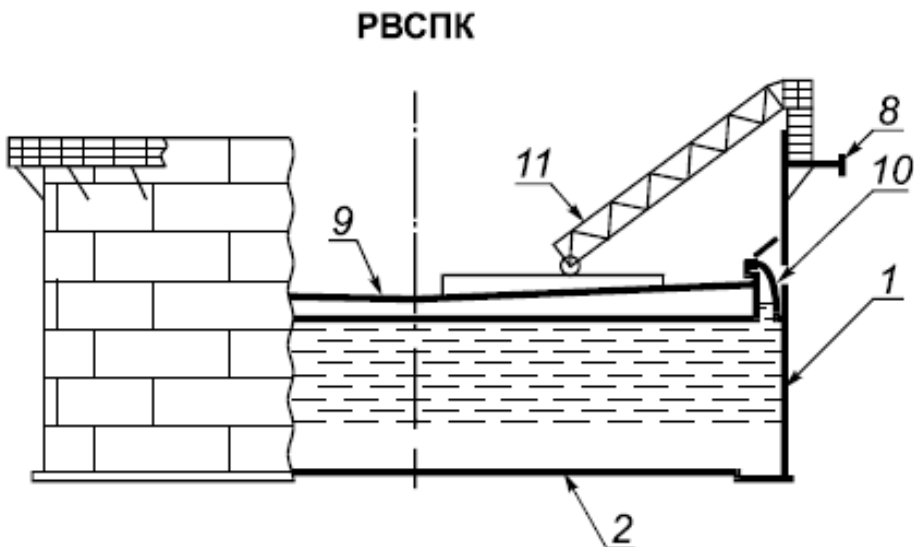
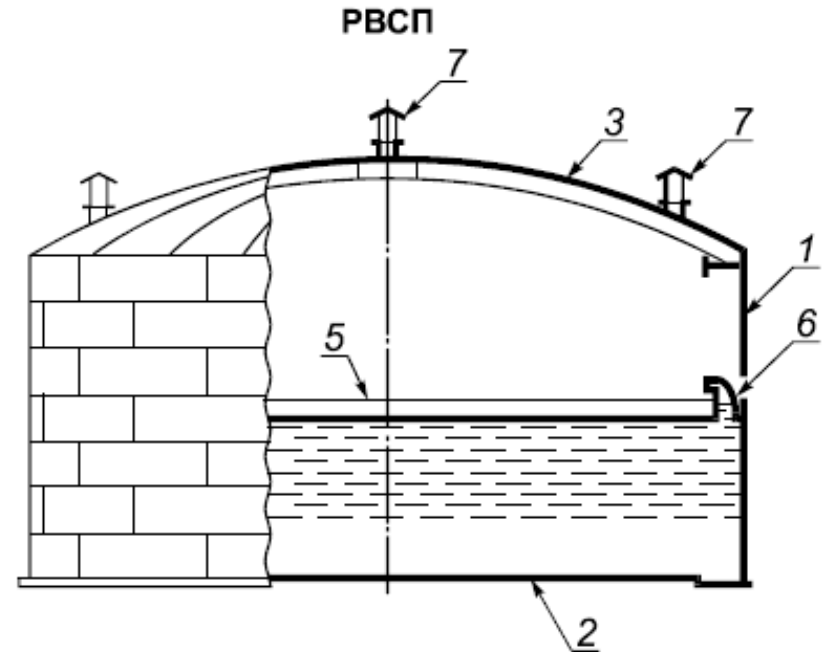
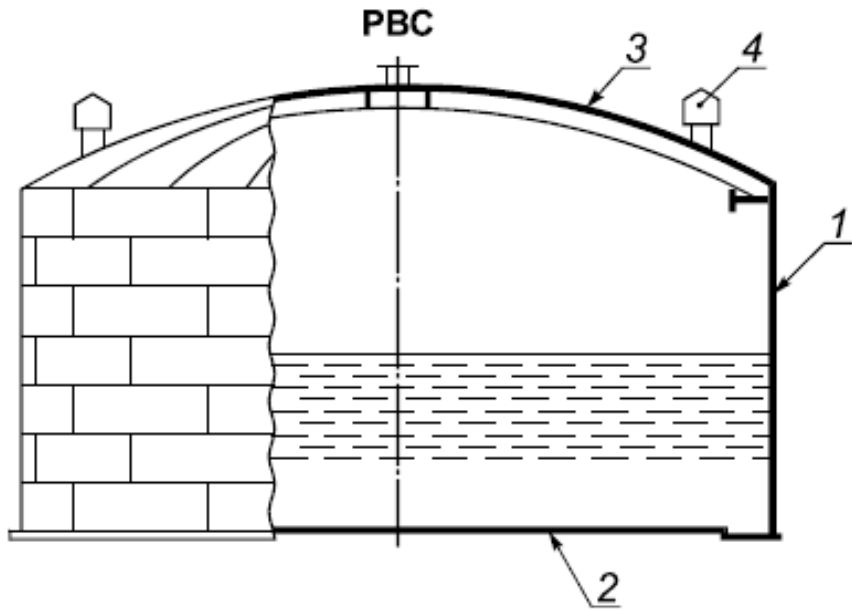


Основные технологические процессы строительства резервуаров

Типы резервуаров



- 1 - стенка; 2 - днище; 3 - стационарная крыша; 4 - дыхательный клапан; 5 - понтон; 6 - уплотняющий затвор; 7 - вентиляционный проем; 8 - ветровое кольцо; 9 - плавающая крыша; 10 - уплотняющий затвор с погодозащитным козырьком; 11 - катуная лестница

Выбор основных размеров резервуаров

Основные размеры резервуаров **рекомендуется принимать:**

- ✓ по требованию заказчика;
- ✓ из условий компоновки резервуаров на площадке строительства;
- ✓ из условия минимума веса корпуса с учетом эксплуатационных требований по диаметру и высоте стенки.

Рекомендуемые размеры резервуаров

Номинальный объем V , м ³	Тип резервуара			
	РВС, РВСП		РВСПК	
	Внутренний диаметр D , м	Высота стенки H^* , м	Внутренний диаметр D , м	Высота стенки H^* , м
100	4,73	6,0	-	-
200	6,63			
300	7,58	7,5	-	-
400	8,53			
700	10,43	9,0	-	-
1000		12,0		
2000	15,18		15,18	12,0
3000	18,98		18,98	
5000	22,8		15,0	22,8
	20,92			
10000	28,5	18,0	28,5	18,0
	34,2	12,0	34,2	12,0
20000	39,9	18,0	39,9	18,0
	47,4	12,0		
30000	45,6	18,0	45,6	18,0
			56,9	
40000	56,9		56,9	
50000	60,7		60,7	
100000	-	-	96,4	18,0

* Уточняется в зависимости от ширины листов стенки.

Геометрические параметры и характеристики резервуаров РВС

№ п/п	Объем РВС, м ³	Диаметр, м	Высота стенки, м	Геометрический объем, м ³	Проектная полезная емкость, м ³
1	2	3	4	5	6
1	1000	10,4	11,92	1018	957
2	2000	15,2	11,92	2157	2045
3	3000	18,9	11,92	3344	3161
4	5000	22,8	11,94	4875	4620
5	7500	24,5	17,88	8429	7934
6	10000	34,2	11,94	10968	10077
7	20000	45,6	11,94	19500	17915
8	30000	45,6	17,91	29249	27371

Геометрические параметры и характеристики резервуаров РВСП

№ п/п	Объем РВСП, м ³	Диаметр, м	Высота стенки, м	Геометрический объем, м ³	Проектная полезная емкость, м ³
1	2	3	4	5	6
1	1000	10,4	11,92	1018	957
2	2000	15,2	11,92	2157	2045
3	3000	18,9	11,92	3344	2642
4	5000	22,8	11,94	4875	4002
5	7500	24,5	17,88	8429	7934
6	10000	34,2	11,94	10968	8814
7	20000	45,6	11,94	19500	15833
8	30000	45,6	17,91	29249	24840
9	50000	60,7	18,10	52377	не менее 43956

Геометрические параметры и характеристики резервуаров РВСПК

№ п/п	Объем РВСПК, м³	Диаметр, м	Высота стенки, м	Геометрический объем, м³	Проектная полезная емкость, м³
1	2	3	4	5	6
1	50000	60,7	18,10	52377	не менее 43956

Конструктивное исполнение резервуаров

№ п/п	Тип резервуар а	Объем резервуара, м ³	Днище			Крыша			Понтон	Лестница	
			Полистовое	Рулонная	Полистовая	Купольная	Конусная	Плавающая		Шахтная	Маршевая (кольцевая)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	РВС	1000	+	+	-	+	+	-	-	+	-
2		2000	+	+	-	+	+	-	-	+	-
3		3000	+	+	-	+	+	-	-	+	-
4		5000	+	-	+	+	+	-	-	-	+
5		7500	+	-	+	+	+	-	-	-	+
6		10000	+	-	+	+	-	-	-	-	+
7		20000	+	-	+	+	-	-	-	-	+
8		30000	+	-	+	+	-	-	-	-	+
9	РВСП	1000	+	+	-	+	+	-	+	+	-
10		2000	+	+	-	+	+	-	+	+	-
11		3000	+	+	-	+	+	-	+	+	-
12		5000	+	-	+	+	+	-	+	-	+
13		7500	+	-	+	+	+	-	+	-	+
14		10000	+	-	+	+	-	-	+	-	+
15		20000	+	-	+	+	-	-	+	-	+
16		30000	+	-	+	+	-	-	+	-	+
17	50000	+	-	+	+	-	-	+	-	+	
18	РВСПК	50000	+	-	+	-	-	+	-	-	+

Примечание – В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения:

- знак «+» – элемент применяется в конструкции;
- знак «-» – элемент не применяется в конструкции.

