

## Содержание

Стр.

1	Область применения .....	5
2	Нормативные ссылки .....	5
3	Термины, определения и символы .....	6
3.1	Термины и определения .....	6
3.2	Обозначения .....	8
4	Вентиляционное и предохранительное устройство .....	10
5	Материалы .....	10
5.1	Общие положения .....	10
5.2	Свойства материалов .....	11
5.3	Совместимость материала корпуса с транспортируемым веществом .....	12
6	Конструкция .....	12
6.1	Общие положения .....	12
6.2	Верификация проекта .....	13
6.3	Требования к корпусам некруглого сечения .....	13
6.4	Динамические условия .....	13
6.5	Условия давления .....	14
6.6	Условия парциального вакуума .....	14
6.7	Расчетная температура .....	14
6.8	Расчетное напряжение .....	14
6.9	Толщина корпуса .....	14
6.10	Отверстия корпуса, кольца, оформляющие отверстия и затворы .....	19
6.11	Перегородки, волноуспокоители и отражатели .....	19
6.12	Присоединения к корпусу .....	20
6.13	Опорная конструкция корпуса .....	21
6.14	Защита сервисного оборудования, расположенного наверху цистерны .....	21
7	Производство .....	28
7.1	Общие положения .....	28
7.2	Резка и подготовка кромок .....	28
7.3	Формоизменение .....	28
7.4	Сварка .....	29
7.5	Производственные допуски .....	31
7.6	Устранение дефектов .....	31
	Приложение А (нормативное) Методы верификации расчетов .....	33
A.1	Общие положения .....	33
A.2	Динамические испытания .....	33
A.3	Анализ напряжений методом конечных элементов .....	34
A.4	Пример разработки .....	36
A.5	Метод расчета – лист регистрации .....	36
	Приложение В (нормативное) Метод измерения удельной упругости .....	55
B.1	Сущность метода .....	55
B.2	Аппаратура .....	55

B.3	Образцы материалов для испытания .....	59
B.4	Процедура .....	61
B.5	Результаты .....	62
B.6	Глобальная упругость (см. 6.9.2.2 i)) .....	63
B.7	Сравнительные методы расчета энергии, поглощенной при опрокидывании или ударе (см. 6.9.2.2 j)) .....	63
	Приложение С (нормативное) Конструкция колец, фланцев и затворов .....	65
	Приложение D (информационное) Примеры сварки деталей .....	66
D.1	Общие положения .....	66
D.2	Конструкция цистерны .....	66
D.3	Присоединение усиливающих элементов .....	77
D.4	Присоединение ответвлений .....	78
D.5	Присоединение фланцев, муфт и усиливающих подкладок к корпусу .....	80
D.6	Присоединение фланцев на ответвления .....	81
D.7	Присоединение топочных каналов на корпус .....	82
	Библиография .....	84



## 1 Область применения

Данный европейский стандарт устанавливает требования к проектированию и конструкции металлических цистерн с максимальным рабочим давлением, не превышающим 50 кПа избыт., использующиеся для перевозки опасных грузов по автомобильным и железным дорогам, которым присвоен код резервуара с буквой "G" по главе 3.2 Соглашения ADR [2]. Документ также включает требования к системе идентификации материалов, использующихся в конструкции этих цистерн.

Данный европейский стандарт устанавливает требования к отверстиям, затворам и структурным элементам.

Примечание 1: Данный документ не предъявляет требования к сервисному оборудованию (средствам обслуживания).

Данный европейский стандарт применим к аэродромным автозаправщикам, которые используются на общественных дорогах. Он также применим к комбинированным цистернам (например, танк-контейнерам и съемным кузовам-цистернам) для перевозки опасных грузов по автомобильным и железным дорогам.

Примечание 2: Этот документ не применяется к встроенным вагон-цистернам.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем документе даны ссылки, полные или частичные, на следующие нормативные документы, которые обязательны к применению. Для датированных ссылок применяется только указанное издание. Для недатированных ссылок применяется последнее издание ссылочного документа, включая все изменения.

EN 10204, *Изделия металлические. Типы актов приемочного контроля*

EN 12972:2007, *Цистерны для перевозки опасных грузов. Испытания, контроль и маркировка металлических цистерн*

EN 13317, *Цистерны для перевозки опасных грузов. Средства для обслуживания и ремонта цистерн. Крышки люков в сборе*

EN 14025, *Цистерны для перевозки опасных грузов. Металлические цистерны под давлением. Проектирование и конструкция*

EN 14595, *Цистерны для перевозки опасных грузов. Средства для обслуживания и ремонта цистерн. Дыхательный клапан для регулировки уровня давления/вакуума*

EN ISO 148-1, *Материалы металлические. Испытание на ударный изгиб на маятниковом копре по Шарпи. Часть 1. Метод испытания (ISO 148-1)*

EN ISO 3834-1, *Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 1. Критерии выбора соответствующего уровня требований (ISO 3834-1)*

EN ISO 3834-2, *Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Часть 2. Всесторонние требования к качеству (ISO 3834-2)*

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

EN ISO 6892-1, *Материалы металлические. Испытания на растяжение. Часть 1. Метод испытания при комнатной температуре (ISO 6892-1)*

EN ISO 7500-1, Материалы металлические. Калибровка и верификация машин для статических испытаний в условиях одноосного нагружения. Часть 1. Машины для испытания на растяжение/сжатие. Калибровка и верификация силоизмерительной системы (ISO 7500-1)

EN ISO 9606-1, Аттестационные испытания сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали (ISO 9606-1)

EN ISO 9606-2, Аттестационные испытания сварщиков. Сварка плавлением. Часть 2. Алюминий и алюминиевые сплавы (ISO 9606-2)

EN ISO 9712, Неразрушающий контроль. Аттестация и сертификация персонала (ISO 9712)

EN ISO 10042, Сварка. Сварные соединения из алюминия и его сплавов, полученные дуговой сваркой. Уровни качества (ISO 10042)

EN ISO 14732, Персонал, выполняющий сварку. Аттестационные испытания операторов и наладчиков сварки для полностью механизированной и автоматической сварки металлических материалов (ISO 14732)

EN ISO 15607, Спецификация и квалификация процедур сварки металлических материалов. Общие правила (ISO 15607)

EN ISO 15609-1, Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 1. Дуговая сварка (ISO 15609-1)

EN ISO 15609-2, Технические требования и оценка процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 2. Газовая сварка (ISO 15609-2)

EN ISO 15613, Технические требования и оценка технологии сварки металлических материалов. Оценка на основе предпроизводственных сварочных испытаний (ISO 15613)

EN ISO 15614 (все части), Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Проверка процедуры сварки (ISO 15614, все части)

EN ISO 17635, Неразрушающий контроль сварных швов. Общие правила для металлических материалов (ISO 17635)

EN ISO 17636-1, Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль. Часть 1. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением пленки (ISO 17636-1)

EN ISO 17637, Неразрушающий контроль сварных соединений. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением (ISO 17637)

EN ISO 17640, Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Технология, уровни контроля и оценки (ISO 17640)

ISO 1496-3, Контейнеры грузовые серии 1. Технические условия и испытания. Часть 3. Контейнеры-цистерны для жидкостей, газов и сыпучих материалов под давлением

### 3 Термины, определения и символы

#### 3.1 Термины и определения

В данном документе применяются следующие термины и определения.

**3.1.1****дефлектор (резервуара)****отклонитель потока****baffle**

структура, отличающаяся от волноуспокоителя, предназначенная для торможения движения содеримого оболочки

**3.1.2****вместимость****capacity**

полный внутренний объем корпуса или отсека корпуса

Примечание 1 к статье: Если невозможно полностью наполнить корпус или отсек корпуса ввиду их формы или конструкции, то следует использовать такую уменьшенную вместимость для определения степени наполнения и для маркировки цистерны.

**3.1.3****компетентный орган****competent authority**

орган или органы власти или любой другой орган или органы, назначенные в качестве таковых в каждом государстве и в каждом отдельном случае в соответствии с внутренним законодательством

Примечание 1 к статье: В отношении полномочных (компетентных) органов следует обратиться к Соглашению ADR [2] и Правилам OTIF (обычно называемым RID) [3].

**3.1.4****максимальное рабочее давление****maximum working pressure**наибольшее из четырех давлений  $P_d$ ,  $P_r$ ,  $P_v$  и  $P_{ts}$ **3.1.5****разделительная перегородка****partition**

герметично уплотненная разделительная стенка между соседними отсеками в секционных резервуарах

**3.1.6****модуль сопротивления сечения****момент сопротивления поперечного сечения****section modulus**

второй момент площади конструкции (и, в зависимости от рассматриваемой конструкции, связанного с ней корпуса) у нейтральной оси, отделенный максимальным расстоянием от нейтральной оси до крайнего волокна сечения, используемого в расчетах

**3.1.7****корпус****обечайка****shell**

оболочки, в которой находится содеримое вещество (включая отверстия с их затворами)

**3.1.8****удельная упругость****устойчивость (к внешним воздействиям)****specific resilience**

интеграл приложенной силы и измеренного отклонения испытуемого образца до точки, в которой испытательный пруток пробивает образец, как показывает предел упругости при растяжении

**3.1.9**

**глобальная упругость**  
**устойчивость в целом**  
**global resilience**

способность корпуса с множеством перегородок или волноуспокоителей выдерживать боковые удары балкой

**3.1.10**

**мягкая сталь**  
**mild steel**

сталь с гарантированным минимальным пределом прочности при растяжении от  $360 \text{ Н}/\text{мм}^2$  до  $490 \text{ Н}/\text{мм}^2$  и гарантированным минимальным удлинением при разрыве, соответствующем требованию к стали, установленному в 5.2.2.3.1

**3.1.11**

**стандартная сталь**  
**эталонная сталь**  
**reference steel**

сталь с пределом прочности при растяжении  $370 \text{ Н}/\text{мм}^2$  и удлинением после разрыва 27 %

**3.1.12**

**волноуспокоитель**  
**surge plate**

негерметично заделанная стенка в цистернах или отсеках корпуса, предназначенная для ослабления эффекта волны, устанавливаемая под прямым углом к направлению движения, имеющая площадь не менее 70 % от площади поперечного сечения корпуса, в котором расположен такой волноуспокоитель

**3.1.13**

**испытательное давление**  
**test pressure**

наибольшее эффективное давление, которое возникает в цистерне во время испытания на герметичность

**3.1.14**

**максимальная расчетная масса**  
**maximum design mass**

сумма тары и максимально допустимой нагрузки, на которую рассчитана цистерна

**3.2 Обозначения**

В данном документе применяются следующие обозначения.

- A      относительное (%) удлинение после разрыва
- A<sub>1</sub>    минимальное относительное (%) удлинение после разрыва используемого металла (см 6.9.1)
- B      диаметр делительной окружности или, в случае эллипса, среднее от большего и меньшего диаметров, в миллиметрах (мм)
- c      расстояние от начала крутоизогнутого отвода к кромке корпуса, в миллиметрах (мм)

Примечание 1: Используется для присоединения выпуклого днища к корпусу.

- e      толщина корпуса, в миллиметрах (мм)
- e<sub>c</sub>    толщина плоского затвора, в миллиметрах (мм)
- e<sub>d</sub>    толщина выпуклого затвора, в миллиметрах (мм)
- e<sub>t</sub>    толщина торца (днища) или перегородки цистерны, в миллиметрах (мм)

$e_{rs}$	толщина упрочняющего элемента, в миллиметрах (мм)
$e_f$	толщина фланца отверстия, в миллиметрах (мм)
$e_{rd}$	толщина фланца выпуклого затвора, в миллиметрах (мм)
$e_v$	принятая толщина корпуса, в миллиметрах (мм)
$e_{v,min}$	минимальная толщина корпуса согласно 6.9.1, в миллиметрах (мм)
$e_0$	минимальная толщина корпуса из стандартной (эталонной) стали, в миллиметрах (мм)
$e_1$	толщина самой толстой части корпуса, в миллиметрах (мм)
$e_2$	толщина самой тонкой части из используемого металла, в миллиметрах (мм)
$g$	ускорение за счет гравитации, в метрах на секунду квадратную ( $\text{м}/\text{с}^2$ )
Примечание 2: Значение $g$ равно $9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ .	
$L$	перекрытие в нахлесточном соединении, в миллиметрах (мм)
$L_c$	длина элемента жесткости, в миллиметрах (мм)
$L_r$	длина кольца жесткости, в миллиметрах (мм)
$L_0$	начальная расчетная длина образца, используемого в испытании на растяжение, в миллиметрах (мм)
длина перехода между пластинами различной толщины, в миллиметрах (мм)	
$l_1$	длина перекрытия обжатой кромки, в миллиметрах (мм)
$l_2$	длина сварного шва у основания штампованного соединения, в миллиметрах (мм)
$N$	коэффициент запаса прочности
$P_d$	наибольшее эффективное давление, допускаемое в корпусе при сливе (разгрузке) ("максимально допустимое давление слива"), в мегапаскалях (МПа)
$P_r$	наибольшее эффективное давление, допускаемое в корпусе при наполнении ("максимально допустимое давление наполнения"), в мегапаскалях (МПа)
$P_{ls}$	давление в момент открывания дыхательного клапана цистерны, в мегапаскалях (МПа)
$P_v$	эффективное давление, оказываемое на корпус цистерны содержащимся в ней веществом (включая также давление, создаваемое посторонними газами, которые может содержать транспортируемое вещество) при расчетной температуре, в мегапаскалях (МПа)
$P_x$	расчетное давление цистерны, в мегапаскалях (МПа)
$R$	внутренний радиус кривизны крышки (затвора), в миллиметрах (мм)
$R_d$	определенный предел прочности при растяжении, в ньютонах на миллиметр квадратный ( $\text{Н}/\text{мм}^2$ )
$R_e$	кажущийся предел текучести для сталей, имеющих четко определенный предел текучести или гарантированный условный предел текучести при остаточной деформации 0,2 % для сталей с

не четко определенным пределом текучести (условный предел текучести 1 % для аустенитных сталей) в ньютонах на миллиметр квадратный ( $\text{Н}/\text{мм}^2$ )

каждущийся предел текучести для сталей, имеющих четко определенный предел текучести или гарантированный условный предел текучести при остаточной деформации 0,2 % для сталей с не четко определенным пределом текучести (условный предел текучести 1 % для аустенитных сталей) при минимальной расчетной температуре, в ньютонах на миллиметр квадратный ( $\text{Н}/\text{мм}^2$ )

предел прочности при растяжении, в ньютонах на миллиметр квадратный ( $\text{Н}/\text{мм}^2$ )

предел прочности при растяжении при минимальной расчетной температуре, в ньютонах на миллиметр квадратный ( $\text{Н}/\text{мм}^2$ )

минимальный предел прочности при растяжении используемого металла, в ньютонах на миллиметр квадратный ( $\text{Н}/\text{мм}^2$ )

общая площадь растяжения, в миллиметрах квадратных ( $\text{мм}^2$ )

$S_0$  исходная площадь поперечного сечения образца, используемого в испытаниях на растяжение, в миллиметрах квадратных ( $\text{мм}^2$ )

$w$  эффективная глубина углового шва (т.е. расстояние от поверхности сварного шва до точки минимального проникновения расплавленного металла в основной металл)

$Z_0$  минимальный момент сопротивления сечения в стандартной стали, в сантиметрах кубических ( $\text{см}^3$ )

$Z_1$  минимальный момент сопротивления сечения в используемом металле, в сантиметрах кубических ( $\text{см}^3$ )

расчетное напряжение материала крышки (затвора), согласно 6.8, в ньютонах на миллиметр квадратный ( $\text{Н}/\text{мм}^2$ )

$\sigma_r$  расчетное напряжение материала фланца, согласно 6.8, в ньютонах на миллиметр квадратный ( $\text{Н}/\text{мм}^2$ )

## 4 Вентиляционное и предохранительные устройства

Цистерны должны оснащаться вентиляционным устройством, снабженным предохранительным устройством, чтобы предотвратить выплескивание содержимого в случае, если цистерна опрокинется, в соответствии с EN 14595. Для поделенных на отсеки цистерн, каждый отсек должен быть оснащен таким же образом.

## 5 Материалы

### 5.1 Общие положения

5.1.1 Конструктор должен подобрать материалы для использования в конструкции цистерны, используя стандарты на материалы: ферритную сталь, аустенитную сталь, аустенитно-ферритную нержавеющую сталь, алюминиевый сплав – опубликованные национальным или международным органом по стандартизации или иным образом утвержденные компетентным органом. В любом случае материал должен удовлетворять требованиям, установленным в 5.2.

5.1.2 Материалы, используемые в конструкции корпусов, должны быть пригодны к формоизменению. Материалы считаются непригодными, если, несмотря на соответствие требованиям данного европейского стандарта к материалам, степень формоизменения, требуемая конкретным проектом корпуса цистерны, приводит к растрескиванию или иным признакам разрушения металла корпуса.

**5.1.3** Должны использоваться материалы с известным сопротивлением хрупкому излому и растрескиванию под действием коррозии при напряжении.

**5.1.4** При испытаниях после сварки в соответствии с разделами EN ISO 15614-1 свойства материалов, используемых при изготовлении сварных корпусов, не должны демонстрировать значения, меньше установленных минимальных значений для материала, выбранного в соответствии с 5.1.1, по всей зоне сварного шва без термической обработки после сварки.

## 5.2 Свойства материалов

### 5.2.1 Ударная вязкость

Ферритные стали испытывают согласно EN ISO 148-1, используя образец с V-образным надрезом, они должны иметь ударную вязкость не менее  $34 \text{ Дж/см}^2$  при температуре  $-20^\circ\text{C}$  (или при минимальной расчетной температуре, если она ниже указанной). Испытания на ударную вязкость должны выполняться на листовом материале, или на сварных швах, где толщина листов больше 5 мм.

### 5.2.2 Предел текучести, предел прочности при растяжении и удлинение после разрыва

#### 5.2.2.1 Общие положения

**5.2.2.1.1** Значения  $A$ ,  $R_e$  и  $R_m$  для расчетов должны представлять собой минимальные значения, установленные для материала, выбранного по соответствующему стандарту на материал, за исключением 5.2.2.1.2 и 5.2.2.1.3.

**5.2.2.1.2** Если используются аустенитные стали, значение  $R_e$  для выбранного материала, используемое в расчетах, может превышать минимальное значение согласно стандарту на установленный материал, при условии что:

более высокие значения аттестованы в сертификате 3.1, выданном согласно EN 10204;

значение  $R_e$ , используемое в расчетах, не превышает 1,15-кратного значения  $R_e$ , установленного для выбранного материала по соответствующему стандарту на материал.

**5.2.2.1.3** Если используются мелкозернистые стали, значение  $R_e$  не должно превышать  $460 \text{ Н/мм}^2$ , а значение  $R_m$  не должно превышать  $725 \text{ Н/мм}^2$  в соответствии с техническими требованиями стандарта на материал.

#### 5.2.2.2 Предел текучести и предел прочности при растяжении

Стали с соотношением  $R_e/R_m$ , превышающим 0,85, нельзя использовать в конструкции сварных цистерн. Для определения отношения  $R_e/R_m$  должны использоваться значения, установленные в сертификате 3.1, выданном в соответствии с EN 10204.

#### 5.2.2.3 Удлинение после разрыва

**5.2.2.3.1** Материал испытывают в соответствии с EN ISO 6892-1. Относительное удлинение после разрыва,  $A$ , должно быть не меньше:

16 % для мелкозернистых сталей;

20 % для других сталей;

12 % для алюминиевых сплавов.

**5.2.2.3.2** Кроме того, для стали, относительное удлинение после разрыва,  $A$ , должно быть не меньше значения, рассчитанного по формуле (1):

$$A = \frac{10000 \text{ Н/мм}^2}{R_d} \quad (1)$$

Примечание: Для  $A$ ,  $R_d$  и  $R_{m1}$  дается только числовое значение в единицах согласно 3.2.

**5.2.2.3.2** Для листового металла, если относительное удлинение при разрыве измеряют по EN ISO 6892-1, ось образца для испытаний на растяжение должна располагаться под прямым углом к направлению прокатки; Там где стандарт на материал дает более низкие значения в направлении прокатки, эти значения должны использоваться в расчетах.

**5.2.2.3.3** При измерении относительного удлинения после разрыва используют образец круглого сечения, начальная расчетная длина которого равна пятикратному диаметру. Если используют образцы прямоугольного сечения, расчетную длину вычисляют по формуле (2):

$$l_0 = 5.65 \sqrt{\pi d} \quad (2)$$

Примечание: Удлинения на основе фиксированных длин можно преобразовать в пропорциональные удлинения согласно EN ISO 2566-1 или EN ISO 2566-2, исходя из реальной ситуации.

### 5.3 Совместимость материалов корпуса с транспортируемыми веществами

**5.3.1** Изготовитель должен обеспечить наличие перечня опасных грузов, которые можно безопасно транспортировать в данной цистерне или ее облицованной внутренней емкости. Вещества или группа веществ, утвержденных в сертификате, должны быть совместимы с характеристиками цистерны и ее сервисным оборудованием.

Примечание: В документе RID/ADR(ДОПОГ) (4.3.4.1.2) установлено, что перечень опасных веществ можно заменить перечнем групп веществ в соответствии с кодом цистерны, принимая во внимание любое специальное положение, относящееся к делу.

**5.3.2** Если контакт между перевозимым веществом и материалом, использованным для конструкции корпуса, может привести к постепенному утончению стенок, эту толщину необходимо нарастить на производстве соответствующим количеством металла.

Примечание: Эта дополнительная толщина, для компенсации коррозии, не учитывается при определении минимальной толщины корпуса (см. 6.9.1).

**5.3.3** Если корпус оснащается неметаллической защитной (внутренней) облицовкой, должны использоваться только материалы и их средства соединения с корпусом, которые остаются герметичными при любой деформации в нормальных условиях транспортирования.

**5.3.4** Если корпуса, предназначенные для перевозки жидкостей, имеющих температуру воспламенения не более 60 °C, оснащают непроводящим электрический ток защитным покрытием (внутренней облицовкой), необходимо принять меры предосторожности, чтобы предотвратить накопление электростатических зарядов, которые могут представлять опасность воспламенения.

Примечание: Это требование также применимо к углероду UN No. 1361 и саже (техническому углероду) UN No. 1361, класс материала (упаковки) II.

## 6 Проектирование

### 6.1 Общие положения

Корпус может иметь круглое, эллиптическое или коробчатое сечение или комбинации из перечисленных форм.

Проекции корпуса вне основного сечения должны сохраняться минимальными, причем необходимо обеспечить защиту во всех направлениях на корпусе.

## 6.2 Верификация проектирования

Проектирование цистерны необходимо проверить одним или несколькими из следующих методов:

- a) для корпусов круглого сечения, методом EN 14025 или любым из методов, представленных в Приложении A;
- b) для корпусов некруглых сечений:
  - 1) динамические испытания (A.2);
  - 2) конечноэлементный анализ напряжений (A.3);
  - 3) по исходной конструкции на основе опыта компетентного органа в отношении существующих проектов цистерн (A.4);
  - 4) расчеты (A.5).

Необходимо подготовить документацию, свидетельствующую о верификации проекта.

В любом случае проект должен соответствовать минимальным требованиям данного европейского стандарта.

## 6.3 Требования к корпусам некруглого сечения

Для корпусов некруглого сечения:

- a) радиус кривизны стенки корпуса не должен превышать 2 м с боков и 3 м в верхней и нижней части;
- b) минимальный радиус 200 мм должен связывать верхнюю/нижнюю часть с боковыми выпуклостями; и
- c) необходимо рассчитать эквивалентный диаметр на основе площади поперечного сечения.

## 6.4 Динамические условия

**6.4.1** Динамические условия, соответствующие расчетной температуре, установленной в 6.7, и требования к давлению при испытании по EN 12972, должны выполняться без превышения уровней напряжения, установленных в 6.8.

**6.4.2** Корпуса, вспомогательное и конструкционное оборудование должны проектироваться с расчетом выдерживания нагрузок и динамических давлений, создаваемых сочетанием наибольшего значения  $P_v$  или  $P_{ts}$  с каждым, по отдельности, из следующего (не превышая при этом расчетного напряжения в 6.8):

в направлении движения, с ускорением 2 g на максимальную расчетную массу (в случае устойчивых самонесущих трейлеров максимальная расчетная масса должна включать массу осей, колес и покрышек и предусматривать действие в месте сцепления); если в расчетах учитываются волноупокоители, их влияние необходимо подтвердить;

под прямыми углами к направлению движения, с ускорением 1 g, действующим на максимальную расчетную массу;

вертикально вверх, с ускорением 1 g, действующим на максимальную расчетную массу;

вертикально вниз, с ускорением 2 g, действующим на максимальную расчетную массу;

там где корпус представляет собой самонесущий элемент транспортного средства, напряжения, таким образом, накладываются в сумме с напряжениями от других источников.

6.4.3 Со следующими исключениями, цистерна максимальной длины менее 2,9 м должна быть рассчитана на силы, установленные в 6.4.2, не считая того, что во всех горизонтальных направлениях силы должны соответствовать удвоенной максимальной расчетной массе:

встроенная цистерна установлена на шасси транспортного средства;

съемная цистерна на автотранспортном средстве, которая может крепиться на шасси только в единственной ориентации.

## 6.5 Условия давления

6.5.1 Корпус цистерны должен быть рассчитан на максимальное испытательное давление, которое должно превышать:

- давление, создаваемое столбом воды, равным удвоенной глубине цистерны, умноженной на относительную плотность вещества с наибольшей плотностью из транспортируемых в такой цистерне;
- давление, создаваемое столбом воды, равным удвоенной глубине цистерны;
- 1,3-кратное максимальное рабочее давление.

6.5.2 Исключая цистерны для комбинированных резервуаров, отсеки в цистернах с отсеками должны быть рассчитаны на испытательное давление, действующее на все части отсека до давления, равного  $1,3 \times (P_{ta} + P_{ts})$ .

Испытательное давление должно прикладываться к наивысшей точке отсека, при этом не следует обращать внимание на давление, возникающее от гидростатического напора испытательной жидкости.

## 6.6 Условия частичного вакуума

Корпус и перегородки должны выдерживать условия разрежения на 3 кПа ниже атмосферного давления.

## 6.7 Расчетная температура

Диапазон минимальных расчетных температур должен составлять от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ . Там где цистерна может подвергаться более жестким условиям, расчетный диапазон температур должен быть расширен от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , в зависимости от рассматриваемого случая. Расчетный диапазон температур для цистерн, предназначенных для перевозки веществ при повышенных температурах, необходимо расширить, по крайней мере до максимальной рабочей температуры.

## 6.8 Расчетное напряжение

Максимальное напряжение материала цистерны и поддерживающей ее конструкции не должно выходить за нижнюю границу  $0,75 R_e$  или  $0,5 R_m$ ; для танк-контейнеров и съемных кузовов-цистерн, напряжение в материале опорной конструкции не должно превышать  $0,66 R_e$ .

