А.1 Общие положения

Для проведения оценки соответствия аккредитованный орган должен провести контроль партии сосудов, предоставленной изготовителем или его уполномоченным представителем. Партия должна предоставляться вместе со свидетельством о соответствии на образец (см. приложение D) или с заключением о соответствии технической документации (заключение о проверке технической документации, заключение о предварительной проверке) (см. приложение С).

При проведении контроля партии сосудов аккредитованный орган должен убедиться, что сосуды изготовлены и испытаны согласно технической документации и проведено гидравлическое испытание или (по согласованию сторон) пневматическое испытание сжатым воздухом каждого сосуда из партии давлением P_h, которое равно полуторакратному давлению для данной конструкции сосуда. Кроме того, аккредитованный орган должен провести контроль качества сварных швов на контрольном сварном соединении, являющимся представителем для данной продукции, либо на сосуде по выбору изготовителя. Контроль проводится на продольных швах. Однако, если для продольных и кольцевых швов используются разные процессы сварки, то контроль кольцевых швов должен быть проведен повторно на контрольном сварном соединении, являющимся представителем для данной продукции.

А.2 Испытание конструкции

Аккредитованная испытательная лаборатория должна провести следующие испытания и исследования.

А.2.1 Экспертиза производственного отчета

См. приложение Е.

А.2.2 Наружный и внутренний осмотр, контроль размеров

Аккредитованная испытательная лаборатория должна проверить маркировку сосуда, например маркировочную табличку и провести наружный и внутренний визуальный контроль на наличие дефектов особенно в сварных швах.

Контроль необходимо проводить до нанесения на сосуд покрытия.

Аккредитованная испытательная лаборатория должна проверить размеры обечаек, днищ, штуцеров, болтов и других частей, которые влияют на безопасность сосуда, на их соответствие конструкторской документации (КД). Важные с точки зрения безопасности расстояния (например, расстояния между штуцерами) должны быть проверены, если это считается необходимым.

Примечание – Обычно достаточно провести контроль и испытание 10 % сосудов, которые должны отбираться аккредитованной испытательной лабораторией.

А.2.3 Разрушающий контроль

Разрушающий контроль согласно таблицам 10.2.1-1 – 10.2.1-4 (последняя графа) и 10.2.4 должен проводиться под надзором аккредитованного органа, а его результаты должны быть оформлены.

А.2.4 Неразрушающий контроль

Неразрушающий контроль стыковых сварных швов, необходимый согласно 10.2.3, должен перепроверяться аккредитованным органом. Это включает проверку имеющихся радиографических снимков. Если же изготовитель не может их предоставить, то должен проводиться выборочный неразрушающий контроль согласно таблицам 10.2.1-1 – 10.2.1-4.

Приложение В
(обязательное)

Подтверждение соответствия и надзор

В.1 Общие положения

В.1.1 Подтверждение соответствия

Сосуды, работающие под давлением, соответствующие настоящему стандарту, с произведением $PS \cdot V$ свыше 50 бар · л (5 МПа · л) до 3000 бар · л (300 МПа · л) включительно, подлежат по выбору изготовителя либо оценке соответствия (см. приложение А), либо подтверждению соответствия (см. 3.1.5).

В.1.2 Надзор (см. 3.1.7)

В соответствии с процедурой подтверждения соответствия изготовление сосудов подлежит надзору, если произведение $PS \cdot V$ превышает 200 бар · л (20 МПа · л). Надзор должен гарантировать, что изготовитель выполняет требования настоящего стандарта.

Аккредитованный орган, выдавший свидетельство о соответствии на образец, осуществляет надзор за сосудами, изготовленными по испытанному образцу, имеющему свидетельство о соответствии.

Надзор за сосудами, изготовленными не по испытанному образцу, осуществляет аккредитованный орган, выдавший заключение о соответствии технической документации (заключение о проверке технической документации, заключение о предварительной проверке) (см. приложение С.2).

В.2 Необходимый порядок действий перед началом производства сосудов классов 2 и 3 (см. раздел 4), которые подлежат процедуре подтверждения соответствия

В.2.1 Ответственность изготовителя

Изготовитель должен назначить уполномоченного представителя из числа финансовых руководителей, который независимо от других задач был бы наделен полномочиями и ответственностью для контроля за выполнением требований настоящего стандарта.

