ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ СССР)

УКАЗАНИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

СН 326—65

Отменен, как устаревший
Заменен ВСН 326-75 Миннефтегазстрой.
см: БСТ №2, 1978 г. с. 33

МОСКВА—1966

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ СССР)

УКАЗАНИЯ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

СН 326—65

Утверждены
Государственным комитетом по делам строительства СССР
10 августа 1965 г.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва—1966

УДК 624 953.012.45 : 665 5

«Указания по проектированию железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов» разработаны институтом Союзводоканалпроект и НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР и экспериментально-конструкторским бюро ВНИИСТ Министерства газовой промышленности СССР, при участии НИИ оснований и подземных сооружений Госстроя СССР.

Редакторы — инженеры *С. Ю Дузинкевич*, *Л. П. Трусов, Н. С. Морозов* и канд. техн наук *Б. А. Калатуров*

3—2—1

План III кв 65 г, № 3

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР)	Строительные нормы Указания по проектированию железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов	СН 326 — 65 —

Настоящие указания распространяются на проектирование заглубленных и наземных цилиндрических и прямоугольных железобетонных резервуаров для нефти и темных нефтепродуктов.

Примечания: 1. К заглубленным относятся резервуары, в которых наивысший уровень жидкости находится ниже наинизшей планировочной отметки прилегающей территории (находящейся в пределах 6 *м* от стенки резервуара) не менее чем на 0,2 *м*, а к наземным относятся резервуары, днища которых находятся на одном уровне или выше наинизшей планировочной отметки прилегающей территории, а также резервуары, заглубленные менее чем на половину своей высоты.

2. Применение железобетонных резервуаров для светлых нефтепродуктов может быть допущено только при специальном обосновании.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПЛОЩАДКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

1.1. Основания под резервуары следует проектировать с учетом указаний, приведенных в главе СНиП II-Б.1-62 «Основания зданий и сооружений. Нормы проектирова-

Внесены Союзводоканалпроектом и НИИЖБом Госстроя СССР и ЭКБ ВНИИСТ Газпрома СССР	Утверждены Государственным комитетом по делам строительства СССР 10 августа 1965 г.	Срок введения 1 января 1966 г.

ния», а также требований, изложенных в настоящих указаниях.

1.2. При выборе площадки, предназначенной для строительства резервуарного парка, следует отдавать предпочтение площадкам с непросадочными, ненабухающими и непучинистыми грунтами (скальными, щебенистыми, галечниковыми, крупно- и мелкозернистыми песками), а также с глинистыми, залегающими на возвышенных участках местности, с обеспеченным стоком поверхностных вод и с установившимся уровнем грунтовых вод на 1—2 *м* ниже предполагаемой отметки заложения днищ резервуаров. Следует избегать строительства резервуаров на площадках с агрессивными для железобетона грунтовыми водами. При этом рекомендуется выбирать площадки, на которых грунты основания имеют однородную структуру по всей площади днища, во избежание неравномерной осадки резервуара.

Возможность использования в качестве естественных оснований скальных сильно выветрившихся или водорастворимых, песчаных рыхлых, глинистых текуче-пластичных, а также насыпных и искусственно намытых грунтов должна решаться для каждого отдельного случая в соответствии с результатами исследования этих грунтов.

1.3. При проектировании резервуаров необходимо учитывать сезонные и многолетние колебания уровня грунтовых вод, а также возможные колебания уровня грунтовых вод в связи с прокладкой инженерных коммуникаций или возведением плотин, запруд и других сооружений, могущих вызвать его повышение. При заложении днищ резервуаров ниже уровня грунтовых вод следует предусматривать мероприятия по искусственному понижению уровня грунтовых вод или проектировать конструкции резервуаров с учетом подпора грунтовых вод.

1.4. В случае агрессивности грунтовых вод или возможности их загрязнения агрессивными производственными водами следует предусматривать мероприятия, обеспечивающие долговечность резервуаров в соответствии с «Указаниями по проектированию антикоррозийной защиты строительных конструкций промышленных зданий в производствах с агрессивными средами» (СН 262—63).

1.5. При проектировании возводимых на просадочных грунтах железобетонных резервуаров для нефти и

нефтепродуктов, содержащих подтоварную воду, а также резервуаров, не имеющих подтоварной воды, но испытание которых должно производиться водой, надлежит руководствоваться главой СНиП II-Б.2-62 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах. Нормы проектирования» и «Указаниями по проектированию сетей и сооружений водоснабжения, канализации и тепловых сетей на просадочных грунтах» (СН 280—64).

2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

2.1. При возведении железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов следует применять бетоны, стойкие в среде продукта, для хранения которого предназначены резервуары, обладающие повышенной степенью непроницаемости по отношению к хранимому продукту, а также повышенными защитными свойствами по отношению к стальной арматуре в условиях воздействия агрессивной среды продукта.

В проекте должны быть указаны требования к составу бетона, определяемые с учетом настоящего раздела указаний.

2.2. Подбор состава бетона для железобетонных резервуаров следует производить в соответствии с главой СНиП I-В.3-62 «Бетоны на неорганических вяжущих и заполнителях» и СН 262—63.

2.3. Выбор цемента для бетона в зависимости от степени агрессивности хранимого в резервуарах продукта производится в соответствии с СН 262—63 и «Инструкцией по проектированию. Признаки и нормы агрессивности воды — среды для железобетонных и бетонных конструкций» (СН 249—63 *).

Для резервуаров под нефть и мазут рекомендуется применять бетон на сульфатостойком портландцементе, а также бетоны на низкоалюминатном портландцементе или на портландцементе с умеренной экзотермией, с добавкой растворимого стекла согласно п. 2.8 настоящих указаний. Водоцементное отношение для бетона не должно превышать 0,45.

2.4. Крупные заполнители для бетона должны отвечать требованиям ГОСТ 8267—64 «Щебень из естествен-

ного камня для строительных работ. Общие требования», или ГОСТ 10260—62 «Щебень из гравия для строительных работ. Общие требования», или ГОСТ 8268—62 «Гравий для строительных работ. Общие требования».

2.5. Максимальный размер частиц щебня или гравия не должен превышать $^1/_4$ наименьшего размера сечений элементов конструкций.

2.6. Песок для бетона должен отвечать требованиям ГОСТ 8736—62. «Песок для строительных работ. Общие требования», причем содержание отмучиваемых фракций в песке не должно превышать 1%.

2.7. Для приготовления бетона можно применять питьевую воду по ГОСТ 2874—54 или воду с pH $\geqslant$ 4 и содержанием сульфатов не более 2700 *мг/л* при общем содержании солей до 5 *г/л*.

2.8. Для повышения непроницаемости и плотности бетона, соприкасающегося с хранимым продуктом, рекомендуется применять добавку растворимого стекла с удельным весом 1,42 в количестве 3,5% веса цемента.

Применение для этой цели других добавок допускается после предварительной экспериментальной проверки.

2.9. Величины модуля упругости для бетона с добавкой 3,5% растворимого стекла от веса цемента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Начальные модули упругости бетона с добавкой растворимого стекла

Проектная марка бетона по прочности при сжатии	Начальные модули упругости в *кг/см²*
200	180 000
300	250 000
400	290 000
500	320 000

2.10. Выбор арматурных сталей для армирования железобетонных конструкций резервуаров следует производить в соответствии с главой СНиП I-В.4-62 «Арматура для железобетонных конструкций», а также разделом 2 главы СНиП II-В.1-62 «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования».

В качестве напрягаемой арматуры, навиваемой на цилиндрические резервуары, следует применять высокопрочную проволоку периодического профиля по ГОСТ 8480—63.

3. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ УКАЗАНИЯ

3.1. Выбор типа резервуаров следует производить с учетом его назначения и эксплуатационных требований, геологических, климатических и других местных условий строительства.

3.2. Основным типом резервуаров для хранения нефти и мазута следует считать цилиндрические сборные (с монолитным днищем) вертикальные резервуары, герметичность которых достигается за счет применения плотных бетонов и обжатия всех конструктивных элементов.

3.3. При выборе формы резервуара следует учитывать, что прямоугольные резервуары более чувствительны к неравномерным осадкам, температурным и сейсмическим воздействиям, чем цилиндрические.