## 6.9 Толщина корпуса

### 6.9.1 Минимальная толщина корпуса

Толщина корпусов, изготовленных из мягкой стали (с гарантированным минимальным пределом прочности при растяжении от  $360 \text{ Н}/\text{мм}^2$  до  $490 \text{ Н}/\text{мм}^2$ ) должна быть не меньше следующих значений, если не выполняются условия, установленные в 6.9.2:

5 мм, если диаметр цистерны не превышает 1,8 м;

6 мм, если диаметр цистерны превышает 1,8 м (за исключением цистерн, предназначенных для перевозки веществ в форме порошков или гранул).

Если цистерна изготовлена из другого материала, эквивалентная минимальная толщина должна определяться по формуле (3):

$$e_1 = \frac{464e_0}{\sqrt[3]{(R_{m1}A_1)^2}} \quad (3)$$

Если толщину цистерны увеличивают в расчете на перевозку коррозионно-агрессивных веществ это дополнительную толщину не учитывают при расчете минимальной толщины корпуса цистерны.

Фактическая минимальная толщина не должна быть ниже абсолютного минимума, показанного в Таблице 1.

## 6.9.2 Уменьшение толщины корпуса цистерны

**6.9.2.1** Там где защита от повреждения корпуса обеспечена согласно 6.9.2.2 - 6.9.2.3, минимальную толщину можно уменьшить максимум на 2 мм в стандартной стали (или от эквивалентной толщины другого материала, рассчитанной по формуле (3)) по сравнению с установленной в 6.9.1, при этом толщина не должна оказаться ниже абсолютного минимального значения, указанного в Таблице 1.

Таблица 1 — Абсолютная минимальная толщина корпуса

Диаметр м	Минимальная толщина корпуса				
	Аустенитные стали мм	Аустенитные ферритные стали мм	Другие стали мм	Алюминий чистотой 99,8 % мм	Алюминиевые сплавы мм
≤ 1,80	2,5 <sup>b</sup>	3	3	6	4
> 1,80	3	3,5	4	8	5

<sup>a</sup> Для некруглых сечений, см. 6.3.  
<sup>b</sup> Для танк-контейнеров и съемных кузовов-цистерн, не защищенных от повреждений, толщина корпуса ни в коем случае не должна быть меньше 3 мм, независимо от используемого материала.

**6.9.2.2** Для емкостно-наливной техники и съемных цистерн должна быть предусмотрена защита от повреждений, когда принята одна из следующих мер, указанных в а) - ж); размеры, относящиеся к расстояниям между упрочняющими элементами, должны соблюдаться между точками их присоединения на корпусе цистерны:

а) Для корпусов с круглым и/или эллиптическим сечением, включающих комбинации с поперечными сечениями, имеющими максимальный радиус кривизны 2 м, корпус оборудуется усиливающими элементами, представляющими собой перегородки или волноуспокоители, или наружные или внутренние кольца жесткости, расположенные таким образом, чтобы выполнялось, как минимум, одно из следующих условий:

- 1) расстояние между двумя соседними усиливающими элементами меньше или равно 1,75 м;
- 2) объем, заключенный между двумя перегородками или волноуспокоителями, меньше или равен 7500 л.

Кольцо и прилегающий корпус должны иметь момент сопротивления сечения не меньше  $10 \text{ см}^3$  в стандартной стали, или эквивалентный момент в другом металле (см. 6.14.2.5), при расчете вокруг нейтральной оси параллельно корпусу.

Наружные упрочняющие элементы не должны иметь выступающих краев радиусом менее 2,5 мм.

- b) Для корпусов с двойными стенками, имеющим промежуточный слой твердого материала (например, пены, толщиной не менее 50 мм), причем наружная стенка из мягкой стали имеет толщину не менее 0,5 мм, из алюминия - 0,8 мм или из армированного волокном пластика - 2 мм. Для других изоляционных материалов (например, минеральной ваты, толщиной не менее 100 мм), наружная стенка из аустенитной стали имеет толщину не менее 0,8 мм, наружная стенка торцов может быть изготовлена из армированного волокном пластика и иметь толщину не менее 3 мм.

Другие комбинации материалов, использующихся для защиты от повреждений, должны иметь особую устойчивость к внешним воздействиям, определенную в соответствии с Приложением В, эквивалентную устойчивости стенки минимальной толщиной, требуемой в 6.9.1, и толщиной внутренней стенки комбинации не меньше минимального значения, установленного в 6.9.2.1.

- c) Для корпусов, форма которых отличается от описанных форм в а), корпус обеспечивается дополнительной защитой вокруг средней точки его вертикальной высоты и в районе не менее 30 % от его высоты. Защиту проектируют таким образом, чтобы обеспечить конкретную упругость, определенную в соответствии с Приложением В, по крайней мере, равную упругости корпуса, сконструированного из стандартной стали толщиной 5 мм при диаметре корпуса не выше 1,80 м или толщиной 6 мм при диаметре корпуса выше 1,80 м.

К корпусу должна быть применена дополнительная защита надежным способом.

Подразумевается, что это требование выполняется без дополнительного подтверждения удельной упругости:

- 1) дополнительная защита включает приварку пластины из того же материала, что и корпус, с наружной стороны корпуса поверх усиливаемой площади, так чтобы толщина корпуса была не меньше, чем минимальное значение, установленное в 6.9.1, или данный участок включал тот же материал, что и корпус толщиной не меньше, чем минимальная толщина, установленная в 6.9.1; и
- 2) фланцевые концы к полной толщине используют с дополнительной боковой защитой, заходящей, по крайней мере, на треть длины фланца.

- d) Для корпусов с одностеночными торцами полной толщины, установленной в 6.9.1, корпус имеет усиливающие элементы, выполняющие следующие оба требования:

- 1) вместимость отсека между двумя перегородками меньше или равна 7500 л;
- 2) объем между перегородкой и волноускоителем меньше или равен 4000 л.

- e) Для корпусов с двухстеночными торцами, корпус имеет усиливающие элементы, выполняющие следующие оба требования:

- 1) вместимость отсека между двумя перегородками меньше или равна 7500 л;
- 2) объем между перегородкой и волноускоителем меньше или равен 4000 л.

Внутренняя стенка торца должна иметь толщину, по крайней мере, равную минимальному значению, установленному в 6.9.2.1, а наружная стенка торца из стандартной стали – толщину не менее 2 мм или эквивалентную толщину для другого металла, рассчитанную по формуле (3).

- f) Для корпусов, изготовленных с торцами из двух стенок, расстояние между которыми превышает 100 мм, причем торцы соответствуют требованиям, установленным в е), корпус имеет перегородки, расположенные таким образом, чтобы вместимость отсека между перегородками была меньше или равна 7500 л.

- g) Для корпусов, форма которых отличается от а), выполняются все следующие условия:

- 1) объем, заключенный между соседними усиливающими элементами, не превышает 7500 л;

- 2) объем любого отсека не превышает 15000 л, исключая цистерны, предназначенные для транспортирования жидкостей при температуре 100 °C (или выше) и ниже их температуры вспышки;
- 3) расстояние между соседними усиливающими элементами не превышает 1,4 м;
- 4) радиусы закругления углов, соединяющих верхний, боковой и нижний радиусы, не меньше 300 мм;
- 5) значения толщины торцов соответствуют d) или e), в зависимости от рассматриваемого случая.
- h) Для съемных цистерн, обеспечивается защита со всех сторон откидными бортами и кабиной перевозящего автомобиля. Откидные борта должны предоставлять защиту, по меньшей мере, до середины высоты корпуса.
- i) Для корпусов, форма которых отличается от а), при наличии требований к глобальной упругости, должны выполняться все следующие условия:
  - 1) объем, заключенный между соседними усиливающими элементами, не превышает 7500 л;
  - 2) объем любого отсека не превышает 15000 л, исключая цистерны, предназначенные для транспортирования жидкостей при температуре 100 °C (или выше) и ниже их температуры вспышки;
  - 3) расстояние между соседними усиливающими элементами не превышает 1,75 м;
  - 4) среднее расстояние между соседними усиливающими элементами не превышает 1,4 м;
  - 5) радиусы закругления углов, соединяющих верхний, боковой и нижний радиусы, не меньше 250 мм;
  - 6) значения толщины торцов соответствуют d) или e), в зависимости от рассматриваемого случая;
  - 7) Для корпусов, изготовленных с торцами из двух стенок, расстояние между которыми превышает 100 мм, торцы должны соответствовать требованиям, установленным в е);
  - 8) самый слабый сегмент 4-метрового корпуса имеет глобальную упругость не менее 100 кНм. Должны использоваться следующие значения глобальной упругости:
    - i) для перегородок или волноуспокоителей максимальной толщины, установленной в 6.9.1: 40 кНм;
    - ii) для перегородок или волноуспокоителей минимальной толщины, установленной в 6.9.2.1: 20 кНм;
    - iii) для торцов: 20 кНм.

Более высокие значения глобальной упругости и глобальная упругость для других типов усиливающих элементов должны использоваться только в случае подтверждения испытаниями, выполненными в соответствии с В.5, или равноценными испытаниями, подтвержденными компетентным органом.

Если для верификации используют анализ конечных элементов, необходимо принять во внимание А.3. Кроме того, компьютерное программное обеспечение и инструкции по его использованию должны подтверждаться компетентным органом для исследования упруго-пластичности.

- j) Изготовитель должен предоставить в компетентный орган относящиеся к делу примеры валидации (сопоставления между результатами расчетов и результатами реальных испытаний). Для корпусов, форма которых отличается от а), должны соблюдаться следующие условия:
- 1) радиусы кривизны стенки корпуса не превышают 2 м с боковой, верхней и нижней части;
  - 2) радиусы закругления углов, соединяющих верхний, боковой и нижний радиусы, не меньше 300 мм;
  - 3) объем, заключенный между перегородками и/или волнуспокоителями не превышает 7500 л, а расстояние между перегородками и/или волнуспокоителями меньше или равно 1,75 м;
  - 4) энергия, поглощаемая при ударе и опрокидывании, по крайней мере, равна энергии, поглощаемой корпусом с круглым или эллиптическим поперечным сечением с такими же параметрами, а именно:
    - i) материал корпуса, торцов, перегородок, волнуспокоителей и опорных конструкций;
    - ii) площадь поперечного сечения (в случае эллиптического сечения, такая же ширина);
    - iii) толщина корпуса, торцов, перегородок и волнуспокоителей (минимум как в 6.9.2.1);
    - iv) объем, заключенный между перегородками и/или волнуспокоителями, или расстояние между перегородками и/или волнуспокоителями;
    - v) максимальный внутренний радиус кривизны торцов;
    - vi) расстояние, тип и размер опорных конструкций корпуса;
    - vii) число и тип торцов, перегородок и/или волнуспокоителей;
    - viii) число, размер и расположение отверстий.

Сравнительный метод для расчета поглощенной энергии выполняют в соответствии с B.7.

**6.9.2.3** Корпуса встроенных цистерн и съемных цистерн, которые либо имеют вместимость не более 5000 л или поделены на отсеки вместимостью не более 5000 л должны быть защищены от повреждений, если их толщина для мягкой стали или эквивалентная толщина, рассчитанная по формуле (3), для других материалов будет не меньше, чем значения, указанный в Таблице 2.

**Таблица 2 — Минимальная толщина корпуса для небольших и поделенных на отсеки цистерн**

Вместимость корпуса или отсека м <sup>3</sup>	Макс. радиус кривизны верха и днища м	Макс. радиус кривизны боковых сторон м	Минимальная толщина для стандартной стали мм	Другие стали мм	Аустенитная нержавеющая сталь мм	Аустенит-ферритная нержавеющая сталь мм	Алюминиевые сплавы мм	Алюминий чистотой 99,8 % мм
≤ 3,5	3	2	3	3	2,5	3	4	6
> 3,5 но ≤ 5	3	2	4	4	3	3,5	5	8
≤ 5	2	2	3	3	2,5	3	4	6

Танк-контейнеры и съемные кузова-цистерны должны быть защищены от повреждений, если принята одна из следующих мер:

- a) изготовление корпуса с двойными стенками в соответствии с 6.9.2.2 b); или

- b) имеется конструкция, соответствующая требованиям ISO 1496-3, в которой цистерна поддерживается полным каркасом, включающим продольные и поперечные структурные элементы.

## 6.10 Отверстия корпуса, кольца, оформляющие горловину, и затворы

### 6.10.1 Лазы и смотровые и отверстия

Каждая цистерна и отсек вместимостью 3000 л или больше должны оснащаться лазом для контроля внутренней части цистерны. Цистерны и отсеки вместимостью меньше 3000 л должны оснащаться любо лазом, либо смотровых отверстием.

Диаметры отверстий должны быть:

контрольные отверстия: не меньше 100 мм и не больше 300 мм;

круглые лазы: не менее 500 мм.

Некруглые лазы: не допускается размера меньше 500 мм.

Примечание: Рекомендуется оставить доступ с полным спасательным снаряжением, включая автономный дыхательный аппарат.

Минимальные размеры лазов и контрольных отверстий в облицованных емкостях должны поддерживаться после нанесения защитной облицовки.

### 6.10.2 Кольца горловины и затворы

Кольцо, оформляющее горловину, и фланец отверстия должны соответствовать требованиям Приложения С.



Пластины затворов, крепления и их уплотняющие поверхности должны быть рассчитаны на выдерживание внутреннего давления не менее 265 кПа.

Материалы, используемые в формировании отверстия, уплотняющие поверхности и пластины затворов должны соответствовать требованиям Раздела 5.

### 6.10.3 Пластины затворов

Затворы, закрывающие отверстия внутренним диаметром 200 мм или больше должны быть изготовлены из металлических материалов в соответствии с Разделом 5.

### 6.10.4 Монтажная арматура для сервисного оборудования

Монтажная арматура для сервисного оборудования должна располагаться таким образом, чтобы обеспечить защиту от риска перетяжки или повреждения оборудования, при этом она должна удовлетворять требованиям к прочности, установленным изготовителем оборудования.

## 6.11 Разделительные и отражательные перегородки и волнуспокоители корпуса

### 6.11.1 Волнуспокоители и перегородки должны быть:

- чашеобразной формы, глубиной не менее 100 мм; или
- ребристые, профилированные или упрочненные иным способом.

Если используют технику верификации проекта в соответствии с А.3 или А.5, необходимо проверить (и подтвердить) глубину выпуклости (вогнутости) (исходя из радиуса кривизны).

**6.11.2** Перегородки и волноускоители, включая опорное основание, должны быть приварены к корпусу, за исключением случаев, указанных в 6.11.4.

**6.11.3** Толщина перегородок и волноускоителей не должна быть меньше минимальной толщины корпуса; в отношении перегородок свойства материала должны быть, как минимум такими же, как свойства материала корпуса, если толщина минимальная.

**6.11.4** Волноускоители, отражающие перегородки и усиливающие элементы, выступающие более чем на 70 мм от внутренней поверхности корпуса, должны иметь отверстия в верхней части, нижней части и боковых частях, чтобы способствовать опорожнению цистерны в частично или полностью опрокинутом положении и предотвращать неэффективность датчиков уровня наполнения и газовых пробок при заполнении цистерны. Отверстия в верхней части должны иметь общую площадь поперечного сечения не меньше 2000  $\text{мм}^2$ , располагаться полностью над горизонтальной линией и на 100 мм ниже верхней точки поперечного сечения корпуса. Отверстия в нижней части, наряду с любыми отстойниками, предназначены для осуществления полного слива в пункте разгрузки.

**6.11.5** Отсеки, расположенные рядом с торцами, не должны оснащаться продольными перегородками. Там где есть продольные отражатели или волноускоители в отсеках, расположенных в торцах корпуса, между ними и торцом цистерны должен оставаться просвет не менее 200 мм в любой точке.

## 6.12 Вспомогательное оборудование цистерны

**6.12.1** Усилия для вспомогательного оборудования корпуса должны быть рассчитаны так, чтобы не превысить напряжение, установленное в 6.8.

**6.12.2** Средства крепления вспомогательного оборудования к корпусу должны проектироваться с расчетом назначения этого оборудования и риска повреждения корпуса при воздействии на прикрепленное оборудование различных сил.

**6.12.3** Необходимо обеспечить средства слива, там где создаются иным образом герметизированные пространства между содержащей продукт оболочкой корпуса и внутренними или внешними приспособлениями и усилениями. Дренажные устройства герметизации не подлежат.

**6.12.4** Трубы, проходящие через корпус, должны быть размещены и сконструированы таким образом, чтобы свести к минимуму риск повреждения корпуса под воздействием внешних сил на трубу или корпус. Трубы, внутренний диаметр которых выше 55 мм, а длина, выходящая из корпуса цистерны превышает 50 мм в любом месте, должны быть сконструированы таким образом, чтобы, при случайном повреждении части трубы, расположенной снаружи цистерны, внешняя часть трубы отламывалась, не повреждая корпус.

Открытые трубы, проходящие через корпус, которые не используются для слива, должны выступать за корпус цистерны на минимальную длину 20 мм.

Толщина стенки труб должны быть не меньше, чем толщина, указанная в Таблице 3, или толщина корпуса, в зависимости от того какое значение ниже.

**Таблица 3 — Минимальные значения толщины стенки труб, проходящих через корпус**

Размеры в миллиметрах

Внутренний диаметр	Аустенитная сталь	Мягкая сталь	Алюминиевый сплав
≤ 55	2,5	3,0	4,0
> 55	3,0	4,0	5,0

## 6.13 Конструкция, поддерживающая корпус

6.13.1 Конструкции, поддерживающие корпус цистерны, должны проектироваться так, чтобы не были превышены напряжения, установленные в 6.8, под действием статических и динамических нагрузок, установленных в 6.4.1, 6.4.2 и 6.4.3.

6.13.2 Конструкции, поддерживающие корпус цистерны, которые предполагается приваривать к корпусу, должны быть обеспечены опорной плитой или фиксирующим средством в соответствии с 6.13.1. Материалы для изготовления опорной плиты или иных усилий, приваренные непосредственно к корпусу, должны быть совместимы с материалом корпуса и привариваться без образования дефектов.

## 6.14 Защита сервисного оборудования, установленного сверху цистерны

### 6.14.1 Общие требования

6.14.1.1 Защита от повреждений при опрокидывании должна быть обеспечена на корпусе цистерны так, чтобы полностью включить сервисное оборудование, расположенное наверху корпуса и соединенное с внутренней частью корпуса.

6.14.1.2 Защитное(ые) устройство(а) и места установки сервисного оборудования должны предусматривать попадание сервисного оборудования, установленного на верхней части корпуса, в контур (границы действия) защитного устройства с запасом не менее 25 мм.

6.14.1.3 Там где участок, окруженный защитным(и) устройством(ами), невозможно опорожнить самотеком, должна предусматриваться дренажная система.

6.14.1.4 Полная защита верхней части цистерны должна быть рассчитана на статическую нагрузку, прикладываемую вертикально, равную удвоенной снаряженной массе встроенной цистерны (автоцистерны) без остаточной деформации. Это требование должно выполняться, если защитное устройство соответствует требованиям, установленным в 6.14.2.

### 6.14.2 Минимальные требования

#### 6.14.2.1 Общие положения

Конкретные формы защиты должны удовлетворять требованиям, установленным в следующих подразделах:

- 6.14.2.2 для продольных и поперечных элементов;
- 6.14.2.3 для контуров корпуса;
- 6.14.2.4 для лотков;
- 6.14.2.5 для защитных дуг;
- 6.14.2.6 для поперечных коробчатых сечений.

#### 6.14.2.2 Продольные и поперечные элементы

Примечание 1: Типичная схема защищенного продольными и поперечными элементами сервисного оборудования показана на Рисунке 1.

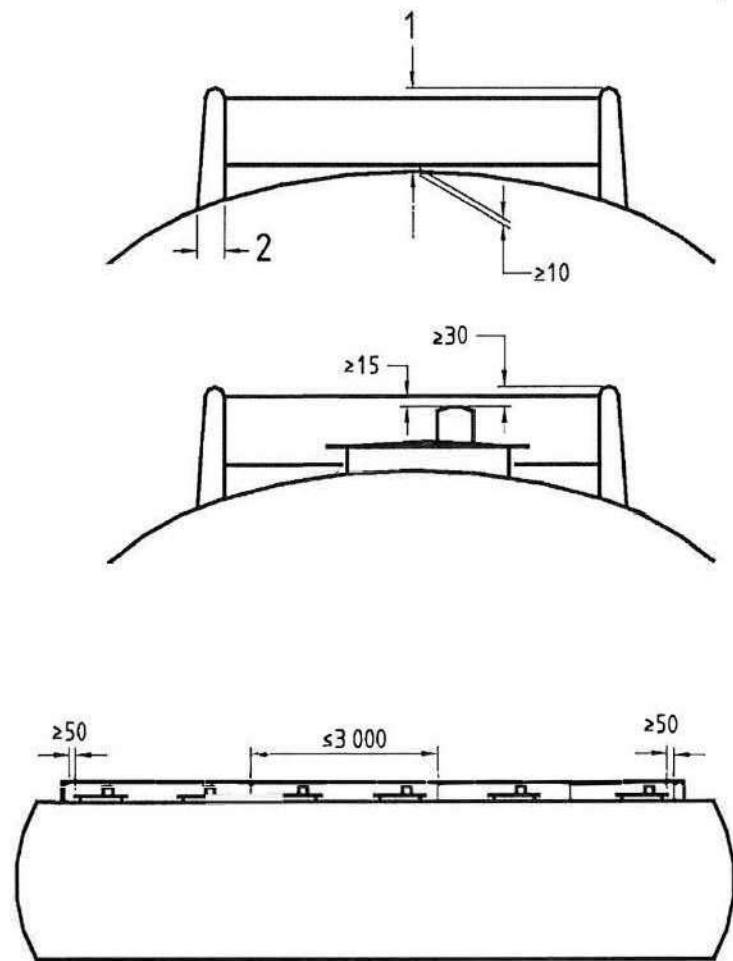
Там где для защиты сервисного оборудования используются продольные и поперечные элементы:

- они должны быть сконструированы так, чтобы образовать защитный короб при установке на верх цистерны;

- b) ширина продольных элементов, измеренная на уровне верха цистерны, должна быть не меньше одной трети высоты;
- c) высота продольных элементов должна быть не меньше самой верхней точки сервисного оборудования плюс 30 мм;
- d) поперечные элементы должны поддерживать продольные элементы, при этом расстояние между ними не должно превышать 3000 мм;
- e) поперечные элементы должны выступать не менее чем на 50 мм перед первым предметом сервисного оборудования и не менее чем на 50 мм позади последнего предмета сервисного оборудования;
- f) высота поперечных элементов должна быть не меньше верхнего предмета сервисного оборудования плюс 15 мм;
- g) расстояние по вертикали между поперечными элементами и корпусом на средней линии цистерны должно быть не меньше 10 мм;
- h) поперечное сечение поперечных элементов должно иметь минимальный момент сопротивления у горизонтальной оси не менее  $10 \text{ см}^3$  в стандартной стали или эквивалентное значение в другом металле. Момент сопротивления сечения должен поддерживаться, там где предусмотрены вырезки для отдельного паросборника или других труб;
- i) поперечные элементы должны иметь не менее одного сливного отверстия в самой нижней точке;
- j) толщина стенки продольных элементов и поперечных элементов должна быть не менее чем:
  - 1) 2 мм для аустенитной стали;
  - 2) 2,5 мм для других сталей;
  - 3) 4 мм для алюминиевого сплава.
- k) должно иметься не менее двух дренажных трубок, по одной с каждой стороны вертикальной центральной линии цистерны с учетом наклона цистерны во время эксплуатации; эти трубы должны быть свободны и не должны использоваться для сервисных функций, включающих кабели и пневматическую трубопроводку.

Примечание 2: Продольные элементы можно использовать для улавливания паров.

Размеры в миллиметрах

**Обозначение**

высота продольного защитного элемента над верхней частью корпуса (измеренная от центральной линии верха корпуса)

2 ширина продольного защитного элемента (измеренная у его основания) — не меньше одной трети высоты

**Рисунок 1 — Типовое устройство защиты сервисного оборудования с помощью продольных и поперечных элементов**

#### 6.14.2.3 Контуры корпуса

Примечание: Типовое устройство защиты сервисного оборудования с помощью контура корпуса показано на Рисунке 2.

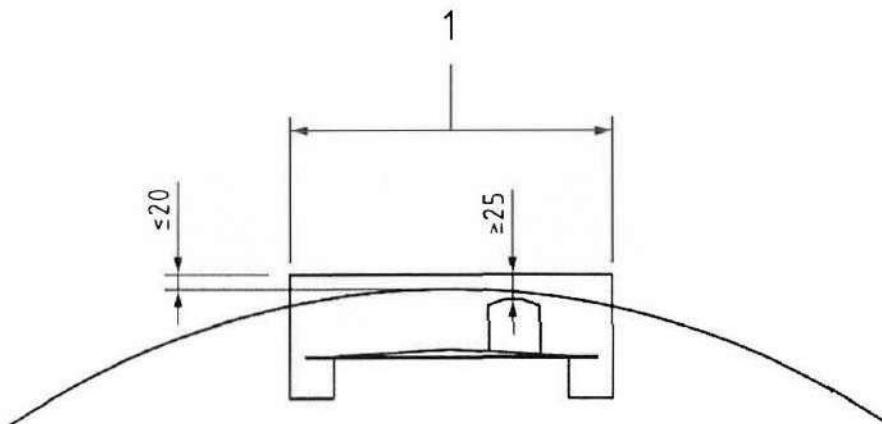
Если невозможно наполнить корпус или отсек полностью из-за его формы или конструкции, такая уменьшенная вместимость должна использоваться для определения степени наполнения цистерны и для ее маркировки.

Там где предметы сервисного оборудования расположены полностью в контуре корпуса для защиты:

- они должны быть установлены в защитном кольце, заглубленном в корпус таким образом, чтобы оставался запас не менее 25 мм от границ контура верхнего края кольца;
- кольцо не должно выходить за пределы контура корпуса цистерны более чем на 20 мм;
- наружный диаметр защитного кольца должен быть не более 700 мм;

- d) толщина стенки кольца должна быть не меньше:
- 1) 6 мм для мягкой стали;
  - 2) 4 мм для аустенитной стали;
  - 3) 5 мм для аустенитной ферритной стали;
  - 4) 8 мм для алюминиевых сплавов.