Критерии выбора типа резервуара при проектировании в зависимости от условий работы

✓ характеристики хранимого продукта (давление насыщенных паров, содержание серы и сероводорода, плотность)

✓ технологическое назначение резервуара (технологические емкости, резервуары-сборники системы сброса волны давления)

нефть, бензины – применяются РВСП и РВСПК, а также РВС, оборудованные дыхательными и предохранительными клапанами, либо устройством ГО и установкой УЛФ (установка улавливания легких фракция);

мазут, дизельное топливо, бытовой керосин, авиационный керосин, реактивное топливо, битум, гудрон, масла, пластовая вода, а также для ГЖ с температурой **вспышки** выше 61 °С – применяются РВС без ГО;

для **аварийного сброса нефти** должны применяться технологические емкости – РВС, оборудованные дыхательными и предохранительными клапанами

✓

Требования к размещению и компоновке резервуаров и оборудования

Схема расположения резервуаров в обваловании, а также отдельных резервуаров в резервуарном парке зависят от следующих параметров:

- ✓ категории резервуарного парка;
- ✓ объема резервуара;
- ✓ технологической схемы парка;
- ✓ очередности строительства резервуаров;
- ✓ рельефа местности и планировочного решения парка в целом;
- ✓ других местных условий.

Расчет высоты обвалования для резервуаров

- ✓ **Задача расчета вместимости обвалования** является определением его размеров: длины, ширины, высоты, площади и объема.
- ✓ Расчетный **объем** обвалования должен быть **не менее одного** самого большого в группе резервуара.

$$V_{\text{расч}} \geq V_{\text{мах. рез}}$$

где $V_{\text{расч}}$ - расчетный объем обвалования, в м^3 ;

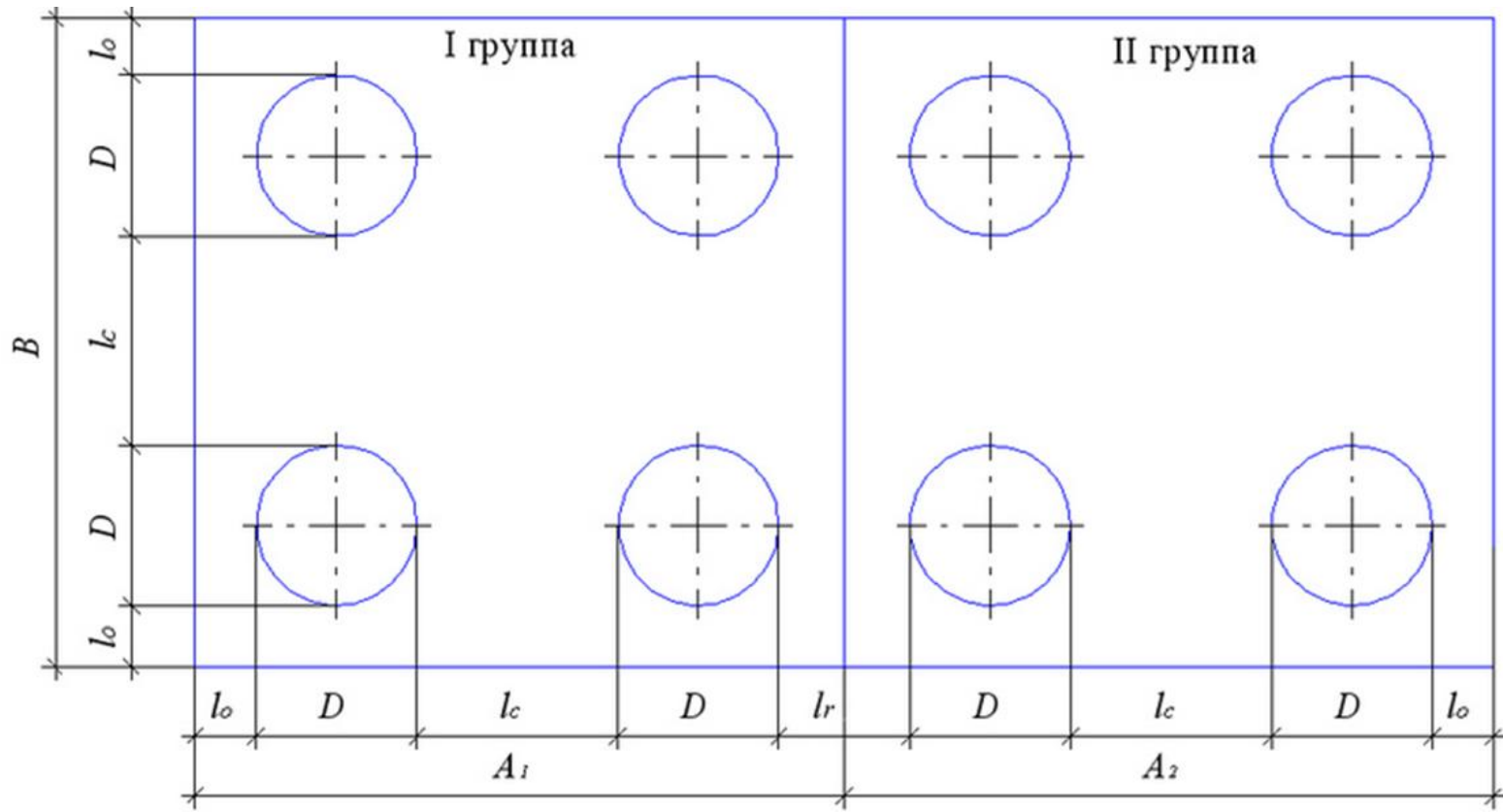
$V_{\text{мах. рез}}$ - объем наибольшего резервуара в группе, м^3 .

- ✓ Высота обвалования или ограждающей стены каждой группы резервуаров должна быть **на 0,2 м выше уровня расчетного объема** разлившейся жидкости, но **не менее 1 м** для резервуаров номинальным **объемом до 10000 м^3** и **1,5 м** для резервуаров **объемом 10000 м^3 и более**
- ✓ Вместимость обвалования должна удерживать объем разлившейся жидкости при разрушении наибольшего резервуара.

Расчет высоты обвалований для резервуаров

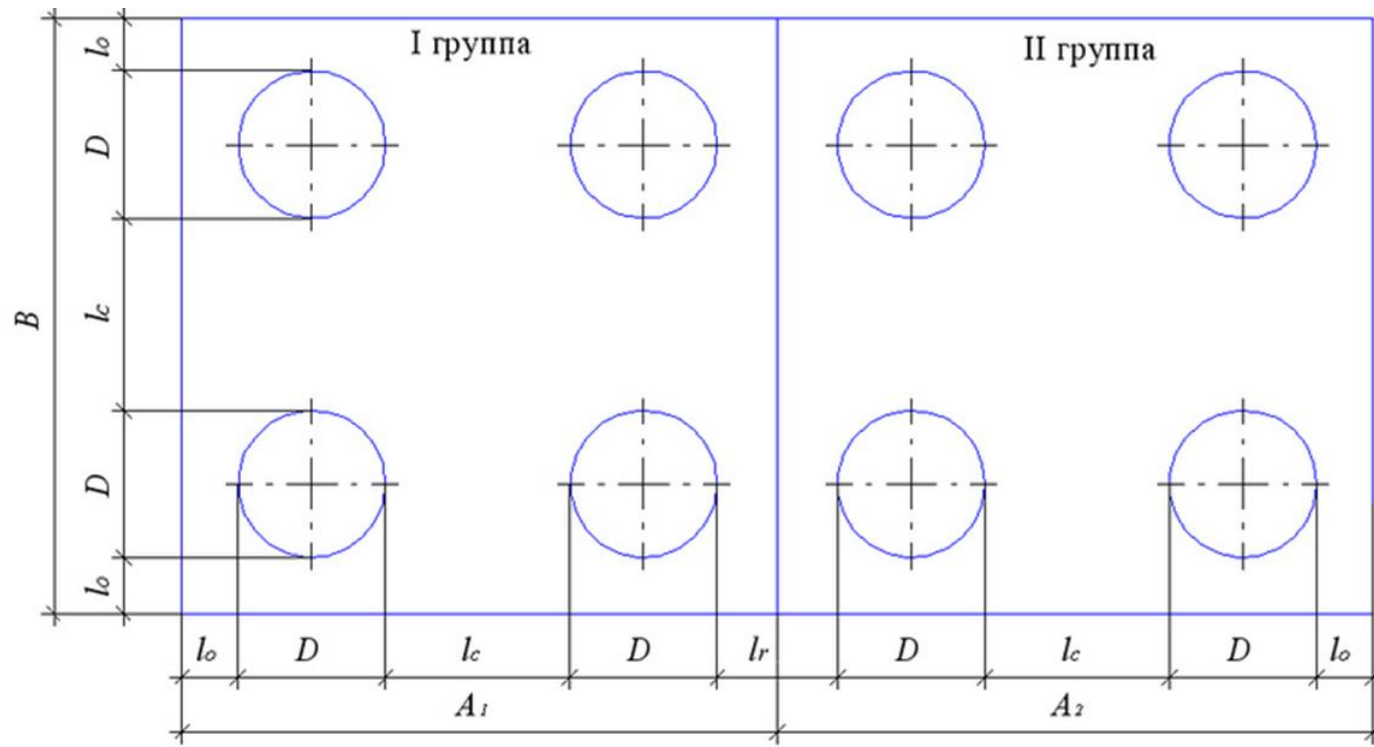
Порядок расчета обвалования:

- 1) разработка схемы размещения резервуаров в резервуарном парке;
- 2) расположение резервуаров по числу рядов;
- 3) определение величина разрывов между стенками резервуаров;
- 4) расстояние от стенок резервуаров до подошвы обвалования и затем определяется длина A и ширина B обвалования.