3.4. Высоты резервуаров (в *м*) рекомендуется принимать:

для заглубленных цилиндрических резервуаров при емкости:

от 100 до 250 *м*³	3,6
» 500 » 3000 »	4,8
» 5000 » 10 000 »	7,8
более 10 000 »	9

для заглубленных прямоугольных резервуаров при емкости:

от 100 до 500 *м*³	3,6
» 1000 » 6000 »	4,8

для наземных цилиндрических резервуаров при емкости:

до 1000 *м*³	6
2000 *м*³ и более	12

Применение резервуаров иной высоты допускается только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

3.5. При проектировании железобетонных резервуаров следует принимать:

а) диаметры заглубленных цилиндрических резервуаров емкостью 500 *м*³ и более — кратными 6 *м*, а наземных резервуаров — кратными 3 *м*;

б) расстояние между осями колонн в прямоугольных резервуарах — кратными 6 *м*;

в) размеры железобетонных элементов для сборных резервуаров принимаются в соответствии с номенклату-

рой унифицированных изделий для резервуаров различного назначения.

3.6. Днище резервуаров следует, как правило, выполнять монолитным из плотного бетона проектной марки по

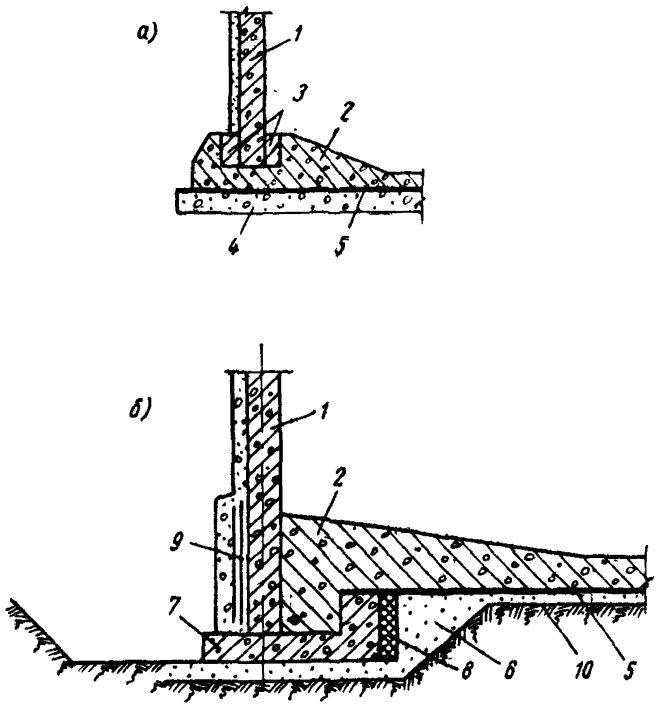


Рис. 1. Узлы сопряжения стены с днищем

а — с днищем без предварительного напряжения; *б* — с днищем, предварительно напряженным; *1* — стена резервуара; *2* — утолщенная часть днища; *3* — заделка бетоном; *4* — бетонная подготовка; *5* — пергамин или толь (*1—2 слоя*); *6* — песок; *7* — кольцевой фундамент; *8* — податливая прокладка; *9* — напрягаемая кольцевая арматура; *10* — утрамбованный щебнем грунт основания или бетонная подготовка

прочности на сжатие не ниже 200 и по водопроницаемости В-8. В резервуарах емкостью 5000 $м^3$ и более днище рекомендуется проектировать предварительно напряженным.

Примеры конструктивного решения узлов сопряжения днища со стеной приведены на рис. 1.

3.7. При проектировании предварительно напряженной конструкции днища следует предусматривать мero-

приятия по уменьшению сил трения между днищем и основанием и между днищем и подколонниками. Рекомендуется: под днищем по утрамбованному щебнем грунту основания укладывать слой песка толщиной 30—50 *мм*, покрытого насухо одним-двумя слоями пергамина или толя с проклейкой швов, а между подколонниками и днищем прокладывать насухо два слоя пергамина по выравнивающему слою раствора. Коэффициент трения между

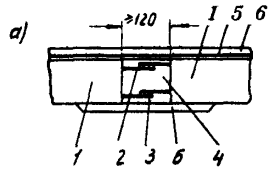
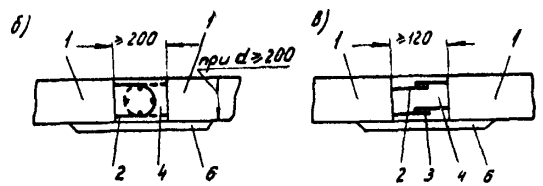


Рис. 2. Конструкции стыков стеновых панелей

а — цилиндрических резервуаров; *б*, *в* — прямоугольных резервуаров; *1* — стеновые панели; *2* — монтажные выпуски арматуры; *3* — сварка выпусков арматуры; *4* — бетон стыка; *5* — напрягаемая кольцевая арматура; *6* — торкрет



днищем и основанием следует принимать равным 0,5—0,6.

3.8. Под днищами, устраиваемыми без предварительного напряжения, при грунтах основания, насыщенных водой, рекомендуется предусматривать двухслойную обмазочную битумную изоляцию по бетонной подготовке вместо пергамина.

3.9. В резервуарах, требующих зачистки, по поверхности днища рекомендуется устраивать набетонку с уклоном 0,002—0,005 в сторону приямка зачистного насоса.

3.10. Стены железобетонных резервуаров рекомендуется проектировать, как правило, сборными с применением плотного бетона проектной марки по прочности на сжатие не ниже 200 и по водопроницаемости В-8.

Стыки между панелями стен должны быть замоноличены плотным бетоном, проектная марка которого долж-

на быть равна или выше проектной марки бетона стеновых панелей.

Рекомендуемые типы стыков между стеновыми панелями цилиндрических и прямоугольных резервуаров приведены на рис. 2.

Другие типы стыков могут применяться только после их экспериментальной проверки на прочность и герметичность.

3.11. Обжатие стен монолитных и сборных резервуаров напрягаемой кольцевой арматурой должно производиться после того, как прочность бетона в стыках сборных резервуаров и в стенах монолитных резервуаров достигнет не менее 70% проектной прочности.

Шаг между витками напрягаемой арматуры определяется расчетом. При диаметре арматуры 5 *мм* шаг должен быть не менее 10 *мм* и не более 140 *мм*. Уменьшение шага навивки до 7 *мм* может быть допущено только для промежуточных слоев при многослойной навивке.

3.12. Навитую арматуру рекомендуется защищать от коррозии путем нанесения торкретом двух слоев цементного раствора общей толщиной 25 *мм*, а для наземных резервуаров не менее 30 *мм* При многослойной навивке должна производиться защита каждого слоя навитой арматуры отдельно.

3.13. Покрытия железобетонных резервуаров, предназначаемых для нефти, следует проектировать сборными предварительно напряженными. Сборные покрытия резервуаров, предназначенных для мазута, допускается выполнять без предварительного напряжения.

Предварительно напрягаемые сборные покрытия цилиндрических резервуаров рекомендуется выполнять из плоских плит сплошного сечения, укладываемых по балкам

Предварительное напряжение такого покрытия осуществляется путем многослойной навивки кольцевой напряженной арматуры по контуру, производимой после замоноличивания стыков и после достижения бетоном 70% проектной прочности. Рекомендуемое решение узла сопряжения этого покрытия со стеной приведено на рис. 3.

Покрытия резервуаров, предназначаемых для малоиспаряющихся нефтепродуктов, следует выполнять сборными преимущественно из ребристых плит, укладываемых по балкам.

3.14. Толщина защитного слоя бетона в железобетонных элементах резервуаров должна приниматься по главе СНиП II-В.1-62 «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования»; при этом толщина его не должна быть менее указанной в СН 262—63.

3.15. При проектировании резервуаров, предназначаемых для хранения вязкой нефти и нефтепродуктов, тре-

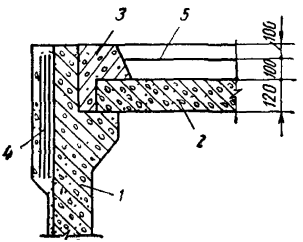


Рис. 3. Узел сопряжения стенки с напряженным покрытием

1 — стена резервуара; *2* — покрытие; *3* — бетон; *4* — напрягаемая кольцевая арматура; *5* — слой воды (экран)

бующих подогрева при перекачке, следует определять целесообразность утепления резервуаров на основании теплотехнических и технико-экономических расчетов.

3.16. При размещении резервуарного оборудования на покрытии необходимо предусматривать минимальное количество типоразмеров железобетонных элементов с отверстиями и закладными деталями. Заделка закладных деталей должна обеспечивать необходимую герметичность.

