

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ НАДЗОР РОССИИ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ
от 9 июня 2003 года № 76

Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации
19 июня 2003 года, регистрационный № 4749

Об утверждении Правил устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров
для нефти и нефтепродуктов

Госгортехнадзор России постановляет:

1. Утвердить Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.
2. Направить Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов на государственную регистрацию в Министерство юстиции Российской Федерации.

Начальник
Госгортехнадзора России
В.М. Кульчев

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА
ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ
СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ НЕФТИ
И НЕФТЕПРОДУКТОВ

ПБ 03-605-03

Ответственные разработчики: **А.А. Шаталов, М.Н. Кривов, Т.А. Селиванова, К.Н. Шеин**

Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов разработаны в соответствии с Федеральным законом от 21.07.97 № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов", Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 03.12.01 № 841, Общими правилами промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов, утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 18.10.02 № 61-А, зарегистрированным Минюстом России 28.11.02 г., рег. № 3968, и предназначены для применения всеми организациями независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющими деятельность в области промышленной безопасности.

Настоящие Правила устанавливают общие технические требования к конструкции, устройству, изготовлению, монтажу, испытаниям вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов, а также требования, направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма.

В связи с введением в действие настоящих Правил после их официального опубликования считаются утратившими силу Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов (ПБ 03-381-00) (постановление Госгортехнадзора России от 25.07.03 № 105).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Область применения и назначения правил

1.1.1. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов (далее - Правила), устанавливают общие технические требования к конструкции, устройству, изготовлению, монтажу, испытаниям вертикальных стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов, а также требования, направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма.

1.1.2. Правила разработаны в соответствии с Федеральным законом от 21.07.97 № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30, ст. 3588), Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 03.12.01 № 841 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2001, № 50, ст. 4742), Общими правилами промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов, утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 18.10.02 № 61-А зарегистрированным Минюстом России 28.11.02 № 3968 ("Российская газета", 05.12.2002 № 231), и предназначены для применения всеми организациями независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющими деятельность в области промышленной безопасности и поднадзорными Госгортехнадзору России.

1.1.3. Настоящие Правила распространяются на вновь проектируемые вертикальные цилиндрические стальные резервуары объемом от 100 до 50000 м³ для нефти и нефтепродуктов (далее - резервуары) со стационарными или плавающими крышами.

Проектирование, изготовление и монтаж резервуаров объемом более 50000 м³ выполняются по индивидуальным техническим условиям специализированными организациями, с учетом положений настоящих Правил.

1.1.4. Настоящие Правила не распространяются на изотермические резервуары для других жидких продуктов, баки-аккумуляторы для горячей воды и резервуары для хранения агрессивных химических продуктов.

1.2. Общие требования

1.2.1. Условия эксплуатации резервуаров и их конструктивные особенности должны быть заданы заказчиком (см. п. 3.3). При отсутствии полного задания от заказчика условия эксплуатации и другие требования принимаются проектировщиком с учетом положений строительных норм и правил и согласовываются с заказчиком в техническом задании на проектирование.

1.2.2. При назначении геометрических размеров резервуаров в составе резервуарного парка следует учитывать требования действующих нормативов по взаимному расположению между отдельными резервуарами и их группами.

1.2.3. Настоящие Правила позволяют запроектировать резервуары с геометрическими размерами, которые предлагает заказчик.

В приложении А приведены основные параметры резервуаров объемом от 100 до 50000 м³, которые имеют предпочтительные размеры для изготовления и монтажа в соответствии с настоящими Правилами.

1.2.4. Заказчику при заключении договора на проектирование рекомендуется передать проектировщику бланк заказа, в котором отражены условия эксплуатации и конструктивные данные резервуара (приложение Б).

1.2.5. Изготовление резервуаров всех классов может производиться по ранее действующим типовым проектам при условии их предварительного согласования с проектировщиком и корректировки в соответствии с требованиями настоящих Правил.

1.2.6. В зависимости от объема и места расположения резервуары подразделяются на три класса:

класс I - особо опасные резервуары: объемом 10000 м³ и более, а также резервуары объемом 5000 м³ и более, расположенные непосредственно по берегам рек, крупных водоемов и в черте городской застройки;

класс II - резервуары повышенной опасности: объемом от 5000 до 10000 м³;

класс III - опасные резервуары: объемом от 100 до 5000 м³;

Степень опасности учитывается при проектировании специальными требованиями к материалам, объемами контроля в рабочей документации комплекта монтажного (далее - КМ), а также при расчете коэффициентом надежности по назначению (см. п. 3.5.4).

1.2.7. При проектировании резервуаров с расчетной температурой несущих конструкций более 100 °С следует учитывать изменение физико-механических характеристик применяемых марок стали.

1.2.8. Особенности устройства резервуаров со стальными защитными стенками изложены в пункте 3.10.

1.2.9. При проектировании, изготовлении и строительстве резервуаров наряду с настоящими Правилами следует руководствоваться нормативными документами по охране и гигиене труда, пожарной безопасности и охране окружающей среды, утвержденными в установленном порядке.

II. МАТЕРИАЛЫ

Стали, используемые в конструкциях резервуаров, должны удовлетворять стандартам и техническим условиям, а также требованиям настоящих Правил.

2.1. Общие требования к материалам

2.1.1. Все элементы конструкций по требованиям к материалам разделяются на две группы: основные конструкции:

подгруппа А - стенка, привариваемые к стенке листы днища или кольцевые окрайки, обечайки люков и патрубков в стенке и фланцы к ним, привариваемые к стенке усиливающие накладки, опорное (верхнее) кольцо жесткости;

подгруппа Б - центральная часть днища, анкерные крепления, каркас крыши (включая фасонки), настил крыши, самонесущие конические крыши, плавающие крыши, промежуточные кольца жесткости, оболочки люков и патрубков на крыше;

вспомогательные конструкции: лестницы, площадки, ограждения и др.

2.1.2. Для конструкций резервуаров должна применяться сталь, выплавленная электропечным, кислородно-конвертерным или мартеновским способом. В зависимости от требуемых показателей качества и толщины проката сталь должна поставляться в состоянии после горячей прокатки, термической обработки (нормализации или закалки с отпуском) или после контролируемой прокатки.

2.1.3. Для основных конструкций подгруппы А должна применяться только спокойная (полностью раскисленная) сталь. Классы прочности поставляемой углеродистой, низкоуглеродистой и низколегированной стали для изготовления конструкций указанной подгруппы должны соответствовать табл. 2.1. Для основных конструкций подгруппы Б должна применяться спокойная или полуспокойная сталь.

Для вспомогательных конструкций наряду с выше перечисленными сталями с учетом температурных условий эксплуатации возможно применение стали С235.

2.2. Химический состав и свариваемость

2.2.1. При сварке плавлением качество сварочных материалов и технология сварки должны обеспечивать прочность и вязкость металла сварного соединения не ниже, чем требуется для исходного основного металла.

2.2.2. Углеродный эквивалент стали с пределом текучести 390 МПа и ниже для основных элементов конструкций не должен превышать 0,43. Расчет углеродного эквивалента производится по формуле

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2},$$

где С, Мn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P - массовые доли углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия и фосфора по результатам плавочного анализа (ковшовой пробы).