Расчет высоты обвалований для резервуаров

- ✓ Высота h_o обвалования (ограждения) резервуарной группы должна быть на 0,2 м выше уровня расчетного объема разлившегося продукта, но не менее $h_{o.min}=1,0$ м для резервуаров с $V_p < 10\,000$ м³ и не менее $h_{o.min}=1,5$ м для резервуаров с $V_p \geq 10\,000$ м³.
- ✓ Расстояние l_o от стенок резервуаров до подошвы внутреннего откоса обвалования или до ограждающей стенки принимается не менее 3,0 м – для резервуаров с $V_p < 10000$ м³ и 6 м – для резервуаров с $V_p \geq 10000$ м³.



Расчет высоты обвалований для резервуаров

- ✓ При определении расчетной высоты обвалования необходимо учитывать, что **часть объема обвалования** при разрушении расчетного резервуара **будет вытесняться оставшимися резервуарами**. То есть полезная площадь обвалования будет меньше общей и будет равна:

$$S_{\text{пол}} = [S_{\text{общ}} - (S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_n)] = [A \times B - (S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_n)]$$

при **однотипных резервуарах**

$$S_{\text{пол}} = [S_{\text{общ}} - (n - 1) \times S_{\text{рез}}],$$

где n - число резервуаров в группе;

$S_{\text{общ}}$ - общая площадь обвалования;

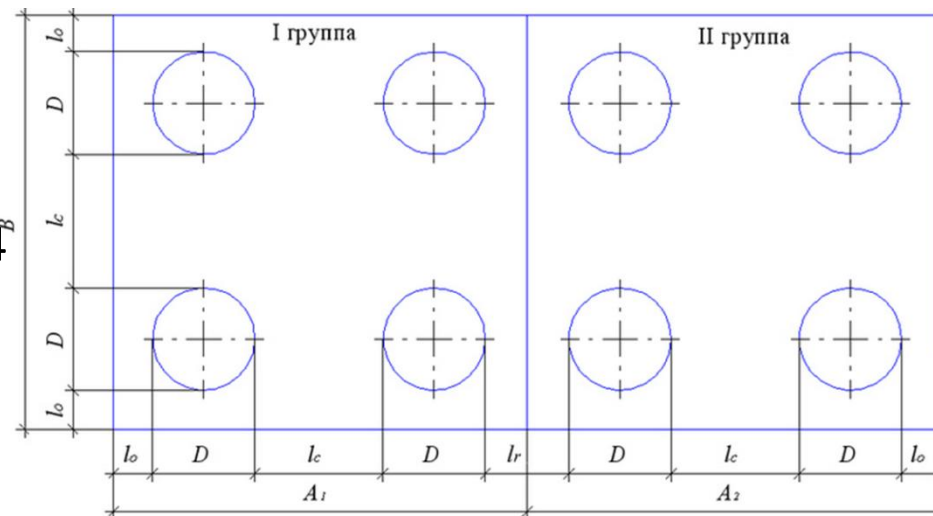
A и B — его длина и ширина, м^2 ;

$S_2 + \dots + S_n$ - **площади остальных (не разрушенных) резервуаров в группе, м^2 .**

- ✓ Расчетная высота обвалования определяется из **основной развернутой расчетной формулы:**

$$V_{\text{рас}} = S_{\text{пол}} \times h_{\text{рас}} = [S_{\text{общ}} - (S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_n)] \times h_{\text{рас}},$$

$$h_{\text{рас}} = V_{\text{рас}} / [S_{\text{общ}} - (S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_n)] = V_{\text{рас}} / S_{\text{пол}}.$$



Расчет высоты обвалований для резервуаров

- ✓ Полезная площадь обвалования равна разности общей площади за минусом площади, которая занята фундаментами и корпусами оставшихся резервуаров. Отмостку РВС принимаем равной 1 м.

Задача. Рассчитайте вместимость обвалования группы резервуаров РВСП - 20 000:

- 1) Выполните чертеж группы резервуаров.
- 2) Рассчитайте необходимую вместимость резервуарного парка и определите размеры обвалования.

Конструктивная высота обвалования (ограждения) определяется следующим образом:

$$V_k = A_1 \cdot B \cdot h_{o.расч.} - h_{осн.} \sum \pi(r_1^2 + r_2^2 + \dots) = V_{рес\max}$$

$$h_{o.расч.} = \frac{V_{рес\max} + h_{осн.} \sum \pi(r_1^2 + r_2^2 + \dots)}{A_1 \cdot B}$$

r_1^2 r_2^2 , ... – радиусы резервуаров в группе;

A_1 и B – размеры сторон огражденной территории (каре) под резервуарную группу

$V_{рес\max}$ – номинальный объем самого крупного резервуара в группе

$h_{o.расч.}$ – **расчетная высота ограждения группы резервуаров**

$h_{o.конс.}$ – конструктивная высота ограждения группы резервуаров

$h_{осн.}$ – высота основания резервуаров

$h_{осн.} = 0,5$ м (по ТП 704/1).

$h_{o.конс.} = h_{o.расч.} + 0,2$ м

0,2 – нормативный коэффициент, учитывающий превышение высоты обвалования над расчетным уровнем разлившейся жидкости, м

Терминология

- ✓ **Основание резервуара:** Грунтовая подушка или бетонный фундамент, на который устанавливается резервуар.
- ✓ **Фундамент резервуара:** Часть резервуара, которая служит для передачи нагрузки от резервуара на основание.
- ✓ **Окрайки днища резервуара (кольцевые окрайки):** Листы днища, располагаемые по периметру центральной части в зоне опирания стенки, замкнутые в кольцо.
- ✓ **Свайный фундамент:** Фундамент, в котором для передачи нагрузки от резервуара на грунт используют сваи. Состоит из свай и объединяющего их ростверка.
- ✓ **Ростверк:** Распределительная балка или плита, объединяющая поверху группы или ряды свай.
- ✓ **Осадки основания:** Вертикальные перемещения поверхности основания в результате деформаций грунтовой подушки и подстилающего ее грунтового массива.
- ✓ **«Расчалка»:** Тонкий трос, стальная проволока, оттянутая в каком-либо направлении для соединения частей конструкции в определенном положении.

Строительно-монтажные работы при сооружении резервуара

Строительно-монтажные работы при сооружении резервуара:

1. Подготовительный этап (расчистка местности, разбивка осей)
2. Монтаж резервуара (способ определяется типом, габаритами сооружения и особенностями проектного решения)
3. Проведение испытаний резервуара



Геологоразведка перед проектированием оснований и фундаментов резервуаров

- ✓ При проектировании фундамента необходимо изучить геологическое строение площадки и гидрогеологические условия
- ✓ Глубина разведки грунтов зависит от давления, передаваемого сооружением на основании, и принимается равной или более глубины активной зоны основания (сжимаемой толщи грунтов основания).
- ✓ Разведка грунтов производится шурфованием и бурением.
- ✓ Месторасположение и число шурфов или скважин назначаются в соответствии с очертанием и размерами сооружения в плане и степенью однородности грунтов.
- ✓ Обычно шурфы или скважины закладываются вблизи периметра сооружения и наиболее ответственных его частей. В плане строительного участка шурфы или скважины должны образовать сетку со средними расстояниями в 25–30 м. Более детальная разведка производится в пределах сооружения.
- ✓ По данным исследования составляются план и геологические разрезы участка с обозначением рода грунта, напластования и уровня грунтовых вод.
- ✓ На основании физико-механических характеристик устанавливаются расчетные сопротивления грунтов, целесообразность использования площадки под строительство и род фундаментов под резервуары.

Фундаменты под резервуары

Фундамент — это часть сооружения, передающая нагрузку от веса сооружения на грунты основания и распределяющая эту нагрузку на такую площадь основания, при которой давления по подошве не превышают расчетных.

По форме в плане фундаменты бывают:

- сплошные в виде плит под всем сооружением,
 - ленточные—только под стены сооружения
 - столбчатые в виде отдельных опор
- ✓ При устройстве фундамента резервуара должно быть предусмотрено проведение мероприятий по отводу грунтовых вод и атмосферных осадков из-под днища резервуара.
 - ✓ Все работы по устройству фундамента резервуара проводятся до начала его монтажа.
 - ✓ Проектную отмостку основания (фундамента), фундамент под шахтную лестницу и опоры под подводящие трубопроводы рекомендуется выполнять после монтажа металлоконструкций резервуара.