3.17. В цилиндрических резервуарах с предварительно напряженными стенами технологические трубопроводы следует, как правило, пропускать через днище.

3.18. При отсутствии сальников в местах пропуска труб необходимо предусматривать компенсирующие устройства на трубопроводе вне резервуара.

4. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ РЕЗЕРВУАРОВ

4.1. При расчете железобетонных резервуаров нормативные нагрузки, коэффициенты перегрузки, точности натяжения, перегрева или переохлаждения следует принимать в соответствии с табл. 2—4.

Таблица 2

Нагрузки и воздействия на покрытие железобетонных резервуаров, коэффициенты перегрузки, точности натяжения арматуры, перегрева или переохлаждения

Наименование нагрузок и воздействия	Нормативные нагрузки в *кг/м²*	Коэффициент перегрузки, точности натяжения, перегрева или переохлаждения
Постоянные нагрузки и воздействия		
Собственный вес покрытия	По проекту	1,1 (0,9)
Вес утепляющего слоя:		
а) термоизоляционный материал	То же	1,2 (0,9)
б) грунты	»	1,3 (0,8)
Вес гидроизоляции и газоизоляции	»	1,2 (0,9)
Радиальное воздействие напрягаемой арматуры (в предварительно напряженных покрытиях)	»	1,1 (0,9)
Временные длительные нагрузки и воздействия		
Вес слоя воды на водонаполненных плоских покрытиях	»	1,1 (0,9)
Вес технологического и противопожарного оборудования (в местах его расположения)	По весу оборудования	1,2 (0,9)
Избыточное давление в газовом пространстве	По проекту, но не менее 200	В соответствии с паспортом дыхательной аппаратуры, но не менее 1,1
Температурные воздействия	По разделу 5 настоящих Указаний	1,1 (0,9)
Кратковременные нагрузки и воздействия		
Снеговая нагрузка	По главе СНиП II-А. 11-62	1,4
Монтажные нагрузки	По проекту	1,2
Вакуум в газовом пространстве	По проекту, но не менее 100	В соответствии с паспортом дыхательной аппаратуры, но не менее 1,1
Особые нагрузки и воздействия		
Сейсмические воздействия	По разделу 7 настоящих Указаний	

Таблица 3

Нагрузки и воздействия на стены железобетонных резервуаров и коэффициенты перегрузки, точности натяжения арматуры, перегрева или переохлаждения

Наименование нагрузок и воздействия	Нормативные нагрузки в *кг/м²*	Коэффициенты перегрузки, точности натяжения, перегрева или переохлаждения
Постоянные нагрузки и воздействия		
Нагрузки от покрытия	По табл. 2 настоящих Указаний	
Активное боковое давление грунта на стену резервуара	По формуле (1)	1,3 (0,8)
Радиальное воздействие напрягаемой кольцевой арматуры	По проекту	1,1 (0,9)
Временные длительные нагрузки и воздействия		
Нагрузки от покрытия	По табл. 2 настоящих Указаний	
Давление продукта	По формуле $p=\gamma H$	1,1
Вакуум в газовом пространстве	По табл. 2 настоящих Указаний	
Избыточное давление в газовом пространстве	По табл. 2 настоящих Указаний	
Температурные воздействия	По разделу 5 настоящих Указаний	1,1 (0,9)
Давление грунтовых вод	По разделу 6 настоящих Указаний	
Кратковременные нагрузки и воздействия		
Нагрузки от покрытия	По табл. 2 настоящих Указаний	
Нагрузки от монтажных и транспортных механизмов, материалов и т. д на призме обрушения грунтовой обсыпки	По проекту, но не менее 1000	1,3 (0,8)
Давление воды (при испытании резервуаров)	По формуле $p=\gamma H$	1,0

Продолжение табл 3

Наименование нагрузок и воздействия	Нормативные нагрузки в *кг/м²*	Коэффициенты перегрузки, точности натяжения, перегрева или переохлаждения
Особые нагрузки и воздействия		
Сейсмические воздействия	По разделу 7 настоящих Указаний	

Примечания 1. Величину активного бокового давления грунта на стену резервура q_1 в *кг/м²* следует определять по формуле

$$q_1 = n\gamma H \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right), \qquad (1)$$

где n — коэффициент перегрузки,
γ — объемный вес грунта засыпки в *кг/м³*;
H — расстояние от планировочной отметки грунта до расчетного уровня в *м*,
φ — угол внутреннего трения грунта в *град*

2. При определении величины давления продукта объемный вес его принимается равным 900 *кг/см³*

Таблица 4

Нормативные нагрузки и воздействия на днища железобетонных резервуаров и коэффициенты перегрузки, точности натяжения арматуры, перегрева или переохлаждения

Наименование нагрузок и воздействия	Нормативные нагрузки в *кг/м²*	Коэффициенты перегрузки, точности натяжения, перегрева или переохлаждения
Постоянные нагрузки и воздействия		
Нагрузки от покрытия	По табл 2 настоящих Указаний	
Вес стен и колонн	По проекту	1,1
Радиальное воздействие напрягаемой арматуры	То же	1,1 (0,9)
Временные и длительные нагрузки и воздействия		
Нагрузки от покрытия	По табл 2 настоящих Указаний	
Давление продукта	По формуле $p=\gamma H$	1,1
Избыточное давление в газовом пространстве	По табл 2 настоящих Указаний	
Технологическое оборудование	По весу оборудования	1,2 (0,9)

Продолжение табл. 4

Наименование нагрузок и воздействия	Нормативные нагрузки в *кг/м²*	Коэффициенты перегрузки, точности натяжения, перегрева или переохлаждения
Температурные воздействия	По разделу 5 настоящих Указаний	1,1 (0,9)
Давление грунтовых вод	По разделу 6 настоящих Указаний	
Кратковременные нагрузки		
Нагрузки от покрытия	По табл 2 настоящих Указаний	
Давление воды (при испытании резервуаров)	По формуле $p=\gamma H$	1,0
Особые нагрузки и воздействия		
Сейсмические воздействия	По разделу 7 настоящих Указаний	

Примечания 1. Указанные в скобках в табл. 2—4 значения коэффициентов перегрузки, точности натяжения, перегрева или переохлаждения принимаются в тех случаях, когда уменьшение соответствующих нагрузок приводит к ухудшению работы конструкций

2 Величина радиального воздействия предварительного напряжения кольцевой арматуры определяется по контролируемому напряжению в зависимости от рассматриваемой стадии работы элемента, условий натяжения арматуры и величины потерь, в соответствии с главой СНиП II-В 1-62 и настоящими Указаниями

4.2. Расчет резервуаров должен производиться с учетом следующих случаев загружения:

1) резервуар заполнен водой, но не обсыпан грунтом (случай испытания);

2) резервуар пустой, но обсыпан грунтом;

3) резервуар заполнен частично или полностью продуктом и обсыпан грунтом; кроме того, конструкции подвержены неравномерному нагреву или охлаждению;

4) резервуары следует рассчитывать на все указанные случаи загружения, принимая сочетания нагрузок в соответствии с главой СНиП II-А.11-62 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования».

4.3. Определение усилий в статически неопределимых конструкциях железобетонных резервуаров (в ре-

резервуарах с жесткими или неподвижно шарнирными соединениями конструктивных элементов) следует производить по упругой стадии.

4.4. Определение усилий в узлах сопряжений стен с покрытиями и днищами в статически неопределимых конструкциях железобетонных резервуаров рекомендуется производить по схемам, приведенным на рис. 4 и 5.

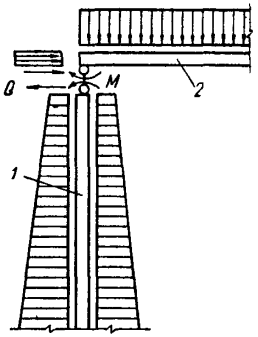


Рис. 4. Основная система резервуара при расчете узла сопряжения стены с покрытием

1 — стена; *2* — покрытие

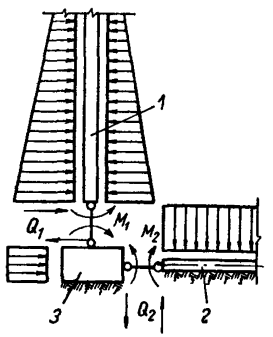


Рис. 5. Основная система резервуара при расчете узла сопряжения стены с днищем

1 — стена; *2* — днище; *3* — утолщенная часть днища

4.5. Днища резервуаров следует рассчитывать на изгиб из своей плоскости как плиту на упругом основании. При определении нагрузки, передаваемой от колонн на днище, следует считать, что нагрузка от колонн передается по всей площади башмака колонны равномерно.