При отсутствии в сертификатах на сталь сведений о содержании меди и ванадия расчет углеродного эквивалента производится из условия содержания в прокате меди и ванадия в количестве 0,30 и 0,01% по массе соответственно.

Таблица 2.1

Класс прочности	Минимальная температура, при которой гарантируется ударная вязкость, °С								
	+10	0	-10	-15	-20	-30	-35	-40	-60
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
255	С255 (ВСт3сп) 20,1-40 мм**	С255 (ВСт3сп) 10,1-20 мм	С255 (ВСт3сп) 4-10 мм						
315*			С315 40,1-50 мм	С31 5 20,1- 40	С315 4-20 мм				

				мм					
345					C345 (09Г2С) 40,1-50 мм	C345 (09Г2С) 20,1-40 мм	C345 (09Г2С)) 10,1- 20 мм	C345 (09Г2С) 4-10 мм	
								(09Г2-У) 8-32 мм	
									(08ГНБ) 8-25 мм
390								(10Г2ФБ) 4-28 мм	
								(09ГБЮ) 4-12 мм	
440					(10Г2СБ) 8-25 мм				
						08Г2БТ -У, 08Г2Б- У 8-16 мм			
590								C590к (12ГН2М ФАЮ) 10-40 мм	
									(12ГН2 М ФАЮ-У) 10-40 мм

* Прокат из стали, микролегированной титаном, поставляется в горячекатаном или термообработанном состоянии; из стали, микролегированной ванадием (0,020-0,060%), поставляется после термообработки или контролируемой прокатки.

** Здесь и далее форма записи соответствует условию: свыше 20 до 40 мм.

2.3. Сортамент листов

2.3.1. Листовая сталь изготавливается толщиной 4-50 мм, шириной 1500-3000 мм, длиной 6000-12000 мм с обрезными кромками. Сталь должна поставляться с симметричным расположением поля допуска по толщине либо с несимметричным расположением поля допуска по толщине, но имеющим постоянное предельное нижнее отклонение, равное 0,3 мм.

2.3.2. По точности изготовления листовой прокат должен применяться:

- по толщине: ВТ - высокая, АТ - повышенная;
- по ширине: АШ - повышенная, БШ - нормальная;
- по плоскостности: ПО - особо высокая, ПВ - высокая.

Соответствующие предельные отклонения по толщине и ширине листов приводятся в табл. 2.2, 2.3 и 2.4.

Таблица 2.2

Толщина, мм	Предельные отклонения по толщине листов для симметричного поля допусков при точности ВТ и АТ при ширине, мм					
	1500		Св. 1500 до 2000		Св. 2000 до 3000	
	ВТ	АТ	ВТ	АТ	ВТ	АТ
От 5 до 10 вкл.	± 0,4	± 0,45	± 0,45	± 0,5	± 0,5	± 0,55

Св. 10 до 20 вкл.	± 0,4	± 0,45	± 0,45	± 0,5	± 0,55	± 0,6
Св. 20 до 30 вкл.	± 0,4	± 0,5	± 0,5	± 0,6	± 0,6	± 0,7
Св. 30 до 45 вкл.		± 0,6		± 0,7		± 0,9

Серповидность (СП) листов должна быть пониженной и на базе 1 м не должна превышать 2 мм.

Требования к точности по длине, нормы плоскостности должны соответствовать требованиям стандартов.

Таблица 2.3

Толщина, мм	Предельные отклонения по толщине листов для симметричного поля допусков при точности ВТ и АТ при ширине, мм					
	1500		Св. 1500 до 2000		Св. 2000 до 3000	
	ВТ	АТ	ВТ	АТ	ВТ	АТ
От 5 до 10 вкл.	+ 0,5 - 0,3	+ 0,6 - 0,3	+ 0,6 - 0,3	+ 0,7 - 0,3	+ 0,7 - 0,3	+ 0,8 - 0,3
Св. 10 до 20 вкл.	+ 0,5 - 0,3	+ 0,6 - 0,3	+ 0,6 - 0,3	+ 0,7 - 0,3	+ 0,8 - 0,3	+ 1,0 - 0,3
Св. 20 до 30 вкл.	+ 0,5 - 0,3	+ 0,7 - 0,3	+ 0,7 - 0,3	+ 0,9 - 0,3	+ 0,9 - 0,3	+ 1,1 - 0,3
Св. 30 до 45 вкл.	+ 0,7 - 0,3	+ 0,9 - 0,3	+ 0,9 - 0,3	+ 1,1 - 0,3	+ 1,1 - 0,3	+ 1,5 - 0,3

Таблица 2.4

Толщина, мм	Предельные отклонения по ширине при точности АШ и БШ и ширине листа, мм			
	менее 2000		2000 и более	
	повышенная АШ	нормальная БШ	повышенная АШ	нормальная БШ
До 16 вкл.	10	15	15	20
Св. 16 до 45 вкл.	15	25	20	25

2.3.3. Для резервуаров, возводимых на территории Российской Федерации, по согласию заказчика допускается поставка листового проката по точности его изготовления с предельными отклонениями по толщине и ширине листов в соответствии с обозначениями и требованиями действующих стандартов.

2.4. Расчетная температура металла

2.4.1. За расчетную температуру металла принимается наиболее низкое из двух следующих значений:

- минимальная температура складированного продукта;
- температура наиболее холодных суток для данной местности (минимальная среднесуточная температура), повышенная на 5 °С.

При определении расчетной температуры металла не учитываются температурные эффекты специального обогрева и теплоизоляции резервуаров.

2.4.2. Температура наиболее холодных суток для данной местности определяется с обеспеченностью 0,98 по таблице температур наружного воздуха в соответствии с требованиями строительных норм и правил.

2.4.3. Для резервуаров с рулонной технологией сборки расчетная температура металла, принимаемая по п. 2.4.1, при толщинах более 10 мм понижается на 5 °С.

2.5. Рекомендуемые стали

2.5.1. Выбор марки стали для основных элементов конструкций должен производиться с учетом требуемых класса прочности (гарантированного минимального предела текучести), ударной вязкости, толщины проката. В табл. 2.1. приводятся рекомендуемые марки листовой стали, различающиеся по классу прочности, требованиям к ударной вязкости с указанием используемых толщин. В этой же таблице указаны технические условия, по которым поставляется сталь. В табл. 2.5 приводятся требования к химическому составу, а в табл. 2.6 - к механическим свойствам стали.

2.5.2. По требованию заказчика допускается применять для конструкций резервуаров стали по международным стандартам и национальным стандартам других стран. При этом требования к характеристикам и качеству стали не должны быть ниже соответствующих требований к отечественным сталям, рекомендованным настоящими Правилами.