Размеры в миллиметрах



**Обозначение**

≤ 700 снаружи

**Рисунок 2 — Типовая схема защиты сервисного оборудования контуром корпуса**

#### 6.14.2.4 Лотки

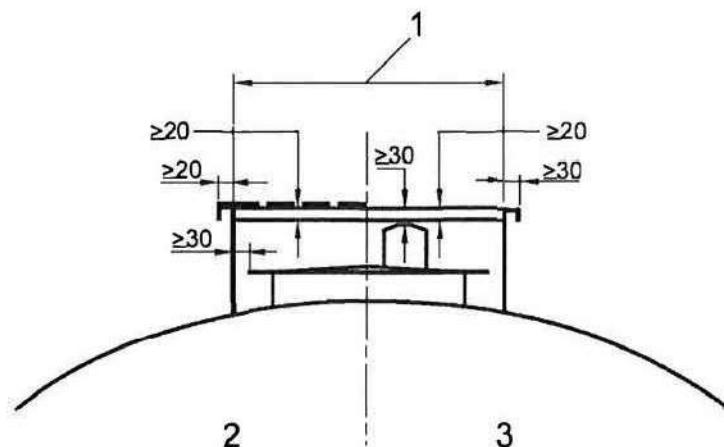
Примечание: Типовое устройство защиты сервисного оборудования с помощью лотков для сбора проливов показано на Рисунке 3.

Там где используются лотки для защиты сервисного оборудования:

- a) они должны иметь высоту до верхнего предмета сервисного оборудования плюс 30 мм;
- b) они должны защищать все компоненты сервисного оборудования полностью с минимальным боковым зазором 30 мм между лотком и защищаемым оборудованием;
- c) там где используются лотки без крышек, верхний край лотка должен образовывать угол дважды, не менее чем на 30 мм (горизонтально) и 20 мм (вертикально вниз);
- d) там где используются лотки с крышкой, верхний край лотка должен образовывать угол дважды, не менее чем на 20 мм (горизонтально) and 20 мм (вертикально вниз);
- e) Наружный диаметр не должен превышать 900 мм или, если лоток прямоугольный, его ширина не должна превышать 900 мм, а длина не должна превышать 1500 мм;
- f) толщина стенки не должна быть меньше:
  - 1) для лотков:
    - i) 4 мм для мягкой стали;

- ii) 2,5 мм для аустенитной стали;
  - iii) 3 мм для аустенитной ферритной стали;
  - iv) 6 мм для алюминиевого сплава.
- 2) для защитных крышек:
- i) 1,5 мм для аустенитной стали;
  - ii) 2 мм для других сталей;
  - iii) 3 мм для алюминиевого сплава.

Размеры в миллиметрах

**Обозначение**

- ширина, диаметр ≤ 900, длина ≤ 1500 (если прямоугольный)
- 2 лоток с крышкой  
3 лоток без крышки

**Рисунок 3 — Типовая схема защиты сервисного оборудования с помощью лотков для сбора проливов**

#### 6.14.2.5 Предохранительные штанги

Примечание: Типовая схема защиты сервисного оборудования с помощью предохранительных штанг показана на Рисунке 4.

Предохранительные штанги должны располагаться на усиливающих элементах корпуса, таких как перегородки или волноуспокоители.

Значения момента сопротивления сечения применимы к стандартной стали ( $Z_0$ ); если используется другой материал для предохранительных штанг, то эквивалентный момент сопротивления сечения в этом материале ( $Z_1$ ) определяют по формуле (4). Если используется мягкая сталь, вычислений не требуется.

$$Z_1 = \frac{10000 \text{ H/mm}^2}{R_{m1}A_1} \times Z_0 \quad (4)$$

Если сервисное оборудование защищено предохранительными штангами:

- a) предохранительные штанги должны располагаться под прямым углом к направлению движения;
- b) предохранительные штанги должны быть максимально низкими;
- c) сервисное оборудование должно находиться внутри контура штанги с запасом не менее 50 мм от его границ;
- d) предохранительные штанги должны располагаться перед первым и за последним предметом сервисного оборудования;
- e) расстояние между отдельными предохранительными штангами должно быть не больше 3000 мм;
- f) момент сопротивления сечения каждой предохранительной штанги должен быть не меньше  $5 \text{ см}^3$  плюс еще  $1 \text{ см}^3$  на каждые 1000 л вместимости корпуса, максимум  $30 \text{ см}^3$ ;
- g) предохранительные штанги и распорки должны присоединяться к корпусу в локально усиленных местах, чтобы снизить риски повреждения корпуса;
- h) предохранительные штанги должны закрепляться распорками для стабильности на продольной оси корпуса;
- i) угол распорок к корпусу должен быть не более  $45^\circ$ ;
- j) распорки должны присоединяться максимально высоко к предохранительной штанге;
- k) момент сопротивления сечения распорок вместе должен быть не меньше значения этого момента для самой штанги;
- l) если в качестве распорок используют усилительные пластины, их сопротивление изгибу (выпучиванию) должно быть не меньше сопротивления трубок, соответствующих h), i), j) и k).

Размеры в миллиметрах

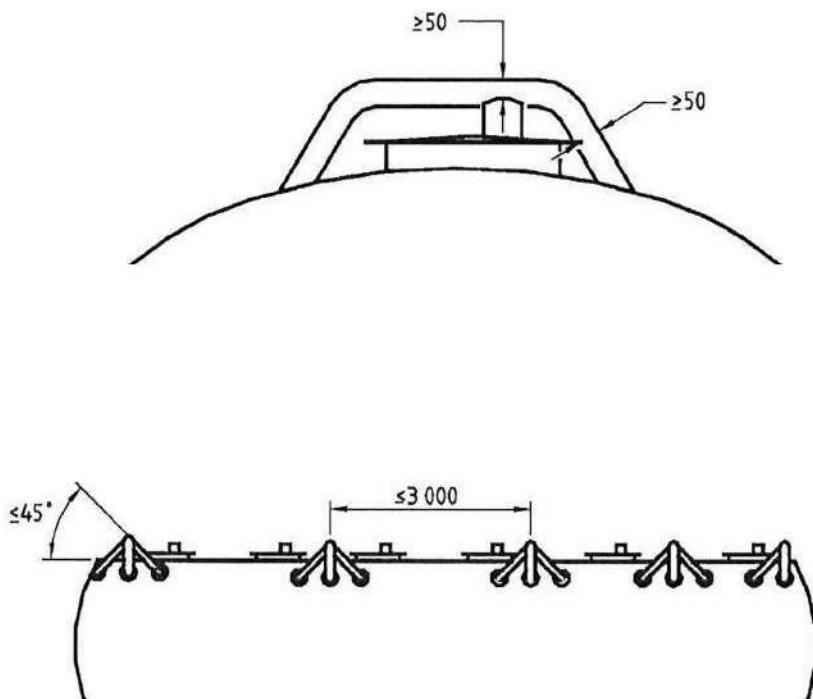


Рисунок 4 — Типовое устройство защиты сервисного оборудования с помощью предохранительных штанг

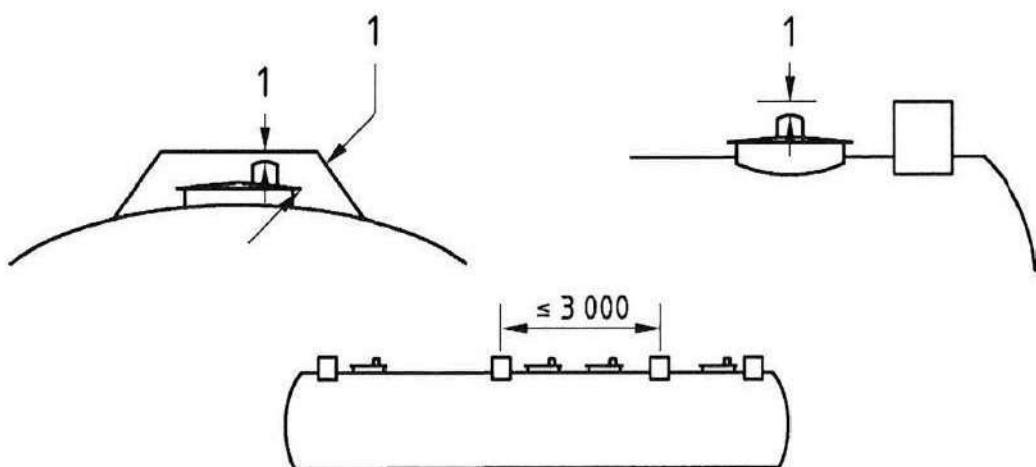
#### 6.14.2.6 Поперечные коробчатые сечения

Примечание: Типовое устройство защиты сервисного оборудования с помощью поперечных коробчатых сечений показано на Рисунке 5.

Если сервисное оборудование защищено поперечными коробчатыми сечениями:

- a) они должны быть изготовлены из материалов, соответствующих Разделу 5, например, листовой металл, приваренный к корпусу и образующий с ним закрытые отсеки;
- b) высота поперечных коробчатых сечений должна быть минимальной, но в любом случае:
  - 1) для цистерн, перевозящих гранулированные вещества, не меньше самого высокого предмета сервисного оборудования плюс 25 мм;
  - 2) для цистерн, перевозящих другие вещества, не меньше самого высокого предмета сервисного оборудования плюс 50 мм.
- c) они должны располагаться перед первым предметом и после последнего предмета сервисного оборудования;
- d) расстояние между поперечными коробчатыми сечениями должно быть не больше 3000 мм;
- e) момент сопротивления каждого коробчатого сечения должен быть не меньше  $5 \text{ см}^3$  плюс дополнительный  $1 \text{ см}^3$  на каждые 1 000 л вместимости корпуса при максимуме  $30 \text{ см}^3$ ;
- f) если используется материал, кроме мягкой стали, для поперечных коробчатых сечений, необходимо рассчитать эквивалентный момент сопротивления по формуле, приведенной в 6.14.2.5;
- g) если ширина поперечного коробчатого сечения в продольной плоскости цистерны больше его высоты, измеренной в самой высокой точке корпуса, нет необходимости в дополнительном креплении; в противном случае выполняют положения 6.14.2.5.

Размеры в миллиметрах



##### Обозначение

- 1       $\leq 25$  для гранулированных веществ  
 $\leq 50$  для всех других веществ

Рисунок 5 — Типовое устройство защиты сервисного оборудования с помощью поперечных коробчатых сечений

## 7 Изготовление

### 7.1 Общие положения

7.1.1 Производственные процессы должны быть такими, чтобы степень формоизменения, требуемая конкретным проектом корпуса, не приводила к растрескиванию или другим признакам разрушения материала корпуса.

7.1.2 Изготовитель корпуса должен поддерживать систему идентификации для материала, используемого в изготовлении, чтобы весь материал корпуса можно было проследить до источника. Система должна:

- a) включать соответствующие процедуры, нацеленные на верификацию идентичности материалов корпуса и его поддерживающей конструкции, полученной от поставщиков, чтобы они при этом были основаны на представлении сертификатов 3.1 на материалы в соответствии с EN 10204, и/или приемочными испытаниями;
- b) требовать, чтобы до резания и формирования частей корпуса, исходная идентификационная марка материала была перенесена на любую часть, которая остается без маркировки после завершения процесса.

### 7.2 Резка и подготовка кромок

7.2.1 Материал режут по размеру и формируют с помощью термической резки механической обработки, формоизменения в холодном состоянии или другого подходящего процесса. Поверхности, подвергнутые термической резке, подлежат отделке механическим способом или шлифованием, чтобы удалить выраженные надрезы, шлак и окалину. Пластины толщиной выше 10 мм, обработанные в холодном состоянии, подлежат зачистке и отделке до сварки. Резаные кромки ферритных легированных сталей, после процесса термической резки, подлежат отделке шлифованием или механической обработкой на расстоянии не менее 1,5 мм, если изготовитель не может подтвердить, что процесс резания не скажется отрицательно на материале.

7.2.2 Кромки под сварку подлежат контролю после резки и подготовки, а к сварке приступают только в отсутствие указанных ниже дефектов:

- разрыв материала (расслоения);
- пятна вторичной (прокатной) окалины;
- трещины под действием напряжений в результате газопламенной резки;
- отложения меди и углерода;
- открытые на поверхности концы раскола;
- следы краски, кроме случаев, когда краска не оказывает неблагоприятного воздействия на качество сварки;
- следы смазки или других поверхностных загрязнений, которые могут оказать неблагоприятное воздействие на качество сварки;
- шлаковые включения.

### 7.3 Формоизменение

#### 7.3.1 Общие положения

7.3.1.1 Материалы должны быть сформированы в требуемую форму любым подходящим процессом, при условии, что степень изгибов и радиусы не превышают установленные в стандарте на

материал предельные значения. После формоизменения толщина не должна быть меньше минимального установленного в 6.9.1 значения. Пластины должны быть сформованы по правильному контуру вплоть до кромок, если им не потребуется отделка после формоизменения.

**7.3.1.2** Если пластины предполагается сваривать встык перед формоизменением, соединение подлежит неразрушающему контролю в соответствии с 7.4.4, после формоизменения, если радиус сформованной секции будет меньше 20-кратной толщины материала для сталей и 40-кратной толщины материала для алюминия.

Если стыковой сварке подвергают листы разной толщины перед формоизменением, за исходное значение следует брать толщину более толстого листа.

**7.3.1.3** Если применимо, сам сварной шов должен быть отшлифован до формоизменения, чтобы избежать жестких напряжений в сварном шве.

### 7.3.2 Формование в горячем состоянии

**7.3.2.1** Там где используется процесс формоизменения в горячем состоянии, прочность материала после формоизменения должна быть не меньше минимального значения, установленного в спецификации на материал для свойств, указанных в 5.2.

**7.3.2.2** Плотную окалину, остающуюся после любого процесса формоизменения в горячем состоянии, необходимо удалить с помощью процесса сбива окалины, который гарантировано не снизит механические показатели и коррозионную стойкость ниже уровня, требуемого первоначальным расчетом.

**7.3.2.3** Пластины из аустенитной стали, которые нагревают или подвергают обработке в горячем состоянии, необходимо нагреть равномерно в нейтральной или окислительной атмосфере, без огневого воздействия, до температуры, не превышающей температуру горячей обработки, рекомендованной изготовителем материала. Формоизменение нельзя осуществлять, если температура материала понизилась до уровня ниже 900 °C; следует избегать медленного охлаждения в интервале между 750 °C и 600 °C.

## 7.4 Сварка

### 7.4.1 Аттестация

**7.4.1.1** Система обеспечения качества сварки должна быть внедрена и поддержана в соответствии с EN ISO 3834-1 и EN ISO 3834-2.

**7.4.1.2** Процедуры сварки необходимо утвердить в соответствии с разделами EN ISO 15607, EN ISO 15609-1, EN ISO 15609-2, EN ISO 15613, или с частями и разделами серии стандартов EN ISO 15614, в зависимости от рассматриваемого случая.

**7.4.1.3** Производство сварных корпусов должно осуществляться лицами, которые аттестованы по EN ISO 9606-1, EN ISO 9606-2 или EN ISO 14732, исходя из реальной ситуации.

### 7.4.2 Сварные соединения

**7.4.2.1** Детали сварки должны выбираться с учетом:

метода изготовления;

условий эксплуатации;

возможности проведения необходимых неразрушающих испытаний.

**7.4.2.2** Примеры подходящих деталей сварки приведены в Приложении D, но можно использовать другие детали сварки, при условии, что они будут подходящими при испытаниях в соответствии с EN ISO 15614-1, EN ISO 15614-2 или EN ISO 15613 в зависимости от ситуации.

**7.4.2.3** Там где любую часть корпуса изготавливают из двух или более кольцевых секций, то либо:

продольные сварные швы соседних секций должны разделяться не менее чем расстоянием в 50 мм; либо

пересечение сварных швов должно быть заменено круглой плитой из того же самого материала диаметром не меньше 150 мм, если применяемая процедура для пересечения сварных швов не включена в утвержденные процедуры сварки для данного корпуса.

#### **7.4.3 Временно присоединенные вспомогательные приспособления**

**7.4.3.1** Временно присоединенные вспомогательные приспособления, приваренные непосредственно к корпусу, должны оставаться на корпусе в течение максимально короткого срока. Материалы, используемые для временных присоединений, должны быть совместимы с материалом корпуса, т.е. способными к сварке без образования дефектов.

**7.4.3.2** Временные присоединения необходимо удалять с корпуса перед гидравлическим испытанием (опрессовкой). Техника удаления должна быть такой, чтобы избежать нарушения целостности корпуса. Любое необходимое восстановление поврежденных участков с помощью сварки должно производиться согласно подходящей части EN ISO 15607.

**7.4.3.3** Несхожие металлические присоединения могут быть приварены к промежуточным компонентам, например, накладкам, которые соединены с корпусом постоянно. Для сварки несхожих металлов необходимо использовать совместимые сварочные материалы.

#### **7.4.4 Обследование и испытания сварных швов**

**7.4.4.1** Все сварные швы подлежат визуальному контролю по всей длине в соответствии с EN ISO 17637, при этом они должны удовлетворять следующим критериям:

EN ISO 5817, Уровень С для стали;

EN ISO 10042, Уровень С для алюминия.

**7.4.4.2** Часть сварных швов подлежит неразрушающему контролю по EN 12972 для подтверждения соответствия коэффициента эффективности сварки значению 0,8. Обследование проводят по EN ISO 17635, куда входит радиографический контроль по EN ISO 17636-1 или ультразвуковой контроль по EN ISO 17640.

Ультразвуковой контроль нельзя использовать для цистерн из нержавеющей стали или применять ультразвуковые средства контроля для цистерн, имеющих толщину корпуса меньше 6 мм.

Все обследованные сварные швы должны выполнять следующие критерии:

EN ISO 5817, Уровень С для стали;

EN ISO 10042, Уровень С для алюминия.

Корреляция между уровнями качества, определенными выше, и критериями приемки различных методов неразрушающего контроля должна выполняться согласно EN ISO 17635.

**7.4.4.3** Неразрушающий контроль должны выполнять компетентный персонал, аттестованный по EN ISO 9712. Процедуры должны быть утверждены работником, аттестованным, по крайней мере, на уровень 3; право на выполнение обследований и право подписи протоколов должен иметь работник, аттестованный, по крайней мере, на уровень 2.

## 7.5 Производственные допуски

### 7.5.1 Выравнивание пластин

**7.5.1.1** За исключением случаев, когда обеспечен конический или раструбный переход, неправильное относительное расположение (несовпадение) поверхностей соседних пластин при сварке продольных и кольцевых швов должно составлять не более 25 % от толщины более тонкой пластины и не должно превышать 1 мм.

**7.5.1.2** Там где имеется уменьшение толщины между поверхностями, скос должен иметь уклон не более чем 1 к 3. Там где с пластины удаляют материал для образования скоса, толщина любой из пластин не должна уменьшаться больше, чем того требует расчет.

Примечание: Уклон может включать ширину сварного шва, более низкую поверхность при этом "надстраивают" за счет дополнительного металла сварного шва, если необходимо.

**7.5.1.3** Расстояние от любой поверхности более толстой пластины до центральной линии более тонкой пластины, соединенных сварным швом, должно составлять:

для продольных швов, не менее 35 % от толщины более тонкой пластины;

для кольцевых швов, не менее 25 % от более тонкой пластины.

### 7.5.2 Дефекты формы

Вспучивание и вмятины должны быть гладкими, а их глубина, измеренная как отклонение от нормальной кривизны или от линии цилиндрического корпуса, должна составлять не больше 2 % от их длины или ширины.

### 7.5.3 Толщина

Толщина стенок корпуса после изготовления должна быть не меньше минимального значения толщины, установленного в 6.9; любые изменения толщины должны быть постепенными.

### 7.5.4 Торцы цистерны

Торцы цистерны должны соответствовать следующим требованиям:

общая глубина торца, за исключением любого фланца, должна быть не меньше глубины, установленной в проекте;

любой радиус отбортовки должен быть не меньше установленного в расчетах;

любой радиус сферы (торца) должен быть не больше установленного в расчетах.

## 7.6 Устранение дефектов

### 7.6.1 Общие требования

**7.6.1.1** Дефекты необходимо устранить с помощью механического или термического процесса или комбинации этих процессов.

**7.6.1.2** Поверхностные дефекты в основном материале, например, следы от электрической дуги, инструментов, резки и т.п. удаляют шлифованием. Участок шлифования должен гладко переходить в прилегающую область.

**7.6.1.3** Устранение дефектов должно производиться согласно 7.1 - 7.5.

7.6.1.4 Толщина материала после устранения дефектов должна оставаться в пределах допусков расчета и ни в коем случае не меньше минимальной толщины, определенной в соответствии с 6.9.1.

7.6.1.5 После устранения дефектов, задействованный при этом участок подлежит обследованию с помощью соответствующей процедуры, зависящей от метода устранения (механического или термического) и, в случае сварки, в объеме не меньше установленного в 7.4.

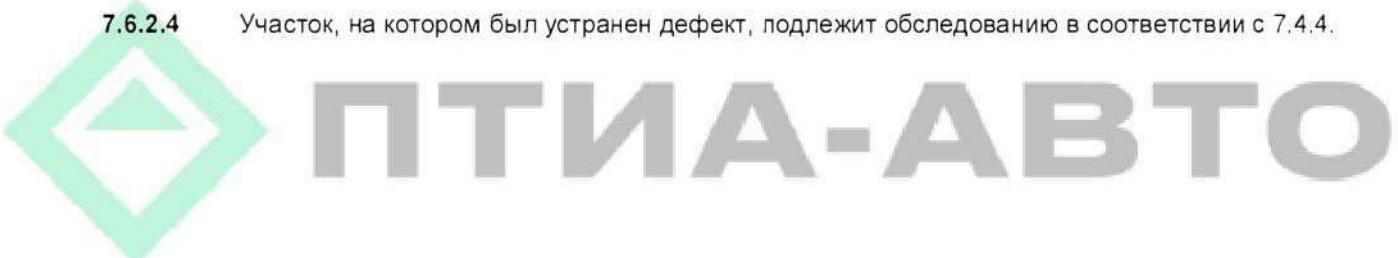
## 7.6.2 Устранение дефектов сварных швов

7.6.2.1 Объем устранения должен определяться положением, размером и типом дефекта. Он должен включать любо устранение только дефекта и прилегающей площади, либо полное устранение сварного шва вместе с дефектом.

7.6.2.2 Устранение дефектов шлифованием или иным процессом, включающим удаление материала и не включающим сварки, должно в результате дать гладкий переход с окружающей поверхностью.

7.6.2.3 Термическое выбивание твердосплавного материала должно осуществляться, используя электроды, которые могут свести к минимуму загрязнение остальных поверхностей материала. Там где используются угольные электроды или электроды из углеродистой стали для корпусов из нержавеющей стали, поверхность материала в зоне, подвергшейся термическому выбиванию твердоплавкого материала, должна быть сошлифована на глубину не менее 0,3 мм прежде чем приступить к дальнейшему устранению дефектов.

7.6.2.4 Участок, на котором был устранен дефект, подлежит обследованию в соответствии с 7.4.4.



## Приложение А (нормативное)

### Методы верификации проекта

#### **A.1 Общие положения**

Для верификации проекта цистерны и конструкции для ее установки на транспортное средство используют один или несколько методов, установленных в А.2 - А.5.

#### **A.2 Динамические испытания**

##### **A.2.1 Методы верификации нагрузок, установленных в 6.4.2**

###### **A.2.1.1 Общие положения**

Измерения ускорения и связанной с ним деформации должны выполняться посредством следующих испытаний:

- a) торможение (A.2.1.2);
- b) движение толчками (A.2.1.3);
- c) медленное движение по кругу минимального диаметра 15 м (применяется к длинномерным автопоездам, не превышающим общую длины 18,65 м; для других автопоездов можно применять круги другого диаметра) (A.2.1.4).

Испытания, установленные в А.2.1.2 - А.2.1.4 должны осуществляться с цистерной, наполненной водой не менее чем на 97 % ее вместимости. Там где это приводит к перегрузу транспортного средства для испытаний, процедура испытания должна это учитывать и утверждаться компетентным органом; например, для цистерн, поделенных на отсеки, несколько отсеков можно оставить незаполненными и повторить испытание с наполненными отсеками. В то же время, в любом случае каждый отсек должен заполняться на номинальную вместимость испытательной жидкостью, а не просто нагружаться по массе.

Линейная экстраполяция измеренных деформаций должна осуществляться, чтобы учесть:

разность между измеренными ускорениями и расчетными ускорениями, установленными в А.2.1.2 - А.2.1.4;

разность между массой испытательной жидкости (воды) и максимальной массой вещества, указанной в табличке на цистерне.

###### **A.2.1.2 Испытание а) — Торможение**

Торможение выполняют на плоской и сухой дороге с замедлением приблизительно равным 0,6 g. Измеренные значения должны линейно экстраполироваться вплоть до требуемых 2 g.

###### **A.2.1.3 Испытание б) — Движение толчками**

Нет необходимости выезжать на дорогу, как в испытании прочности автомобильной конструкции. Плоские участки с препятствиями (например, достаточно будет использовать деревянные искусственные неровности высотой 45 мм с уклоном в направлении движения, расположенные на расстоянии, соответствующем расстоянию между передней и задней осью автоцистерны).

Эти препятствия должна располагаться поочередно по правую и левую сторону. Скорость автоцистерны и высота препятствий должны быть такими, чтобы результирующие значения позволяли экстраполяцию вплоть до  $2\text{ g}$ .

#### A.2.1.4 Испытание с) — Медленное движение по кругу минимального диаметра 15 м

Скорость автоцистерны должна быть такой, чтобы не достичь критической скорости по опрокидыванию. При необходимости, используют опорное устройство. При достижении бокового ускорения  $0,4\text{ g}$  необходимо выполнить линейную экстраполяцию.

#### A.2.2 Программа испытаний

Содержание и описание программы испытаний должны быть согласованы в каждом отдельном случае с компетентным органом.

Тензометры крепят на цистерне и его присоединенном оборудовании в местах, подвергающихся более жестким напряжениям (в частности, на участках с нижней стороны автоцистерн, сконструированных как свободно опирающиеся, там где, исходя из опыта, возникают пики напряжений). Тензометры должны быть калиброваны при нулевой нагрузке (порожняя цистерна).

Значения ускорений по координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$  должны измеряться с помощью акселерометров, расположенных на опорных конструкциях цистерны:

- a) для автоцистерн без прицепа, на передних и задних опорах цистерны;
- b) для полуприцепов, над пальцем прицепного механизма и задней тележкой;
- c) для прицепов, над передней и задней тележкой;
- d) для автономных цистерн (без продольной фермы внизу), спереди.

Максимальные давления, создаваемые продольным перемещением содержимого в направлении движения, должны определяться датчиком, расположенным в переднем конце отсека наибольшего объема и на одну треть глубины от днища цистерны.