4.6. При расчете сопряжения стен с днищами определение усилий и перемещений в днищах от изгиба допускается производить как для длинных полос на упругом основании единичной ширины.

4.7. При расчете днищ железобетонных резервуаров допускается принимать, что реакция основания на днище в каждой точке пропорциональна упругой осадке днища в этих точках.

4.8. При расчете узлов сопряжения стен цилиндрических резервуаров с ненапрягаемыми днищами радиаль-

ные перемещения плоских днищ допускается не учитывать.

При расчете узлов сопряжения стен с предварительно напряженными днищами радиальные перемещения следует определять, как для круглой пластины, нагруженной по контуру равномерно распределенной нагрузкой, при этом должны учитываться силы трения, возникающие между днищем и основанием.

4.9. Стены цилиндрических резервуаров следует рассчитывать как тонкие цилиндрические оболочки кругового очертания на нагрузки, приведенные в табл. 3, и осесимметричные краевые усилия, определяемые расчетом узлов сопряжения стен с днищами и покрытиями.

4.10. Кольцевые усилия N_0 в *кг/см* в стенах цилиндрических резервуаров при радиально подвижном опирании на днище, вызываемые осесимметричными нагрузками, распределенными по линейному закону по всей поверхности стен, следует определять по формуле

$$N_0 = Pr_{ср}, \tag{2}$$

где P — радиальное давление на стены в рассматриваемом уровне в *кг/см*^{2};

$r_{ср}$ — радиус срединной поверхности стены в *см*.

4.11. Расчет шарнирно опертых на днище стен цилиндрических резервуаров, при воздействии радиальных осесимметричных нагрузок, распределенных не по всей поверхности оболочки или по всей поверхности, но не по линейному закону, рекомендуется сводить к расчету полос (балок) единичной ширины на упругом основании, ограниченных двумя сечениями, параллельными образующей.

При расчете полос (балок) принимается, что реакция упругого основания на полосу в каждой точке пропорциональна упругой деформации полосы в этих точках

Коэффициент пропорциональности (постели) K в *кг/см*^{3}, служащий характеристикой жесткости основания, определяется по формуле

$$K = \frac{Ed}{r_{ср}^2}, \tag{3}$$

где E — модуль упругости бетона в *кг/см*^{2};

d — толщина стены оболочки в *см*.

4.12. Кольцевые усилия N_0 в *кг/см* в статически неопределимой системе, вызываемые нагрузками, приве-

денными в п. 4.1, и краевыми усилиями и перемещениями, определяются по формуле

$$N_0 = \sum_{i=1}^{n_1} N_{0i} + \sum_{j=1}^{n_2} N_j, \qquad (4)$$

где N_{0i} — усилия от внешних воздействий в основной системе в *кг/см*;

N_j — усилия от краевых сил в *кг/см*;

n_1 — число воздействий;

n_2 — число лишних неизвестных.

4.13. При расчете сборных стен цилиндрических резервуаров, составляемых из плоских сборных элементов, изгибающие моменты, возникающие от давления жидкости, находящейся в резервуаре, и давления грунта обсыпки, допускается определять как для многопролетных неразрезных балок с опорами в местах стыков между панелями.

Стены по высоте рекомендуется делить на зоны, принимая для каждой зоны равномерную нагрузку, равную по величине среднему давлению жидкости или грунта в этой зоне.

4.14. Стены прямоугольных резервуаров следует рассчитывать как балочные плиты или плиты, опертые по контуру (в зависимости от соотношения длины стен к высоте) на нагрузки и воздействия, приведенные в табл. 3.

4.15. Подбор сечений железобетонных конструкций резервуаров следует производить в соответствии с главой СНиП II-В.1-62 и настоящими Указаниями.

4.16. Днища и стены железобетонных резервуаров следует рассчитывать по прочности, по образованию или раскрытию трещин, а покрытия, кроме того, и по деформациям.

4.17. Днища, армируемые напрягаемой арматурой, следует относить к 1-й категории трещиностойкости и рассчитывать по образованию трещин на усилия от расчетных нагрузок без учета температурных воздействий, а также на усилия от нормативных нагрузок с учетом расчетных температурных воздействий.

Величина предварительного напряжения бетона днищ резервуаров должна быть не менее 20 *кг/см*^{2}.

4.18. Днища, армируемые ненапрягаемой арматурой, следует рассчитывать по раскрытию трещин на усилия от нормативных нагрузок с учетом температурных воздействий. При этом в резервуарах без внутренней облицовки ширина раскрытия трещин не должна быть более 0,1 *мм*, а в резервуарах с внутренней облицовкой — не более 0,2 *мм*.

4.19. Стены железобетонных резервуаров, армируемые напрягаемой кольцевой и вертикальной арматурой из высокопрочной проволоки, следует относить к 1-й категории трещиностойкости и рассчитывать по образованию трещин на усилия от расчетных нагрузок с учетом температурных воздействий.

Примечание Работа бетона в швах стен цилиндрических сборных резервуаров при расчете по образованию трещин на растягивающие кольцевые усилия не учитывается

4.20. Остаточные сжимающие кольцевые напряжения в стенах цилиндрических резервуаров, определяемые при первом случае загружения (см. п 4 2), с учетом всех потерь предварительного напряжения в кольцевой напрягаемой арматуре должны быть не менее 8 *кг/см*^{2}.

4.21. Величину потерь предварительного напряжения в кольцевой напрягаемой арматуре резервуаров следует определять по табл. 14 главы СНиП II-В 1-62. При этом потери напряжения в кольцевой напрягаемой арматуре от усадки и ползучести бетонов в сборных резервуарах со стыками из вибрированного бетона следует определять как для монолитных конструкций, условно принимая кубиковую прочность и модуль упругости бетона всей конструкции равными прочности и модулю упругости бетона стыков в момент навивки.

4.22. В сборных стенах железобетонных резервуаров, армируемых напрягаемой вертикальной стержневой арматурой из стали классов А-IV, Ат-IV и А-III, ширина раскрытия горизонтальных трещин не должна превышать 0,1 *мм*.

4.23. Стены цилиндрических и прямоугольных резервуаров, армированных ненапрягаемой арматурой, следует рассчитывать по раскрытию трещин на нормативные нагрузки; при этом величина раскрытия трещин от изгиба не должна быть более 0,1 *мм*. Величина раскрытия сквозных трещин от кольцевых растягивающих усилий в стенах цилиндрических резервуаров не должна быть более 0,05 *мм*.

4.24. Предварительно напряженные покрытия и их элементы следует относить ко 2-й категории трещиностойкости и рассчитывать по образованию трещин на нормативные нагрузки

Покрытия, армированные ненапрягаемой арматурой, следует также рассчитывать по раскрытию трещин на нормативные нагрузки, причем ширина раскрытия трещин не должна быть более 0,1 *мм*.

4.25. При расчете предварительно напряженных покрытий по деформациям следует учитывать выгиб, вызываемый воздействием напрягаемой арматуры.

4.26. Величины напряжений в арматуре σ_0 и σ_0' (без учета потерь), принимаемые в расчетах, как правило, должны быть для напрягаемой арматуры из высокопрочной проволоки — не более 0,65 $R_a^н$, для стержневой арматуры — не более 0,9 $R_a^н$

Допускается увеличение напряжения в напрягаемой арматуре из высокопрочной проволоки, применяемой для обжатия днищ и покрытий цилиндрических резервуаров до 0,75 $R_a^н$

4.27. Расчет оснований железобетонных резервуаров должен производиться в соответствии с главой СНиП II-Б 1-62

4.28. Глубина заложения днища резервуара определяется с учетом·

а) технологических требований,

б) гидрогеологических и геологических условий строительной площадки,

в) возможности пучения грунтов основания при промерзании;

г) глубины заложения фундаментов, примыкающих зданий и сооружений, а также подземных коммуникаций;

д) экономической целесообразности.

4.29. Расчет оснований железобетонного резервуара по деформациям (определение осадки оснований) следует производить с учетом давления жидкости в заполненном резервуаре, веса грунта обсыпки и влияния природного (бытового) давления грунта на уровне подошвы фундамента.