Перед началом производства изготовитель должен предоставить аккредитованному органу, выдавшему свидетельство о соответствии на образец или заключение о проверке технической документации (заключение о предварительной проверке) (см. приложение С), документацию, которая описывает производственные процессы и все установленные систематические мероприятия для гарантии соответствия сосуда настоящему стандарту.

Эта документация должна включать техническую документацию и следующие документы:

a) описание оборудования и инструментов, применяемых для изготовления и испытания сосудов;

b) методику испытаний, которая описывает проводимые в процессе производства испытания, включая методы испытаний и периодичность их проведения;

c) описание обязательств по проведению испытаний в соответствии с вышеназванной методикой испытаний, а также по проведению гидравлического испытания каждого сосуда согласно требованиям настоящего стандарта;

d) адрес места изготовления и хранения, а также дату начала изготовления.

Если произведение $PS \cdot V$ превышает 200 бар · л (20 МПа · л), изготовитель должен предоставить организации, осуществляющей надзор, доступ к вышеназванным местам изготовления и хранения для контроля, отбора образцов для испытания и всю необходимую информацию.

К ней относятся:

– техническая документация;

– акт испытаний;

– свидетельство о соответствии на образец или заключение о проверке технической документации (заключение о предварительной проверке);

– производственный отчет, который включает отчет о проведенных испытаниях.

В.2.2 Ответственность аккредитованного органа

Аккредитованный орган, осуществляющий надзор, должен проверить документы, указанные в В.2.1.a) и В.2.1.c), с целью установления соответствия их требованиям настоящего стандарта и:

a) заключения о соответствии технической документации (заключения о предварительной проверке), или

b) производственного отчета и свидетельства о соответствии на образец.

Изготовление следует начинать только после того, как аккредитованный орган выдал письменное разрешение.

В.3 Необходимый порядок действий по подтверждению соответствия в процессе производства сосудов класса 2 и 3 (см. раздел 4)

В.3.1 Ответственность изготовителя

Изготовитель должен обеспечить проведение испытаний по методикам, указанным в документации, что подтверждает полное соответствие сосуда требованиям настоящего стандарта. Состояние сосудов после испытаний должно подтверждаться использованием знаков, печатей предприятий, табличек, этикеток, протоколов испытаний или других средств, из которых следует, что по результатам проведенных испытаний и исследований сосуд соответствует требованиям настоящего стандарта. В протоколах испытательной лаборатории должно быть указано, что она гарантирует соответствие сосуда настоящему стандарту.

Изготовитель непосредственно осуществляет контроль за сосудами, не соответствующими требованиям настоящего стандарта. Все сосуды, не соответствующие требованиям настоящего стандарта, должны быть четко промаркированы и отсортированы, чтобы предотвратить неразрешенное использование, поставку или смешивание с сосудами, отвечающими требованиям настоящего стандарта.

Отремонтированные или доработанные сосуды необходимо повторно подвергнуть испытаниям по методикам испытаний.

В.3.2 Ответственность аккредитованного органа

Для сосудов с произведением $PS \cdot V$, превышающим 200 бар · л (20 МПа · л), в процессе изготовления аккредитованный орган, отвечающий за надзор, обязан:

a) гарантировать, что изготовитель производит и испытывает сосуды по документации, описанной в В.2.1;

b) для проведения испытаний согласно В.3.3 и В.3.4 осуществлять отбор образцов методом случайного отбора в местах изготовления или хранения – два при каждом посещении (см. приложение В.3.4.2).

В.3.3 Периодичность повторных испытаний, проводимых испытательной лабораторией

Первое испытание должно быть проведено согласно В.3.2.a) и b) в течение двух месяцев после начала процесса производства.

После чего проводятся испытания методом случайного отбора образцов с интервалом одно посещение в год, если выпуск сосудов одного типа составляет до 3000 штук в год, и с интервалом два посещения в год, если выпуск составляет свыше 6000 штук в год. Для промежуточных объемов производства соответствующую частоту посещений необходимо согласовывать.

В.3.4 Испытания и контроль в процессе надзора

Чтобы установить, что изготовитель производит и контролирует сосуды, подлежащие подтверждению соответствия согласно настоящему стандарту, аккредитованный орган, осуществляющий надзор, должен проводить экспертизу, испытания и исследования, приведенные ниже:

a) экспертизу производственного отчета, контроль технической документации, акта испытаний, а также отчета о проведенных испытаниях, относительно полноты, точности, последовательности, действительности заключений, квалификации персонала и т. д.;

b) аккредитованный орган должен отобрать не менее двух сосудов методом случайного отбора таким образом, чтобы в год отбиралось не менее одного сосуда каждого типа. Эти сосуды должны подвергаться внешнему и внутреннему визуальному контролю, контролю размеров, неразрушающему контролю всех стыковых сварных швов (радиографический метод) и гидравлическому испытанию (см. приложение А.1).