### A.3 Анализ напряжений методом конечных элементов

#### A.3.1 Выбор программного обеспечения

Компьютерное программное обеспечение, используемое для анализа напряжений методом конечных элементов должно:

- a) обеспечить анализ тонких корпусов;
- b) обеспечить вычисление напряжений при изгибе поперек толщины материала;
- c) обеспечить вычисление отклонений корпуса;
- d) автоматически составлять предупреждения там где форма элементов, характеристическое отношение или иные параметры превысили предельные значения, установленные поставщиком программного обеспечения;
- e) обеспечить отображение модели таким образом, чтобы четко были видны непреднамеренные разъединения между элементами;
- f) обеспечить отображение дублированных элементов;
- g) иметь моделирующую систему, обеспечивающую приложение гидростатического давления;

- h) иметь возможность автоматического поиска максимального напряжения мембранны и расположения последующих точек максимального напряжения.

#### A.3.2 Валидация

Изготовитель цистерны должен представить в компетентный орган свидетельство того, что изготовитель уполномочен использовать программное обеспечение и что это программное обеспечение поддерживается вплоть до самых последних изданий стандартов.

Изготовитель должен представить в компетентный орган соответствующие примеры валидации тонкостенных корпусов, если такие примеры имеются.

Примечание: Если примеры отсутствуют, компетентный орган должен подтвердить анализ измерением:

напряжения в корпусе (посредством тензометров) при испытании давлением;  
отклонение во время испытания под давлением.

Изготовитель должен предоставить компетентному органу доступ к модели и программному обеспечению таким образом, чтобы компетентный орган мог осуществить аудит этой системы по следующим вопросам:

- a) геометрия элемента;
- b) толщина элемента;
- c) давления элементов;
- d) внешние нагрузки, прикладываемые в узловых точках;
- e) все угловые ограничения по границе модели или где-либо еще.

#### A.3.3 Утверждение

Изготовитель должен продемонстрировать компетентному органу, что все следующие критерии выполняются:

- a) модель достаточно детализирована, особенно в зоне опор;
- b) модель является репрезентативной для полной конструкции цистерны, поскольку с большой вероятностью способна влиять на напряжения в корпусе;
- c) ограничения по программному обеспечению не превышены;
- d) каждый из следующих вариантов нагрузки правильно приложен, а результирующие напряжения в корпусе не превышают предела, установленного в 6.8:
  - 1) испытательное давление как в 6.5.1;
  - 2) испытательное давление в отсеке как в 6.5.2;
  - 3) требования к функционированию установлены в 6.4.2;
- e) ни один из указанных выше случаев не создает напряжения в каком-либо ином месте конструкции, которое могло бы вылиться в пластическую деформацию, аннулирующую анализ.

#### A.3.4 Постоянная регистрация

Изготовитель должен представить в компетентный орган признанную среду хранения информации, включающую подробное описание:

- a) модели и всех вариантов нагрузки;
- b) вычисленных напряжений и отклонений для всех вариантов нагрузки.

#### A.4 Пример разработки

Новые проекты можно утверждать, если изготовитель сможет подготовить удовлетворительное досье на существующую проектную документацию. Как минимум, это досье должно включать следующее:

пять идентичных контрольных цистерн с последовательными серийными номерами изготовителя;

даты проведения испытаний под давлением для первой и последней цистерны в контрольной партии;

инспекторские свидетельства компетентного органа для всех пяти цистерн, подтверждающие, что все они оставались без повреждений на корпусе, перегородках, волноуспокоителях, отражателях и опорах не менее 6 лет (5 лет в случае танк-контейнеров) после даты первоначального испытания под давлением для любых предложенных контрольных цистерн;

письменное заявление, полученное от владельцев цистерн компетентным органом, декларирующее, что корпус, перегородки, волноуспокоители, отражатели и опоры не подвергались ремонту в течение аттестуемого периода. Если какие-либо цистерны в контрольной партии подверглись аварийному ремонту корпуса или опор, то размер контрольной партии должен быть увеличен до семи цистерн с последовательными серийными номерами. Увеличенная контрольная партия не должна включать больше одной цистерны, поврежденной и попавшей в ремонт;

**ПТИА-АВТО**  
заявление, полученное от компетентного органа о том, что предметный проект подпадает под контрольный проект согласно требованиям EN 12972:2007, 4.1.1;

заявление, полученное от компетентного органа о том, что некоторые характеристики корпуса, перегородок, волноуспокоителей, отражателей и опор, имеющихся в предметном проекте, требуют дополнительного анализа или испытаний;

копии оригинальных чертежей изготовителя для контрольного проекта и предметного проекта.

Если существующий корпус и его конструкционные элементы подтвердили свою способность выдерживать силы во время работы в течение заданного периода времени, считается, что они соответствуют требованиям 6.4.2.

Примечание: Компетентный орган может тогда позволить изготовителю использовать данный тип конструкции для разработки новых цистерн, при условии, что изменения в проекте не выйдут за рамки EN 12972:2007, 4.1.1.

#### A.5 Метод-протокол расчета

##### A.5.1 Введение

###### A.5.1.1 Общие положения

Данный метод применим к верификации проекта цистерн с

круглым или эллиптическим поперечным сечением; и

другими поперечными сечениями при  $P_{ts}$  не выше 0,14 бар (14 кПа).

Один из методов, приведенных в А.1 - А.4, должен использоваться для расчета напряжений на участках, не охваченных данным методом (например, на опорах или присоединенном оборудовании).

###### A.5.1.2 Методология расчета

#### A.5.1.2.1 Общие положения

Верификация проекта выполняется согласно A.5.1.2.1 - A.5.1.2.3.

Результаты определяют принятую минимальную толщину для различных частей корпуса (см. A.5.1.4).

#### A.5.1.2.2 Минимальная толщина стенок, торцов и затворов

По основным характеристикам корпуса (см. A.5.1.3), минимальная толщина компонентов корпуса должна определяться согласно A.5.4. Результаты должны быть внесены в Таблицу A.9 (см. A.5.1.5).

Минимальная толщина корпуса согласно 6.9.1 и 6.9.2 для корпусов с защитой от повреждений, должна быть введена в Таблицу A.10 (см. A.5.1.5).

#### A.5.1.2.3 Верификация напряжений в условиях испытания

Верификация напряжений в условиях испытания в соответствии с 6.5 (см. A.5.1.6 и A.5.5) в отношении значений, установленных в 6.8, т.е.:

$$\sigma = \min \{0,75R_e; 0,5R_m\} \text{ (см. Таблицу A.7)}$$

#### A.5.1.2.4 Верификация напряжений в условиях эксплуатации

Верификация напряжений в условиях эксплуатации (см. A.5.1.7 и A.5.6) в отношении значений максимальных обязательных напряжений, т.е.:

$$\sigma = \min \{0,75R_{el}; 0,5R_m\} \text{ (см. Таблицу A.5);}$$

При расчетных давлениях равных давлениям, определенным в а), б) и с) , а именно:

- a) продольная стенка:  $P_{ls}$ , увеличенному статическим давлением, эквивалентным удвоенной высоте наиболее плотного вещества, которое предполагается перевозить в изучаемом отсеке корпуса;
- b) торцы (днища):
  - 1) для переднего торца встроенной цистерны и торцов танк-контейнеров /съемных кузовов-цистерн:  $P_{ls}$ , увеличенному статическим давлением за счет высоты наиболее плотного вещества, которое предполагается перевозить с изучаемым торцом, и динамическим давлением за счет ускорения  $2 g$  вещества, которое предполагается перевозить в изучаемом переднем торце;
  - 2) для заднего торца встроенной цистерны:  $P_{ls}$ , увеличенному статическим давлением за счет удвоенной высоты наиболее плотного вещества, которое предполагается перевозить с изучаемым задним торцом;
- c) перегородки:  $P_{ls}$ , увеличенному статическим давлением за счет высоты наиболее плотного вещества, которое предполагается перевозить и изучаемым отсеком корпуса.

#### A.5.1.3 Основные характеристики корпуса

Основные характеристики корпуса должны быть записаны следующим образом в Таблицах A.1 - A.7:

- a) основные размеры корпуса (Таблица A. 1);
- b) давления, создаваемые перевозимым продуктом (Таблица A.2);
- c) расчетное давление в условиях эксплуатации (Таблица A.3);
- d) рабочая температура (Таблица A.4);

- e) механические характеристики материалов, из которых изготовлен корпус и присоединенное оборудование (Таблица A.5);
- f) выбранные значения  $R_m^* A$  для расчета эквивалентной толщины (Таблица A.6.);
- g) максимально допустимые напряжения в условиях испытания и эксплуатации (Таблица A.7).

#### A.5.1.4 Принятые минимальные значения толщины

Минимальные значения толщины, принятые для компонентов корпуса, должны быть внесены в Таблицу A.8.

#### A.5.1.5 Обязательные минимальные значения толщины

Обязательные минимальные значения толщины компонентов корпуса должны быть внесены в Таблицы A.9 и A.10 as follows:

- a) расчетные (Таблица A.9);
- b) требуемые (Таблица A.10).

#### A.5.1.6 Верификация напряжений при испытательном давлении

Верификация напряжений при испытательном давлении должна быть описана в Таблицах A.11 - A.16 следующим образом:

- a) в стенках корпуса (Таблицы A.11 и A.12);
- b) на торцах (Таблицы A.14 и A.16, для которых механические и геометрические характеристики показаны в Таблицах A.13 и A.15).

#### A.5.1.7 Верификация напряжений в условиях эксплуатации

Верификация напряжений в состоянии эксплуатации должна быть описана в Таблицах A.17 – A.22 следующим образом:

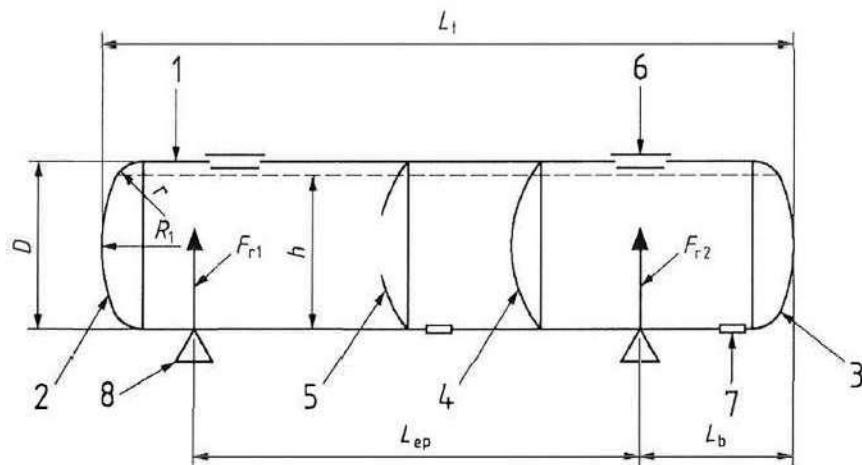
- a) кольцевые напряжения на стенках корпуса (Таблицы A.17 и A.18);
- b) динамические напряжения транспортирования на стенках корпуса (A.5.6.2);
- c) напряжения на торцах (Таблицы A.20 и A.22, для которых механические и геометрические характеристики отражены в Таблицах A.19 и A.21);
- d) напряжения на перегородках (Таблицы A.24 и A.26, для которых механические и геометрические характеристики отражены в Таблицах A.23 и A.25).

#### A.5.2 Обозначения и единицы

##### A.5.2.1 Основные характеристики цистерны

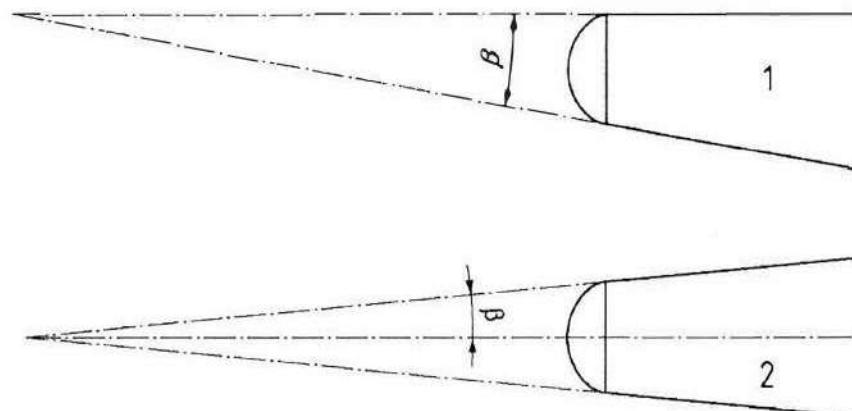
Рисунки A.1 и A.2 иллюстрируют следующие характеристики корпуса цистерны.

- корпус цистерны: форма \_\_\_\_\_ (заполняется изготовителем);
- отsek \_\_\_\_\_ (заполняется изготовителем).

**Обозначение**

- 1 стенка корпуса
- 2 передний торец
- 3 задний торец
- 4 перегородка
- 5 волноуспокоитель
- 6 верхнее отверстие
- 7 нижнее отверстие
- 8 опоры

Рисунок А.1 — Основные характеристики цистерны

**Обозначение**

- 1 клинообразная форма отсека
- 2 конусообразная форма отсека

Рисунок А.2 — Отсеки цистерны клино- и конусообразной формы

Таблица А.1 — Размерные параметры

№	Элемент	Обозначение	Единица	Значение
1	Максимальная общая длина	$U$	мм	
2	Максимальная масса брутто (цистерна наполнена)	$M$	Н	
3	Полезный груз (максимальная масса брутто – масса тары)	$Q$	Н	
4	Задняя опорная позиция	$L_b$	мм	
5	Расстояние между опорами	$L_{ep}$	мм	
6	Реакция передней опоры	$F_{r1}$	Н	
7	Реакция задней опоры	$F_{r2}$	Н	
8	Максимальная плотность транспортируемого продукта	$d$	кг/м <sup>3</sup>	
9	Максимальная высота наполнения	$h$	мм	<sup>a</sup>
10	Максимальный внутренний диаметр или эквивалентный диаметр для некруглых поперечных сечений	$D$	мм	<sup>a</sup>
11	Внутренний радиус отбортовки	$r$	мм	<sup>a</sup>
12	Радиус сферы	$R_1$	мм	<sup>a</sup>
13	Каждущийся предел текучести при расчетной температуре	$R_{et}$	Н/мм <sup>2</sup>	
14	Предел прочности при растяжении при расчетной температуре	$R_{mt}$	Н/мм <sup>2</sup>	
15	Масса продукта, транспортируемого в отсеке	$M_p$	Н	
16	Модуль упругости при растяжении (модуль Юнга)	$E$	Н/мм <sup>2</sup>	
17	Расстояние от задней части цистерны до точки максимального изгибающего момента	$X$	мм	
18	Полуугол конической оболочки	$\beta$	°	

<sup>a</sup> Эти значения должны быть вписаны в последующие таблицы.

### A.5.2.2 Расчетные параметры

#### A.5.2.2.1 Давления

Таблица А.2 — Давления

№	Давление	Обозначение	Единица	Значение
1	Давление паров при расчетной температуре (манометрическое давление)	$P_{vd}$	МПа	
2	Максимальное рабочее давление <sup>b</sup>	$P_{ms}$	МПа	
3	Статическое давление (манометрическое давление)	$P_{ta}$	МПа	<sup>a</sup>
4	Динамическое давление	$P_{dyn}$	МПа	<sup>a</sup>
5	Испытательное давление цистерны (манометрическое давление) (по 6.5.1)	$P_e$	МПа	
6	Испытательное давление в каждом отсеке (по 6.5.2)	$P_{ec}$	МПа	
7	Расчетное давление согласно 6.5	$P_c$	МПа	

<sup>a</sup> Значение, рассчитанное по Таблице А.3.

<sup>b</sup>  $P_{ms}$  максимальное значение из значений  $P_{vd}$ ,  $P_{ta}$ ,  $P_e$  и  $P_r$ .

A.5.2.2.2 Расчетное давление ( $P_c$ ) в условиях эксплуатации

Таблица A.3 — Расчетное давление в условиях эксплуатации

	Единицы	Стенка корпуса				Передний торец	Задний торец	Перегородки			
		1	2	3	4			1	2	3	4
Площадь внутреннего поперечного сечения $S_t$	мм <sup>2</sup>										
Диаметр $D$	мм <sup>a</sup>										
Максимальная масса вещества в отсеке $M_p$	Н										
Максимальная плотность $d$	кг/м <sup>3</sup>										
Максимальная высота $h$	мм										
1 $P_{ta} 1^b$	МПа										
2 $2 \times P_{ta} 1$	МПа										
3 $2 \times P_{ta}$ water	МПа										
4 $P_{ms}$	МПа										
5 $P_{ms} + P_{ta} 1$	МПа										
6 $P_{ms} + 2 P_{ta} 1$	МПа										
7 $P_{ms} + P_{ta} 1 + 2 P_{dyn}^c$	МПа										
8 $P_c^d$	МПа										

Примечание 1: Число столбцов в Таблице можно приспособить к общему расчету цистерны.

Примечание 2: Закрашенные ячейки не применяются.

<sup>a</sup> Для некруглых сечений

$$D = 2\sqrt{\frac{S_t}{\pi}}$$

<sup>b</sup>

$$P_{ta} 1 = \frac{g \times d \times h}{10^9}$$

<sup>c</sup>

$$P_{dyn} = \frac{M_p}{S_t}$$

<sup>d</sup> Для каждого рассмотренного элемента,  $P_c$  является самым высоким значением давления от 1 до 7.

\* Не заполняется для цистерн, имеющих определенное направление движения.

## A.5.2.2.3 Температура

Таблица A.4 — Температура

Расчетная (рабочая) температура (только если выше +50 °C, или ниже -20 °C)	°C
Температура(t)	

## A.5.2.2.4 Материалы для изготовления цистерны и вспомогательного оборудования

Таблица A.5 — Материалы

	Единицы	Стенка корпуса	Передний торец	Задний торец	Перегородки
Тип материала					
Марка					
Стандарты или технические условия					
$R_m$	$\text{Н}/\text{мм}^2$				
$R_{m1}$ при расчетной температуре	$\text{Н}/\text{мм}^2$				
$R_e^a$	$\text{Н}/\text{мм}^2$				
$R_{e1}$ при расчетной температуре <sup>a</sup>	$\text{Н}/\text{мм}^2$				
$E$	$\text{Н}/\text{мм}^2$				
$E_t$ при расчетной температуре					

<sup>a</sup> При удлинении 0,2 % или для аустенитных сталей при 1 %.

Таблица A.6 — Значения, выбранные для расчета эквивалентной толщины

	Единицы	Стенка корпуса	Передний торец	Задний торец	Перегородки
$R_{m1}$ (см. 3.2)	$\text{Н}/\text{мм}^2$				
$A_1$ (см. 3.2)	%				
$R_m \times A$					

### A.5.2.2.5 Максимально допустимые напряжения

Таблица A.7 — Максимальные напряжения

	Единицы	Стенка корпуса	Передний торец	Задний торец	Перегородки
$0,5 R_m^a$	Н/мм <sup>2</sup>				
$0,75 R_e^a$	Н/мм <sup>2</sup>				
$0,5 R_{ml}^b$	Н/мм <sup>2</sup>				
$0,75 R_{ml}^b$	Н/мм <sup>2</sup>				
$R'_e 1,5^c$	Н/мм <sup>2</sup>				
$R'_{el} 1,5^c$	Н/мм <sup>2</sup>				
Выбранное значение а в условиях испытания <sup>d</sup>	Н/мм <sup>2</sup>				
Выбранное значение о в условиях эксплуатации только для встроенных цистерн (автоцистерн) и съемных цистерн <sup>e</sup>	Н/мм <sup>2</sup>				
Выбранное значение о в условиях эксплуатации только для танк-контейнеров, съемных кузовов-цистерн <sup>f</sup>	Н/мм <sup>2</sup>				
$E$ при температуре окружающей среды	Н/мм <sup>2</sup>				
$E_t$ в условиях эксплуатации	Н/мм <sup>2</sup>				
Примечание: $\sigma$ минимально допустимое напряжение.					
<sup>a</sup> Для всех цистерн.					
<sup>b</sup> Только для встроенных цистерн (автоцистерн) и съемных цистерн.					
<sup>c</sup> Только для танк-контейнеров, съемных кузовов-цистерн.					
<sup>d</sup> Наименьшее значение <sup>a</sup> .					
<sup>e</sup> Наименьшее значение из <sup>a</sup> и <sup>b</sup> .					
<sup>f</sup> Наименьшее значение из <sup>a, b</sup> и <sup>c</sup> .					

### A.5.3 Минимальная принятая толщина

Таблица A.8 — Минимальные значения толщины

Элемент	Обозначение	Единицы	Значение
Стенка корпуса	1	е <sub>v1</sub>	мм
Стенка корпуса	2	е <sub>v2</sub>	мм
Стенка корпуса	3	е <sub>v3</sub>	мм
Стенка корпуса	4	е <sub>v4</sub>	мм
Передний торец	е <sub>ta</sub>	мм	
Задний торец	е <sub>ta</sub>	мм	
Перегородка	1	е <sub>t1</sub>	мм
Перегородка	2	е <sub>t2</sub>	мм
Перегородка	3	е <sub>t3</sub>	мм
Перегородка	4	е <sub>t4</sub>	мм
Примечание: Число строк в таблице можно подбирать по форме цистерны.			

#### A.5.4 Обязательные значения толщины

##### A.5.4.1 Расчетная толщина

Минимальная обязательная расчетная толщина является наибольшей из:

$$e = \frac{P_c \times D}{2\sigma} \quad \text{или} \quad \frac{P_e \times D}{2\sigma \times \lambda} \quad (\text{A.1})$$

Таблица A.9 — Расчетные значения толщины

	D мм	$\sigma^{\text{a}}$ Н/мм <sup>2</sup>	$\lambda^{\text{b}}$	$P_c^{\text{c}}$ МПа	$P_e$ МПа	e мм
Стенка корпуса	1					
Передний торец	2					
Задний торец	3					
Примечание: Число строк в таблице можно подбирать по форме цистерны.						
<sup>a</sup> $\sigma$ в условиях испытания — см. Таблицу A.7.						
<sup>b</sup> $\lambda = 1$ если расчетное давление выше испытательного давления (коэффициент прочности сварного шва).						
<sup>c</sup> См. Таблицу A.2.						

#### A.5.4.2 Требуемые или эквивалентные значения толщины

Таблица A.10 — Требуемые или эквивалентные значения толщины

		$e_0^a$ и/или <sup>b</sup>	$e_1^b$ и/или <sup>c</sup>
Стенка корпуса	1		
	2		
	3		
	4		
Передний торец			
Задний торец			
Перегородки			
Общая толщина, включая дополнительную защиту <sup>d</sup>	1		
	Стенка корпуса	2	
	3		
	4		
	Передний торец		
	Задний торец		
Примечание: Число строк в таблице можно подбирать по форме цистерны.			
<sup>a</sup> $e_0$ = минимальная толщина стандартной стали в миллиметрах.			
<sup>b</sup> $e_1$ = эквивалентная толщина = $\frac{464e_0}{\sqrt{(R_{m1} \times A_1)^2}}$ (см. Таблицу A.6).			
<sup>c</sup> Если применяется.			
<sup>d</sup> Цистерна с сечением, отличным от круглого или эллиптического.			
<sup>e</sup> Значение толщины, установленное требованиями, связанными с транспортируемым веществом.			

#### A.5.5 Верификация напряжений при испытательном давлении

##### A.5.5.1 Стенки корпуса

###### A.5.5.1.1 Стенка цилиндрического корпуса круглого или некруглого сечения (стенка корпуса № <sup>n</sup>)

$$\sigma = \frac{P_e \times D}{2e_v \times \lambda} \quad (A.2)$$

при

$$P_e = \text{_____} \text{ МПа (см. Таблицу A.2)}$$

$$D = \text{_____} \text{ мм (см. Таблицу A.1)}$$

$$e_v = \text{_____} \text{ мм (см. Таблицу A.8)}$$

$$\lambda = \text{_____}$$

Таблица A.11 — Напряжение при испытательной температуре

Элемент	$\sigma$ расчетное <sup>a</sup> Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma$ максимально допустимое в условиях испытания <sup>b</sup> Н/мм <sup>2</sup>
Стенка корпуса	1	
	2	
	3	
	4	
Примечание: Число строк в таблице можно подбирать по форме цистерны.		
<sup>a</sup> $\sigma$ расчетное $\leq \sigma$ максимально допустимого.		
<sup>b</sup> См. Таблицу A.7.		

A.5.5.1.2 Стенка конического корпуса круглого или некруглого сечения (стенка корпуса № )

$$\sigma = \frac{P_e \times D}{2 \cos \beta \times e_v \times \lambda} \quad (\text{A.3})$$

при

$$P_e = \text{_____} \text{ МПа (см. Таблицу A.2)}$$

$$D = \text{_____} \text{ мм}$$

$$\beta = \text{_____} \text{ полуугол в вершине конической оболочки } (\beta_{\max} = 30^\circ)$$

$$\cos \beta = \text{_____}$$

$$e_v = \text{_____} \text{ мм (см. Таблицу A.8)}$$

$$\lambda = \text{_____}$$

Таблица A.12 — Напряжение при испытательном давлении

Элемент	$\sigma$ расчетное <sup>a</sup> Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma$ максимально допустимое в условиях испытания <sup>b</sup> Н/мм <sup>2</sup>
Стенка корпуса	1	
	2	
	3	
	4	
Примечание: Число строк в таблице можно подбирать по форме цистерны.		
<sup>a</sup> $\sigma$ расчетное $\leq \sigma$ максимально допустимое.		
<sup>b</sup> См. A.5.2.2.5.		

A.5.5.2 Сформированные торцы круглого или некруглого сечения

A.5.5.2.1 Давление на вогнутую поверхность

$$\sigma = \frac{P_e \times R_1 \times C}{2\lambda \times e_f} \quad (\text{A.4})$$

При значениях, определенных в Таблице А.13:

Таблица А.13 — Данные для расчета

	Единицы	Передний торец	Задний торец
$P_e$ (см. Таблицу А.2)	МПа		
$R_1^{\text{a}}$	мм		
$r$	мм		
$C^{\text{b}} = \frac{1}{4} \left[ 3 + \sqrt{\frac{R_1}{r}} \right]$			
$\lambda^{\text{c}}$			
$e_{fav}$ и $e_{far}$ принятые (см. Таблицу А.8)	мм		

<sup>a</sup> наибольший радиус кривизны в горизонтальной или вертикальной плоскости.  
<sup>b</sup>  $C = 1$ , в случае торцов полусферической формы.  
<sup>c</sup> Изготовлено из сварных элементов; если торцы изготовлены из сварных элементов и собраны согласно положениям А.5.8, нет необходимости учитывать коэффициент прочности сварного шва.

Таблица А.14 — Напряжение при испытательном давлении

	$\sigma$ расчетное <sup>a</sup> Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma$ максимально допустимое в условиях испытания (см. Таблицу А.7) Н/мм <sup>2</sup>
Передний торец		
Задний торец		

<sup>a</sup>  $\sigma$  расчетное  $\leq \sigma$  максимально допустимое.