4.30. Разность осадок оснований железобетонных резервуаров не должна превышать следующих величин·

между осадкой под центральной частью днища и под

стеной цилиндрического резервуара — 0,0012 r, но не более 50 *мм*,

между осадкой под средней частью днища и под стеной прямоугольного резервуара — 0,001 $b_к$, но не более 50 *мм*;

между осями смежных фундаментов колонн, установленных на днище, — 0,0015 l, но не более 10 *мм*,

где r — радиус цилиндрических резервуаров в *м*,

$b_к$ — ширина прямоугольного резервуара в *м*;

l — расстояние между осями смежных фундаментов колонн в *м*

5. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ РЕЗЕРВУАРОВ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

5.1. Конструкции всех железобетонных резервуаров следует рассчитывать на температурные воздействия При этом температурные воздействия учитываются при расчете элементов резервуаров только по деформациям, образованию и раскрытию трещин.

Примечание При расчете конструкций железобетонных резервуаров по прочности влияние повышенных температур учитывается в соответствии с п 5 18 настоящих Указаний.

5.2. Конструкции типовых железобетонных резервуаров рекомендуется проектировать с учетом следующих температур хранимых продуктов

нефть — от —10° до +60° С,

светлые нефтепродукты (бензин, керосин, дизельное топливо, топливо для реактивных двигателей) — от —20° до +40° С;

мазут (и близкие к нему по физическим константам моторные топлива) — от —5° до +95° С

5.3. Определение осевых деформаций элементов резервуара (удлинение или укорочение) производится по средней расчетной температуре оси элемента $t^{y}_{ср}$. Под средней расчетной температурой (рис 6) понимается произведение ординаты условной трапецеидальной эпюры распределения температуры по сечению элемента вдоль его геометрической оси на коэффициент перегрева (переохлаждения) n_t

Величина коэффициента n_t определяется по табл 2, 3 и 4, при этом, если температурные воздействия, внешняя нагрузка и другие воздействия вызывают усилия од-

ного знака, n_t принимают равным 1,1, а при усилиях разного знака n_t принимается равным 0,9.

5.4. Определение температурных моментов и искривления осей элементов резервуаров производится по расчетной разности температур Δt.

Под расчетной разностью температур понимается разность краевых ординат t_2 и t_1 (рис. 6) трапецеидаль-

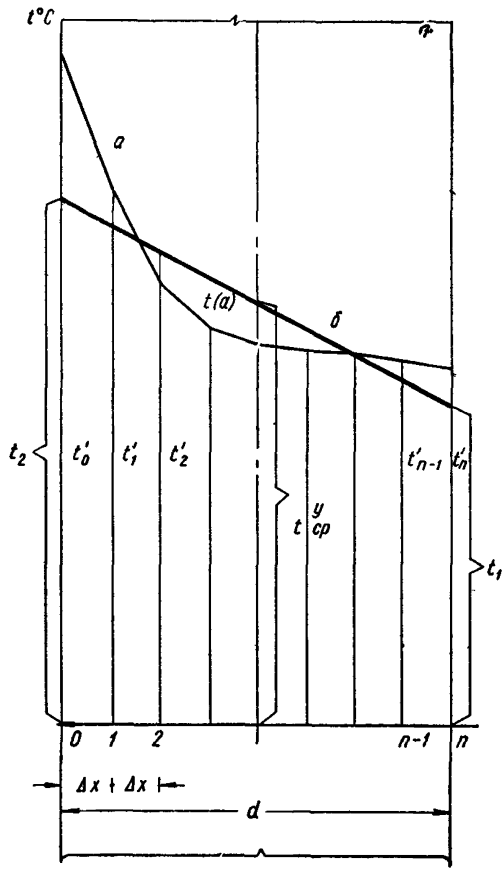


Рис. 6. Эпюры распределения температуры по толщине железобетонных стен, днищ и покрытий резервуаров при нестационарном режиме

а — действительная эпюра; *б* — условная трапецеидальная

ной эпюры распределения температуры по толщине элементов резервуара, которая по площади и статическому моменту площади эквивалентна действительной эпюре распределения этих температур, умноженная на коэффициент перегрева (переохлаждения) n_t:

$$\Delta t = (t_2 - t_1)\, n_t. \qquad (5)$$

При этом для стен цилиндрических резервуаров величина расчетной разности температур определяется как для плоской стены.

5.5. Распределение температуры по толщине сечений элементов резервуара и определение величины наибольшей разности температур принимается с учетом следующих факторов: вида продукта, его максимальной температуры при заполнении и опорожнении резервуара, температуры конструкции резервуара перед его заполнением или опорожнением, вида материала и толщины слоя обсыпки или изоляции резервуара, температуры окружающей среды, коэффициентов перегрева продукта или переохлаждения конструкций, скорости заполнения резервуара горячим или холодным продуктом или скорости нагрева продукта.

5.6. Величины физических характеристик тяжелого бетона, необходимые для расчета распределения температуры по сечениям элементов, а также температурных деформаций и усилий допускается принимать следующими:

коэффициент линейного расширения при нагреве (охлаждении) в пределах от —40 до +100° С $\alpha = 1 \times 10^{-5}$ *1/град*;

коэффициент теплопроводности $\lambda = 1{,}4$ *ккал/м · ч · град*;

коэффициент температуропроводности (диффузии тепла) $a = 3 \cdot 10^{-3}$ *м²/ч*.

Коэффициент теплоотдачи от продукта (мазут, нефть и пр.) к стене или днищу резервуара $\alpha_в$ определяется в каждом отдельном случае по опытным данным.

При отсутствии опытных данных коэффициент теплоотдачи для мазута марки 100 при температуре +95° С может быть принят равным 30 *ккал/м² · ч · град*, а для мазута марки 20 при той же температуре — 45 *ккал/м² × × ч · град*. Для типичной нефти при температуре +60° С следует принимать $\alpha_в = 60$ *ккал/м² · ч · град*, а при температуре +40° С — равным 45 *ккал/м² · ч · град*.

Коэффициент теплоотдачи с открытой поверхности бетона в воздух $\alpha_н$ при средней скорости ветра 5 *м/сек* и более следует принимать равным 20 *ккал/м²·ч·град*.

При средней скорости ветра менее 5 *м/сек* расчетную величину коэффициента теплоотдачи следует снижать в 2 раза (скорости ветра для различных районов приведены в главе СНиП II-А.6-62 «Строительная климатология и геофизика. Основные положения проектирования».

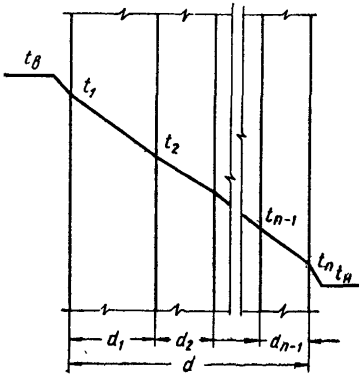


Рис. 7. Распределение температур по толщине многослойного элемента резервуара

5.7. При расчете трещиностойкости элементов резервуара расчетные температуры следует определять с учетом нестационарного теплового потока, а величину осевых деформаций — с учетом стационарного теплового потока.

5.8. Температура на внутренних и наружных поверхностях резервуара, а также ее распределение в теле конструкции определяется в зависимости от характера теплового режима и коэффициентов теплопроводности материалов, из которых выполнены стены, днище и покрытия резервуаров.

При стационарном тепловом режиме расчет распределения температур по толщине многослойного элемента резервуара (рис. 7) допускается производить по формулам:

$$q = \frac{t_в - t_н}{\frac{1}{\alpha_в} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{d_{n-1}}{\lambda_{n-1}} + \frac{1}{\alpha_н}}; \qquad (6)$$

$$t_1 = t_в - q\frac{1}{\alpha_в}; \qquad (7)$$

$$t_2 = t_в - q\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{d_1}{\lambda_1}\right); \qquad (8)$$

. . . . . .

$$t_n = t_{n-1} - q\frac{d_{n-1}}{\lambda_{n-1}}, \qquad (9)$$

где q — тепловой поток в *ккал/м² · ч*;
$t_в$ — температура продукта в *град*,
$t_н$ — температура внешней среды в *град*,
t_1 — температура внутренней поверхности элемента резервуара в *град*;
t_n — температура наружной поверхности элемента резервуара в *град*,
$t_2, \ldots, t_{n-1}$ — температура промежуточных слоев элемента резервуара в *град*;
$d_1, d_2, \ldots, d_{n-1}$ — толщина слоев из однородного материала в *м*,
$\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{n-1}$ — коэффициенты теплопроводности материала, принимаемые по главе СНиП II-А 7-62* «Строительная теплотехника. Нормы проектирования»

При нестационарном тепловом режиме расчет распределения температур по толщине элементов производится по уравнению теплопроводности (10), выраженному в конечных разностях

$$\frac{\Delta t}{\Delta \tau} = a\frac{\Delta^2 t}{\Delta x^2}, \qquad (10)$$

где Δt — изменение температуры в слое элемента толщиной Δx за интервал времени $\Delta \tau$

Для определения Δt может быть использован графический способ, при этом величины $\Delta \tau$ и Δx следует подбирать из условия

$$\Delta \tau = \frac{\Delta x^2}{2a},$$

где $\Delta \tau$ — интервал времени в *ч*,
a — коэффициент температуропроводности в *м²/ч*,
Δx — толщина слоя стены в *м*.