Таблица 2.5

Наименование (марка) стали	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Ti	Al	V	Nb	N	Другие элементы	Углеродный эквивалент
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ст3сп5	£ 0,2 2	£ 0,6 5	0,15 - 0,30	0,05 0	0,0 40	0,3 0	0,3 0	0,3 0	-	0,0 20	-	-	£ 0,008 марте н.	As £ 0,08	
C315	£ 0,2 2	£ 0,6 5	0,15 - 0,30	0,03 0	0,0 35	0,3 0	0,3 0	0,3 0	-	-	-	-			
09Г2С- 12 (345-3) 09Г2С- 15 (345-4)	£ 0,1 5	1,3 0- 1,7 0	£ 0,80	0,04 0	0,0 35	0,3 0	0,3 0	0,3 0	-	-	-	-	£ 0,008 марте н. £ 0,012 эл.пе чь	As £ 0,08	
09Г2У	£ 0,1 2	1,4- 1,8	0,17 - 0,37	0,01 0	0,0 30	0,3 0	0,3 0	0,3 0	-	-	-	-	£ 0,012	по расчет у Са 0,002- 0,01	
08Г2Б	£ 0,0 9	0,8 5- 1,3 5	0,15 - 0,40	0,01 0	0,0 30	0,3 0	0,4 0- 0,6 5	0,3 0	-	-	-	0,02 -0,4	-	по расчет у Са 0,002- 0,01	
10Г2Ф Б	0,0 9- 0,1 2	1,5 5- 1,7 5	0,15 - 0,35	0,00 6	0,0 20	0,3 0	0,3 0	0,3 0	£ 0,03 5	0,0 5	0,0 9- 0,1 2	0,02 - 0,12	£ 0,010	-	£ 0,43
09ГБЮ	0,0 8- 0,1 1	1,1- 1,4	£ 0,3	0,00 6	0,0 25	0,3 0	0,3 0	0,3 0	-	0,0 2- 0,0 5	-	0,06 - 0,08	£ 0,010	Са 0,004	£ 0,38

10Г2СБ	£ 0,1 3	1,3 8- 1,8	0,25 - 0,50	0,02 0	0,0 25	0,3 0	0,3 0	0,3 0	0,00 5- 0,02	0,0 1- 0,0 6	£ 0,1 0	0,03 - 0,05	£ 0,12	-	£ 0,44
08Г2Б- У 08Г2БТ -У	0,0 7- 0,1 1	1,4 5- 1,6 5	0,2- 0,4 0,00 6	0,01 0- 0,00 6	0,0 20	0,3 0	0,3 0	0,3 0	0,01 5- 0,04 0,07 - 0,09	£ 0,0 5		0,02 5- 0,45 0,01 - 0,03	£ 0,010	-	£ 0,43
С590К (12ГН2 М ФАЮ)	£ 0,1 4	0,9 0- 1,4	0,02 0- 0,50	0,03 5	0,0 35	0,2 0- 0,5 0	1,4 0- 1,7 5	0,3 0	-	0,0 5- 0,1 0	0,0 5- 0,1	-	0,02- 0,03	Мо 0,15- 0,25	
112ГН2 М ФАЮ-У	0,0 9- 0,1 4	0,0 9- 0,1 4	0,2- 0,5	0,01 0	0,0 20	0,2 0- 0,5 0	1,4 0- 1,7 5	0,3 0	-	0,0 2- 0,0 5	0,0 5- 0,1 0	-	0,02- 0,03	Мо 0,15- 0,25 Са 0,002- 0,01	

Примечание. При введении ванадия сталь марки 10Г2СБ обозначается 10Г2СФБ.

Таблица 2.6

Наименование или марка стали***	Толщина листа, мм	Предел текучести Н/мм ²	Временное сопротивление Н/мм ²	Относительное удлинение, %	Изгиб до параллельности сторон	Ударная вязкость КСV, Дж/см ² **											После мех. старения при 20 °С
						+20	+10	0	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	
не менее																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
С255 (Ст3сп5)	От 4 до 10 вкл.	245	380	25	$d = 1,5a^*$			35	30								30
	Св. 10 до 20	245	370	25	$d = 1,5a$			35	30								30
	Св. 20 до 40	235	370	25	$d = 2,0a$			35	30								30
С315	До 10 вкл.	315	440	21	$d = 2,0a$				35	30							30
	Св. 10 до	296	420	21	$d = 2,0a$				35	30							30

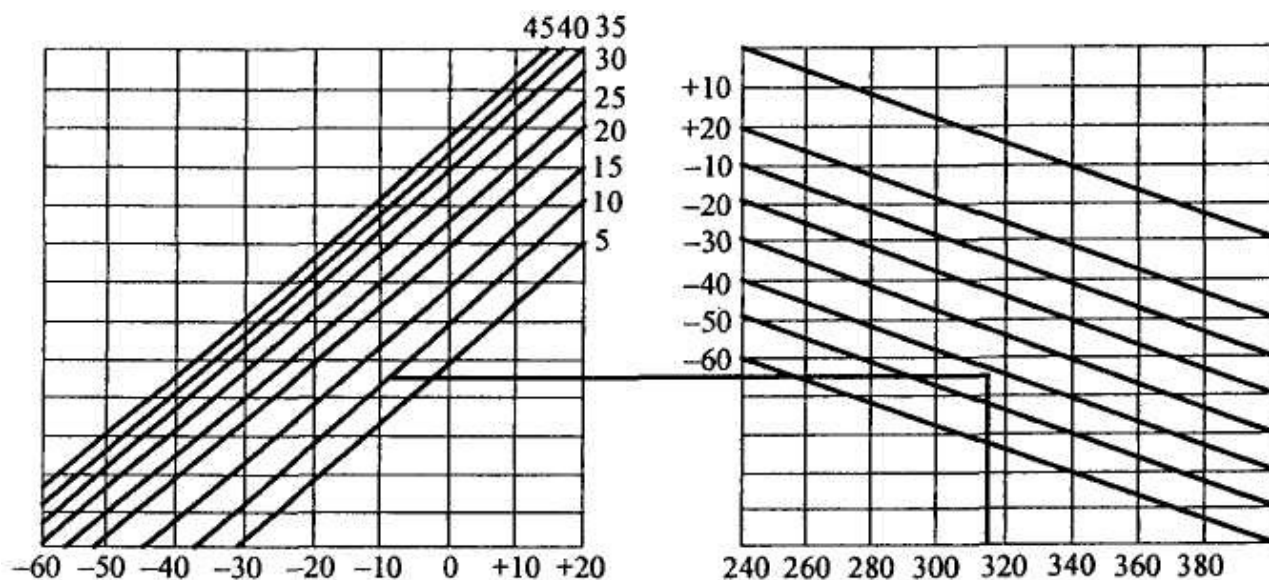


Рис. 2.1. График определения температуры испытания с учетом предела текучести, расчетной температуры металла и толщины листов (штриховой линией показан порядок действий).

2.6.6. Для стали с пределом текучести 315 МПа и ниже допускается (в интервале температур, ограничиваемых сверху нормируемым уровнем ударной вязкости 35 Дж/см²) снижение нормируемого значения ударной вязкости на поперечных образцах до 30 Дж/см² при условии, что для одного из трех образцов разрешается снижение значения ударной вязкости на 5% ниже нормированной величины.

2.6.7. Для фасонного проката определение ударной вязкости производится на продольных образцах, длинная сторона которых совпадает с длиной проката, при этом нормируемое значение ударной вязкости марки стали повышается по сравнению с листовым прокатом аналогичной толщины на 20 Дж/см².