Если для определения толщины стенок используется экспериментальный метод (см. 6.5), то аккредитованный орган на двух сосудах, выбранных методом случайного отбора, вместо неразрушающего контроля должен проводить испытания давлением и на разрыв согласно 10.3.2;

c) аккредитованный орган должен выдавать изготовителю заключение о проведенных исследованиях.

Приложение С
(обязательное)

Техническая документация

С.1 Содержание

Техническая документация должна содержать наименование изготовителя, место изготовления и следующие документы:

a) конструкторскую документацию на сосуд;

b) руководство по эксплуатации;

c) документы:

1) о выбранных материалах;

2) о примененных способах сварки;

3) о проведенном контроле;

4) необходимые сведения по конструкции сосуда, включая расчетное давление;

5) отчет о квалификации технологических процессов сварки и сертификат компетентности (удостоверение) сварщика, оператора или наладчика сварочной установки.

Примечание – Если не имеется отчетов о квалификации технологических процессов сварки, сертификата компетентности сварщика, оператора и наладчика, это не должно препятствовать аккредитованному органу проверить другие документы. Однако отсутствующие документы должны быть представлены до получения разрешения на изготовление или до начала изготовления;

6) сертификаты на материалы, которые использованы для изготовления деталей, влияющих на прочность сосуда, или копии этих сертификатов;

7) копия отчета об испытаниях и исследованиях;

8) копия производственного отчета (см. приложение Е).

С.2 Экспертиза технической документации (заключение о проверке технической документации/заключение о предварительной проверке)

Если сосуды изготовляют не на основании свидетельства о соответствии на образец, изготовитель или его уполномоченный представитель должен подать заявку в аккредитованный орган и предоставить ему техническую документацию в трех экземплярах (см. С.1).

Техническая документация может охватывать несколько сосудов или типов сосудов, но при этом она должна содержать все отдельные узлы планируемой продукции. Аккредитованный орган проводит экспертизу технической документации с целью установления соответствия конструкции, требуемых испытаний и полей допусков требованиям настоящего стандарта. Если требования настоящего стандарта выполняются, то аккредитованный орган выдает заключение о соответствии технической документации (заключение о проверке технической документации), которое выдается на руки заявителю.

Приложение D
(обязательное)

Испытание образца сосуда

Испытание образца сосуда является процессом, на основании которого аккредитованный орган устанавливает и подтверждает соответствие образца сосуда требованиям настоящего стандарта. Изготовитель или его уполномоченный представитель должен подать заявку в аккредитованный орган на испытание образца сосуда.

Эта заявка должна содержать техническую документацию (см. приложение С) в трех экземплярах и образец сосуда, являющийся типовым представителем для этой продукции. Если заявка подается на сосуды различных типов, то необходимо представить по одному образцу каждого типа.

Техническая документация может охватывать несколько сосудов или типов сосудов, но при этом она должна содержать все отдельные узлы представляемой продукции (включая отводы, штуцера и крепления).

Аккредитованный орган должен провести экспертизу документации с целью установления соответствия конструкции, предусматриваемых испытаний и полей допусков требованиям настоящего стандарта.

Аккредитованный орган также должен установить, что сосуд изготовлен согласно технической документации и является типовым представителем для этого типа конструкции сосуда; аккредитованный орган также должен произвести соответствующие испытания и исследования (включая 100 %-ный неразрушающий контроль основных сварных швов и гидравлическое испытание сосуда).

Если техническая документация и образец (образцы) соответствуют требованиям настоящего стандарта, то аккредитованный орган должен оформить свидетельство о соответствии на образец (на тип сосуда), которое выдается изготовителю. Свидетельство о соответствии должно содержать протоколы испытаний и нормативные документы, на соответствие которым проводились испытания, а также описания и чертежи, которые необходимы для идентификации разрешенного образца.