Геологоразведка перед проектированием оснований и фундаментов резервуаров

- ✓ При проведении инженерных изысканий **следует предусматривать исследование грунтов на глубину активной зоны** (ориентировочно **0,4-0,7** диаметра резервуара) **в центральной части резервуара** и не менее **0,7** активной зоны – **в области стенки резервуара**. При свайных фундаментах – на глубину активной зоны **ниже подошвы условного фундамента** (острия свай).
- ✓ Для районов распространения **многолетнемерзлых грунтов** проводятся инженерно-геокриологические изыскания: получение сведений о составе, состоянии и свойствах мерзлых и оттаивающих грунтов, включая прогнозы изменения инженерно-геокриологических условий проектируемых резервуаров с геологической средой.
- ✓ ГОСТ 31385-2008 РЕЗЕРВУАРЫ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ. Общие технические условия: « ...**в районах с повышенной сейсмической активностью** необходимо предусмотреть проведение геофизических исследований грунтов основания резервуаров».
- ✓ По результатам исследований проводится расчет сейсмостойкости **основания по первой группе предельных состояний** при воздействии максимальных нагрузок в их особом сочетании на наиболее нагруженный участок естественного основания, устойчивость которого должна быть гарантирована под наружным краем кольцевого фундамента при амплитудных значениях сейсмических сил и нормативном значении коэффициента надежности, равном 1,2.

Основания под резервуары

Основания под фундаменты: **естественные** и **искусственные**

Естественные основания – основания, грунты которых находятся под подошвой фундамента в их природном залегании (грунты, обладающие достаточным сопротивлением сжатию (прочностью и плотностью), при условии, что их деформации (осадки) под действием нагрузки, передаваемой от сооружения через подошву фундамента, не будут превышать предельных значений.

Грунты естественных оснований должны обладать следующими основными свойствами:

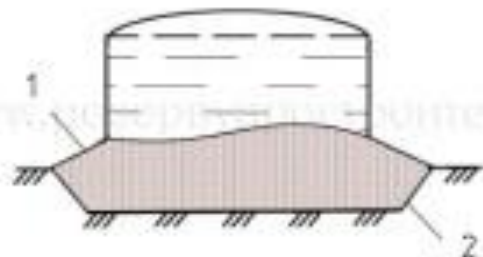
- ✓ **малой и равномерной сжимаемостью**, то есть большой плотностью, обеспечивающей малую и равномерную осадку сооружения;
- ✓ **нерастворяемостью** грунтовыми, дождевыми и талыми водами.

С целью выяснить степень влияния осадок на сооружение производится расчет оснований и фундаментов. Расчет **основания резервуара** заключается в вычислении давлений (напряжений) на грунты под подошвой фундамента и величин осадок грунтов основания, возможных при этих давлениях.

Естественные основания с подсыпкой

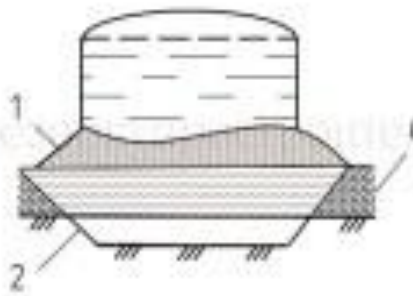
Для увеличения надежности конструкции используют:

- ✓ **переходную конструкцию между естественными и искусственными основаниями:** естественное основание с песчаной или грунтовой подушкой, выполняемой в виде подсыпки на основание
- ✓ также применяют устройство бетонного кольца под стенку резервуара.



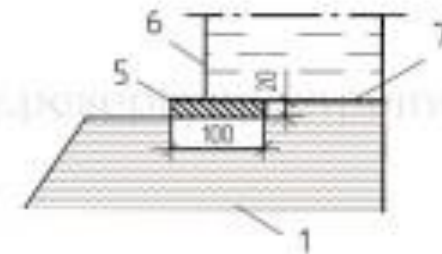
а). Насыпь

1 – щебеночная или песчаная насыпь
2 – основание



б). Насыпь в сочетании с песчаной подушкой

1 – щебеночная или песчаная насыпь
2 – основание
4 – слабый грунт



в). Железобетонное кольцо под стенкой

1 – щебеночная или песчаная насыпь
5 – железобетонное кольцо
6 – стенка
7 – днище

Подсыпка на основание (0,2 – 2,5 м) выполняет следующие функции:

- распределить давление от металлоконструкций резервуара на основание;
- осуществить дренаж днища;
- обеспечить антикоррозийную защиту днища.

Для подсыпки используют следующие **материалы**:

- уплотненный крупный песок;
- щебень;
- гравий;
- гравийно-песчанную смесь.

При нормальных условиях работы резервуара его основание состоит из:

- ✓ Грунтовой подсыпки
- ✓ Песчаной подушки
- ✓ Гидроизолирующего слоя

К искусственным основаниям относятся:

- искусственно упрочненные грунты основания (путем уплотнения, химического закрепления или забивки бетонных или песчаных свай);
- свайные основания и фундаменты глубокого заложения, передающие нагрузку от сооружения на более прочные грунты, залегающие на большей глубине от поверхности земли;
- прочее.

Методики укрепление грунта основания

Грунтовые подушки должны выполняться из послойно уплотненного при оптимальной влажности грунта, модуль деформации которого после уплотнения должен быть не менее 15 МПа, коэффициент уплотнения – не менее 0,90.

Уклон откоса грунтовой подушки следует выполнять не более 1:1,5. Ширина горизонтальной части поверхности подушки за пределами окрайки должна быть:

- **0,7 м – для резервуаров объемом не более 1000 м³**
- **1,0 м – для резервуаров объемом более 1000 м³**
- **1,0 м – независимо от объема, для площадок строительства с расчетной сейсмичностью 7 и более баллов**

Поверхность подушки за пределами периметра резервуара (горизонтальная и наклонная части) должна быть защищена отмошкой.

Применяются **разнообразные методы укрепления грунта основания** (без его замены).

Методы укрепления грунта основания

Метод уплотнения основания насыпью: уплотнено весом насыпи высотой в несколько метров. Далее нагрузка выдерживается несколько недель до начала монтажа резервуара. Метод может дать положительный эффект, если создаваемый при этом пригруз в 1,5—2 раза превышает нагрузку от заполненного резервуара. Способ сопряжен с большим объемом земляных работ, что особенно затруднительно в районах с суровым климатом и продолжительным морозным периодом.

Метод уплотнения тяжелыми тромбовками: большой груз сбрасывается на площадку с высоты в несколько десятков метров (например, 40 м); рассматривается как конкурентоспособный при строительстве группы крупных резервуаров.

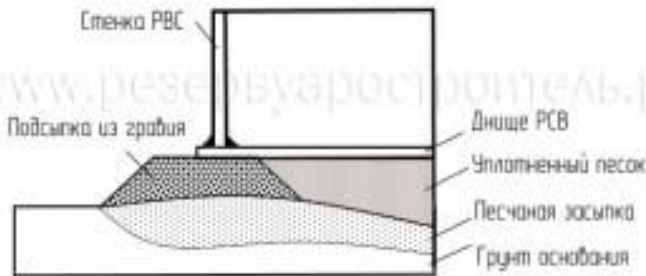
Методы химического и термического закрепления грунта: в опытном строительстве практиковалось закрепление грунтов оснований резервуаров инъектированием в них химически активных веществ; затратно и малоперспективно.

Обжиг слабых пород грунта на значительную глубину (10 м и более). Поскольку термообжиг связан с расходом большого количества топлива (80—100 кг мазута на 1 п. м скважины), затратно и нерационально.

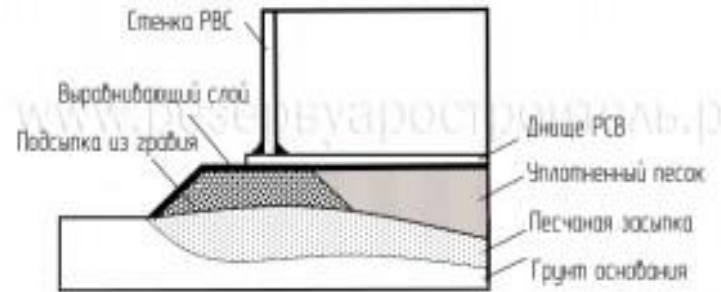
Фундаменты под резервуары

✓ Кольцевые фундаменты

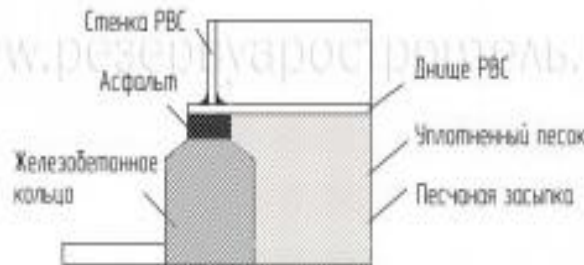
Гравийный фундамент РСВ



Гравийный фундамент РСВ



Фундамент РСВ в форме железобетонного кольца



✓ **ГОСТ 31385-2008** «... в качестве фундамента резервуара может быть использована грунтовая подушка (с железобетонным кольцом под стенкой и без него).