2.6.8. Для сталей, у которых в нормативных документах отсутствуют требования по ударной вязкости на образцах типа Шарпи, допускается оценку качества стали проводить на образцах типа Менаже. При этом уровень ударной вязкости и температура испытания образцов назначаются на основании нормативных документов.

2.7. Условия приемки

2.7.1. Листовая сталь для основных элементов конструкций должна поставляться металлургическими организациями партиями. Партию составляют листы одной марки стали, одной плавки - ковша, одной толщины, изготовленные по одинаковой технологии, включая режимы прокатки и термической обработки. Масса поставляемой партии проката из углеродистой стали не должна превышать норм, установленных стандартом.

2.7.2. Листы каждой партии должны сопровождаться документом о качестве. В документе о качестве кроме характеристик, предусмотренных требованиями стандарта, должны быть указаны характеристики, предусмотренные дополнительными требованиями настоящих Правил.

2.8. Дополнительные требования, указываемые в заказе листов

2.8.1. В заказе на изготовление проката для основных элементов конструкций резервуаров наряду с наименованием марки стали, номером стандарта, геометрических размеров листов (толщины, ширины, длины) и их массы указываются следующие дополнительные требования:

симметричное расположение поля допуска по толщине или поле допуска с постоянным предельным нижним отклонением, равным 0,3 мм;

точность изготовления по толщине (ВТ или АТ), по ширине (АШ или БШ), по плоскостности (ПО или ПВ), по серповидности (СП);

масса партии (40 т);

ограничение углеродного эквивалента для стали класса прочности 390 и ниже ($C_{экв}$ 0,43%);

требования к ударной вязкости: тип образца (11, 12 или 13 согласно действующему стандарту, поперечные или продольные); температура испытания, °С; нормированная величина ударной вязкости (30, 35, 50, 60 или 70 Дж/см²).

Качество поверхности листов должно удовлетворять требованиям стандарта.

2.8.2. При заказе металлопроката по п. 2.3.3 требования к прокату по размерам, толщине, ширине, точности проката по толщине, плоскостности и серповидности характера кромки указываются в соответствии с установленными требованиями.

2.8.3. По требованию заказчика листы стали для основных элементов конструкций должны применяться с гарантией сплошности после ультразвукового контроля в соответствии со стандартом. Класс сплошности - 0; 1. Неконтролируемые зоны листа не должны превышать: у продольной кромки - 5 мм, у поперечной кромки - 10 мм.

2.9. Фасонный прокат

Фасонный прокат, входящий в состав основных элементов конструкций резервуаров (элементы каркаса стационарных крыш, опорные кольца резервуаров с плавающей крышей, подкосы, кольца жесткости стенки и др.), также должен удовлетворять требованиям к материалу, предусмотренным п. 2.2 и 2.6. Это оговаривается в соглашении изготовителя конструкций резервуара с поставщиком фасонного проката.

2.10. Материал вспомогательных конструкций

Требования к материалу вспомогательных конструкций должны соответствовать строительным нормам и правилам для строительных стальных конструкций с учетом условий эксплуатации, действующих нагрузок и климатических воздействий.

2.11. Сварочные материалы

Сварочные материалы (электроды, сварочная проволока, флюсы, защитные газы) должны выбираться в соответствии с требованиями технологического процесса изготовления и монтажа конструкций и выбранных марок стали. При этом применяемые сварочные материалы и технология сварки должны обеспечивать механические свойства сварного шва не ниже свойств, установленных требованиями для рекомендуемых в настоящих Правилах выбранных сталей.

2.12. Материал болтов и гаек

2.12.1. Материалом монтажных болтов и гаек, временно используемых при сборке элементов вспомогательных конструкций (лестниц, площадок, ограждений), а также крыш, опорных колец и т.п., допускается сталь марок 20пс или 20.

2.12.2. При выборе материала болтов и гаек для фланцевых присоединений трубопроводов к патрубкам следует учитывать расчетную температуру металла. При расчетной температуре до – 40 °С включительно для болтов и гаек рекомендуется сталь марки СтЗсп5, при расчетной температуре от – 40 °С до – 50 °С включительно - сталь марки 09Г2С категории 12, при расчетной температуре ниже – 50 °С - сталь марки 09Г2С категории 13.

2.12.3. Выбор марок стали для фундаментных болтов рекомендуется производить согласно действующему стандарту.

III. КОНСТРУКЦИЯ РЕЗЕРВУАРОВ

3.1. Сварные соединения и швы

3.1.1. Термины и определения сварных соединений принимать в соответствии с нормативными документами на сварку.

3.1.1.1. **Стыковое соединение** - сварное соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцевыми поверхностями.

3.1.1.2. **Угловое соединение** - сварное соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте их примыкания.

3.1.1.3. **Нахлесточное соединение** - сварное соединение двух элементов, расположенных параллельно и частично перекрывающих друг друга.

3.1.1.4. **Тавровое соединение** - сварное соединение, в котором торец одного элемента приварен под прямым углом к боковой поверхности другого элемента.

3.1.2. Термины и определения сварных швов.

3.1.2.1. **Стыковой шов** - сварной шов стыкового соединения с различной разделкой кромок: прямоугольной, Х-образной, К-образной, V-образной.

3.1.2.2. **Угловой шов** - сварной шов углового, нахлесточного или таврового соединения.

3.1.2.3. Типы сварных швов:

непрерывный шов - сварной шов без промежутков по длине;

прерывистый шов - сварной шов с промежутками по длине, участки шва должны быть не менее 50 мм;

прихватки, выполняемые для фиксации взаимного расположения свариваемых элементов.

3.1.3. Конструктивные элементы сварных соединений и швов, как правило, должны соответствовать требованиям стандартов на применяемый вид сварки:

для ручной дуговой сварки;

для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом;

для дуговой сварки в среде защитных газов.

3.1.4. Общие требования к сварным соединениям.

3.1.4.1. Сварные швы соединений должны быть прочными и соответствовать основному металлу по показателям стандартных механических свойств металла шва: пределу текучести, временному сопротивлению, относительному удлинению, ударной вязкости, углу загиба.

3.1.4.2. Для улучшения коррозионной стойкости металл шва и основной металл по химическому составу должны быть близки друг к другу.

3.1.4.3. Технологию сварки следует выбирать таким образом, чтобы избежать возникновения значительных сварочных деформаций и перемещений элементов конструкций.

3.1.5. Ограничения на сварные соединения и швы.

3.1.5.1. Прихватки не рассчитываются на силовые воздействия.

3.1.5.2. Стыковые соединения деталей неодинаковой толщины при разнице, не превышающей значений, указанных в табл. 3.1, могут выполняться так же, как и деталей одинаковой толщины; конструктивные элементы разделки кромок и размеры сварочного шва следует выбирать по большей толщине.

Таблица 3.1

Толщина тонкой детали, мм	Допускаемая разница толщины, мм
до 4	1
свыше 4 до 20	2
свыше 20 до 30	3
свыше 30	4

При разности в толщине свариваемых деталей выше значений, указанных в табл. 3.1, на детали, имеющей большую толщину, должен быть сделан скос под углом 15° с одной или с двух сторон до толщины тонкой детали. При этом конструкцию разделки кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

3.1.5.3. Не допускается смещение свариваемых кромок более:

а) 1,0 мм - для деталей толщиной $t = 4 - 10$ мм;

б) $0,1 t$ - для деталей толщиной $t = 10 - 40$ мм, но не более 3 мм.