Приложение Е
(обязательное)

Содержание производственного отчета

Производственный отчет на сосуд должен содержать (как минимум) следующие данные:

a) общие данные:

– наименование и товарный знак изготовителя;

– место изготовления;

– отчет о квалификации технологического процесса сварки и удостоверения сварщиков или обслуживающего персонала;

– отчеты о проведенных испытаниях;

b) специальные данные:

– порядковый номер сосуда по системе нумерации изготовителя (например, номер….до...);

– номер свидетельства о соответствии на образец или номер заключения о проверке технической документации;

– диаметр сосуда;

– объем сосуда;

– рабочее давление;

– максимальная температура эксплуатации;

– минимальная температура эксплуатации, если ниже минус 10 °С;

– пробное давление;

– обозначение сосуда по КД;

– дата изготовления;

– размер партии;

– сертификаты на материалы, которые использованы для изготовления основных деталей, работающих под давлением;

– для деталей малых размеров, за исключением обечайки и днищ, с диаметром не более 250 мм вместо сертификатов на материалы достаточно заявления изготовителя о том, что применялись материалы соответствующие требуемым характеристикам;

– дата гидравлического испытания давлением и подписи компетентного лица от изготовителя и (при оценке соответствия) эксперта от аккредитованного органа;

c) протоколы: для возможного привлечения к ответственности протоколы должны содержать номер сосуда и наименование изготовителя.

Приложение F
(обязательное)

Испытание защиты от коррозии

F.1 Испытуемый образец

Для проведения испытаний необходимо выбрать сосуд, являющийся типовым представителем, разделить его на четыре части (образцы для испытаний), которые включают 50 % днища и 25 % обечайки.

Эти испытания необходимо проводить один раз для каждых 10000 сосудов или один раз в 6 мес, в зависимости от того, какой критерий достигается раньше, а также при изменении способа нанесения покрытия (вид материала, метод нанесения, обработки и т. д.)

Согласно 6.3.3 надежная и стойкая защита от коррозии обеспечивается в случае, если четыре испытуемых образца удовлетворяют требованиям F.2 и F.3.

F.2 Метод решетчатых надрезов слоя покрытия

Устройство, применяемый метод и правила оценки результатов испытаний методом решетчатых надрезов приведены в ЕН ИСО 2409: 1994 (разделы 2, 3, 4, 5, 6 (кроме пунктов 5.1.1 и 5.1.2).

Поверхность испытуемого образца должна соответствовать баллам 0 или 1 по ЕН ИСО 2409:1994 (раздел 6.1).

F.3 Испытание на воздействие соляного тумана

Испытательный раствор, устройство для проведения испытания и метод проведения испытания должны соответствовать ИСО 7253:1996 (разделы 5, 6, 9 и 11).

Испытуемые образцы необходимо выдерживать в течение 72 ч на открытом воздухе, пока покрытие полностью затвердеет, после чего они должны в течение 96 ч подвергаться испытанию в соляном тумане.

После окончания испытания в соляном тумане испытуемые образцы необходимо предварительно промыть в проточной воде с температурой не более 38 °С с целью удаления соли с их поверхности, после чего сразу же просушить. Сушка должна проводиться потоком чистого сжатого воздуха.

На просушенных испытуемых образцах необходимо тщательно провести всестороннее испытание степени коррозии. Должны выполняться следующие условия:

a) недопустимы признаки образования пузырей и отслоения покрытия;

b) допускаются коррозионные точки, диаметр которых не превышает 1 мм, а частота не превышает 1 %.

Края или поверхности, которые были повреждены при подготовке испытуемых образцов, поверхности, такие как резьба, умышленно не покрытые защитным слоем, и поверхности, умышленно поврежденные при создании решетчатого надреза (см. F.2), при оценке коррозии не учитываются.

При подсчете частоты коррозионных точек поверхность испытуемого образца делят на отдельные участки с размером не менее 5000 мм^2. Отдельные участки поверхности испытуемого образца условно делятся на квадраты со стороной 5 мм. Это легко выполнить с помощью наложения на испытуемый образец пластмассового материала с нанесенной сеткой так, чтобы покрывалась наибольшая часть поверхности, подверженная наибольшей коррозии.

Подсчитывается число N квадратов с длиной стороны 5 мм на отдельном участке испытуемого образца и число m таких квадратов, которые содержат одну или несколько коррозионных точек.

При оценке испытуемого образца квадраты, более половины поверхности которых лежат на испытуемом образце, должны считаться как целые, а квадраты, менее половины поверхности которых лежит на испытуемом образце, не учитываются. Если одна точка лежит более чем в одном квадрате, то она при оценке коррозии может учитываться только один раз.