✓ Для резервуаров объемом 2000 м^3 и более под стенкой резервуара устанавливают железобетонное фундаментное кольцо шириной не менее $0,8 \text{ м}$ для резервуаров объемом не более 3000 м^3 и не менее $1,0 \text{ м}$ – для резервуаров объемом более 3000 м^3 .

✓ Толщина кольца принимается не менее $0,3 \text{ м}$.

Фундаменты под резервуары

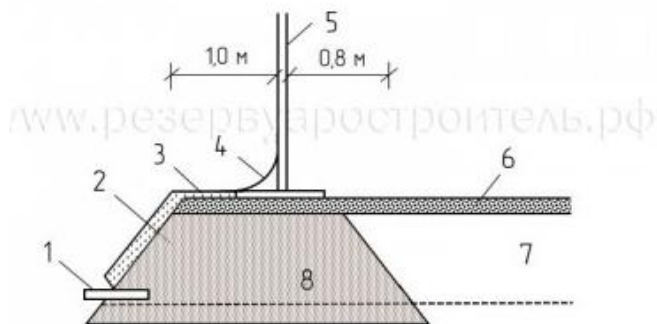


Рис.3. Подушка из щебня под стенкой РВС.

1 – дренажные трубки; 2 – кольцевая подушка; 3 – асфальт;
4 – гидроизоляция; 5 – стенка; 6 – подсыпка из щебня;
7 – песок; 8 – песчаная подушка

Фундамент резервуара на естественном основании со щебеночным кольцом под стенкой: фундамент эффективен при ожидаемой осадке не более 15 см.

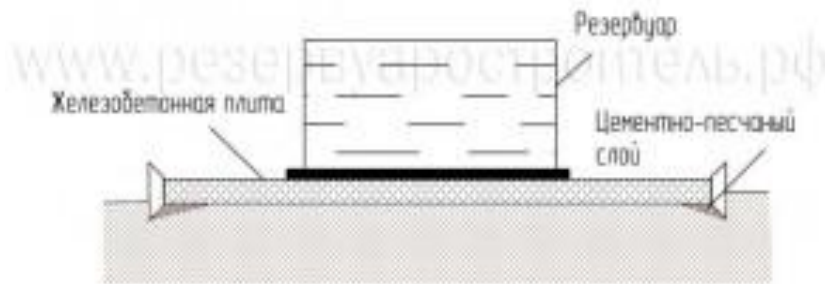
Особенность: непосредственно под стенкой используется не песок, а щебень для создания щебеночной или гравийной насыпи высотой **не менее 60 см, шириной по верху 1-2 м.**

Для широких резервуаров применяют следующие конструкции:

- ✓ Под днищем устанавливают песчаный фундамент-подсыпку, а под стенкой – либо железобетонный, либо щебеночный кольцевой фундамент (в зависимости от грунтовых условий).
- ✓ Подсыпку под стенку с внешней стороны фундамента устанавливают с пологим откосом 1:5, который в нижней части поддерживается подпорной стенкой.
- ✓ Насыпь оборудуют дренажными трубками и защищают асфальтовым покрытием.

Фундаменты под резервуары

Плитный фундамент
под резервуар большой вместимости



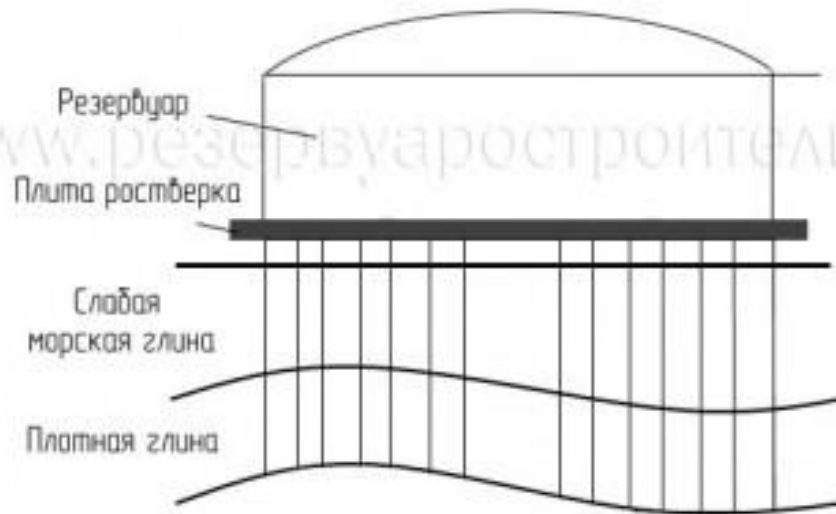
Фундаменты в виде железобетонных плит:

- ✓ резервуар опирается на железобетонную плиту, установленную либо на поверхности основания, либо ниже планировочной отметки;
- ✓ железобетонная стенка по периметру плиты заглубляется ниже ее подошвы и служит для снижения бокового перемещения грунта.

Фундаменты под резервуары

✓ Свайные фундаменты

Свайный фундамент РВС



- ✓ при помощи свай во многих случаях удается добиться допустимого уровня осадки сооружения
- ✓ данный тип фундамента затратен, по уровню капиталовложений приближается к стоимости самих металлоконструкций
- ✓ при больших размерах фундаментов в плане длина свай составляет обычно 0,25 диаметра резервуара

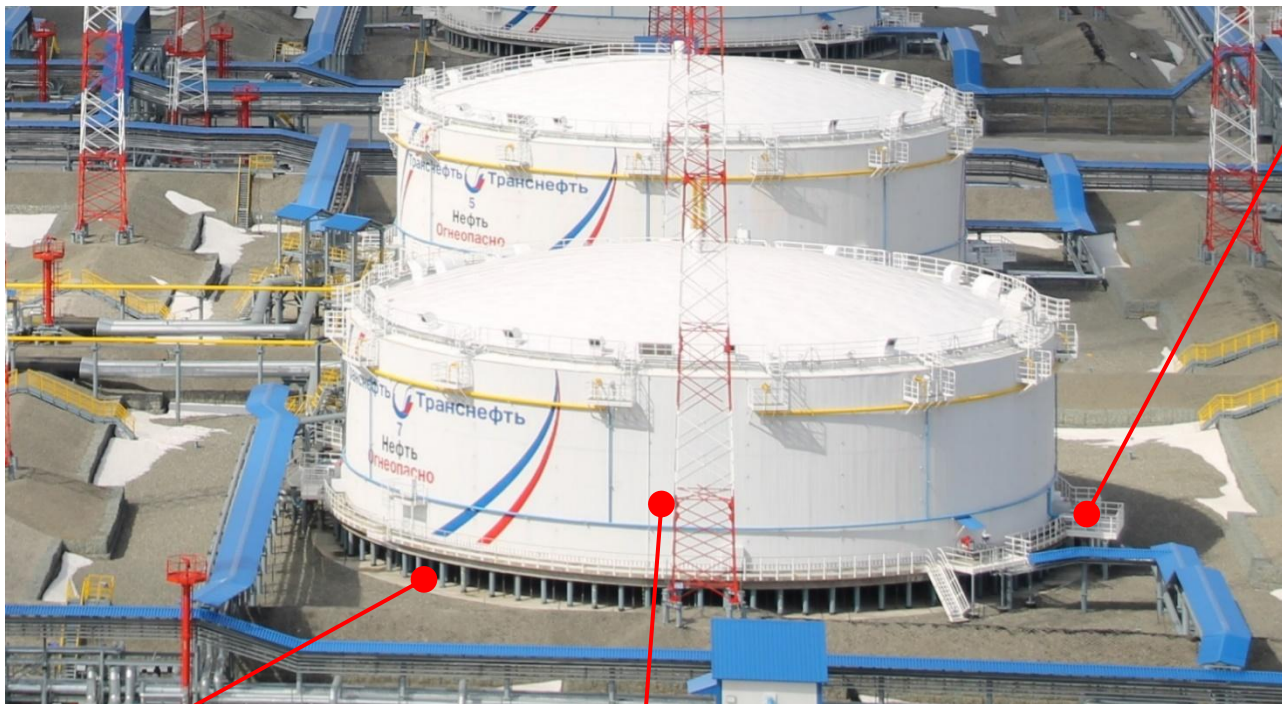
Фундаменты с забивкой свай под всем днищем и железобетонным ростверком

- ✓ Используются призматические забивные сваи различной длины и сечения в сочетании с ростверками и плитами.
- ✓ Сваи, как правило, забиваются под всем днищем в виде сплошного свайного поля с расстоянием между сваями 1 м.
- ✓ Также применяются фундаменты, в которых вместо железобетонного покрытия служит слой щебня или гранулированного материала, положенный поверх свай.

Техническое решения фундамента для РВС в зоне распространения ВМГ

- ✓ Свайный фундамент с высоким ростверком и вентилируемым подпольем
 - ✓ Способ погружения свай – **буроопускной** в скважины
 - ✓ Свайное основание: **“свайное поле”** или **“кольцевое”**

РЕЗЕРВУАРНЫЙ ПАРК НПС №2



Внутренний подогреватель

- Тип подогревателя – кольцевой прямоточный из трубы 89х5 09Г2С;
- Площадь нагрева составляет 36,5 кв.м.;
- Теплоноситель – термальное масло с параметрами $T_{вх} = +120 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{вых} = +55 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 0,7 \text{ МПа}$

Основные характеристики резервуара

Диаметр, м	45,6
Высота, м	11,94
Объем по строительному номиналу, м ³	19490
Количество поясов	6
Толщина листов 1-го и 2-го пояса	15
Толщина листов 3-6 поясов	14
Днище:	
Толщина листов центральная часть, мм	9
Толщина листов окрайки, мм	10

Свайное основание с вентилируемым подпольем

- Диаметр свай – 325х9 мм;
- Количество свай: 717 шт.;
- Длина свай – от 15,07м до 16,57м;
- Термостабилизаторы грунта 688 шт.