3.1.5.4. Максимальные катеты угловых сварных швов не должны превышать 1,2 толщины более тонкой детали в соединении.

3.1.5.5. Для деталей толщиной 4-5 мм катет углового сварного шва должен быть равен 4 мм.

Для деталей большей толщины катет углового шва определяется расчетом или конструктивно, но должен быть не менее 5 мм.

3.1.5.6. Заводские сварные соединения рулонных заготовок выполняются встык.

3.1.5.7. Нахлесточное соединение со сваркой с одной стороны допускается при сборке днища и крыши из рулонных заготовок с величиной нахлестки не менее 30 мм. При полистовой сборке днищ и крыш допускаются сварные соединения листов встык на подкладке и нахлесточные соединения с величиной нахлестки $5t$, но не менее 30 мм.

3.2. Применяемые соединения

3.2.1. Вертикальные соединения стенки.

Вертикальные соединения стенки должны быть стыковыми с полным проплавлением по толщине листов (рис. 3.1).

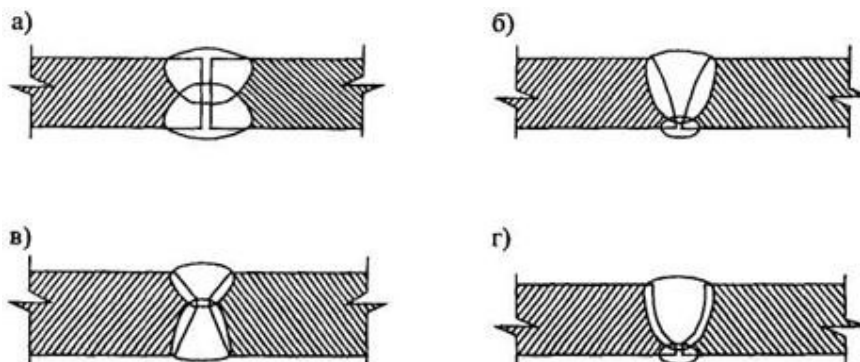


Рис. 3.1. Вертикальные стыковые соединения стенки:
а) - без разделки кромок; б) - со скосом двух кромок; в) - с двумя скосами кромок;
г) - с криволинейным скосом кромок

Вертикальные соединения листов в прилегающих поясах стенки должны быть смещены относительно друг друга на расстояние не менее $8t$, где t - наибольшая из толщин листов прилегающих поясов.

Для резервуаров II и III классов при изготовлении стенки из рулонных полотнищ допускаются вертикальные заводские и монтажные стыковые соединения без смещения.

Расстояния между швами патрубков, усиливающих листов и швами стенки должны быть не менее: до вертикальных швов - 250 мм, до горизонтальных швов - 100 мм.

Вертикальные соединения первого пояса стенки должны располагаться на расстоянии не менее 100 мм от стыков окраек днища.

3.2.2 Горизонтальные соединения стенки.

Горизонтальные соединения листов должны выполняться двусторонними стыковыми швами с полным проплавлением (рис. 3.2).

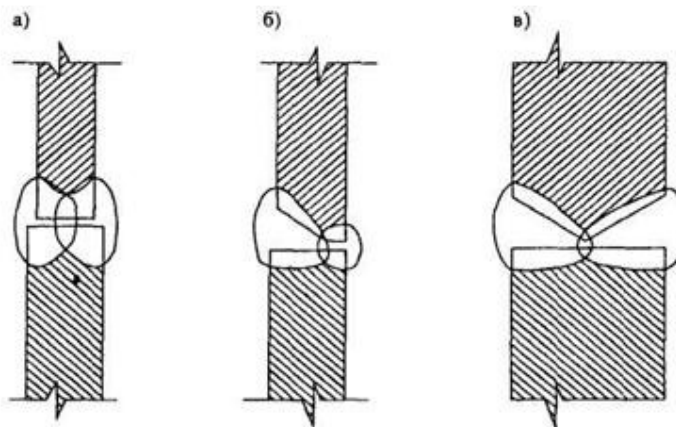


Рис. 3.2. Горизонтальные стыковые соединения стенки:
а) - без разделки кромок; б) - с криволинейным скосом одной кромки верхнего листа; в) - с двумя скосами одной кромки верхнего листа

Листы вышележащего пояса должны располагаться в пределах толщины листа нижележащего пояса. Взаимное расположение листов соседних поясов устанавливается проектом.

3.2.3. Соединения днища.

3.2.3.1. Стыковые соединения применяются при заводском изготовлении рулонированных полотнищ днищ. Стыковые соединения на остающейся подкладке применяются для сварки кольцевых окراек, а также при полистовой сборке центральной части днищ.

3.2.3.2. Нахлесточные соединения днища применяются для соединения между собой рулонированных полотнищ днищ, листов центральной части днищ при их полистовой сборке, а также для соединения центральной части днищ с кольцевыми окрайками (рис. 3.3, 3.4, 3.5).