Частота коррозионных точек определяется как процентное соотношение по формуле:

Частота = 100 m/N.

Изображение частоты 1 % приведено на рисунке F.1.

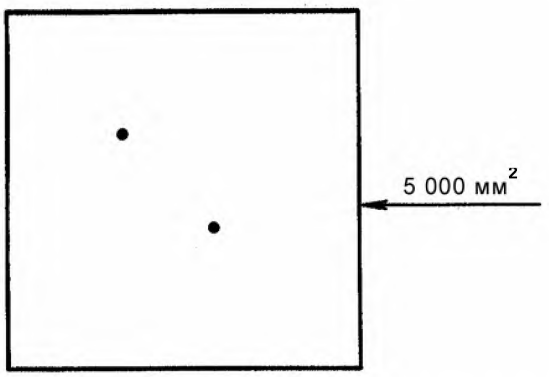


Рисунок F.1 – **Изображение частоты коррозионных точек, равной 1 %**

Приложение G
(справочное)

Общие требования безопасности

Данное приложение повторяет общие требования безопасности, изложенные в Директиве 87/404/ЕЭС (приложение I).

Общие требования безопасности для сосудов, работающих под давлением, приведены ниже.

1 Материалы

Материалы должны выбираться в зависимости от области применения сосуда и согласно подразделам 1.1 – 1.4.

1.1 Детали, работающие под давлением

Материалы, применяемые для изготовления деталей сосуда, работающих под давлением, согласно статьи 1 должны быть:

– пригодными для сварки;

– пластичными и прочными, чтобы в случае появления трещины при минимальной температуре эксплуатации не возникало хрупкого разрушения или излома;

– устойчивыми к старению.

Материалы, применяемые для стальных сосудов, должны, кроме того, соответствовать требованиям подраздела 1.1.1, а для сосудов из алюминия или алюминиевых сплавов – подразделу 1.1.2.

Материалы должны иметь сертификат в соответствии с приложением II, который предоставляет изготовитель.

1.1.1 Стальные сосуды

Нелегированная качественная сталь должна соответствовать следующим требованиям:

a) должна быть раскислена и поставляться в нормализованном состоянии или в соответствии с договором;

b) содержание углерода должно составлять менее 0,25 %, серы и фосфора соответственно менее 0,05 %;

c) обладать следующими механическими свойствами:

– максимальное значение временного сопротивления $R_{m,\,max}$ должно быть менее 580 Н/мм^2;

– относительное удлинение должно иметь следующие значения:

– если образец вырезается в направлении параллельном прокатке:

при толщине ≥ 3 мм: $A \geq 22$ %,

при толщине < 3 мм: $A_{80\ мм} \geq 17$ %;

– если образец вырезается в направлении перпендикулярном прокатке:

при толщине ≥ 3 мм: $A \geq 20$ %,

при толщине < 3 мм: $A_{80\ мм} \geq 15$ %,

– среднеарифметическое значение ударной вязкости *KCV* должно составлять не менее 35 Дж/см^2. Испытание проводится на трех продольных образцах при минимальной температуре эксплуатации. Допускается только одно значение менее 35 Дж/см^2, но не менее 25 Дж/см^2.

Для сталей, предназначенных для производства сосудов, минимальная температура эксплуатации которых ниже минус 10°С, а толщина стенок более 5 мм, необходима проверка их качества.

1.1.2 Алюминиевые сосуды

Алюминий должен иметь содержание алюминия не менее 99,5 %, а сплавы, приведенные в статье 1, пункт 2, должны иметь достаточную стойкость к межкристаллической коррозии при максимальной температуре эксплуатации. Кроме того, эти материалы должны удовлетворять следующим требованиям:

a) поставляться в отожженном состоянии;

b) должны обладать следующими механическими свойствами:
- максимальное значение временного сопротивления $R_{m,\,max}$ должно быть не более 350 Н/мм^2;
- относительное удлинение после разрыва должно иметь следующие значения:
  - если образец вырезается в направлении, параллельном прокатке: $A \geq 16$ %;
  - если образец вырезается в направлении, перпендикулярном прокатке: $A \geq 14$ %.

1.2 Присадочные материалы

Присадочные материалы, которые применяются для выполнения сварных соединений в сосудах, работающих под давлением, должны соответствовать по назначению основным материалам и обладать соответствующей совместимостью с основными материалами.