5.9. При расчете элементов железобетонных резервуаров (днищ, стен и покрытий) на воздействие температур следует:

для статически неопределимых элементов железобетонных резервуаров, в которых трещины допускаются, определение температурных усилий и перемещений

(деформаций) производить с учетом изменения средней расчетной температуры элементов и расчетной разности температур по толщине сечений элементов (см. пп. 5.3 и 5.4); такие элементы следует рассчитывать с учетом неупругих деформаций бетона, изменения его модуля упругости и наличия в бетоне трещин, используя способ последовательных приближений (см. п. 5.13);

для статически неопределимых элементов железобетонных резервуаров, в которых трещины не допускаются, определение температурных усилий и перемещений (деформаций) следует производить с учетом эпюры изменения температуры, исходя из рассмотрения конструкции резервуара как однородной упругой системы (при этом жесткости элементов определяют по указаниям п. 9.3 главы СНиП II-В.1-62 «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования»);

в статически определимых конструкциях, в которых трещины допускаются, температурные воздействия учитывают только при определении перемещений (деформаций) и ширины раскрытия трещин; при этом учитываются изменения средней расчетной температуры элементов и расчетной разности температур по толщине сечений элементов (см. п. 5.8);

для статически определимых элементов, в которых трещины не допускаются, температурные воздействия в расчетах по образованию трещин следует учитывать по разности эпюр изменения температур: действительной (криволинейной) и условной трапецеидальной.

5.10. Расчет статически неопределимых элементов резервуаров на температурные воздействия производится с учетом влияния продольных деформаций, но без учета влияния деформаций сдвига на перемещения основной системы.

5.11. При расчете статически неопределимых и статически определимых элементов резервуаров по образованию и ширине раскрытия трещин следует учитывать деформации от температурных воздействий, способные вызвать реактивные усилия упругого основания или силы трения по плоскостям контакта элементов резервуаров с грунтом или бетонной подготовкой.

5.12. Линейные смещения и углы поворота элементов резервуара следует определять в соответствии с рекомендациями настоящего раздела указаний и пп. 9.3—9.10 главы СНиП II-В.1-62.

5.13. Для определения перемещений плоских статически неопределимых железобетонных конструкций резервуаров рекомендуется применять способ последовательных приближений

В каждом из приближений при расчете по этому способу уточняются жесткости или кривизны тех участков элементов конструкции, в которых действующие усилия вызывают появление трещин в бетоне, а жесткости элементов на участках без трещин оставляют без изменения

По достижении удовлетворительной степени приближения определяются перемещения как для статически определимой системы

При использовании способа последовательных приближений достаточно ограничиться тремя приближениями, включая и первоначальный расчет резервуара как упругой системы

5.14. Расчет днища цилиндрического резервуара на температурные воздействия производится как для круглой плиты, лежащей на упругом основании, с учетом связей со стеной

5.15. Расчет стен цилиндрических резервуаров на температурные воздействия производится как для цилиндрических оболочек Граничные условия оболочки принимаются в зависимости от конструктивных связей ее с днищем и покрытием (см пп 4 3, 4 4)

При наличии обсыпки давление грунта на стену резервуара рекомендуется определять по формуле (1) с коэффициентом перегрузки, равным 0,8 (см табл 3)

5.16. Расчет днища прямоугольного резервуара на температурные воздействия может производиться как для плиты на упругом основании

5.17. Для снижения температурных усилий в элементах железобетонных резервуаров следует применять·

бетон повышенной прочности, позволяющий уменьшить толщины днищ, стен и покрытия,

мероприятия по уменьшению сил трения между днищем и основанием;

устройство температурных швов в прямоугольных заглубленных резервуарах длиной 50 *м* и более;

устройство теплоизоляции,

устройство по подогреву конструкций резервуара до залива в него продукта

5.18. При расчете элементов резервуара, температура которых может повышаться до 60° С и более, необходимо учитывать снижение прочности бетона вследствие его нагрева путем умножения расчетного сопротивления бетона на коэффициент $\gamma_б$.

Значение коэффициента $\gamma_б$ при температуре бетона 60° С следует принимать равным 0,85, а при температуре 95° С — 0,8. Модуль упругости бетона на сжатие $E_{бt}$ в *кг/см²* при температуре 60° С и выше определяется по формуле

$$E_{бt} = E_б \beta_б, \qquad (11)$$

где $E_б$ — начальный модуль упругости бетона, принимаемый по главе СНиП II-В.1-62 или табл. 1 настоящих Указаний;

$\beta_б$ — коэффициент, принимаемый равным 0,9 при температуре бетона 60° С и 0,8 при температуре бетона 95° С.

5.19. При расчете предварительно напряженных элементов резервуара, температура которых может превышать 40° С, следует учитывать потери предварительного напряжения арматуры, принимаемые равными сумме основных и дополнительных потерь, обусловленных нагревом элементов резервуара.

Основные потери предварительного напряжения следует определять по табл. 14 главы СНиП II-В.1-62, а дополнительные потери следует принимать равными от усадки бетона —600 *кг/см²*, от ползучести бетона —0,3 σ_2, от релаксации напряжения арматуры —0,0013 $(t_а - t_0)\sigma_0$, где $t_а$ — наибольшая температура нагрева арматуры при эксплуатации резервуара в *град*; t_0 — температура арматуры при изготовлении конструкции, принимаемая равной 20° С; σ_2 — потери предварительного напряжения от ползучести бетона, принимаемые согласно табл. 14 главы СНиП II-В.1-62; σ_0 — напряжение арматуры, принимаемое по п. 4.26 настоящих Указаний и по п. 5.6 главы СНиП II-В.1-62.

6. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ РЕЗЕРВУАРОВ НА ПОДПОР ГРУНТОВЫХ ВОД

6.1. Расчет резервуаров на подпор грунтовых вод производится в случаях заложения днищ резервуаров ниже максимального уровня грунтовых вод.

6.2. Расчет конструкции резервуаров на подпор грун-

товых вод сводится к дополнительной проверке резервуара на всплытие и проверке прочности и трещиностойкости днища и стенки от давления грунтовых вод при пустом и обсыпанном грунтом резервуаре.

6.3. Проверка на всплытие резервуара предусматривает соблюдение условия

$$N \leqslant \Sigma P, \tag{12}$$

где N — расчетная сила, поднимающая резервуар вверх, равная qF;

ΣP — сумма расчетных сил, удерживающих резервуар от всплытия.

6.4. Расчетная сила, поднимающая резервуар N в *кг*, принимается равной максимальному гидростатическому давлению грунтовых вод на днище резервуара с коэффициентом перегрузки 1,1.

Сумма расчетных сил, удерживающих резервуар от всплытия ΣP, складывается из:

P_1 — веса стен и покрытия резервуара (с учетом утепляющего слоя на покрытии) в *кг*;

P_2 — веса днища в *кг*;

P_3, P_4 — сил трения грунта о стену резервуара в *кг*;

P_5 — давления грунта на консоль днища в *кг*.

Схемы нагрузок на резервуары при расчете на всплытие приведены на рис. 8 и 9.

6.5. Силы трения грунта о стенку резервуара рекомендуется определять по формулам:

$$P_3 = Q_1 mnU \operatorname{tg} \varphi; \tag{13}$$

$$P_4 = Q_2 mnU \operatorname{tg} \varphi, \tag{14}$$

где Q_1 и Q_2 — активное боковое давление грунта на стену по пп. 6.6 и 6.7 в *кг*;

φ — расчетный угол внутреннего трения грунта в *град*;

m — коэффициент условия работы; может приниматься равным 0,7 для песчаных и 0,5 для гравелистых и глинистых грунтов;

n — коэффициент перегрузки, принимаемый равным 0,8;

U — периметр стен резервуара в *м*.