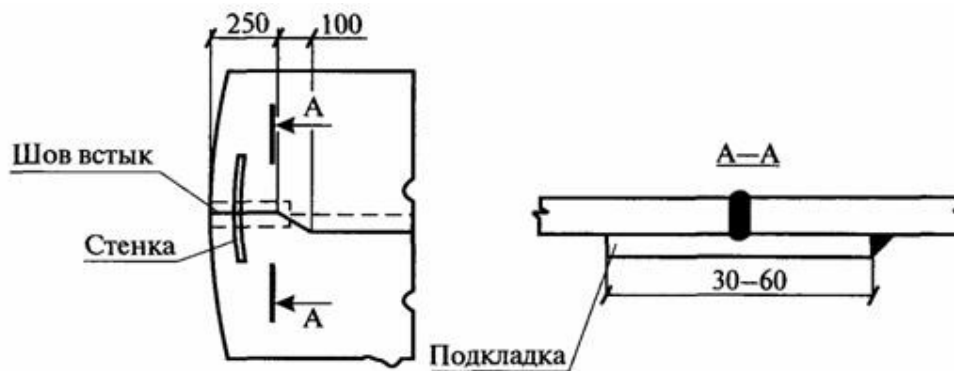


Рис. 3.3. Соединения полотнищ днища

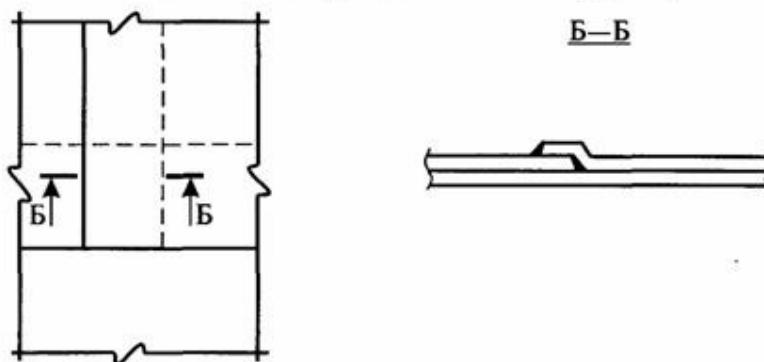


Рис. 3.4. Соединение листов центральной части днища

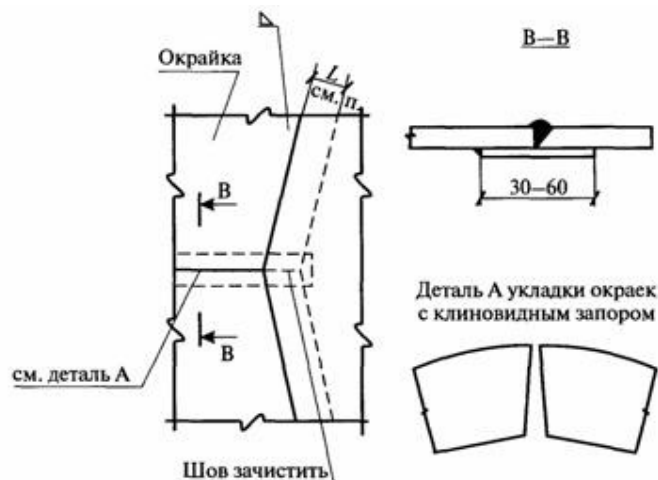


Рис. 3.5. Соединение центральной части с окрайками днища

3.2.4. Соединение днища со стенкой.

Для соединения днища со стенкой применяется тавровое соединение. Для резервуаров с толщиной листов нижнего пояса стенки 20 мм и менее рекомендуется тавровое сварное

соединение без разделки кромок (рис. 3.6, а). Размер катета каждого углового шва должен быть не более 12 мм и не менее номинальной толщины окрайки.

Для резервуаров с толщиной листов нижнего пояса стенки более 20 мм должно применяться тавровое сварное соединение с разделкой кромок, представленное на рис. 3.6, б. Сварные швы должны выполняться, как минимум, в два прохода.

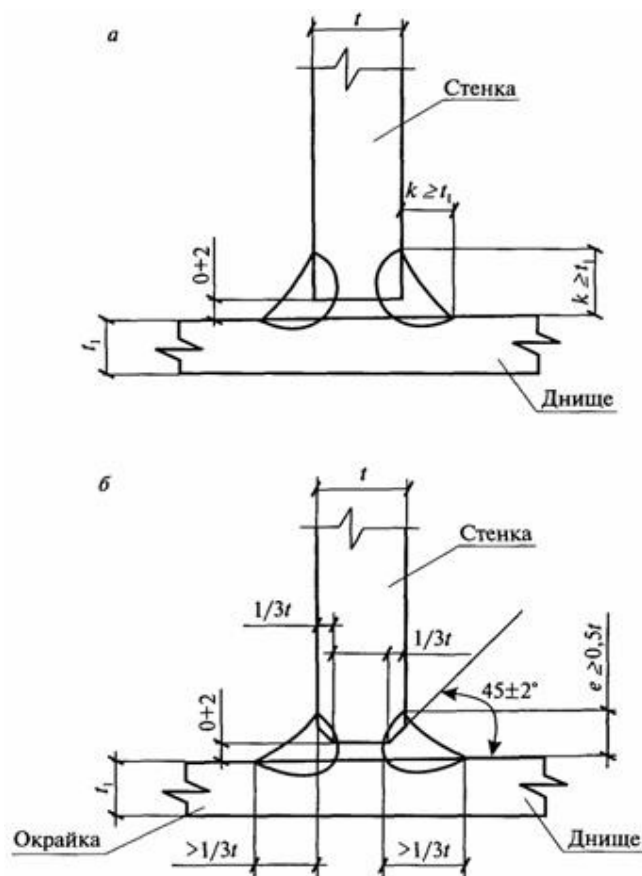


Рис. 3.6. Соединение днища со стенкой

3.2.5. Соединение листов крыши.

Для соединения листов крыши применяются стыковые и нахлесточные соединения.

3.2.6. Соединения стационарной крыши со стенкой резервуара (см. п. 3.7).

3.3. Исходные данные для проектирования

3.3.1. Общие положения:

расположение резервуаров - наземное на специально устроенном основании, выполненном по заданию заказчика;

геометрические параметры - с учетом строительных норм и правил, требований противопожарных норм и с учетом геологических изысканий площадки строительства (в приложении 1 приведены основные параметры резервуаров объемом от 100 до 50000 м³, которые предпочтительно применять в соответствии с требованиями настоящего документа);

метод изготовления (полистовое или рулонное исполнение) - задает заказчик.

3.3.2. Данные, представляемые заказчиком:

геометрические параметры или объем резервуара;

тип резервуара: со стационарной крышей (с понтоном или без понтона), с плавающей крышей и другие конструктивные особенности;

район строительства;

наименование хранимого продукта с указанием наличия вредных примесей в продукте (содержание серы, сульфидов водорода и т.д.) для обеспечения необходимых мероприятий;

удельный вес продукта;
 максимальная и минимальная температура продукта;
 избыточное давление и относительное разрежение;
 нагрузка от теплоизоляции;
 схема расположения и нагрузки от технологического оборудования;
 потребность в зачистных люках и зумпфах;
 оборачиваемость продукта (изменение уровня налива продукта во времени);
 уровень подтоварной воды;
 срок службы резервуара;
 припуск на коррозию элементов резервуара.

Данные должны быть согласованы заказчиком и проектировщиком.

3.3.3. При отсутствии полного задания следует руководствоваться п. 1.4 настоящих Правил.

3.4. Конструкция днища

3.4.1. Днища резервуаров могут быть плоскими или коническим с уклоном от центра или к центру (рекомендуемая величина уклона 1:100).

3.4.2. Все листы днища резервуаров объемом 1000 м³ и менее должны иметь номинальную толщину не менее 4 мм, исключая припуск на коррозию.

Днища резервуаров объемом от 2000 м³ и более должны иметь центральную часть и утолщенные кольцевые крайки. Все листы центральной части днища указанных резервуаров должны иметь номинальную толщину не менее 4 мм, исключая припуск на коррозию.

3.4.3. Кольцо из листов окраек должно быть круговой формы с внешней стороны, внутренняя граница окраек может иметь форму правильного многоугольника с числом сторон, равным числу листов окрайки. Радиальная ширина окрайки должна обеспечивать расстояние между внутренней поверхностью стенки и швом приварки центральной части днища не менее 300 мм.

Толщина кольцевых окраек должна быть не менее величин, приведенных в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Толщина нижнего пояса стенки резервуара, мм	Минимальная толщина кольцевой окрайки, мм
До 7 вкл.	6
8 - 11 вкл.	7
12 - 16 вкл.	9
17 - 20 вкл.	12
20 - 26 вкл.	14
Свыше 26	16

3.4.4. Кольцевые крайки собираются между собой с клиновидным зазором и свариваются между собой односторонними стыковыми швами на остающейся подкладке (см. рис. 3.5).

3.4.5. Центральная часть днища может быть выполнена как в листовом, так и в рулонном исполнении. Рулонные полотнища изготавливаются на заводе из листов, сваренных встык.