1.3 Детали сосуда, влияющие на его прочность

Детали сосуда, влияющие на его прочность (болты, гайки), должны изготовляться из материала, указанного в 1.1, или из другой подходящей марки стали, алюминия или алюминиевого сплава, совместимых с материалами, применяемыми для изготовления частей, работающих под давлением.

Эти материалы при минимальной температуре эксплуатации должны иметь соответствующие относительное удлинение и временное сопротивление.

1.4 Детали, не работающие под давлением

Все детали, не работающие под давлением, должны быть изготовлены из материалов, совместимых с материалами деталей, к которым они приварены.

2 Проектирование сосудов

При проектировании сосудов в соответствии с областью их применения изготовитель должен установить:
- максимальную температуру эксплуатации T_{max};
- минимальную температуру эксплуатации T_{min};
- максимальное рабочее давление PS.

Если установленная минимальная температура эксплуатации находится выше минус 10 °С, то заданные свойства материалов должны удовлетворять требованиям при минус 10 °С. Кроме того, изготовитель должен принять во внимание следующие требования:
- в сосудах должна быть предусмотрена возможность внутреннего осмотра;
- в сосудах должна быть предусмотрена возможность очистки;
- механические свойства сосуда должны оставаться постоянными в течение всего срока службы;
- сосуды должны быть защищены от коррозии в соответствии с областью их применения;
- изготовитель также обязан обратить внимание на то, чтобы:
- сосуды не испытывали нагрузку, способную отрицательно повлиять на безопасность их эксплуатации;
- при эксплуатации сосуда внутреннее давление не превышало максимальное давление эксплуатации; при этом допускается временное превышение максимального рабочего давление на 10 %.

Кольцевые и продольные сварные швы должны выполняться при помощи швов сварных соединений с полным проплавлением или с применением сварочных процессов, дающих аналогичное качество. Выпуклые днища, за исключением полусферических, должны иметь цилиндрическую кромку.

2.1 Толщина стенки

Если произведение $PS \cdot V$ составляет не более 3000 бар · л (300 МПа · л), то для определения толщины стенки изготовитель выбирает один из методов, описанных в 2.1.1 и 2.1.2; если произведение $PS \cdot V$ составляет более 3000 бар · л (300 МПа · л) или максимальная температура эксплуатации превышает 100 °С, то толщина стенки определяется согласно методу 2.1.1.

Действительная минимальная толщина стенки обечайки и днищ должна составлять для стальных сосудов не менее 2 мм, а для сосудов из алюминия и его сплавов – не менее 3 мм.

2.1.1 Расчетный метод

Минимальную толщину деталей, работающих под давлением, рассчитывают с учетом интенсивности напряжений и при следующих условиях:

– расчетное давление должно быть не менее выбранного максимального рабочего давления;

– общее допустимое значение напряжения стенки не должно превышать наименьшего из двух значений $0,6R_{ET}$ или $0,3R_m$; для определения допустимого напряжения изготовитель сосуда должен использовать значения R_{ET} и $R_{m,\,min}$, гарантированные изготовителем материала.

Однако, если цилиндрическая часть сосуда имеет один или несколько продольных сварных швов, изготовленных неавтоматической сваркой, то рассчитанную приведенным выше методом толщину стенки деталей следует умножать на коэффициент 1,15.

2.1.2 Экспериментальный метод

Толщина стенки должна устанавливаться таким образом, чтобы сосуд при температуре окружающей среды смог выдержать давление, которое не менее чем в пять раз превышает максимальное рабочее давление и при этом остаточная деформация сосуда составила бы не более 1%.

3 Процесс изготовления

Сосуды должны быть изготовлены и подвергнуты производственному контролю в соответствии с технической документацией, указанной в приложении II (пункт 3).

3.1 Подготовка деталей изделия

При подготовке деталей сосуда (придание формы, обработка и т. д.) недопустимо возникновение дефектов поверхности, трещин или изменений механических свойств, которые могли бы отрицательно повлиять на безопасность сосуда.

3.2 Сварные швы деталей, работающих под давлением

Металл сварного шва и прилегающих к нему участков сварного соединения должен иметь характеристики, аналогичные характеристикам основного материала; сварные швы не должны иметь поверхностных и внутренних дефектов, которые могли бы отрицательно повлиять на безопасность сосуда.

Сварка должна проводиться квалифицированными сварщиками или операторами сварочных установок, имеющими разрешение и допуск на выполнение сварочных работ по квалифицированным технологическим процессам. Квалификационные испытания и допуск к выполнению работ должны проводиться уполномоченным на это компетентным органом.