Примечание. Расчетный угол внутреннего трения грунта обсыпки φ принимается по опытным данным, а при отсутствии таковых — по табл. 13 СНиП II-Б.1-62 при максимальном коэффициенте пористости e.

6.6. При проверке на всплытие резервуара активное боковое давление грунта на стену в необводненной зоне на единицу длины стены в *кг/м* определяется с учетом сил сцепления грунта по формуле

$$Q_1 = \frac{1}{2}\gamma_1 H_1^2 \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) - 2CH_1 \operatorname{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) + \\ + \frac{2C^2}{\gamma_1}, \qquad (15)$$

где H_1 — высота слоя необводненного грунта в *м*;

γ_1 — объемный вес грунта в необводненной зоне в *кг/м*^{3};

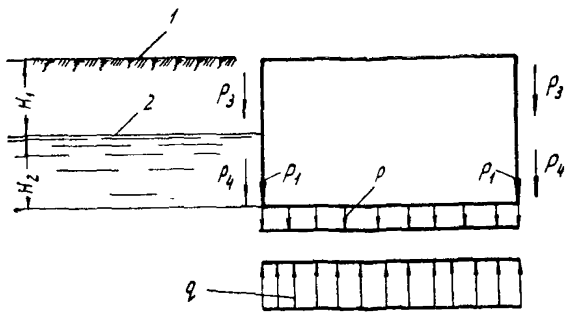


Рис. 8. Схема нагрузок на резервуар без консоли при проверке на всплытие

1 — уровень поверхности грунта; *2* — уровень грунтовых вод

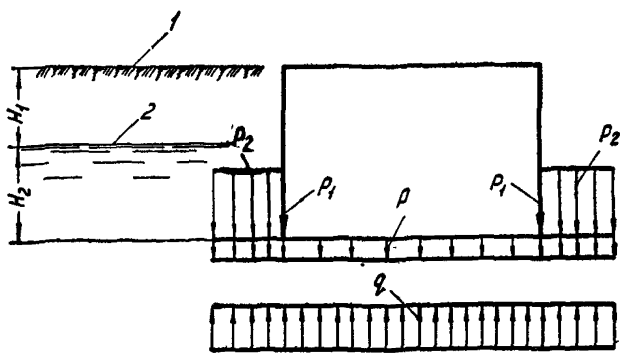


Рис. 9. Схема нагрузок на резервуар с консолью при проверке на всплытие

1 — уровень поверхности грунта; *2* — уровень грунтовых вод

C — сила сцепления грунта в *кг/м²*; принимается по опытным данным, а при отсутствии таковых — по табл. 13 СНиП II-Б.1-62.

6.7. При проверке на всплытие резервуара активное боковое давление грунта на стену в зоне обводнения на единицу длины стены в *кг/м* определяется по формуле

$$Q_2 = \left(\gamma_1 H_1 \cdot H_2 + \frac{1}{2}\gamma_{взв} H_2^2\right) \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right), \qquad (16)$$

где H_2 — расстояние от низа днища до максимального уровня грунтовых вод в *м*;

$\gamma_{взв}$ — объемный вес взвешенного в воде грунта в *кг/м³*.

Объемный вес $\gamma_{взв}$ взвешенного в воде грунта определяется по формуле

$$\gamma_{взв} = \frac{\gamma_у - \gamma_в}{1+\varepsilon}, \qquad (17)$$

где $\gamma_у$ — удельный вес грунта в *кг/м³*;

$\gamma_в$ — объемный вес воды в *кг/м³*;

ε — коэффициент пористости, принимаемый по табл. 13 СНиП II-Б.1-62.

6.8. Давление грунта на консоль днища определяется по формуле

$$P_5 = p_2 lU = \{\gamma_в (H_2 - h) l + [\gamma_{взв} (H_2 - h) + \gamma_1 H_1] ln\} U, \qquad (18)$$

где l — длина консоли днища в *м*;

h — толщина консоли в *м*;

n — коэффициент перегрузки, принимаемый равным 0,8;

U — периметр стен резервуара в *м*.

Примечание. При учете давления грунта на консоль силы трения грунта о стену резервуара P_3 и P_4 не учитываются

6.9. При учете удерживающих сил трения грунта о стены и давления грунта на консоль днища резервуара в проекте следует приводить требования об обязательном уплотнении грунта пазух и контроле за качеством уплотнения.

6.10. При расчете днища с учетом подпора грунтовых вод учитывается гидростатическое давление грунтовых вод в виде равномерно распределенной нагрузки по всей площади днища.

6.11. При расчете стены резервуара на прочность активное боковое давление грунта обсыпки и грунтовых вод q_1 в *кг/м*² определяется по формуле

$$q_1 = n(\gamma_1 H_1 + \gamma_{взв} H_2)\,\mathrm{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) + \gamma_в H_2, \qquad (19)$$

где n — коэффициент перегрузки, принимаемый равным 1,3

6.12. Проверка днища и стен резервуара на трещиностойкость (по третьему предельному состоянию) производится в соответствии с указаниями раздела 4.

7. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ РЕЗЕРВУАРОВ, ВОЗВОДИМЫХ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

7.1. При проектировании резервуаров, предназначенных для строительства в 8- и 9-балльных сейсмических районах, следует руководствоваться дополнительными указаниями, приведенными в главе СНиП II-А 12-62 «Строительство в сейсмических районах Нормы проектирования» и в настоящем разделе указаний При проектировании резервуаров в 7-балльных сейсмических районах сейсмические воздействия не учитываются

7.2. В сейсмических районах рекомендуется применять железобетонные резервуары цилиндрической формы

7.3. При определении величин сейсмических нагрузок, входящих в особые сочетания, учитываются следующие случаи загружения·

для заглубленных резервуаров — резервуар пустой; учитываются сейсмические инерционные нагрузки от грунта и собственного веса,

для наземных резервуаров—резервуар наполнен продуктом, учитываются сейсмические инерционные нагрузки от продукта и собственного веса

7.4. Величину инерционного сейсмического воздействия от нефти и нефтепродуктов на стены резервуаров допускается определять как для идеальной жидкости по формулам

$$p_m(z) = \gamma r K_c K_1; \qquad (20)$$

$$p_m(z, \theta) = P_m(z)\sin\theta, \qquad (21)$$

где $p_m(z)$ — давление жидкости на расстоянии z от днища резервуара в *кг/м²*;

$p'_m(z,\theta)$ — давление жидкости в точке с угловой координатой θ в *кг/м²*,

r — средний радиус резервуара (расстояние от центра до середины стены) в *м*;

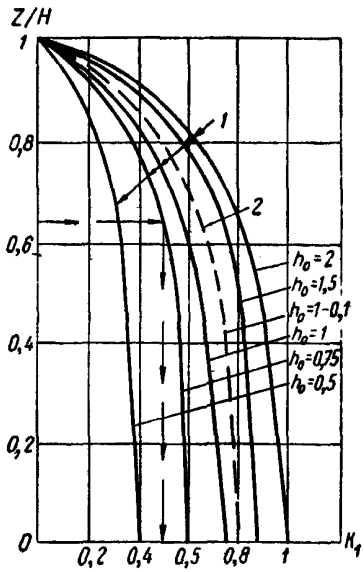


Рис 10 График для определения коэффициента K_1

1 — для цилиндрических резервуаров, *2* — для прямоугольных резервуаров, $h_0=\frac{H}{r}$ — для цилиндрических резервуаров, $h_0=\frac{H}{b}$ — для прямоугольных резервуаров, H—высота резервуара, r — радиус резервуара, b — длина или ширина прямоугольного резервуара, z — величина ординаты, отсчитываемой от днища резервуара

γ — объемный вес жидкости в *кг/м³*;

K_c — коэффициент сейсмичности, принимаемый по главе СНиП II-А 12-62;

K_1 — коэффициент, определяемый по графику, приведенному на рис. 10 в зависимости от отношения $\frac{z}{H}$ (где H — глубина слоя жидкости в резервуаре в *м*)

Эпюра сейсмического давления жидкости на стены цилиндрического резервуара приведена на рис. 11.