Тепловая изоляция

- Теплоизоляция из пеностекла «FOAMGLAS» толщиной 100 мм;
- Покрывной слой из оцинкованного профилированного стального листа С21-1000-0,7 толщиной 0,7мм.

Гидроизолирующий слой

ГОСТ 31385-2008 5.6.3.4 Под всем днищем резервуара должен быть предусмотрен гидроизолирующий слой, выполненный **из песчаного грунта, пропитанного нефтяными вяжущими добавками, или из рулонных материалов.** Применяемые песок и битум не должны содержать коррозионно-активных агентов.

Варианты устройства гидроизоляционного слоя резервуара

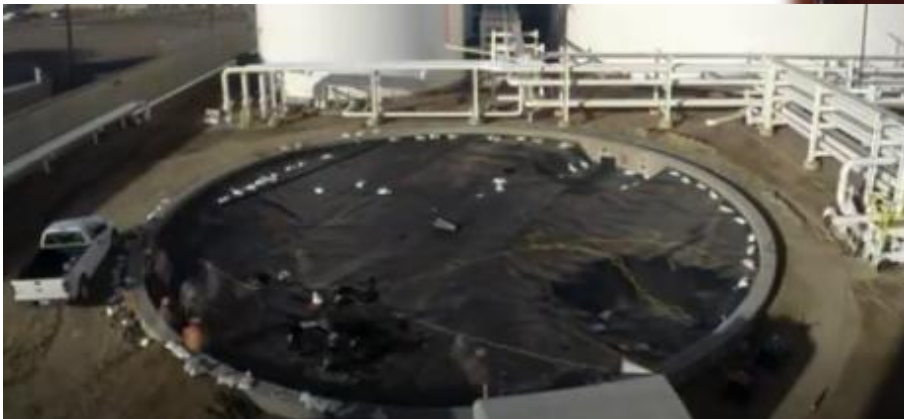
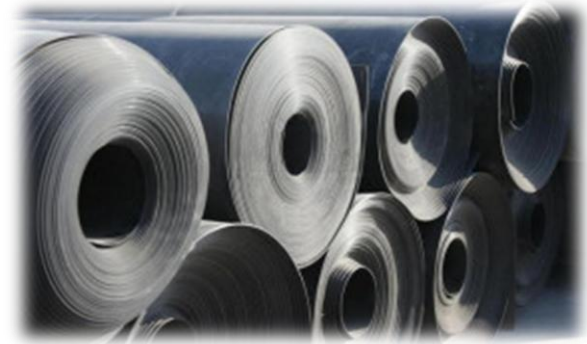
- гидроизоляция основания резервуарного парка - гидроизолирующие материалы укладываются только на основание площадки размещения резервуаров;
- обвалование резервуарного парка - гидроизоляция укрывает площадку и ограждающие земляные валы.

Традиционные гидроизоляционные материалы:

- ✓ Пропитанный песчаный грунт

Рулонные гидроизоляционные материалы:

- ✓ Бентонитовые маты
- ✓ Полимерные мембраны / Геомембраны / Геосинтететики



Монтаж резервуаров РВС листовой сборкой

ГОСТ 31385—2016 РЕЗЕРВУАРЫ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ. Общие технические условия:
стенки и днища резервуаров всех типов объемом 10 000 м³ и более должны изготавливаться и монтироваться методом **листовой сборки**.

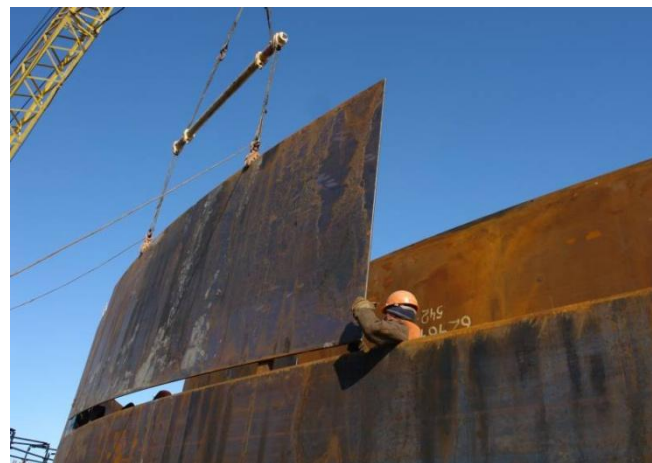
При листовом способе монтажа **плоские** (листы днища, настила каркаса крыш) или **вальцованные** элементы (листы стенки) собираются с помощью подъемных сооружений (кранов) и свариваются на строительной площадке между собой **встык** или **внахлест** с помощью механизированной или автоматической сварки под слоем флюса, ручной дуговой.



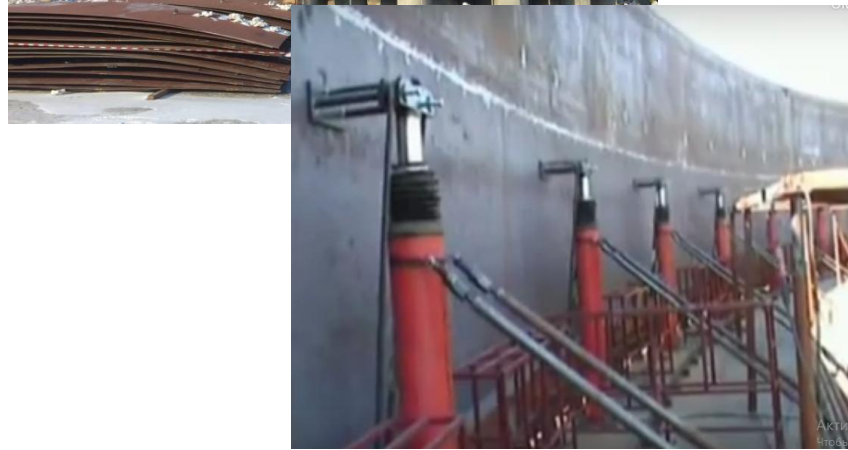
Монтаж резервуаров РВС полистовой сборкой

Резервуары, стенка которых монтируется полистовым способом, следует собирать методом **наращивания** или **подращивания**.

Метод наращивания - технологический процесс, при котором установка, сборка и сварка листов стенки резервуара начинается с первого пояса и заканчивается установкой, сборкой и сваркой листов верхнего пояса, конструкций опорного кольца и крыши резервуара.



Метод подращивания - технологический процесс, при котором на первом этапе производится установка, сборка и сварка листов верхнего пояса стенки резервуара, конструкций опорного кольца и крыши резервуара с последующим, на втором этапе, подъемом смонтированных конструкций специальными подъемными устройствами для установки, сборки и сварки нижележащих поясов стенки резервуара.



Монтаж резервуаров РВС рулонированием

Рулонный способ предусматривает разворачивание и монтаж полотнищ центральной части днища, стенки и самонесущей конической крыши, сваренных из листов и свернутых заводом-изготовителем в рулон, с помощью подъемных сооружений (кранов) и тракторов.



Монтажные работы на резервуаре

1 этап: **монтаж днища**

2 этап: **монтаж корпуса**

3 этап: **монтаж несущих конструкций покрытия**

4 этап: **монтаж настила кровли**

5 этап: **монтаж оборудования**

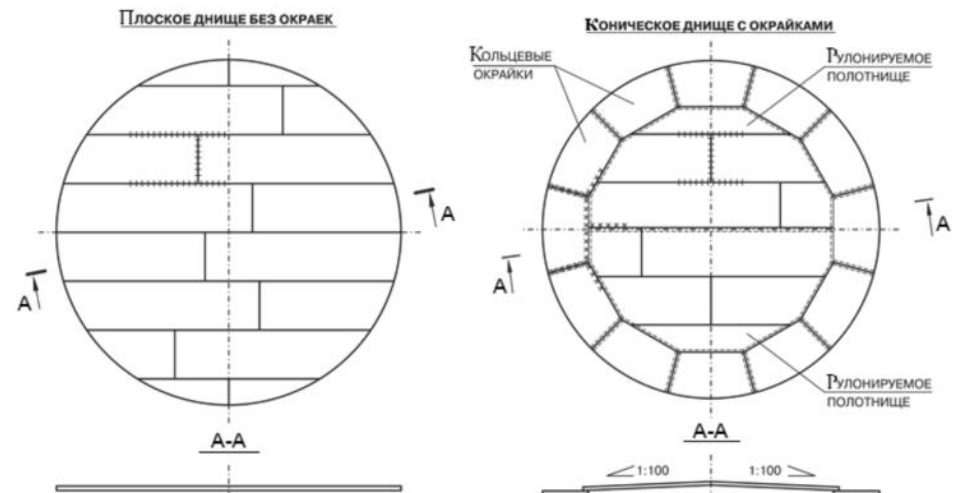
Монтаж днища

Днище резервуара состоит из полотнища, монтируемого из листов стандартного размера толщиной, указанной в проекте, и краек, которые, как правило, на 1-3 мм толще листов полотнища. Крайки делают из более толстых листов потому, что к ним приваривается первый пояс корпуса резервуара и они в большей степени нагружены после производства сварки.