#### A.5.5.2.2 Давление на выпуклую поверхность

$$P_e = \frac{100R_1^2 \times 2,2P_e}{36,6e_f^2} \quad (\text{A.5})$$

При значениях, определенных в Таблицах А.15 и А.16:

Таблица А.15 — Данные для расчетов

	Единицы	Передний торец ( $e_{fav}$ )	Задний торец ( $e_{far}$ )
$P_e$ (см. Таблицу А.2)	МПа		
$R_1$ (см. Таблицу А.1)	мм		
$e_f$ принятое (см. Таблицу А.8)	мм		

Таблица А.16 — Модуль упругости в условиях испытания

	$E$ расчетное <sup>a</sup> : $E_c$ Н/мм <sup>2</sup>	$E$ макс. При температуре окружающей среды (см. Таблицу А.7) Н/мм <sup>2</sup>
Передний торец		
Задний торец		
<sup>a</sup> $E$ расчетное $\leq E$ макс.		

## A.5.6 Верификация напряжений в условиях эксплуатации

## A.5.6.1 Кольцевые напряжения на стенках корпуса

## A.5.6.1.1 Цилиндрический корпус круглого и некруглого сечения (стенка корпуса № )

$$\sigma = \frac{P_c \times D}{2e_v \times \lambda} \quad (\text{A.6})$$

при

$$P_c = \text{_____} \text{ МПа (см. Таблицу A.3)}$$

$$\lambda = \text{_____}$$

$$D = \text{_____} \text{ мм}$$

$$e_v = \text{_____} \text{ мм (см. Таблицу A.8)}$$

Таблица А.17 — Напряжения в условиях эксплуатации

Элемент		$\sigma$ расчетное <sup>a</sup> Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma$ максимально допустимое в условиях эксплуатации (см. Таблицу А.7) Н/мм <sup>2</sup>
Стенка корпуса	1		
	2		
	3		
	4		
Примечание: Число строк в таблице можно подбирать по форме цистерны.			
<sup>a</sup> $\sigma$ расчетное $\leq \sigma$ макс. в условиях эксплуатации.			

## A.5.6.1.2 Стенка конического корпуса круглого или некруглого сечения (стенка корпуса № )

$$\sigma = \frac{P_c \times D}{2e_v \times \cos\beta \times \lambda} \quad (\text{A.7})$$

$$P_c = \text{_____} \text{ МПа (см. Таблицу A.3)}$$

$$D = \text{_____} \text{ мм}$$

$\beta =$  \_\_\_\_\_ полуугол в вершине конической оболочки ( $\beta_{\max} = 30^\circ$ ) (см. A.5.2.1)

$\cos \beta =$  \_\_\_\_\_

$\lambda =$  \_\_\_\_\_

$e_v =$  \_\_\_\_\_ мм (см. Таблицу A.8)

Таблица А.18 — Напряжения в условиях эксплуатации

Элемент	$\sigma$ расчетное <sup>a</sup> Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma$ максимально допустимое в условиях эксплуатации (см. Таблицу А.7) Н/мм <sup>2</sup>
Стенка корпуса	1	
	2	
	3	
	4	
Примечание: Число строк в таблице можно подбирать по форме цистерны.		
<sup>a</sup> $\sigma$ расчетное $\leq \sigma$ макс. в условиях эксплуатации.		

## A.5.6.2 Динамические напряжения

### A.5.6.2.1 В нормальных условиях транспортирования

#### A.5.6.2.1.1 Напряжения за счет изгиба

Для цилиндрических – конических цистерн максимальное напряжение может возникнуть, скорее всего, в точке максимального изгибающего момента.

Для цилиндрических цистерн с круглым или некруглым сечением применяются следующие расчеты:

- a) позиция максимального изгибающего момента:

$$X = \frac{F_{r2} \times L_t}{M} = \text{_____} \text{ мм} \quad (\text{см. A.5.2.1 и Таблицу A.1}) \quad (\text{A.8})$$

- b) значение максимального изгибающего момента ( $B_m$ ):

$$B_m \max = F_{r2} (Y \cdot I_b) - \frac{M \times X^2}{2I_1} \quad (\text{см. A.5.2.1 и Таблицу A.1}) \quad (\text{A.9})$$

$$B_m \max = \text{_____} \text{ Н.мм}$$

- c) площадь внутреннего поперечного сечения стенки корпуса в точке максимального изгибающего момента:

$$S_t = \text{_____} \text{ мм}^2 \quad (\text{см. Таблицу A.3})$$

- d) Толщина стенки корпуса:

$$e_v = \text{_____} \text{ мм} \quad (\text{см. Таблицу A.8})$$

- e) минимальный момент сопротивления сечения стенки корпуса у горизонтальной нейтральной оси в точке максимального изгибающего момента:

$$Z_t = \text{_____} \text{ mm}^3$$

- f) напряжение при изгибе:

$$\sigma_x = \frac{B_{\max}}{Z_t} \cdot \text{_____} \text{ H/mm}^2 \quad (\text{A.10})$$

$$\sigma_x = \text{_____} \text{ H/mm}^2$$

#### A.5.6.2.1.2 Напряжение при растяжении за счет создаваемого давления во время перевозки

- a) Сила (нагрузка)

$$T_1 = P_{ms} \times S_t = \text{_____} \text{ H} \quad (\text{см. Таблицы A.2 и A.3}) \quad (\text{A.11})$$

- b) Длина периметра стенки корпуса у поперечного сечения, соответствующего точке максимального изгибающего момента:

$$l = \text{_____} \text{ mm}$$

- c) Напряжение при этой силе (нагрузке):

$$\sigma_{tr} = \frac{T_1}{l \times c_v} = \text{_____} \text{ H/mm}^2 \quad (\text{A.12})$$

$$\sigma_{tr} = \text{_____} \text{ H/mm}^2$$

#### A.5.6.2.1.3 Напряжение при растяжении за счет статического давления

- a) Сила (нагрузка):

$$T_2 = P_{ta1} \times S_t = \text{_____} \text{ H} \quad (\text{см. Таблицу A.3}) \quad (\text{A.13})$$

- b) Напряжение при этой силе (нагрузке):

$$\sigma_{ta} = \frac{T_2}{l \times c_v} = \text{_____} \text{ H/mm}^2 \quad (\text{A.14})$$

$$\sigma_{ta} = \text{_____} \text{ H/mm}^2$$

#### A.5.6.2.1.4 Суммарное напряжение при нормальных условиях транспортирования

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_{tr} + \sigma_{ta}}{\lambda} = \text{_____} \text{ H/mm}^2 \quad (\text{A.15})$$

$$\sigma_1 = \text{_____} \text{ H/mm}^2 \leq \sigma_{\max} \text{ В условиях эксплуатации (см. Таблицу A.7)}$$

#### A.5.6.2.2 Напряжение при динамических условиях транспортирования

##### A.5.6.2.2.1 Суммарное напряжение при давлении во время перевозки, при статическом давлении и 2 g вертикали

$$\sigma_2 = \frac{2\sigma_x + \sigma_{tr} + \sigma_{ta}}{\lambda} = \text{_____ H/mm}^2 \quad (\text{A.16})$$

$$\sigma_2 = \text{_____ H/mm}^2 \leq \sigma \text{ макс. в условиях эксплуатации (см. Таблицу A.7)}$$

#### A.5.6.2.2.2 Напряжение при растяжении за счет продольного усилия продукта в резервуаре при 2 g

— Полезный груз

$$Q = \text{_____ H (см. Таблицу A.1)}$$

$$\sigma_t = \frac{2Q}{l \times e_y} = \text{_____ H/mm}^2 \quad (\text{A.17})$$

$$\sigma_t = \text{_____ H/mm}^2 \leq \sigma \text{ макс. в условиях эксплуатации (см. Таблицу A.7)}$$

#### A.5.6.2.2.3 Суммарное напряжение при давлении во время перевозки, при 1 g по вертикали и 2 g вдоль оси

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_{tr} + \sigma_x + \sigma_t}{\lambda} = \text{_____ H/mm}^2 \quad (\text{A.18})$$

$$\sigma_3 = \text{_____ H/mm}^2 \leq \sigma \text{ макс. в условиях эксплуатации (см. Таблицу A.7)}$$

#### A.5.6.3 Напряжения в сформированных торцах с круглым и некруглым поперечным сечением

##### A.5.6.3.1 При давлении на их вогнутую поверхность

$$\sigma = \frac{P_c \times R_1 \times C}{2e_t \times \lambda} \quad (\text{A.19})$$

Со значениями, определенными в Таблицах A.19 и A.20.

Таблица A.19 — Данные для расчетов

	Единицы	Передний торец	Задний торец
$P_c$ (см. Таблицу A.3)	МПа		
$R_1$ (наибольший радиус кривизны)	мм		
$r$	мм		
$C^a = \frac{1}{4} \left[ 3 + \sqrt{\frac{R_1}{r}} \right]$			
$\lambda^b$			
$e_t$ принятое (см. A.5.3)			

<sup>a</sup>  $C = 1$ , в случае торца в форме полусферы.  
<sup>b</sup>  $C = 0,93$ , в случае эллиптических торцов с осевым отношением = 1,9:1.

<sup>b</sup> В случае когда торцы, сваренные из элементов, собирают согласно положениям A.5.8, нет необходимости учитывать коэффициент прочности сварного шва.

Таблица А.20 — Напряжение в условиях эксплуатации

	$\sigma$ расчетное <sup>a</sup> Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma$ макс. в условиях эксплуатации (см. Таблицу А.7) Н/мм <sup>2</sup>
Передний торец		
Задний торец		
<sup>a</sup> $\sigma$ расчетное $\leq \sigma$ макс. В условиях эксплуатации.		

## A.5.6.3.2 При давлении на их выпуклую поверхность

$$E_c = \frac{100/l_1^2 \times 2,2P_c}{36,6e_f^2} \quad (\text{A.20})$$

Таблица А.21 — Данные для расчетов

	Единицы	Передний торец ( $e_{f av}$ )	Задний торец ( $e_{f ar}$ )
$P_c$ (см. Таблицу А.3)	МПа		
$R_1$	мм		
$e_f$ принятое (см. Таблицу А.8)	мм		

Таблица А.22 — Сравнение модулей упругости в условиях эксплуатации

	$E$ расчетное <sup>a</sup> : $E_c$	$E$
	Н/мм <sup>2</sup>	(см. Таблицу А.7) Н/мм <sup>2</sup>
Передний торец		
Задний торец		
<sup>a</sup> $E$ расчетное $\leq E$ в условиях эксплуатации.		

## A.5.6.4 Сформированные перегородки круглого или некруглого поперечного сечения

## A.5.6.4.1 При давлении на их вогнутую поверхность

$$\sigma = \frac{P_c \times R_1 \times C}{2e_f \times \lambda} \quad (\text{A.21})$$

Со значениями, определенными в Таблицах А.23 и А.24.

Таблица А.23 — Данные для расчетов

	Единицы	Плотная сформированная перегородка
$P_c$ (см. Таблицу А.3)	МПа	
$R_1$ (наибольший радиус кривизны)	мм	
$r$	мм	
$C^a = \frac{1}{4} \left[ 3 + \sqrt{\frac{R_1}{r}} \right]$		
$\lambda^b$		
$e_f$ принятное (см. Таблицу А.8)		
Примечание: Число столбцов в таблице можно регулировать в соответствии с формой цистерны.		
<sup>a</sup> $C = 1$ , в случае полусферического торца. $C = 0,93$ , в случае эллиптических торцов с осевым отношением = 1,9:1.		
<sup>b</sup> В случае когда торцы, сваренные из элементов, собирают согласно положениям А.5.8, нет необходимости учитывать коэффициент прочности сварного шва.		

Таблица А.24 — Напряжение в условиях эксплуатации

	$\sigma$ расчетное <sup>a</sup> Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma$ макс. в условиях эксплуатации Н/мм <sup>2</sup>
Плотная сформированная перегородка		
Примечание: Число столбцов в таблице можно регулировать в соответствии с формой цистерны.		
<sup>a</sup> $\sigma$ расчетное $\leq \sigma$ макс. в условиях эксплуатации.		

## A.5.6.4.2 При давлении на их выпуклую поверхность

$$\rho_C = \frac{100R_1^2 \times 2,2P_C}{36,6e_f^2} \quad (\text{A.22})$$

Со значениями, определенными в Таблицах А.25 и А.26.

Таблица А.25 — Данные для расчетов

	Единицы	Плотная сформированная перегородка
$P_c$ (см. Таблицу А.3)	МПа	
$R_1$ (наибольший радиус кривизны)	мм	
$e_c$ принятое (см. Таблицу А.8)	мм	
Примечание: Число столбцов в таблице можно регулировать в соответствии с формой цистерны.		

Таблица A.26 — Сравнение модулей упругости в условиях эксплуатации

	$E$ расчетное <sup>a</sup> : $E_c$ Н/мм <sup>2</sup>	$E_t$ (см. Таблицу А.7) Н/мм <sup>2</sup>
Плотная сформированная перегородка		
Примечание: Число столбцов в таблице можно регулировать в соответствии с формой цистерны.		
Примечание 2: $E_c$ это расчетный модуль упругости.		
<sup>a</sup> $E$ расчетное $\leq E_t$ в условиях эксплуатации.		

### A.5.7 Расчет напряжений в присоединенном к цистерне оборудовании

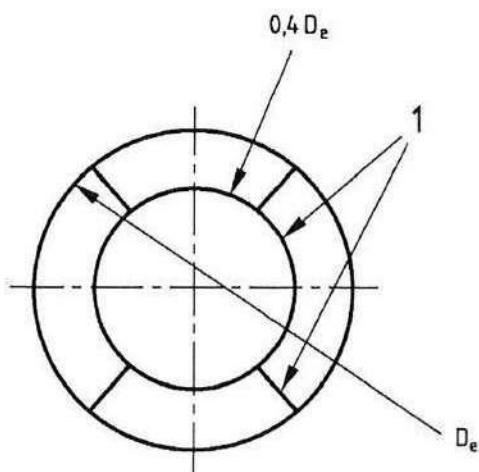
Расчет напряжений в присоединенном к цистерне оборудовании производят в соответствии с методами, описанными в А.2 и А.3 или в соответствии с аналитическим методом, который точно рассчитывает напряжения за счет нагрузки, установленного в 6.4.2.

### A.5.8 Торец, изготовленный из нескольких сварных элементов

Правила определения размеров применимы к следующим торцам:

- a) полусферические торцы, независимо от расположения сварного шва;
- b) торцы, где сварные швы расположены в пределах  $0,4 D_e$  от центральной оси, или, если вне  $0,4 D_e$ , находятся на плоскости, включающей центральную ось.

На Рисунке А.3 показан пример торца, который удовлетворяет условию b).



#### Обозначение

- |       |               |
|-------|---------------|
| 1     | сварные швы   |
| $D_e$ | диаметр торца |

Рисунок А.3 — Пример торца, изготовленного из нескольких сваренных элементов

## Приложение В (нормативное)

### Метод измерения удельной упругости

#### B.1 Сущность метода

Метод сравнения заключается в определении удельной упругости:

- материала, используемого для корпуса, имеющего минимальную толщину, рассчитанную в соответствии с 6.9.1 (эквивалентная минимальная толщина); и
- предлагаемой комбинации материалов для конструкции двойной стенки.

**ПРИМЕР** В примере используется мягкая сталь в качестве материала корпуса, а предлагаемая комбинация материалов для конструкции двойной стенки включает такую же мягкую сталь плюс пенополиуретан и облицовку.

#### B.2 Аппаратура

**B.2.1 Испытательная машина**, обеспечивающая приложение нагрузки не менее 1000 кН с достаточным ходом, чтобы завершить испытание в одно применение со скоростью проникновения, приведенной в B.2.1.1. Испытательная машина должна включать:

- систему контроля (B.2.1.1);
- силоизмерительное устройство (B.2.1.2);
- устройство для измерения смещения (B.2.1.3);
- оборудование для мониторинга и регистрации (B.2.1.4); и
- опорное приспособление (B.2.1.5).

**B.2.1.1 Система контроля**, которая позволяет предварительно выбрать скорость проникновения (от 2 мм/с до 4 мм/с) и обеспечивает ее постоянность.

**B.2.1.2 Силоизмерительное устройство**, удовлетворяющее требованиям к испытательной машине класса 1 по EN ISO 7500-1.

**B.2.1.3 Устройство для измерения смещения**, имеющее точность и разрешающую способность 0,5 %.

**B.2.1.4 Оборудование для мониторинга и записи**, которое включает двухкоординатный графопостроитель, используемый для мониторинга с временем отклика менее 20 % от интервала нарастания входного сигнала, и систему записи, способную регистрировать одновременно сигналы от усилия (нагрузки) и смещения. Цифровые регистраторы и графопостроители должны делать выборку с достаточно высокой скоростью, чтобы обеспечить построение достоверной кривой нагрузка-смещение.

**B.2.1.5 Опорное приспособление**, поддерживающее основание узла установки образца, так чтобы во время испытания движение, которое может внести вклад в общее регистрируемое смещение, этого узла было минимально. Если опорный узел поддерживается не по полной окружности опорного фланца на станине испытательной машины, можно использовать базовую плиту с фитингами для присоединения опорного узла образца к машине

Толщина базовой плиты должна быть не меньше 38 мм.

**B.2.2** Опорный узел образца, включающий корпус (B.2.2.1), зажимное кольцо (B.2.2.2) и пруток для испытания (B.2.2.3).

**B.2.2.1** Корпус опорного узла образца, сконструированный из углеродистой стали и соответствующий размерам, приведенным на Рисунке В.1. Нижний фланец должен соответствовать общим размерам, приведенным на рисунке В.1. Метод присоединения к основанию испытательной машины будет определять потребность в отверстиях в этом фланце под болты, и т.д.



Размеры в миллиметрах

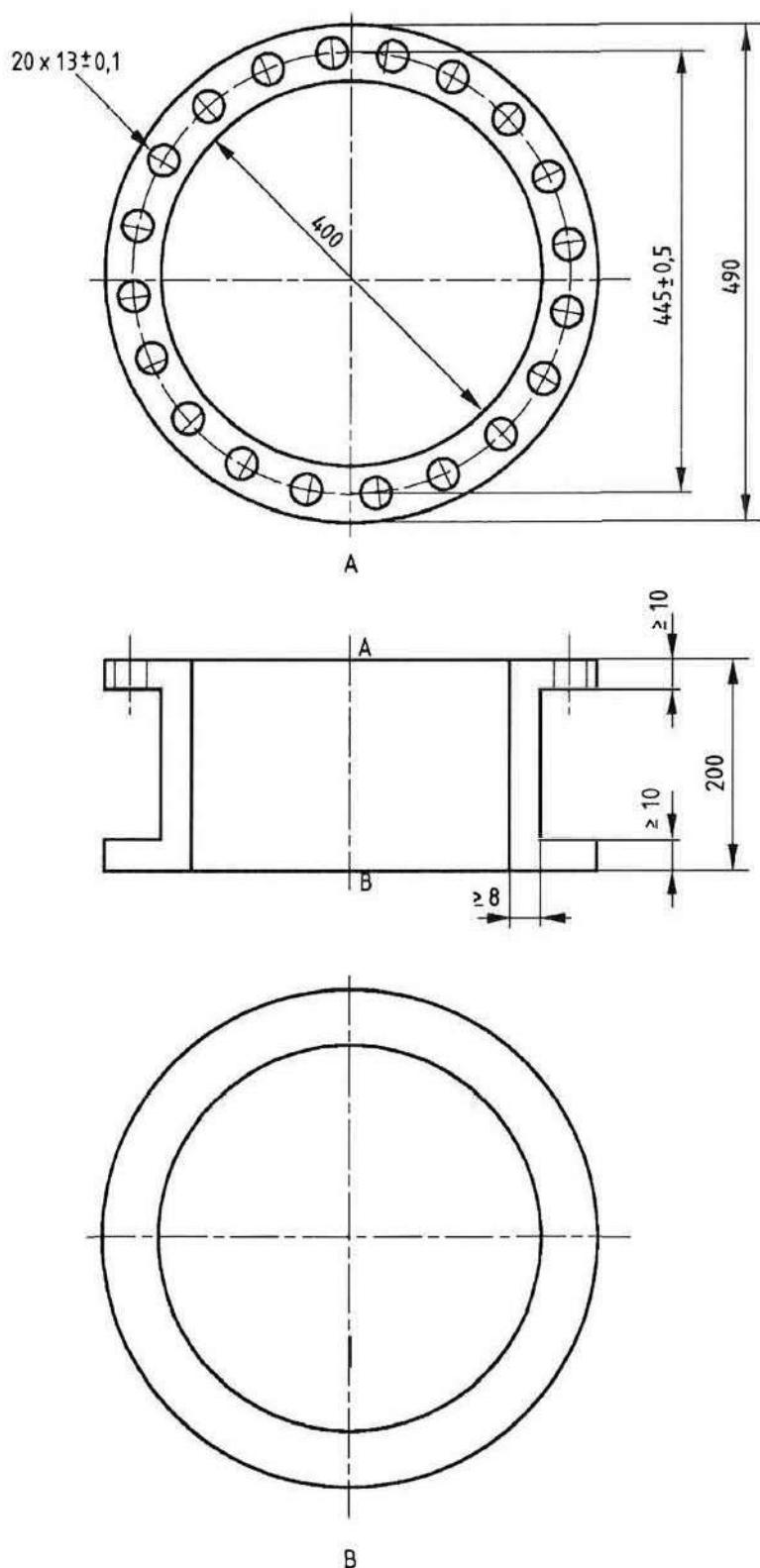


Рисунок В.1 — Корпус опорного узла образца

**B.2.2.2** Зажимное кольцо, изготовленное из стали и соответствующее размерам, указанным на Рисунке В.2.

Размеры в миллиметрах

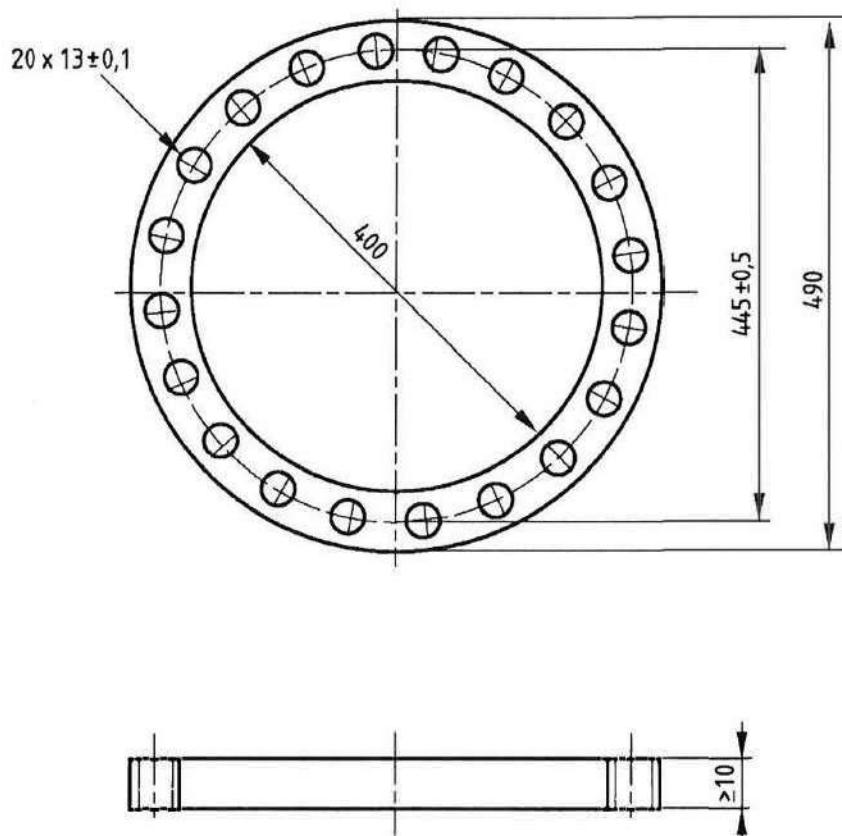
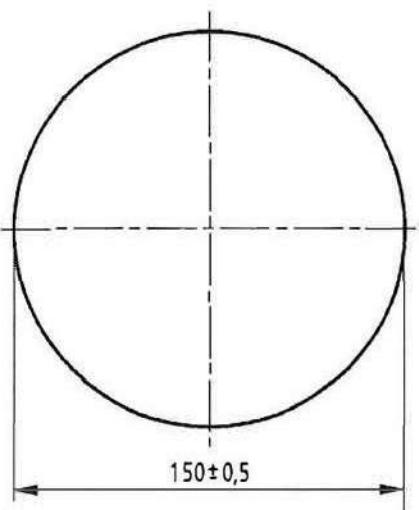
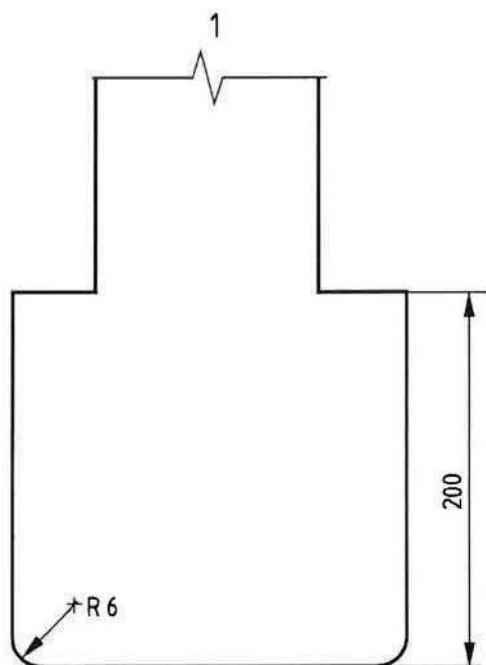


Рисунок В.2 — Зажимное кольцо

**B.2.2.3** Пруток для испытания, изготовленный из мягкой или равноценной стали. Он должен соответствовать размерам, указанным на Рисунке В.3. Пруток проектируют и изготавливают так, чтобы обеспечить надлежащее соответствие испытательной машине, отделка поверхности прутка должна быть тоньше чем N5 (0,8 мкм).