Величина равнодействующей этого давления X в *кг* определяется по формуле

$$X = \gamma \pi r^2 H K_c K_2, \qquad (22)$$

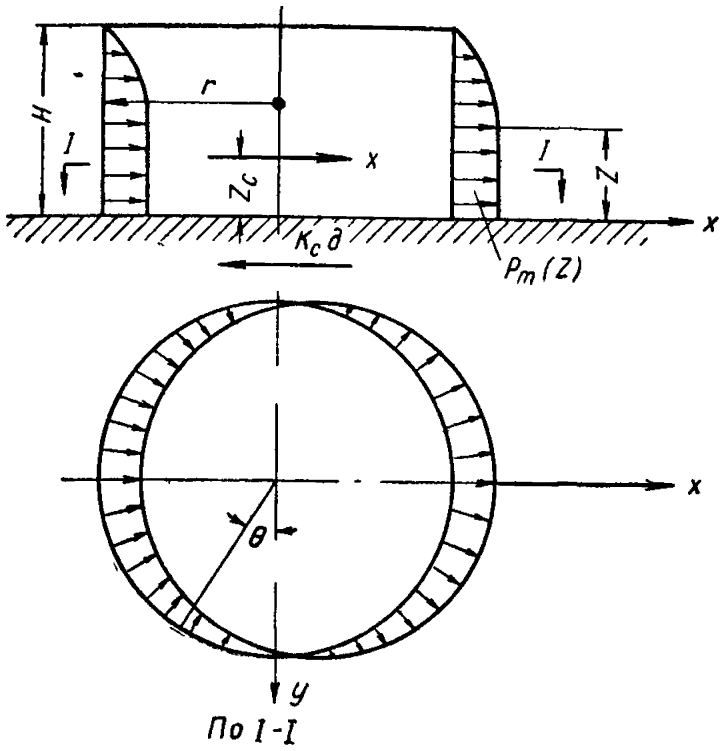


Рис 11 Эпюра сейсмического давления жидкости на стенку резервуара

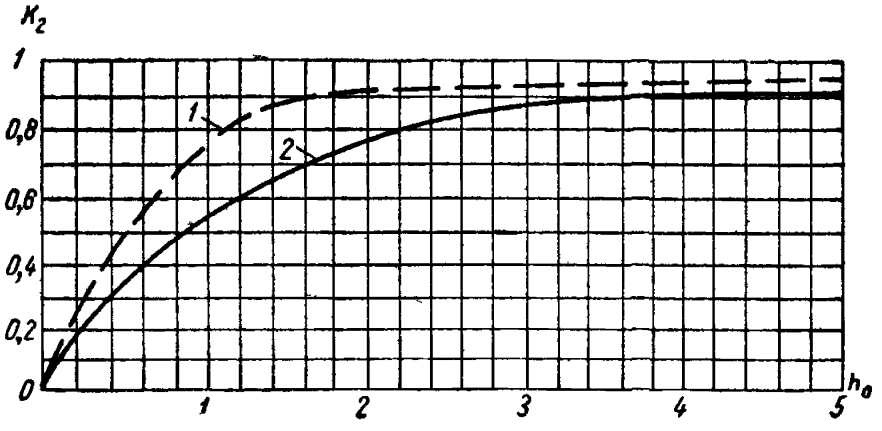


Рис 12 График для определения коэффициента K_2

1 — для цилиндрических резервуаров, *2* — для прямоугольных резервуаров, $h_0 = \frac{H}{r}$ — для цилиндрических резервуаров, $h_0 = \frac{H}{b}$ — для прямоугольных резервуаров, H — высота резервуара, r — радиус резервуара, b — длина или ширина прямоугольного резервуара

где K_2 — коэффициент, принимаемый по графику, приведенному на рис 12

Ордината точки приложения равнодействующей определяется по формуле

$$z_c = HK_3, \tag{23}$$

где K_3 — коэффициент, принимаемый по графику, приведенному на рис 13.

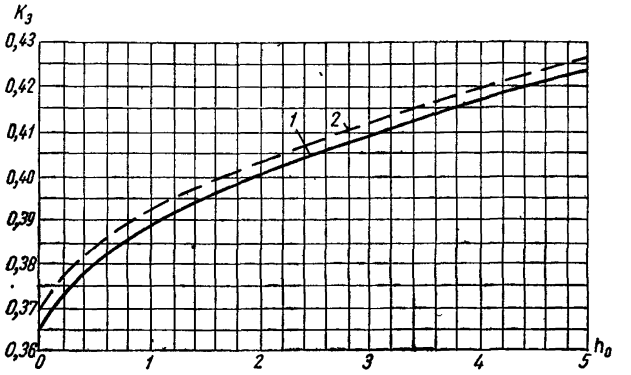


Рис 13 График для определения коэффициента K_3

1 — для цилиндрических резервуаров, *2* — для прямоугольных резервуаров, $h_0 = \frac{H}{r}$ — для цилиндрических резервуаров, $h_0 = \frac{H}{b}$ — для прямоугольных резервуаров, H — высота резервуара, r — радиус резервуара, b — длина или ширина прямоугольного резервуара

7.5. Нормальные к плоскости днища усилия в любой точке периметра цилиндрического резервуара $p(\theta)$ в *кг/м*, возникающие от гидродинамического давления продукта на стенки резервуара, определяются по формуле

$$p(\theta) = \gamma H^2 K_c K_2 K_3 \sin\theta, \tag{24}$$

где θ — угловая координата рассматриваемой точки.

7.6. Кольцевые усилия N в *кг/м* в стенах цилиндрических резервуаров от сейсмического давления жидкости определяются по формуле

$$N = p_m(z) r \sin\theta. \tag{25}$$

7.7. Величину инерционного сейсмического давления грунта на стены резервуаров следует определять в соответствии с п. 6.9 главы СНиП II-А.12-62.

7.8. Горизонтальную сейсмическую инерционную нагрузку от собственного веса резервуара в уровне покрытия S в *кг* следует определять по формуле

$$S = QK_c\beta, \tag{26}$$

где Q — собственный вес покрытия и половина собственного веса стен резервуара в *кг*;

K_c — сейсмический коэффициент;

β — коэффициент динамичности, принимаемый для заглубленных резервуаров равным 1,5, а для наземных 3.

7.9. Сопряжение покрытия со стеной резервуара должно быть рассчитано на сдвигающее усилие от веса покрытия, величина которого для цилиндрического резервуара определяется по формуле

$$s = qrK_c\beta, \tag{27}$$

где s — сдвигающее усилие на 1 *м* периметра стены в *кг*;

r — радиус резервуара в *м*;

q — нагрузка на 1 $м^2$ покрытия в $кг/м^2$;

β — коэффициент динамичности;

K_c — коэффициент сейсмичности.

8. УКАЗАНИЯ ПО ГЕРМЕТИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

8.1. При проектировании железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов должны быть приняты меры по обеспечению их герметизации с учетом требований, предъявляемых к хранению данного вида продукта.

8.2. Железобетонные резервуары для нефти и мазута следует проектировать без внутренней облицовки. Железобетонные резервуары для светлых нефтепродуктов, возведение которых может быть допущено только при соответствующем обосновании, следует проектировать с внутренней облицовкой.

8.3. Конструкции железобетонных резервуаров для нефти и мазута, как правило, следует проектировать предварительно напряженными и трещиностойкими с применением плотных бетонов.

8.4. Для повышения герметичности железобетонных резервуаров без внутренней изоляции на поверхность забетонированных швов между стеновыми панелями (в сборных резервуарах) и рабочих швов бетонирования (в монолитных резервуарах) с внутренней стороны резервуара рекомендуется наносить торкретом три слоя цементного раствора толщиной 20—25 *мм* (см. рис. 2).

8.5. Покрытия железобетонных резервуаров, на которых предусматривается установка дыхательной аппаратуры, должны быть герметичными.

В этом случае рекомендуется проектировать предварительно напряженное сборно-монолитное покрытие, выполняемое с применением плотных бетонов и водяного экрана (толщина слоя воды 100—120 *мм*).

Примечание. Герметизацию покрытия железобетонных резервуаров допускается также осуществлять с помощью полимерных материалов или другими способами, если надежность их предварительно проверена опытным путем.

8.6. В железобетонных резервуарах без дыхательной аппаратуры, предназначаемых для хранения мазута и других нефтепродуктов с низкой упругостью паров, герметизация покрытий необязательна.

В таких резервуарах следует предусматривать только гидроизоляцию покрытия путем укладки двухслойного руберойдного ковра на битумной мастике.

ОПЕЧАТКА

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
14	Примечание 2 к табл. 3	900 *кг/см*^{3}.	900 *кг/м*^{3}.

gost.e-ecolog.ru