При монтаже центральной части днища листовым методом применяются нахлесточные и стыковые соединения на остающейся подкладке (см. рис. 3.4).

Нахлесточные соединения днищ свариваются угловым швом только с верхней стороны (см. рис. 3.3).

В зоне пересечения нахлесточного соединения днища с нижним поясом стенки должна быть образована ровная поверхность (см. рис. 3.5).

3.5. Конструкция стенки

3.5.1. Расчетные значения толщины листов стенки определяются исходя из проектного уровня налива продукта или воды при гидроиспытаниях. Номинальные толщины листов стенки резервуара назначаются с учетом минусового допуска на прокат и могут включать припуск на коррозию.

3.5.2. Номинальные толщины стенок резервуара определяются в три этапа:

предварительный выбор толщин поясов;

корректировка толщин при поверочном расчете на прочность, включая и расчет на сейсмическое воздействие для сейсмоопасных районов.

корректировка толщин при проведении расчета на устойчивость.

3.5.3. Предварительный выбор номинальных толщин поясов производится с помощью расчета на эксплуатационные нагрузки, на нагрузку гидроиспытаний и по конструктивным требованиям.

3.5.3.1. Минимальная расчетная толщина стенки t_c , в каждом поясе для условий эксплуатации рассчитывается по формуле

$$t_c = \frac{[g\rho(H-z)r]}{R_y \gamma_c}$$

где g - ускорение свободного падения в районе строительства;

r - плотность продукта;

H - высота налива продукта;

z - расстояние от дна до нижней кромки пояса;

r - радиус срединной поверхности пояса стенки резервуара;

R_y - расчетное сопротивление материала,

γ_c - коэффициент условий работы, равный 0,7 для нижнего пояса, равный 0,8 для всех остальных поясов.

3.5.3.2. Минимальная расчетная толщина стенки в каждом поясе для условий гидравлических испытаний рассчитывается по формуле:

$$t_g = \frac{[g\rho_w(H_g - z)r]}{R_y \gamma_c}$$

где r_w - плотность используемой при гидроиспытаниях воды;

H_g - высота налива воды при гидроиспытаниях;

$\gamma_c = 0,9$ - коэффициент условий работы при гидроиспытаниях для всех поясов одинаков (в дополнение к обозначениям п. 3.5.3.1).

3.5.3.3. Номинальная толщина t каждого пояса стенки выбирается из сортаментного ряда таким образом, чтобы разность t и минусового допуска Δ на прокат была не меньше максимума из трех величин:

$$t - \Delta \geq \max \{ t_c + c; t_g; t_k \}$$

где c - припуск на коррозию;

t_k - минимальная конструктивно необходимая толщина, определяется по табл. 3.3.

Таблица 3.3

Диаметр резервуара D , м	Толщина стенки t_k , мм		
	Рулонное исполнение		Полистовое исполнение
	Стационарная крыша	Плавающая крыша	
$D < 16$	4	4	5
$16 \leq D < 25$	6	5	7
$25 \leq D < 35$	8	6	9
$D \geq 35$	10	8	10

3.5.4. Поверочный расчет на прочность и расчет на устойчивость проводятся для расчетной толщины t_p поясов, которая определяется как разность номинальной толщины t , минусового допуска на прокат и припуска на коррозию

$$t_p = t - \Delta - c$$

Поверочный расчет на прочность для каждого пояса стенки резервуара проводится по формуле

$$(\sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2)^{0,5} = \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n}$$

или по формуле

$$\sigma_2 = \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n}$$

где σ_1 - меридиональное напряжение;

σ_2 - кольцевое напряжение;

g_c - коэффициент условий работы, принимается по п. 3.5.3.1;
 g_n - коэффициент надежности по назначению, для резервуаров:
 $g_n = 1,1$ - I класса,
 $g_n = 1,05$ - II класса,
 $g_n = 1,0$ - III класса.

Расчетные формулы приведены для резервуара со стационарной крышей. При расчете резервуара с плавающей крышей нагрузки в формулах пп. 3.5.4.1, 3.5.4.2, обремененные своим происхождением стационарной крыше, не учитываются.

3.5.4.1. Кольцевое напряжение σ_2 вычисляется для нижней точки каждого пояса:

$$\sigma_2 = \frac{[g_c \rho (H - z) + 1,2 P_x] r}{t_F}$$

где P_x - избыточное давление в резервуаре (в дополнение к обозначениям п. 3.5.3.1).

В формуле учтен коэффициент надежности по нагрузке для избыточного давления в резервуаре.

3.5.4.2. Меридиональное напряжение σ_1 с учетом коэффициентов надежности по нагрузке и коэффициентов для основного сочетания нагрузок вычисляется для нижней точки пояса по формуле

$$\sigma_1 = \frac{[1,05 G_m + 0,95(1,05 G_o + 1,2 G_y)]}{(2 p r t_p)} + \frac{(0,9 \times 1,4 s - 0,95 \times 1,2 P_x) r}{(2 t_F)}$$

где G_m - масса металлоконструкций выше расчетной точки,
 G_o - масса стационарного оборудования выше расчетной точки,
 G_y - масса утеплителя выше расчетной точки,
 s - полное нормативное значение снеговой нагрузки.

3.5.4.3. Расчет на сейсмическое воздействие выполняется специализированной организацией.

3.5.4.4. При невыполнении условия п. 3.5.4 следует увеличить толщину соответствующего пояса.

3.5.5. В качестве альтернативного варианта по согласованию с заказчиком минимальные расчетные толщины t_c каждого пояса стенки для условий эксплуатации и минимальные расчетные толщины t_g для условий гидравлических испытаний могут назначаться на основе расчета наибольших мембранных кольцевых напряжений σ_2 в каждом поясе стенки, рассматриваемой как составная цилиндрическая оболочка переменной толщины. Граничные условия в месте сопряжения стенки с днищем задаются в виде нулевых радиальных перемещений и изгибающего момента, равного пластическому моменту в листе окрайки. Подбор толщин производится итерационным методом, уменьшая начальную толщину, определенную по п. 3.5.3.1, пока выполняется условие п. 3.5.4.

Назначение минимальной толщины по описанной методике в резервуарах большого объема может уменьшить расчетную толщину поясов.

3.5.6. Расчет стенки резервуара на устойчивость выполняется с помощью проверки соотношения

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} < 1$$

где σ_{cr1} - первое (меридиональное) критическое напряжение,

σ_{cr2} - второе (кольцевое) критическое напряжение.

3.5.6.1. Первое критическое напряжение вычисляется по формуле

$$\sigma_{cr1} = \frac{C E t_{pmin}}{r}$$

где t_{pmin} - расчетная толщина самого тонкого пояса стенки (обычно верхний пояс).