Размеры в миллиметрах



#### Обозначение

1 форма и размеры для соответствия испытательной машине

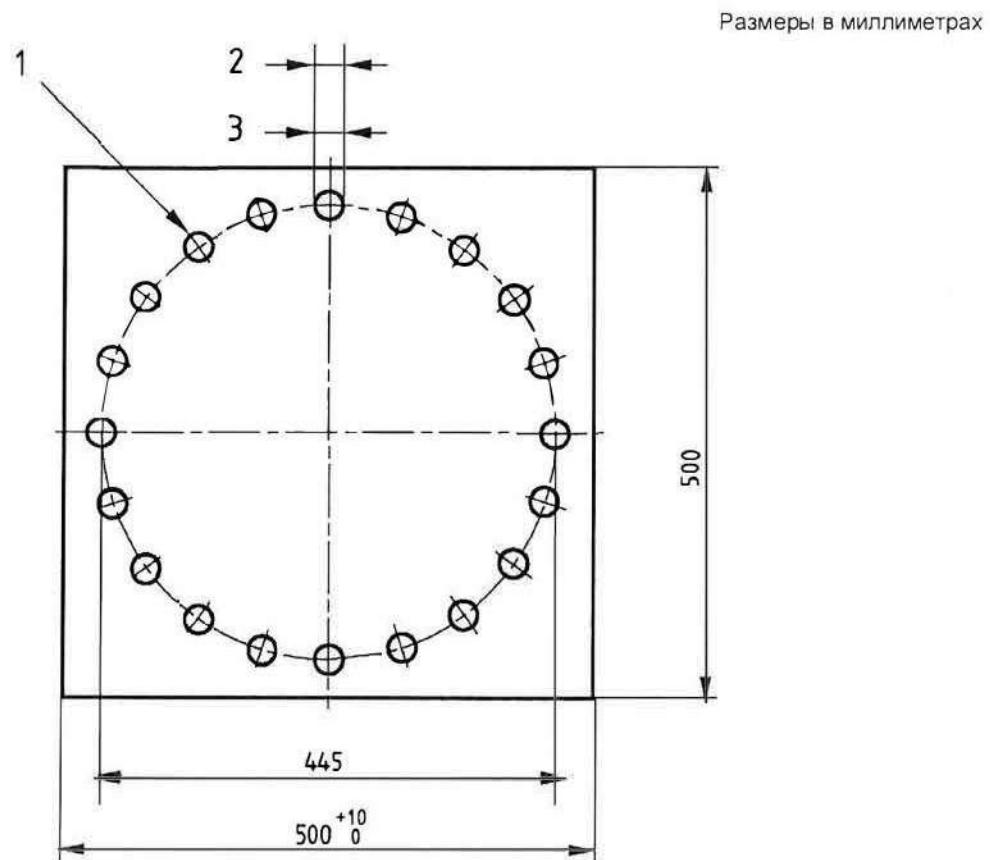
Рисунок В.3 — Пруток для испытания

#### B.3 Образцы материалов для испытаний

Образцы должны быть:

- листовой материал для сравнения, соответствующий Рисунку B.4;

- секция предлагаемой комбинации материалов для конструкции двойной стенки, соответствующая Рисунку B.4, причем каждое отверстие должно подходить вставке из углеродистой стали (или другого материала равнозначной прочности) и соответствовать Рисунку B.5.

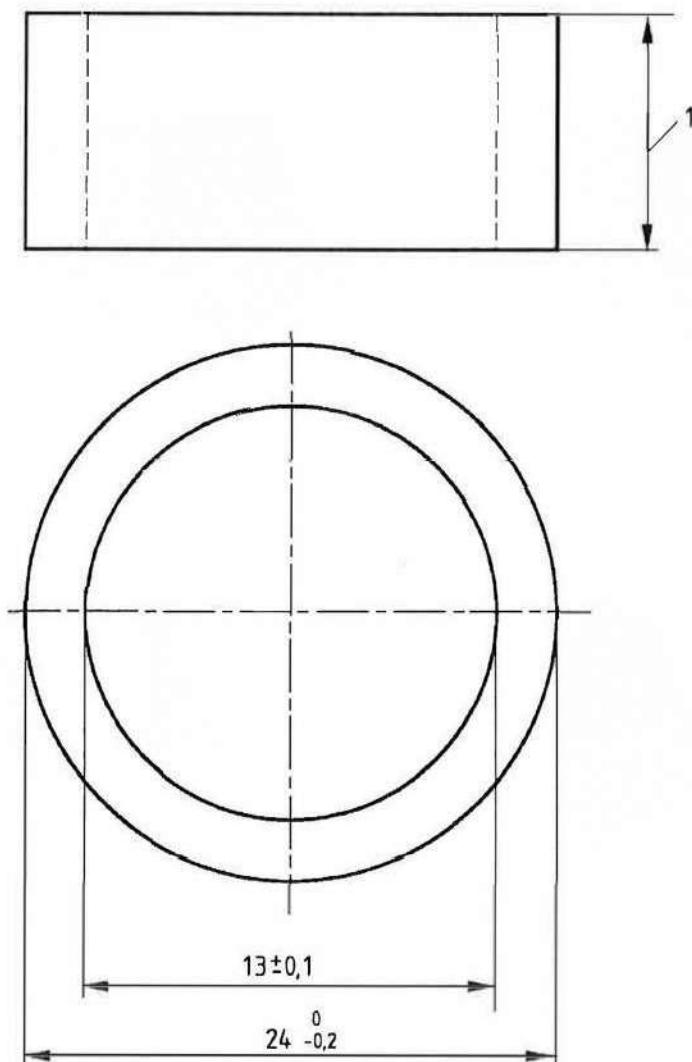


#### Обозначение

- 1 20 отверстий
- 2 диаметр отверстий  $13,0 \pm 0,1$  – для металлических пластин для испытаний
- 3 диаметр отверстий  $24,0^{+0,2}_0$  – для неметаллических пластин для испытаний

**Рисунок B.4 — Пластина для испытания**

Размеры в миллиметрах

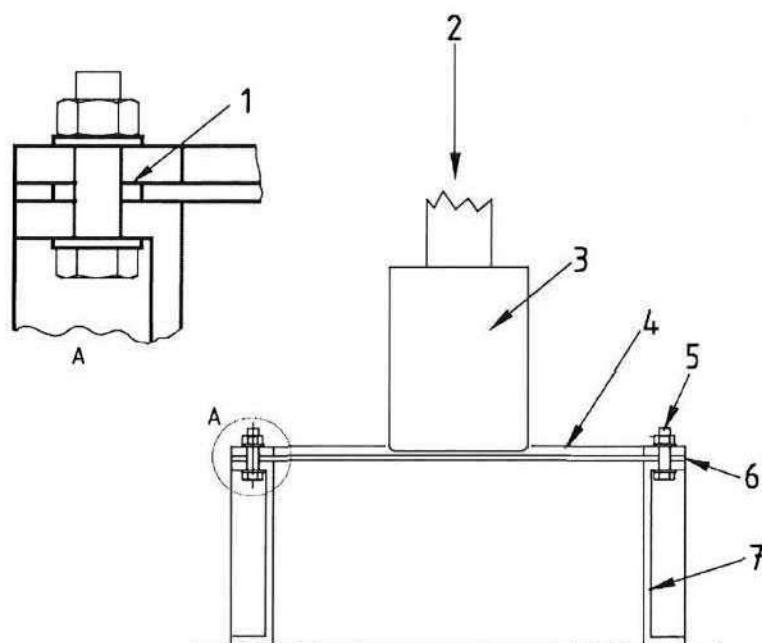
**Обозначение**

1 толщина по согласованию с компетентным органом, чтобы подходила к толщине испытуемой пластины

**Figure B.5 — Соединительная муфта зажима (только для неметаллических испытуемых пластин)**

**B.4 Проведение испытания**

Каждый образец зажимают в опорном узле болтами M12, затянув их до закручивающего момента не менее 70 Н·м, чтобы закрепить зажимное кольцо в нужном положении (см. Рисунок B.6).



#### Обозначение

- 1 только для неметаллических испытательных пластин - используют соединительную муфту зажима (см. Рисунок В.5)
- 2 испытательное усилие F
- 3 испытательный пруток (Рисунок В.3)
- 4 зажимное кольцо (Рисунок В.2)
- 5 20 болтов и гаек M 12 × 1,75 марки 8.8
- 6 испытуемая пластина (Рисунок В.4)
- 7 корпус (Рисунок В.1)

**Рисунок В.6 — Испытательный стенд в сборе**

Испытательный образец должен быть очищен в соответствии с требованиями к состоянию поверхности, установленными в В.2.2.3.

Опорный узел для образца и пруток устанавливают в испытательной машине, так чтобы центр прутка находился на одной линии с центром образца и в пределах 5 мм от него. После включения измерительных приборов испытательный пруток должен двигаться со скоростью от 2 мм/с до 4 мм/с в направлении образца и вдвигаться в него, пока образец не разрушится.

Выполняют по три испытания на образцах материала корпуса минимальной толщиной в соответствии с 6.9.1 или 6.9.2.3, в зависимости от рассматриваемого случая, и три испытания на образцах фактического материала или комбинации материалов и толщиной, которая предлагается для применения.

## B.5 Результаты

### B.5.1 Значения определения

Среднее от трех полученных в испытании значений используют для определения результата удельной упругости каждого испытуемого материала.

Там где одно из трех отдельных значений больше чем на 5 % и меньше чем на 10 % отличается от среднего, можно использовать следующую процедуру:

- выполнить четвертое определение;
- отбросить значение, которое больше чем на 5 % и меньше чем на 10 % отличается от среднего, и заменить его значением, полученным в четвертом определении;
- новым определенным результатом удельной упругости будет среднее от двух оставшихся первоначальных значений плюс четвертое значение; и
- если и теперь одно из значений отклоняется большее чем на 5 % от нового результата, результат испытания бракуют и полностью повторяют описанную процедуру.

### B.5.2 Расчет результатов

Удельная упругость должна измеряться либо напрямую измерительной системой, либо вычисляться по графику зависимости усилие/прогиб для определения площади под линией.

В последнем случае допускается использовать планиметрию или триангуляцию, при условии, что можно достичь требуемой точности.

### B.5.3 Приемлемость материала

Предлагаемая комбинация материалов для конструкции двойной стенки признается приемлемой, при условии, что результат определения ее удельной упругости не более чем на 5 % ниже результата, полученного для материала корпуса при эквивалентной минимальной толщине.

## B.6 Глобальная упругость (см. 6.9.2.2 i))

Более высокие значения глобальной упругости и значения глобальной упругости для других типов усиливающих элементов должны подтверждаться следующими испытаниями и ограничениями:

- нагрузка на часть (длиной 4 м) корпуса должна прикладываться с одной стороны вблизи центральной (осевой) линии в радиальном направлении (перпендикулярно направлению движения);
- напряжение должно прилагаться постоянно по всей длине испытуемой части цистерны с помощью балки шириной 430 мм;
- расстояние проникновения балки должно составлять 250 мм.

Глобальная упругость, определенная для части корпуса длиной 4 м, является достаточной защитой от повреждений, только если наружный корпус не разрушается. Если перегородки, волноупоры и торцы оснащены дополнительными элементами жесткости, значение глобальной упругости не должно превышать больше 50 % значений, приведенных в 1, 2 или 3 подраздела 6.9.2.2.i).

Протокол испытания составляют с включением описания условий испытания, оценки результатов и оценки целостности конструкции цистерны.

Должен быть выдан сертификат, подтверждающий, что можно использовать более высокие значения глобальной упругости.

## B.7 Сравнительные методы для расчета энергии, поглощенной во время опрокидывания или удара (см. 6.9.2.2 j))

### B.7.1 Расчет поглощенной энергии

Энергия, поглощенная двумя корпусами (круглого, некруглого и другой формы сечения) должна вычисляться по графику зависимости усилие/прогиб посредством определения площади под линией графика.

Методы сравнительного расчета должны выполняться в испытании или использовать анализ конечных элементов (FEA); если FEA используется для верификации, необходимо учитывать А.3; кроме того, необходимо подтвердить у компетентного органа компьютерное программное обеспечение и процедуру для исследования упруго-пластичности.

Изготовитель должен предоставить в компетентный орган соответствующие примеры валидации (сравнения между расчетными нормами и реальными результатами испытания).

## B.7.2 Принимаемая процедура:

### B.7.2.1 Опрокидывание

Поглощенная энергия должна оцениваться согласно методу глобальной упругости как описано в В.5 и, в частности:

- a) нагрузка на корпус должна прилагаться с одной стороны вблизи центральной (осевой) линии корпуса, в радиальном направлении (перпендикулярно направлению движения);
- b) напряжение должно прилагаться постоянно по всей длине части корпуса с помощью балки для испытания шириной 430 мм и длиной 4 м;
- c) расстояние проникновения балки должно составлять 250 мм (или меньше в случае разрушения (перфорации) корпуса).

### B.7.2.2 Удар с боковой стороны и торца

Поглощенную энергию оценивают следующим образом:

Испытательное усилие должно прилагаться с помощью прутка, как описано в В.2.2.3 в следующие позиции для корпуса и для его торца:

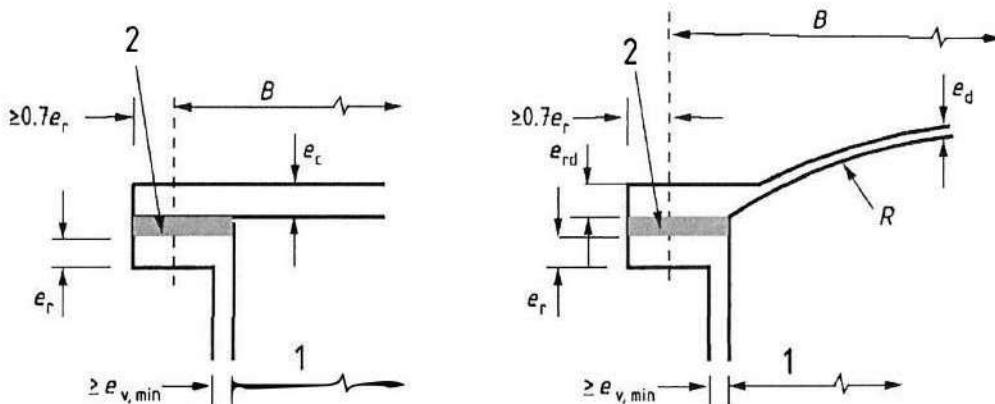
- по центральной линии части корпуса, в радиальном направлении, перпендикулярно направлению движения и в середину между двумя соседними перегородками и/или волнуспокоителями;
- в центр торца в направлении движения;
- увеличенную нагрузку прикладывают к испытуемому прутку, чтобы получить расстояние проникновения 250 мм или до разрушения (перфорации) корпуса (в зависимости от того, какое событие наступит раньше).

## Приложение С (нормативное)

### Конструкция горловых колец, фланцев и затворов

Горловые кольца, фланцы и затворы должны соответствовать:

- критериям, показанным на Рисунке С.1, и требованиям, установленным в Таблице С.1, или
- EN 13317, или
- соответствующем разделе EN 14025.



#### Обозначение

- 1 среднее от большего и меньшего диаметров
- 2 полнопрофильная прокладка только диаметра расположения крепежных отверстий В

**Рисунок С.1 — Конструкция горловых колец, фланцев и затворов**

**Таблица С.1 — Требования к горловым кольцам, фланцам и затворам**

Параметр	Требование
$e_c$	Толщина плоского затвора, $e_c$ ' в миллиметрах (мм), должна быть не меньше $(0,03 \times B^2 \times P_x / \sigma_c)^{0.5}$ или $e_{v, min}$ , в зависимости от того, какая величина больше.
$e_d$	Толщина куполообразного затвора, $e_d$ ' в миллиметрах (мм), должна быть не меньше $((P_x \times R) / (20 \sigma_c))$ или $e_{v, min}$ , в зависимости от того, какая величина больше.
$e_r$	Толщина фланца, $e_r$ , в миллиметрах (мм), должна быть не меньше $(0,0445 \times B^2 \times P_x (\sigma_r)^{0.5})$ или $e_{v, min}$ в зависимости от того, какая величина больше.
$e_{rd}$	Толщина фланца куполообразного затвора, $e_{rd}$ ' в миллиметрах (мм), должна быть не меньше $(0,083 \times P_x \times R / \sigma_c)$ или расчетного значения $e_c$ , в зависимости от того, какая величина больше.
$S_B$	Общая площадь при растяжении, $S_B$ ' в миллиметрах квадратных ( $\text{мм}^2$ ), всех болтов на диаметре расположения крепежных отверстий $B$ должна быть не меньше $(N \times B^2 \times P_x \times 10^{-4})$ , где $N = 8$ .

## Приложение D (информационное)

### Примеры свариваемых деталей

#### D.1 Общие положения

В данном приложении показаны примеры надежной и принятой на сегодняшний день практики; она включает не только имеющиеся методы и не предполагает так или иначе ограничить разработку технологий сварки.

Рисунки в данном приложении, в общем, иллюстрируют проплавление свариваемого материала, но не требующуюся подготовку деталей под сварку, которую следует обеспечить, там где необходимо достичь эффективной глубины проплавления.

#### D.2 Конструкция цистерны

##### D.2.1 Угловые сварные швы

Типичные примеры эффективной глубины угловых швов показаны на Рисунке D.1.



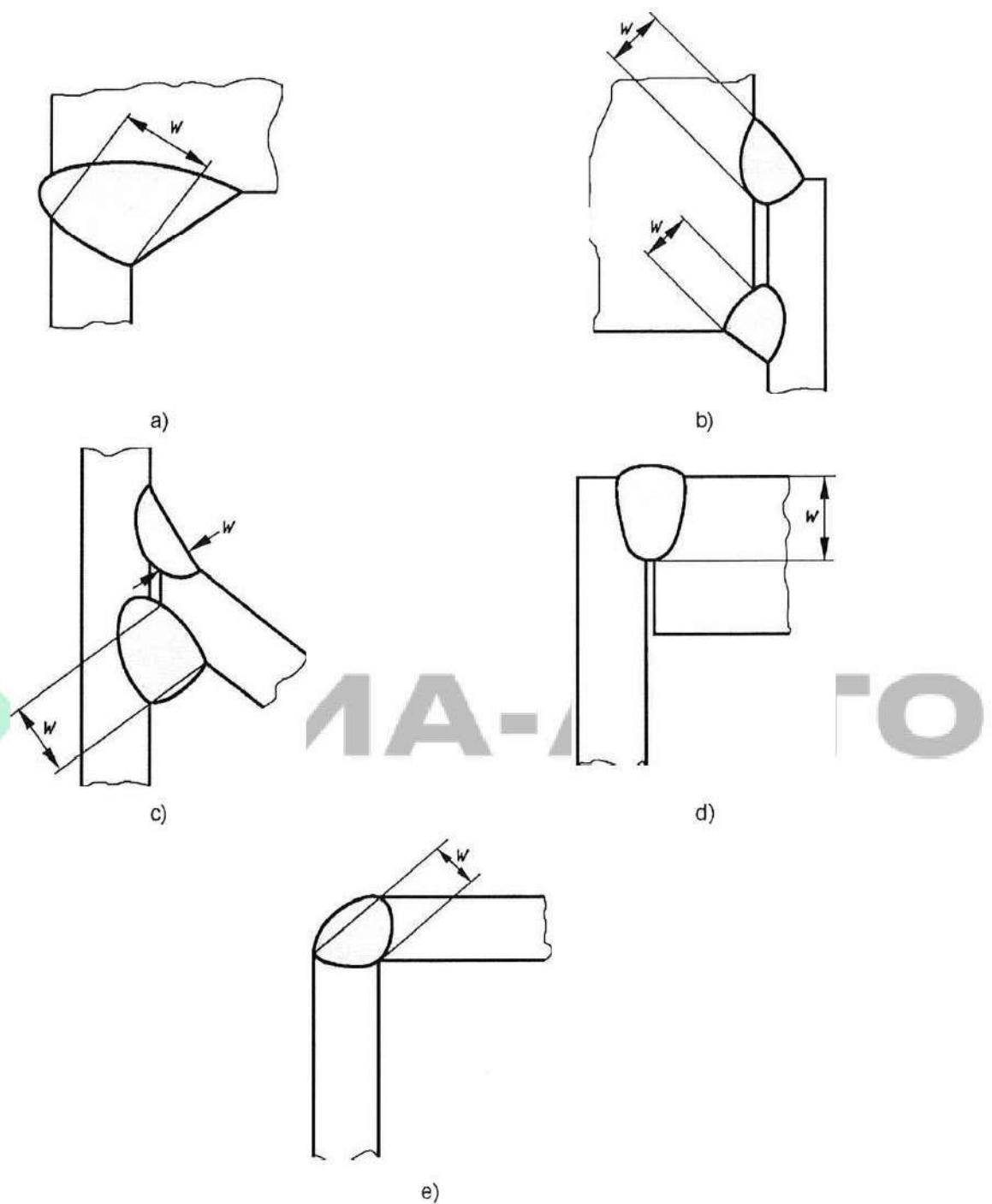


Рисунок D.1 — Типичные примеры эффективной глубины угловых сварных швов

## D.2.2 Типы соединений

### D.2.2.1 Общие положения

Соединение может быть одного из следующих четырех типов:

- соединение встык (D.2.2.2);

- b) соединение внахлестку (D.2.2.3);
- c) угловое соединение (D.2.2.4);
- d) соединение, кроме углового, для перегородок, волноуспокоителей и отражателей (D.2.2.5).

### D.2.2.2 Стыковые соединения

#### D.2.2.2.1 Материал равной толщины

При сварке материалов равной толщины (см. Рисунок D.2):

- a) оси двух соединяемых деталей должны оставаться в пределах производственных допусков, установленных в 7.5.1;
- b) все сварные швы должны быть полного проплавления, а толщина соединения должна быть больше или равна наименьшей толщине соединяемых деталей.

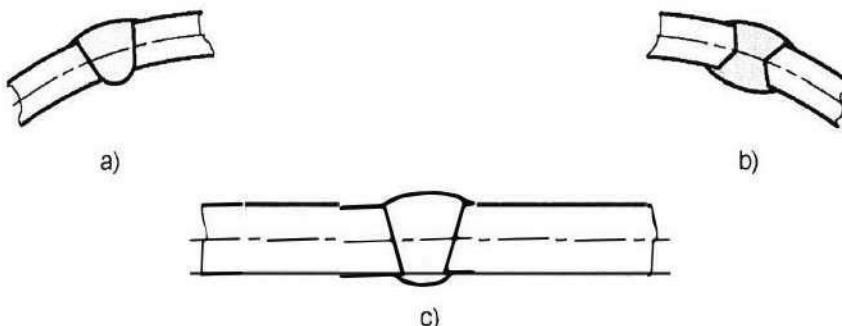


Рисунок D.2 — Примеры типовых стыковых соединений пластин равной толщины

#### D.2.2.2.2 Материал разной толщины

При сварке материалов разной толщины:

- a) оси двух соединяемых деталей должны оставаться в пределах производственных допусков, установленных в 7.5.1;
- b) максимальный уклон соединения не должен превышать один к трем [см. Рисунок D.3 b) и c)]. В то же время, этот уклон необязателен, если несовпадение поверхности будет меньше или равно 2 мм [см. Рисунок D.3 a) и Рисунок D.4 a)].

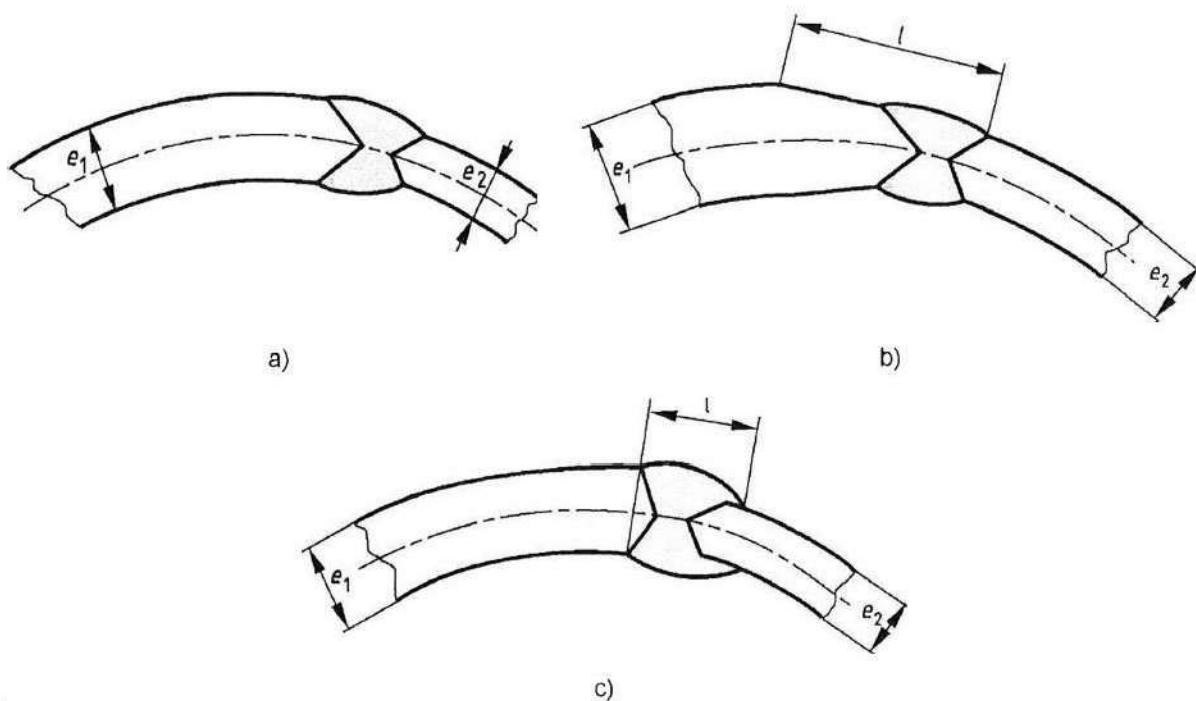


Рисунок D.3 — Примеры типовых стыковых соединений пластин разной толщины

При соединении корпуса с торцом:

- a) максимальный уклон, который можно достичь составляет один к трем; и
- b) центральные линии соединяемых деталей могут быть смещены относительно друг друга, но при этом не должно нарушаться выравнивание наружной или внутренней поверхностей (см. Рисунок D.4).