Днища резервуаров могут быть плоскими (для резервуаров объемом до 1000 м³) коническими с уклоном от центра к периферии (рекомендуемая величина уклона 1:100), при этом наличие незначительного уклона компенсирует возможную неравномерность осадок основания, а также облегчает очистку резервуара и удаление подтоварной воды.

Монтаж днища

- ✓ Днища резервуаров объемом до 1000 м^3 включительно могут изготавливаться из листов одной толщины (без окراек), при этом выступ листов днища за внешнюю поверхность стенки следует принимать $25...50 \text{ мм}$.
- ✓ Днища резервуаров объемом более 1000 м^3 должны иметь центральную часть и кольцевые окрайки, при этом выступ окрайек за внешнюю поверхность стенки следует принимать $50...100 \text{ мм}$.
- ✓ Наличие в рулолируемом полотнище днища листов различной толщины не допускается.
- ✓ Минимальная толщина всех листов днища (без припуска на коррозию) должна составлять 4 мм для днищ, полученных сваркой встык, 5 мм для днищ, имеющих нахлесточные соединения.



Стенка резервуара

- ✓ Толщины листов стенки резервуара должны превышать расчетные значения по условиям прочности и устойчивости с учетом припусков на коррозию и минусового допуска на прокат.
- ✓ Максимальная толщина листов должна быть не более 40 мм.
- ✓ Минимальные конструктивные толщины листов стенки приведены в таблице

ДИАМЕТР РЕЗЕРВУАРА, М	МИНИМАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА ЛИСТОВ СТЕНКИ, ММ
до 16	5
свыше 16 до 25	6
свыше 25 до 40	8
свыше 40 до 65	10
свыше 65	12

Минимальная ширина листов стенки, кроме листов верхнего пояса, должна составлять:

- для резервуаров рулонной сборки – 1,5 м;
- для резервуаров полистовой сборки – 1,8 м.

Местные сосредоточенные нагрузки на стенку резервуара должны быть распределены при помощи листовых накладок или ребер жесткости, располагаемых, предпочтительно, в кольцевом направлении.

Стационарные крыши

Основные типы:

- **бескаркасная коническая крыша**, несущая способность которой обеспечивается конической оболочкой настила;
- **бескаркасная сферическая крыша**, несущая способность которой обеспечивается вальцованными элементами настила, образующими поверхность сферической оболочки;
- **каркасная коническая крыша**, близкая к поверхности пологого конуса, состоящая из элементов каркаса и настила;
- **каркасная купольная крыша**, поверхность которой близка к сферической и образуется изогнутыми по радиусу сферической поверхности элементами каркаса и радиальными или иным образом раскроенными листами настила.

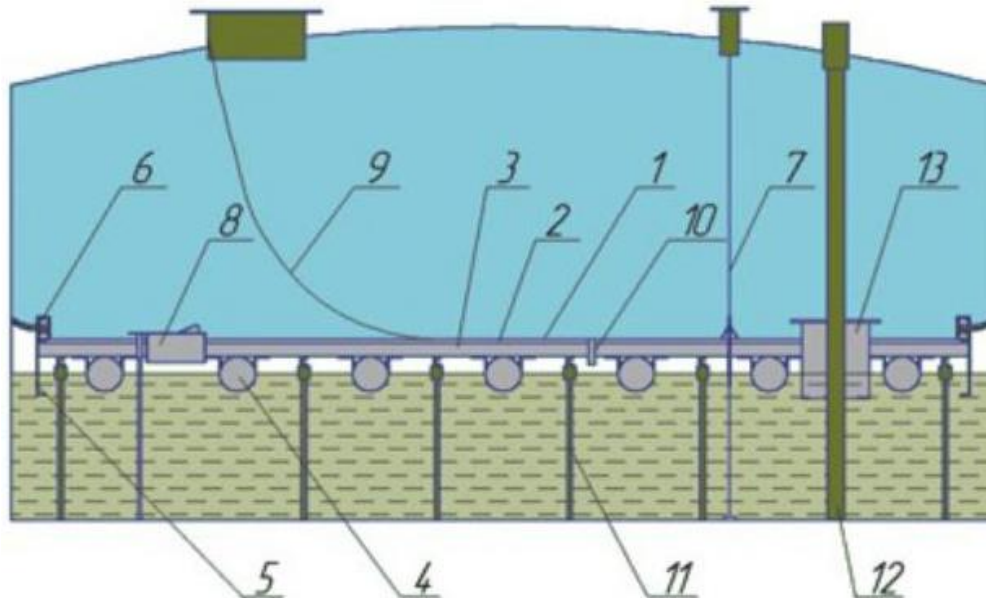
Понтоны

Основные типы понтонов:

понтон однодечной конструкции, имеющий центральную однослойную мембрану (деку), разделенную, при необходимости, на отсеки, и расположенные по периметру кольцевые короба (открытые или закрытые сверху)

понтон двудечной конструкции, состоящий из герметичных коробов, расположенных по всей площади понтона

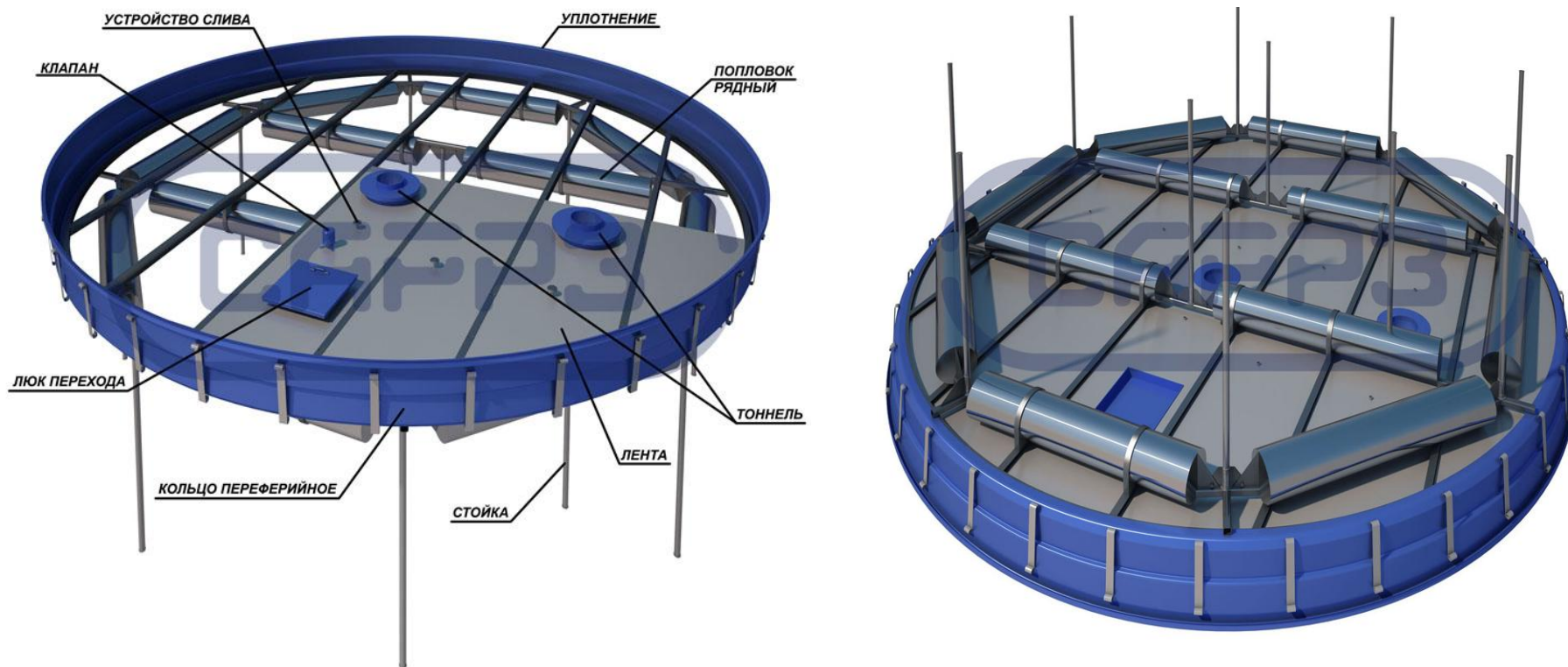
понтон на поплавках с герметичным настилом



- 1 - настил
- 2 - верхняя балка
- 3 - нижняя балка
- 4 - поплавок
- 5 - периферийная юбка
- 6 - периферийный затвор
- 7 - противоповоротное устройство
- 8 - люк-лаз
- 9 - кабель заземления
- 10 - дренажное устройство
- 11 - стационарная опора
- 12 - направляющая резервуара
- 13 - затвор направляющей