Коэффициент C может быть вычислен по формулам

$$C = 0,04 + \frac{40 t_{pmin}}{r} \quad \text{при } 400 \leq \frac{r}{t_{pmin}} < 1220,$$

$$C = 0,085 - \frac{t_{pmin} \times 10^5}{r} \quad \text{при } 1220 \leq \frac{r}{t_{pmin}} \leq 2500.$$

3.5.6.2. Второе критическое напряжение вычисляется по формуле

$$s_{cr2} = 0,55E \left(\frac{r}{H_r} \right) \left(\frac{t_{pmin}}{r} \right)^{1,5}$$

где H_r - редуцированная высота резервуара, а при постоянной толщине стенки для резервуара со стационарной крышей H_r равно полной высоте стенки резервуара H_0 .

3.5.6.3. Редуцированная высота резервуара вычисляется по формуле

$$H_r = \sum_i h_i \left(\frac{t_{pmix}}{t_{pi}} \right)^{2,5}$$

где t_{pi} - расчетная толщина листа i -го пояса,

h_i - высота i -го пояса.

В резервуарах с плавающей крышей для верхнего пояса в качестве h_i берется расстояние от нижней кромки пояса до ветрового кольца.

3.5.6.4. Меридиональное напряжением вычисляется для нижней кромки участка стенки постоянной толщины по формуле

$$\sigma_1 = \frac{\left[1,05G_{ж} + 0,95(1,05G_0 + 1,3G_y) \right]}{(2pr_p)} + \frac{(0,9 \times 1,4s - 0,95 \times 1,2P_{вак})r}{(2t_p)}$$

где $P_{вак}$ - величина относительного разрежения в резервуаре (вакуум).

Знак напряжения сжатия s , условно заменен на положительный.

3.5.6.5. При расчете на устойчивость кольцевое напряжение s_2 в резервуарах со стационарной крышей зависит от $P_{вак}$ и эквивалентного ветрового внешнего давления $P_{вет}$

$$\sigma_2 = \frac{(0,95 \times 1,2P_{вак} + 0,9 \times 0,5P_{вет})r}{t_{pmin}}$$

где $P_{вет}$ - значение ветрового давления на уровне верха резервуара H_0 (в соответствии со строительными нормами и правилами).

Для резервуаров с плавающей крышей вместо $P_{вак}$ учитывается разрежение от ветра

$$s_2 = \frac{(0,9 \times 1,4P_{вет} + 0,9 \times 0,5P_{вет})r}{t_{pmin}}$$

где s - аэродинамический коэффициент, определяемый в зависимости от отношения высоты резервуара H_0 к его диаметру (в соответствии со строительными нормами и правилами).

Знак напряжения сжатия s_2 условно заменен на положительный.

3.5.6.6. При невыполнении условия п. 3.5.6 для обеспечения устойчивости стенки можно увеличить толщину верхних поясов или установить промежуточные кольца жесткости, или то и другое вместе.

3.5.7. Расчет положения промежуточных колец жесткости производится следующим образом. Обеспечить устойчивость стенки с помощью промежуточных колец жесткости возможно только при выполнении условия $s/s_{cr1} < 1$. В этом случае из соотношения п. 3.5.6 при известных s_1 , s_{cr1} , s_2 вычисляется величина второго критического напряжения s_{cr2} затем из соотношения п. 3.5.6.2 находится значение редуцированной высоты H_{max} , при котором условие п. 3.5.6 будет выполнено.

3.5.7.1. Место установки первого промежуточного кольца жесткости определяется по следующему алгоритму. Последовательно суммируются приведенные высоты поясов по формуле п. 3.5.6.3 начиная с верхнего пояса вниз. Высота верхнего пояса для резервуара с плавающей крышей по-прежнему отсчитывается от уровня ветрового кольца. В процессе суммирования находится номер j -го пояса, в котором приведенная высота переходит через значение H_{max} , а также приведенная высота H_j , соответствующая нижней кромке этого пояса. Высота установки кольца над нижней кромкой j -го пояса h_{jl} вычисляется по формуле

$$h_{jl} = \frac{(H_j - H_{rmax})}{\left(\frac{t_{pmin}}{t_{pj}} \right)^{2,5}}$$

Если расчетное место установки кольца попадает ближе 150 мм к горизонтальному сварному шву или есть конструктивные препятствия по установке кольца, место установки переносится выше.

Параметры кольца жесткости находятся по методике п. 3.6.4 в зависимости от диаметра резервуара.

3.5.7.2. После назначения места установки первого кольца жесткости продолжается расчет места установки второго (третьего, ...) кольца жесткости по алгоритму п. 3.5.7.1, полагая, что место стационарной крыши (ветрового кольца открытого резервуара) занимает предыдущее кольцо жесткости.

3.5.7.3. Если приведенная высота последнего участка между нижним кольцом жесткости и дном окажется существенно меньше допустимой H_{\max} , следует распределить общее количество колец по стенке таким образом, чтобы приведенные высоты всех участков были по возможности одинаковыми.

3.5.7.4. В качестве альтернативного варианта по согласованию с заказчиком расчет на устойчивость и определение положения промежуточных колец жесткости могут быть проведены методом конечного элемента с учетом различных толщин поясов оболочки. С помощью такого расчета могут быть уточнены количество и расположение колец жесткости, а также расчетные толщины поясов оболочки. Граничные условия для расчета задаются, как описано в п. 3.5.5.

3.6. Конструкция колец жесткости на стенке

3.6.1. Резервуары с плавающей крышей должны иметь верхнее кольцо жесткости, устанавливаемое на верхнем поясе стенки. В соответствии с расчетом на устойчивость стенки в резервуаре могут устанавливаться промежуточные кольца жесткости, количество которых и положение на стенке определено в п.п. 3.5.7.1 - 3.5.7.3.

3.6.2. Верхнее кольцо жесткости резервуара без стационарной крыши, используемое в качестве обслуживающей площадки, должно иметь ширину не менее 800 мм и иметь ограждения по внешней стороне. Кольцо жесткости должно оборудоваться опорами в виде подкосов, прикрепляемых к стенке резервуара.

3.6.3. Сечение верхнего кольца жесткости подбирается из условия действия в нем максимального изгибающего момента M , который вычисляется по формуле

$$M = 0,0186 \times 1,4 P_{\text{вет}} r^2 H_0$$

В формуле коэффициент надежности по ветровой нагрузке принят равным 1,4.

3.6.3.1. Если верхнее кольцо жесткости выполнено из листа и приварено к стенке сплошным угловым швом, в момент инерции кольца включаются части оболочки стенки шириной до 15 расчетных толщин листа пояса вверх и вниз от места сварки.

3.6.4. В случае необходимости установки промежуточных колец жесткости, место расположения которых рассчитано по методике п. 3.5.7.1, необходимое сечение подбирается из условия восприятия изгибающего момента

$$M = 0,0186 \times 1,4 P_{\text{вет}} r^2 H_{r, \max}$$

где $H_{r, \max}$ - значение редуцированной высоты стенки, определяемое по методике п. 3.5.7.

3.6.4.1. В момент инерции промежуточного кольца жесткости можно включить части оболочки шириной $2(rt_p)^{0.5}$ выше и ниже места приварки кольца или вычислять его относительно наружной поверхности стенки.

3.6.5. Сечение подкосов верхнего кольца жесткости и расстояние между ними определяются расчетом.

3.6.6. Кольца жесткости располагаются на стенке на расстоянии не менее 150 мм от горизонтальных швов стенки.

3.6.7. Конструкция