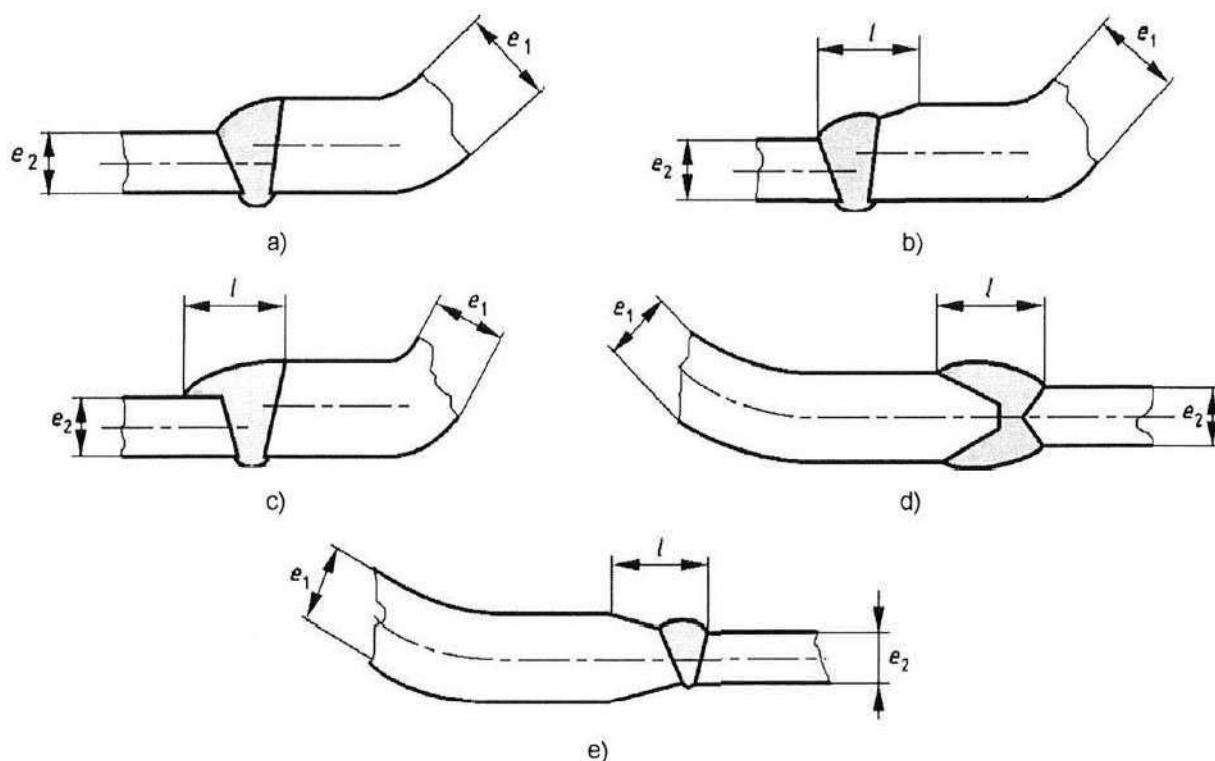


Рисунок D.4 — Примеры типовых стыковых швов, соединяющих корпус с торцом

Соединения постоянных подложек или обжатых концов следует использовать только для кольцевых сварных соединений торцов, перегородок, волноуслаживателей или отражателей с корпусом, там где подход изнутри невозможен. Для соединений обжатых концов общая длина конца должна быть не менее 2,2-кратной толщины обжатой детали, а сварной шов должен сходиться у основания стыка до ширины больше или равной 0,7-кратной толщине обжатой детали (см. Рисунок D.5).

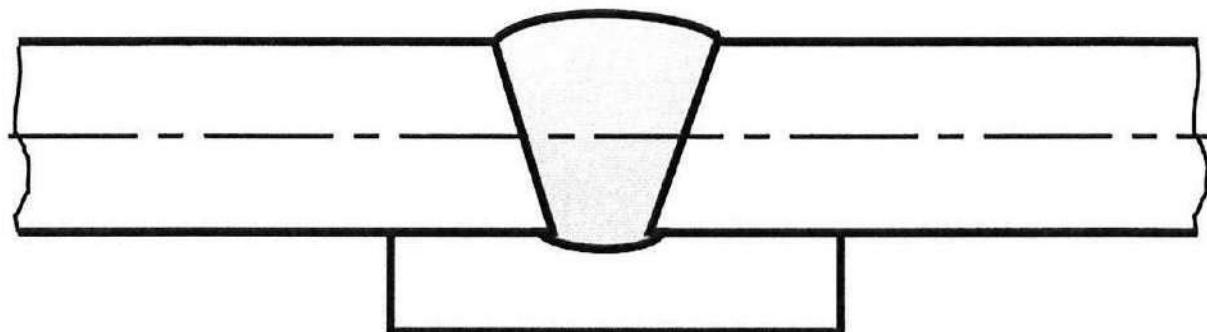


Рисунок D.5 — Типовой стыковой шов с подложкой

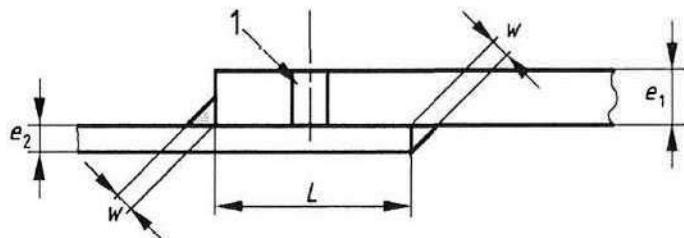
#### D.2.2.3 Соединения внахлестку

Нахлест ( $l$ ) такого соединения должен равняться, по крайней мере, утроенной толщине наиболее тонкой детали, но не менее 15 мм. Это соединение должно включать контрольное отверстие.

Сварные швы следует выполнять на перпендикулярной кромке (см. Рисунки D.6, D.7 и D.8).

Если используется соединение внахлестку для сваривания торца с корпусом, следует использовать размеры, указанные на Рисунке D.7 а).

Соединения, сваренные внахлестку с одной стороны, являются приемлемыми для торцов, имеющих поверхностную вогнутость, обращенную наружу; такое соединение должно включать перекрытие не менее чем на 15 мм (см. Рисунок D.8).

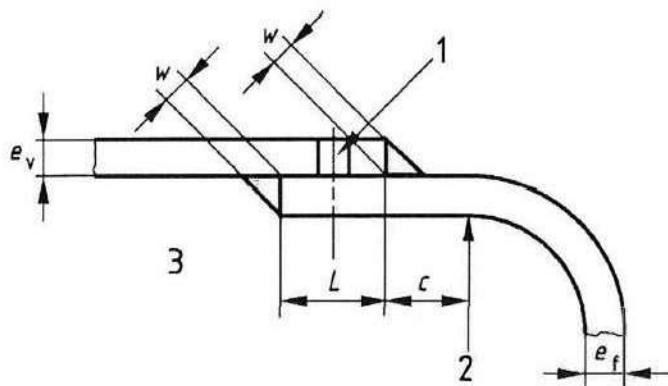


#### Обозначение

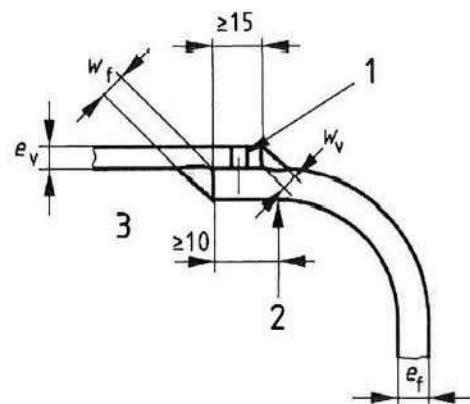
1 контрольное отверстие

Рисунок D.6 — Типовое соединение внахлестку

Размеры в миллиметрах



a)



b)

#### Обозначение

$c \leq 2 e_v$

$e_v \leq 8 \text{ мм}$        $w_v \geq 0,7 e_v$

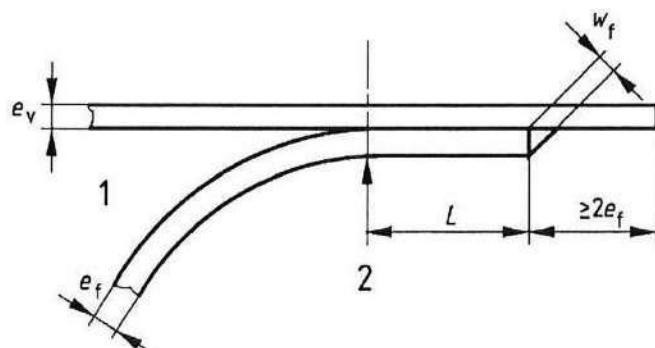
$e_f \leq 8 \text{ мм}$        $w_f \geq 0,7 e_v$

1 контрольное отверстие

2 начало радиуса

3 внутренняя сторона цистерны

Рисунок D.7 — Типовые соединения внахлестку торца с корпусом

**Обозначение**

- 1 внутренняя часть цистерны  
2 начало радиуса

Рисунок D.8 — Типовое соединение, сваренное с одной стороны внахлестку, торца с корпусом

**D.2.2.4 Угловые соединения****D.2.2.4.1 Угловые соединения, образующие составную часть основного корпуса**

Сварной шов должен выполняться с полным проплавлением (см. Рисунок D.9).

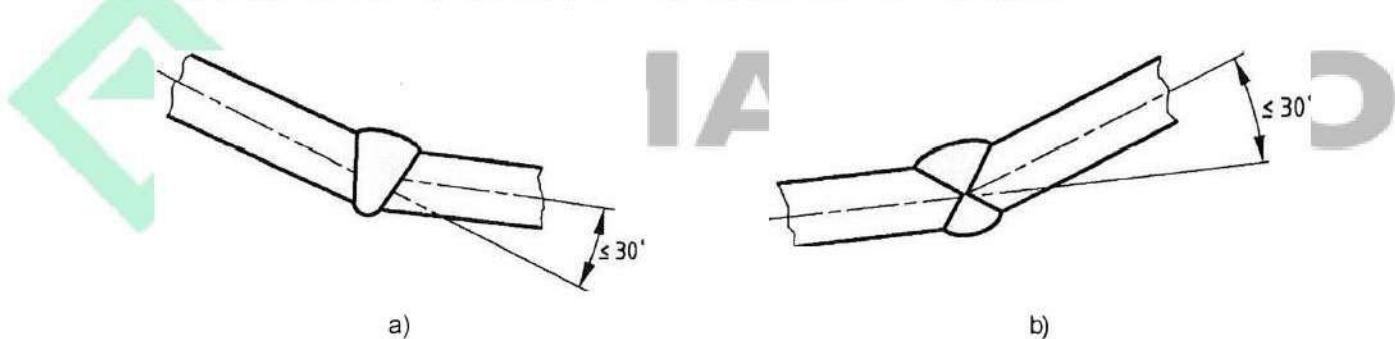


Рисунок D.9 — Типовые угловые соединения

**D.2.2.4.2 Другие угловые соединения**

Для торцов, перегородок, волнуспокоителей и отражателей, где не используются отбортовки, корпус следует усилить.

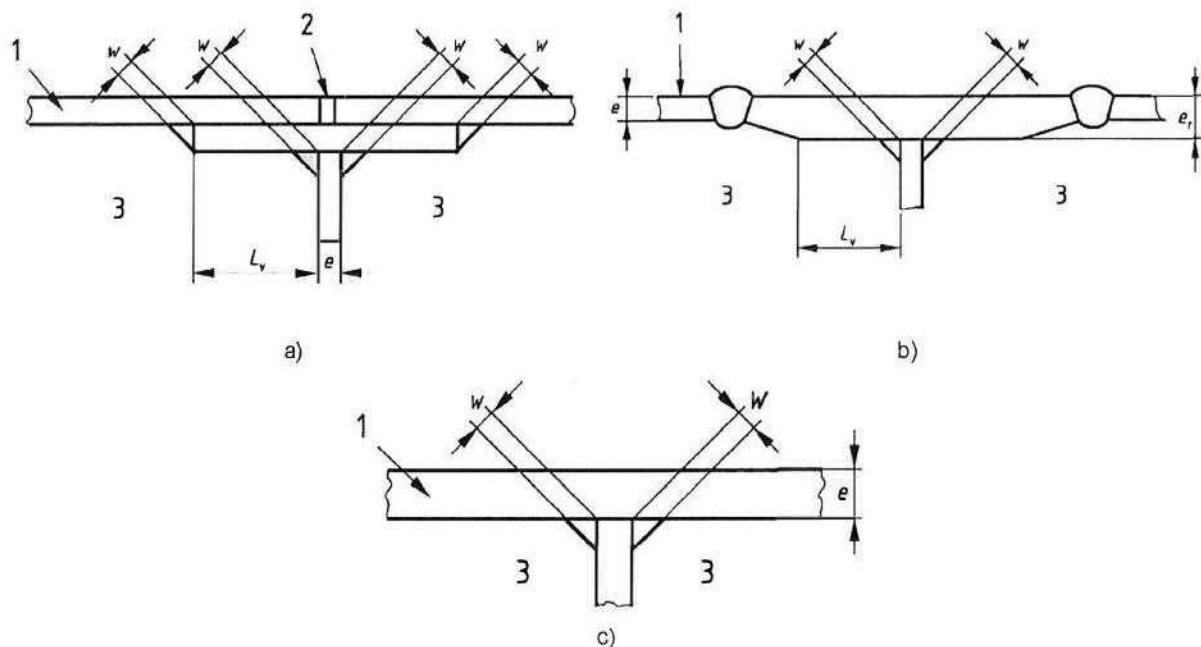
Если используют усиливающую плиту, ее следует вставлять между корпусом и торцом, перегородкой, волнуспокоителем или отражателем (см. Рисунок D.10 а)).

Усиливающая плита должна:

- иметь толщину, не меньше чем самая тонкая часть корпуса, и, в любом случае, не меньше 3 мм;
- быть устроена таким образом, чтобы  $L_r$  была больше или равна  $3e$  при этом не меньше 15 мм;
- быть цельносварена с частью и со всем корпусом.

Там где используют кольцо жесткости, сваренное между листами, образующими корпус, его толщина должна быть, по крайней мере на 3 мм больше минимального значения, требуемого в 6.9.1 [см. Рисунок D.10 б)].

Там где толщина корпуса возрастает, она должна достигать значения 1,5 –кратной минимальной толщины, требуемой в 6.9.1, и быть в любом случае не менее чем на 3 мм больше минимального значения [см. Рисунок D.10 с)].



#### Обозначение

- 1 корпус
- 2 контрольное отверстие
- 3 внутренняя часть цистерны

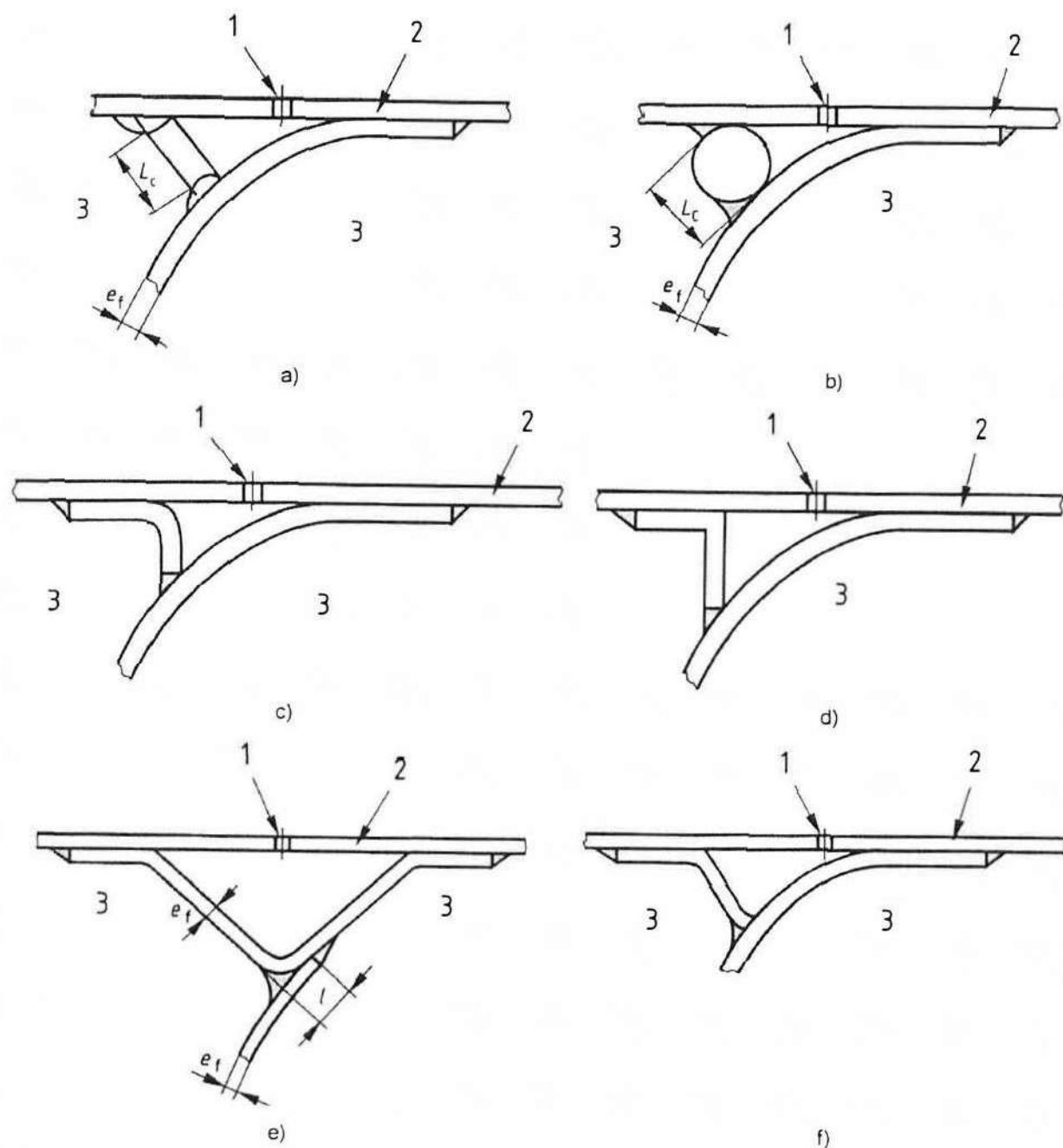
Рисунок D.10 — Типовые угловые соединения для отсеков и торцов

#### D.2.2.5 Соединения, кроме угловых, внутренних перегородок и волноуспокоителей

##### D.2.2.5.1 Усиленные соединения

Примеры типовых усиленных соединений показаны на Рисунке D.11.

Там где используется усиливающий элемент (см. Рисунок D.11), его длина  $L_c$  должна быть больше или равна  $3e_f$ , но не меньше 15 мм.

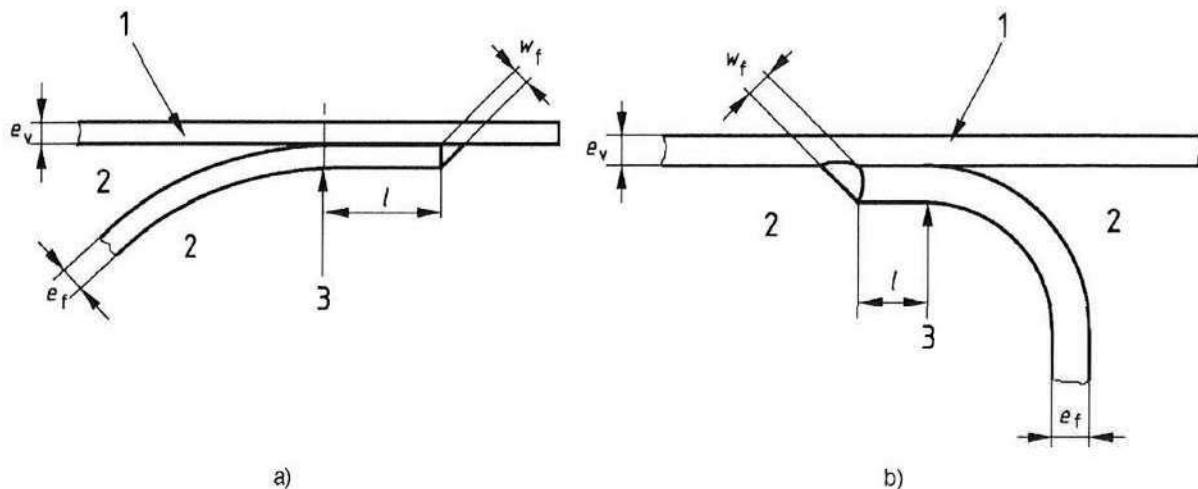
**Обозначение**

- 1 контрольное отверстие
- 2 корпус
- 3 внутренняя часть цистерны

**Рисунок D.11 — Типовые усиливающие соединения****D.2.2.5.2 Односторонние сварные соединения**

Примеры типовых односторонних сварных соединений показаны на Рисунке D.12.

Перекрытие ( $L$ ) в соединении внахлестку должно быть, по крайней мере, равно утроенной толщине самой тонкой части при минимальном значении – 15 мм.



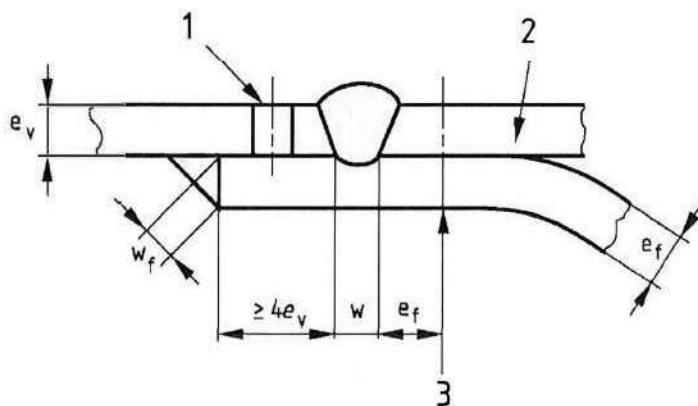
## Обозначение

- 1 корпус
  - 2 внутренняя часть цистерны
  - 3 начало радиуса

Рисунок D.12 — Типовые односторонние сварные соединения

#### D.2.2.5.3 Соединения с двумя швами

Пример типового двустороннего сварного соединения показан на Рисунке D.13.



## Обозначение

- 1 контрольное отверстие
  - 2 корпус
  - 3 начало радиуса

Рисунок D.13 — Типовое двустороннее сварное соединение

#### D.2.2.5.4 Присоединение перегородки и торцевой пластины к корпусу

Если присоединение перегородки включает кольцо жесткости, сваренное между листами, которые образуют корпус, его толщина ( $t$ ) должна быть не менее чем на 3 мм больше, чем минимальное значение, требуемое в 6.9.1 (см. Рисунок D.14). Примеры соединений некоторых типовых торцевых плит с корпусом показаны на Рисунке D.15.

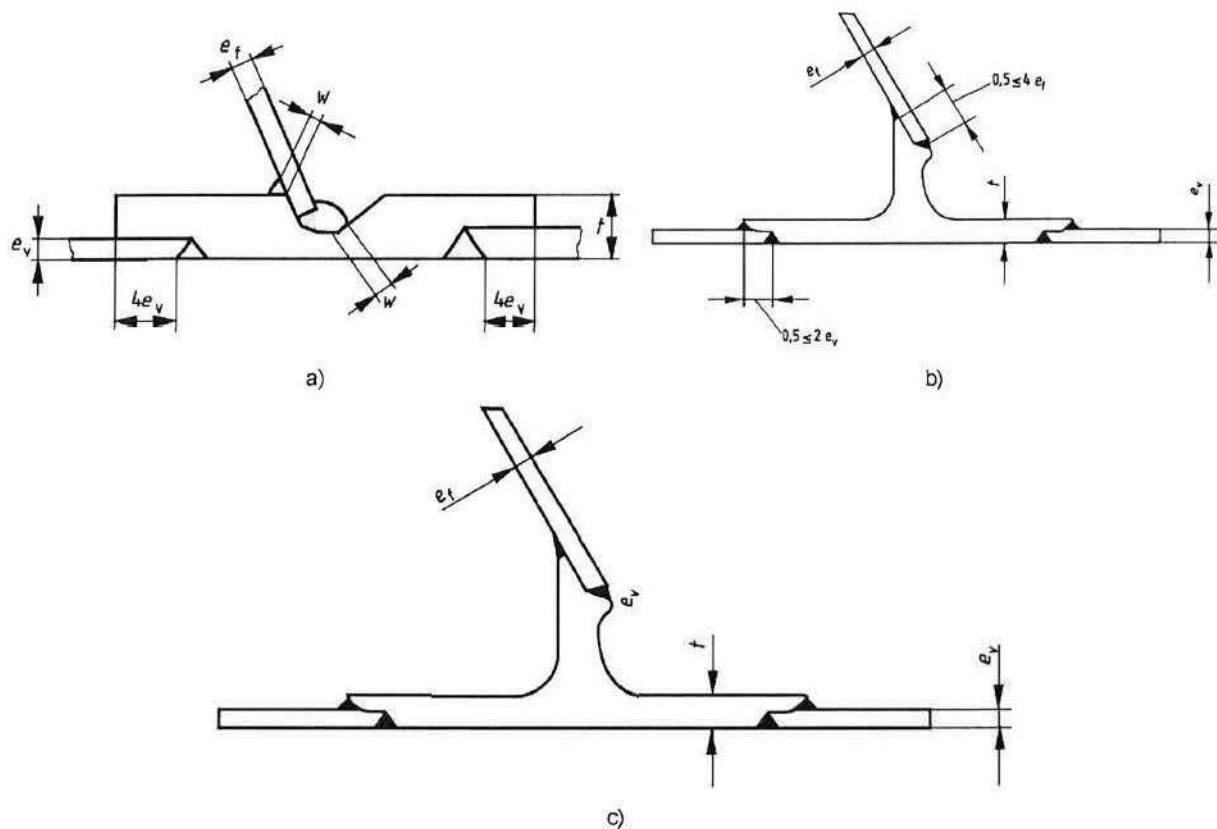
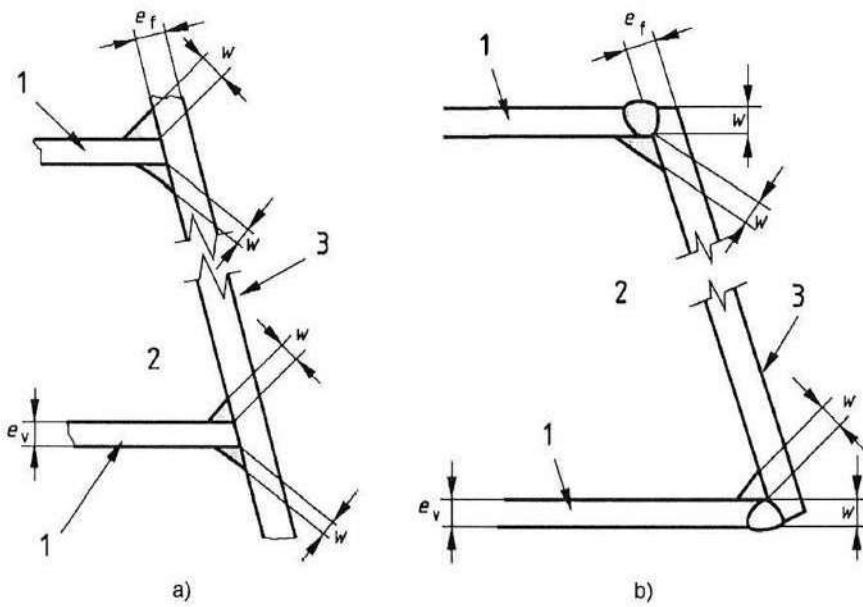


Рисунок D.14 — Типовые соединения перегородок



## Обозначение

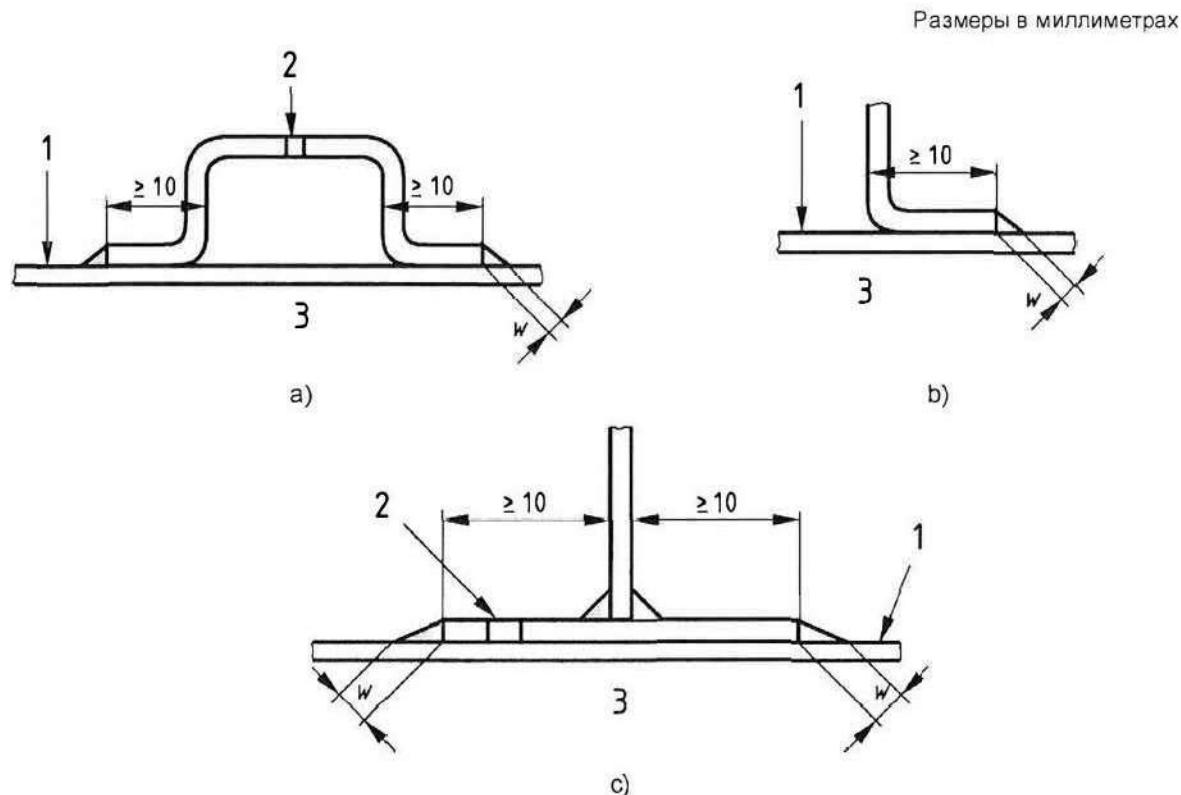
- 1 корпус
- 2 внутренняя часть цистерны
- 3 круговой торец (наклонный или вертикальный)

Рисунок D.15 — Примеры типовых соединений торцевой плиты к корпусу

### D.3 Присоединение усиливающих элементов

#### D.3.1 Присоединение усиливающих элементов для поглощения динамических напряжений

Внешние усиления можно приварить на цистерну, непрерывным или прерывистым швом. Примеры типовых соединений для приварки усилий показаны на Рисунке D.16.