Кроме того, изготовитель должен в процессе производства постоянно проверять качество сварных швов, применяя для контроля соответствующие методы. По результатам контроля составляется отчет.

4 Ввод сосудов в эксплуатацию

Сосуды поставляются с сопроводительной документацией, включающей руководство по эксплуатации, которое составляет изготовитель согласно приложению II (пункт 2) .

Приложение Н
(справочное)

Сведения о соответствии европейских стандартов, на которые даны ссылки, государственным стандартам, принятым в качестве идентичных государственных стандартов

Таблица Н.1

Обозначение и наименование европейского стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование государственного стандарта
ЕН 287-1:1992 Квалификация сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали	IDT	СТБ ЕН 287-1-2001 Квалификация сварщиков. Сварка плавлением сталей
ЕН 287-2:1992 Квалификация сварщиков. Сварка плавлением. Часть 2. Алюминий и алюминиевые сплавы	IDT	СТБ ЕН 287-2-2001 Квалификация сварщиков. Сварка плавлением алюминия и алюминиевых сплавов
ЕН 288-2:1992 Квалификация технологических процессов сварки металлов. Часть 2. Требования к инструкции дуговой сварки	IDT	СТБ ЕН 288-2-2001 Квалификация технологических процессов сварки металлов. Требования к инструкции дуговой сварки
ЕН 288-3:1992 Квалификация технологических процессов сварки металлов. Часть 3. Требования к квалификации технологического процесса дуговой сварки сталей на основе испытаний	IDT	СТБ ЕН 288-3-2001 Квалификация технологических процессов сварки металлов. Требования к квалификации технологического процесса дуговой сварки сталей на основе испытаний
ЕН 288-4:1992 Квалификация технологических процессов сварки металлов. Часть 4. Требования к квалификации технологического процесса дуговой сварки алюминия и алюминиевых сплавов на основе испытаний	IDT	СТБ ЕН 288-4-2001 Квалификация технологических процессов сварки металлов. Требования к квалификации технологического процесса дуговой сварки алюминия и алюминиевых сплавов на основе испытаний
ЕН 875:1995 Контроль разрушающий металла сварного соединения. Испытания на ударный изгиб. Требования к размещению, расположению и оценке образцов	IDT	СТБ ЕН 875-2002 Испытание металла сварного соединения на ударный изгиб. Требования к образцам и оформлению результатов
ЕН 910:1996 Контроль разрушающий металла сварного соединения. Испытания на статический изгиб	IDT	СТБ ЕН 910-2002 Испытание металла сварного соединения на статический изгиб
ЕН 1418:1997 Квалификация операторов установок сварки плавлением и наладчиков установок контактной сварки	IDT	СТБ ЕН 1418-2001 Квалификация операторов установок сварки плавлением и наладчиков установок контактной сварки
ЕН 1435:1997 Контроль неразрушающий сварных соединений. Радиографический метод контроля сварных соединений, выполненных сваркой плавлением	IDT	СТБ ЕН 1435-2004 Контроль неразрушающий сварных соединений. Радиографический метод контроля сварных соединений, выполненных сваркой плавлением
ЕН 30042:1994 Соединения сварные алюминия и алюминиевых сплавов. Уровни качества (ИСО 10042:1992)	IDT	СТБ ЕН 30042-2001 Сварка дуговая. Соединения сварные алюминия и алюминиевых сплавов. Уровни качества

Таблица Н.2 – **Сведения о государственных стандартах, гармонизированных со ссылочными европейскими стандартами других годов издания**

Обозначение ссылочного европейского стандарта	Обозначение европейского стандарта другого года издания	Обозначение и наименование гармонизированного государственного стандарта
ЕН ИСО 5817:2003	ЕН 25817:1992	СТБ ЕН 25817-2001 Сварка дуговая. Соединения сварные сталей. Уровни качества

Ответственный за выпуск И.А.Воробей

Сдано в набор 15.04.2004. Подписано в печать 22.06.2004. Формат бумаги 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Ариал. Печать ризографическая. Усл. печ. л. 8,6 Уч.- изд. л. 3,5 Тираж экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение
НП РУП «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС)»
Лицензия № 02330/0133084 от 30.04.2004.
220113, г. Минск, ул. Мележа, 3.

gost.e-ecolog.ru