#### Обозначение

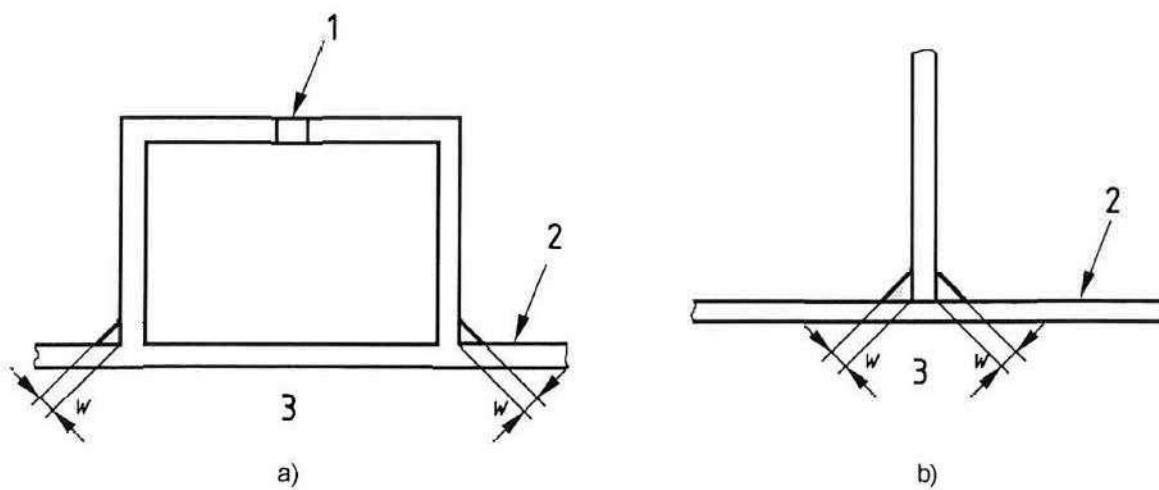
- 1 корпус
- 2 контрольное отверстие
- 3 внутренняя часть цистерны

Рисунок D.16 — Типовые соединения для усилий

#### D.3.2 Присоединение усиливающих элементов, не предназначенных для поглощения динамических напряжений

Усиления можно приварить без распределительной зоны, либо без распределительного листа. Если усиление приваривают снаружи, сварные швы могут быть непрерывными или прерывистыми; если усиление внутреннее, сварные швы должны быть непрерывными.

Примеры типовые соединений для приварки непоглощающих усилий показаны на Рисунке D.17.

**Обозначение**

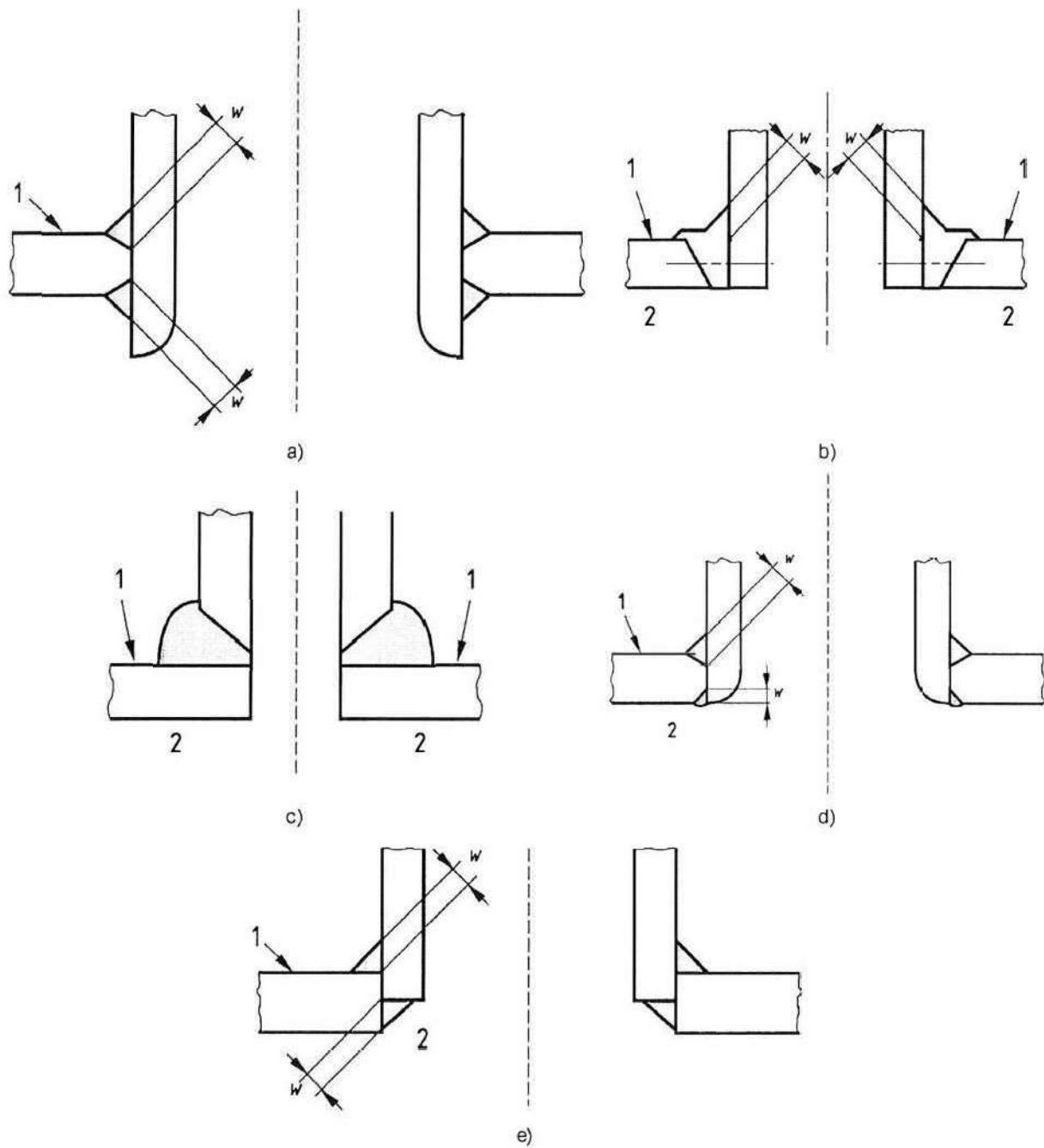
- 1 контрольное отверстие (когда шов непрерывный)
- 2 корпус
- 3 внутренняя часть цистерны

Рисунок D.17 — Типовые соединения для приварки непоглощающих усилий

**D.4 Присоединение ответвлений**

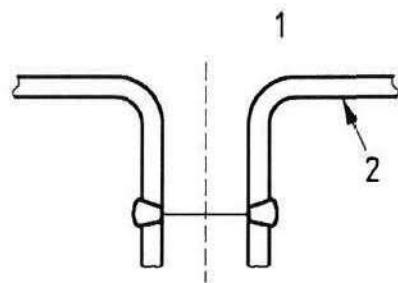
При присоединении ответвлений или патрубков на корпус:

- a) для двусторонних угловых соединений глубина захода каждого сварного шва должна быть не меньше 0,7-кратной толщины наиболее тонкой свариваемой детали (см. Рисунки D.18 и D.19);
- b) для соединений внахлестку и муфтовых соединений (см. Рисунок D.20),  $w$  должно быть не меньше 0,7 -кратной толщины наиболее тонкой свариваемой детали, а длина перекрытия ( $L$ ) должна быть не меньше 3 –кратного минимального значения толщины.

**Обозначение**

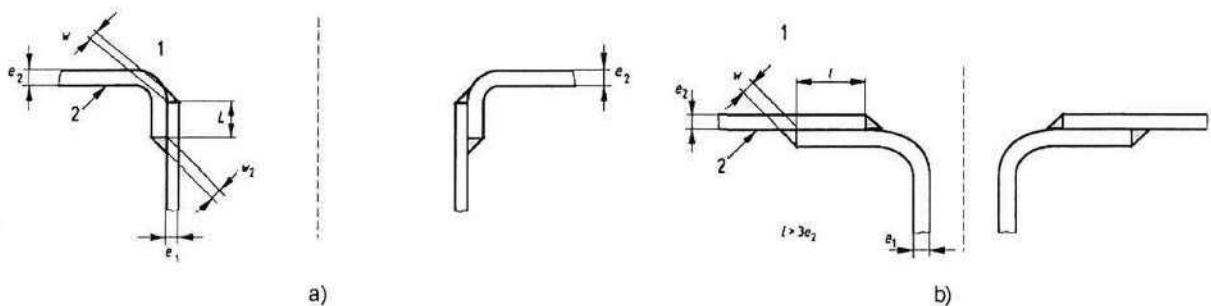
- 1 корпюс  
2 внутренняя часть цистерны

Рисунок D.18 — Типовые двусторонние сварные соединения ответвлений

**Обозначение**

- 1 внутренняя часть цистерны  
2 корпус

Рисунок D.19 — Типовое соединение ответвления встык

**Обозначение**

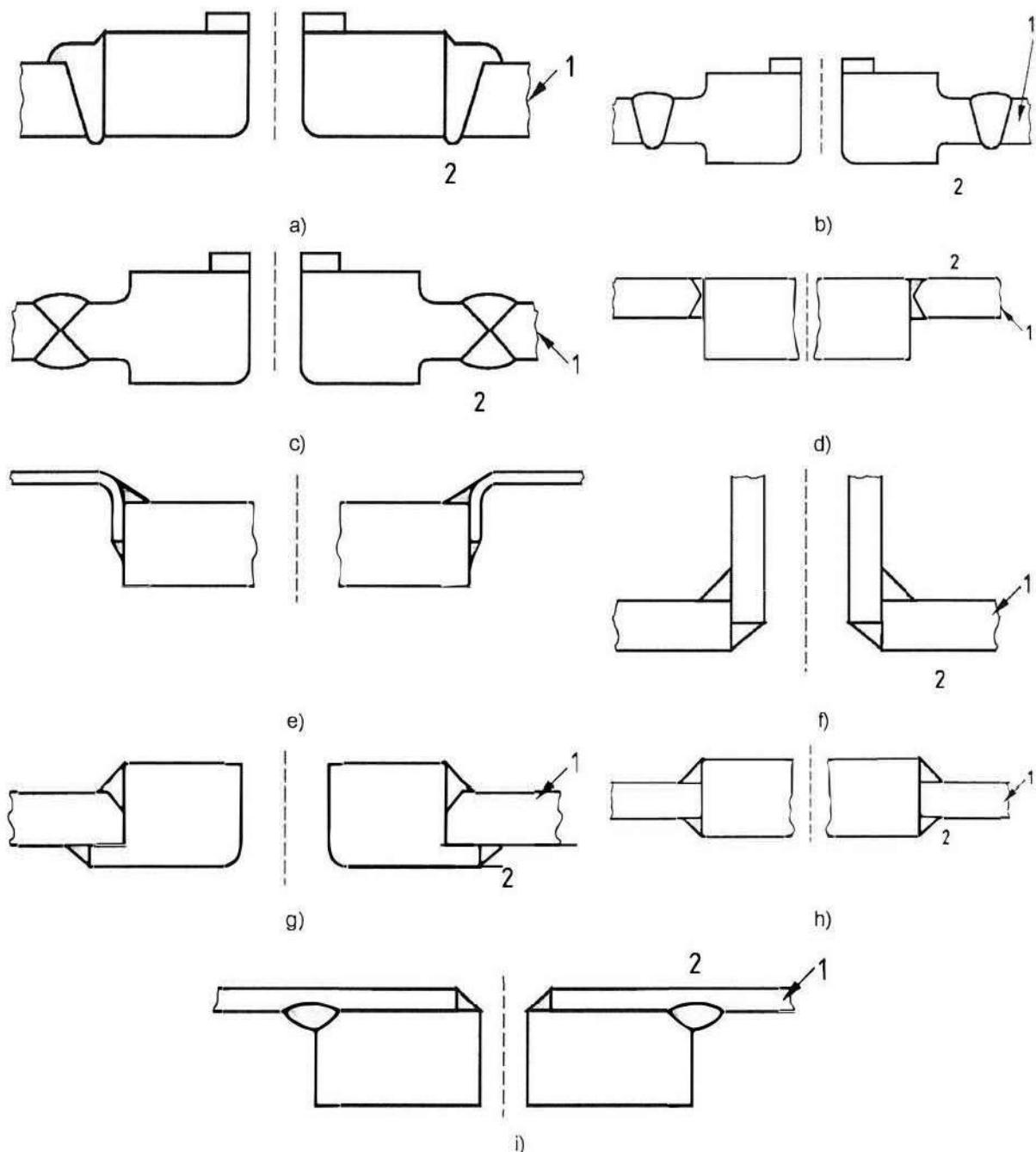
- 1 внутренняя часть цистерны  
2 корпус

Рисунок D.20 — Типовые муфтовые соединения

**D.5 Присоединения фланцев, воротников и усиливающие подкладки к корпусу**

Фланцы, воротники и усиливающие подкладки должны присоединяться одним из следующих способов:

- сварной шов с полным проплавлением (см. Рисунок D.21 а) и б));
- два взаимопроникающих сварных шва (см. Рисунок D.21 с) и д));
- два сварных шва, толщина которых больше или равна 0,7 –кратной толщине наиболее тонкой детали (см. Рисунок D.21 е) - и)).

**Обозначение**

- 1 корпус
- 2 внутренняя часть цистерны

Рисунок D.21 — Типовые соединения для воротников, фланцев и подложек

**D.6 Присоединение фланцев на ответвление**

Примеры типовых соединений ответвлений-фланцев показаны на Рисунке D.22.

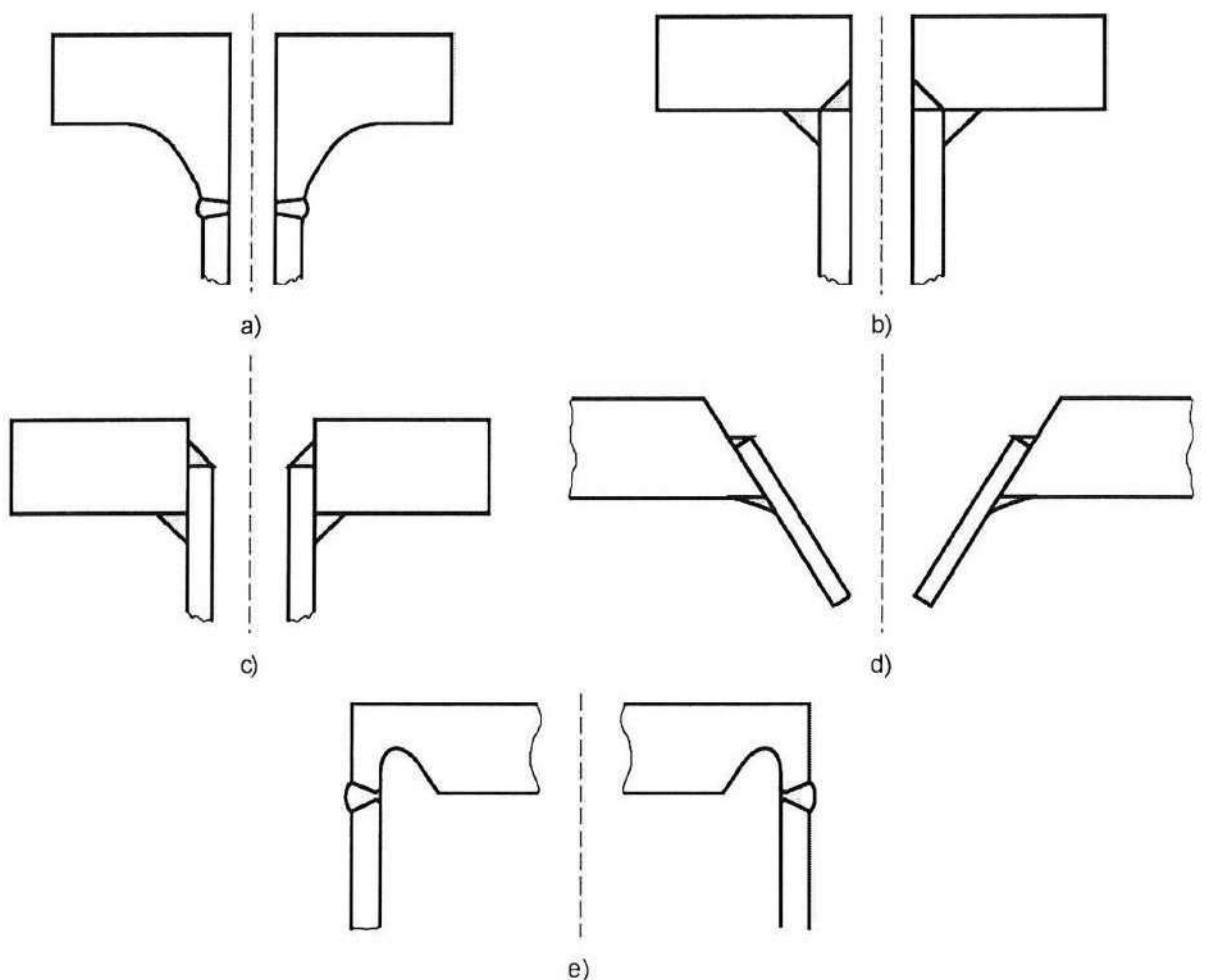


Рисунок D.22 — Типовые соединения ответвление-фланец

#### D.7 Присоединение нагревательных каналов к корпусу

Эти присоединения не должны нести нагрузку. Метод присоединения, корпус и нагревательный канал должны быть рассчитаны на выдерживание давления, оказываемого нагревательной средой.

Каналы можно присоединить к корпусу одним или несколькими средствами:

- a) односторонним швом на рабочей кромке (см. Рисунок D.23 а) и б));
- b) с помощью приваренной промежуточной детали (см. Рисунок D.23 с) - е)).

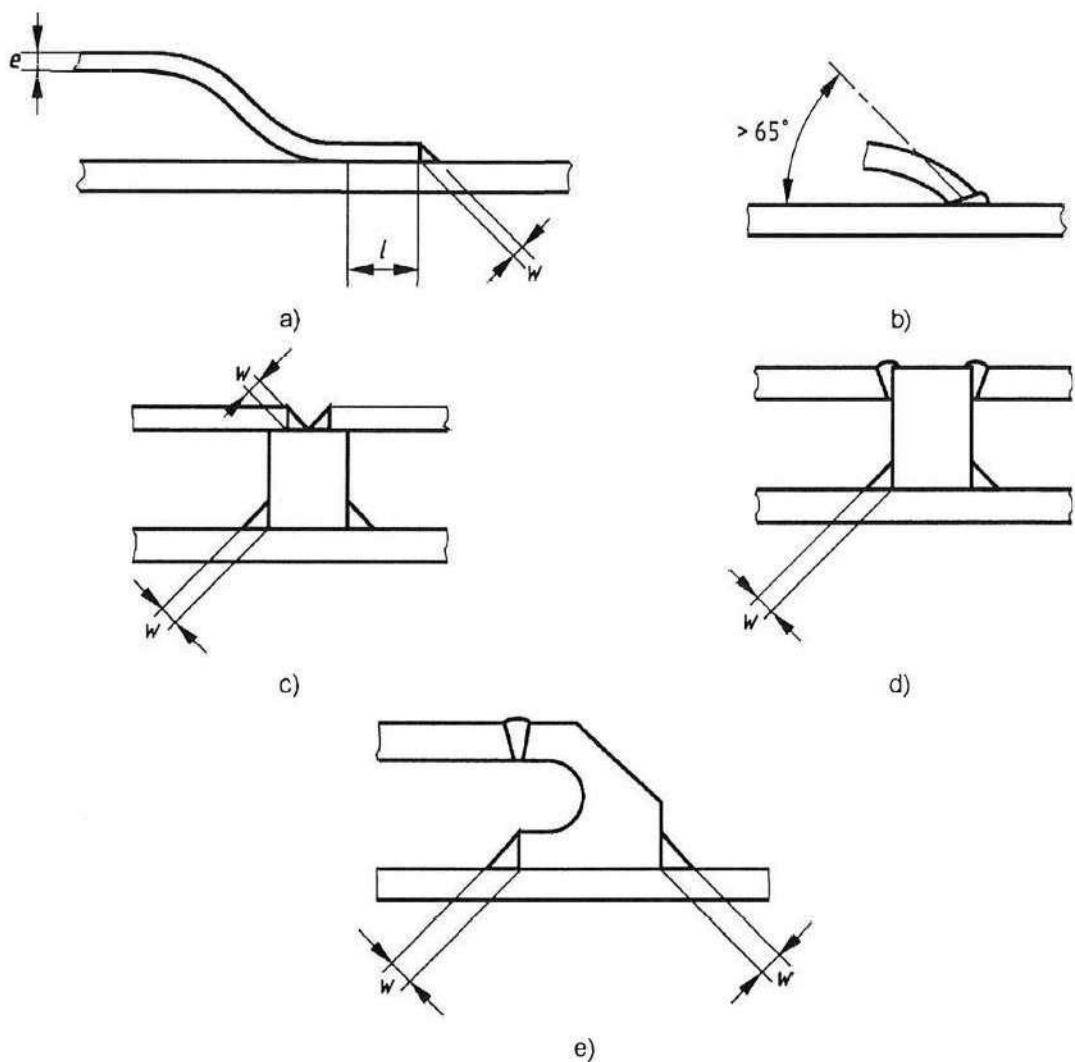


Рисунок D.23 — Типовое присоединение топочных каналов к корпусам

## Библиография

- [1] Directive 2008/68/EC of the European Parliament and of the Council of 24 September 2008 on the inland transport of dangerous goods (Директива Европарламента и Совета от 24 сентября 2008 г. О внутренних перевозках опасных грузов)
- [2] European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road<sup>1</sup> (Европейское соглашение по международным перевозкам опасных грузов по автомобильным дорогам)
- [3] Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail<sup>2</sup> (Регламент международных перевозок опасных грузов по железным дорогам)
- [4] EN ISO 2566-1, Сталь. Таблицы перевода величин относительного удлинения. Часть 1. Сталь углеродистая и низколегированная (ISO 2566-1)
- [5] EN ISO 2566-2, Сталь. Таблицы перевода величин относительного удлинения. Часть 2. Сталь аустенитная (ISO 2566-2)
- [6] EN ISO 15609-3, Технические условия и аттестация сварочных технологий для металлических материалов. Технические условия на сварочную технологию. Часть 3.Электронно-лучевая сварка (ISO 15609-3)
- [7] EN ISO 15609-4, Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки Часть 4. Лазерная сварка (ISO 15609-4)
- [8] EN ISO 15610, Технические условия и квалификационная оценка процедур сварки металлических материалов. Квалификационная оценка на основе расходуемых при сварке материалов, используемых при испытании (ISO 15610)
- [9] EN ISO 15611, Спецификация и квалификация процедур сварки металлических материалов. Квалификация на основе предыдущего опыта сварки (ISO 15611)
- [10] EN ISO 15612, Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Аттестация путем принятия стандартной процедуры сварки (ISO 15612)

<sup>1</sup> Известно как ADR (ДОПОГ).

<sup>2</sup> Известно как RID.