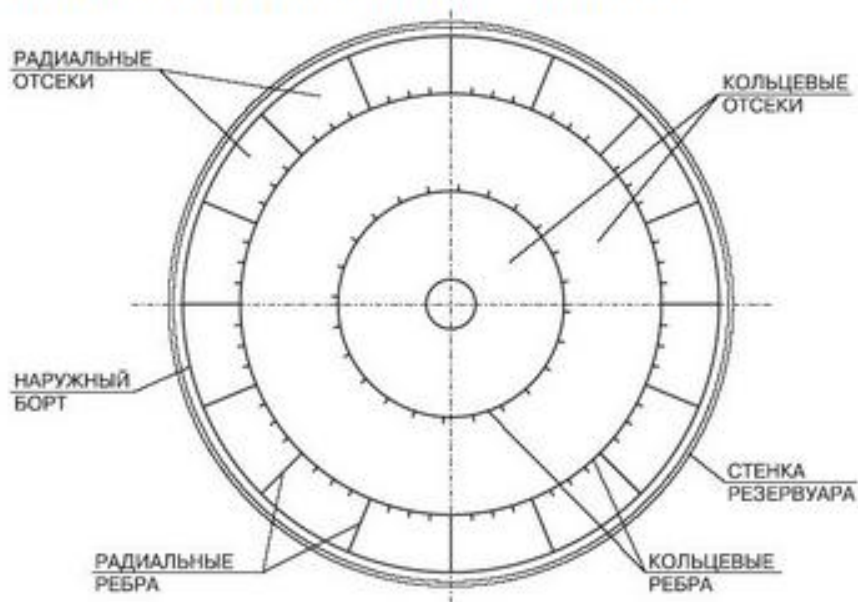
Понтоны

многослойный понтон, включающий металлическую мембрану, покрытую слоем пенополиуретана толщиной не менее 40 мм с металлической или полиуретановой обшивкой

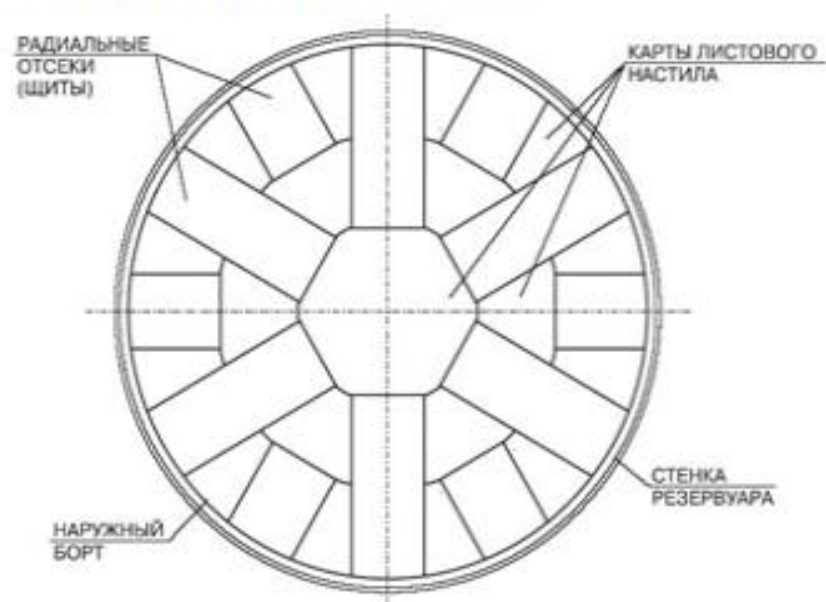


Однодечные понтоны

Однодечный рулонизируемый понтон

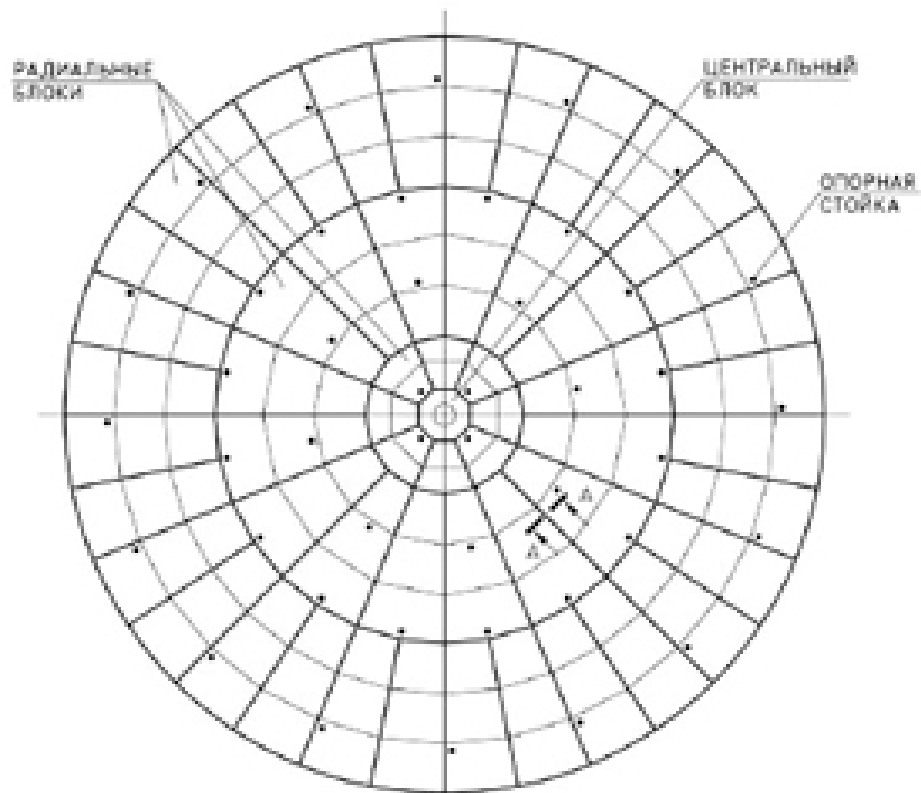


Однодечный щитовой понтон

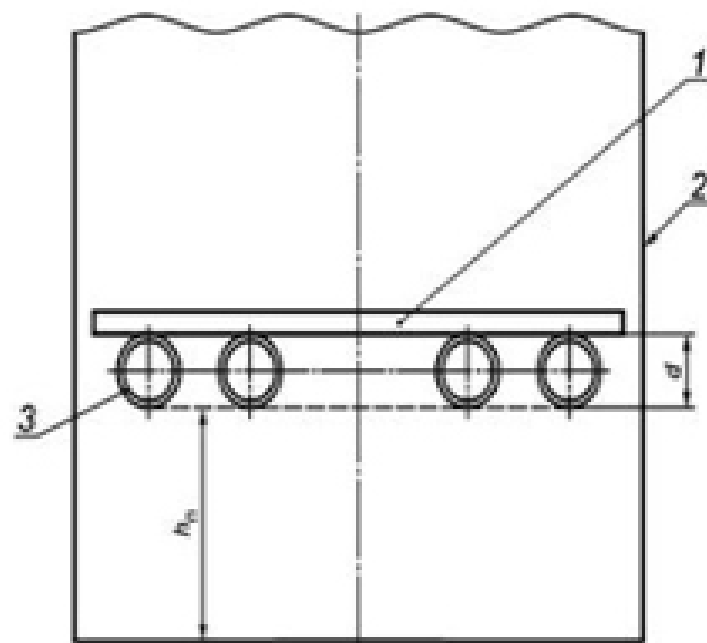


Автоматическое моделирование

Двудечный понтон



Поплавковый понтон



1-плавающий понтон, 2-стенка резервуара,
3-поплавки

ПОНТОНЫ

- ✓ Конструкция понтона должна обеспечивать его нормальную работу по всей высоте рабочего хода без перекосов, вращения во время движения и остановок.
- ✓ Борт понтона и бортовые ограждения всех устройств, проходящих через понтон (опор стационарной крыши, направляющих понтона и пр.) с учетом расчетного погружения и крена понтона в рабочем состоянии **должны превышать уровень продукта не менее чем на 150 мм**. Такое же превышение должны иметь патрубки и люки в понтоне.
- ✓ Пространство между стенкой резервуара и бортом понтона, а также между бортовыми ограждениями и проходящими сквозь них элементами должно быть уплотнено при помощи специальных устройств (**затворов**).
- ✓ Номинальный зазор между понтоном и стенкой резервуара составляет **около 200 мм с допуском отклонением ± 100 мм**. Величина зазора должна устанавливаться в зависимости от конструкции применяемого затвора.
- ✓ **Номинальная толщина** стальных элементов понтона должна быть **не менее 4 мм**.

ПОНТОНЫ

- ✓ Понтон должен иметь опоры, позволяющие фиксировать его в двух нижних положениях - **рабочем** и **ремонтном**.
- ✓ **Рабочее положение** определяется минимальной высотой, при которой конструкции понтона отстоят не менее чем на 100 мм от верхних частей устройств, находящихся на днище или на стенке резервуара и препятствующих дальнейшему опусканию понтона.
- ✓ **Ремонтное положение** определяется минимальной высотой, при которой возможен свободный проход человека по днищу резервуара под понтоном - **около 2,0 м**.
- ✓ Рабочее и ремонтное положения понтона **фиксируются при помощи опор**, которые могут устанавливаться в понтоне, а также на днище или стенке резервуара. Возможна фиксация нижних положений понтона путем его подвешивания на цепях или тросах к стационарной крыше резервуара.
- ✓ Для исключения вращения понтона необходимо использовать **направляющие**, как правило, в виде труб, которые одновременно могут выполнять и технологические функции - в них могут располагаться приборы контроля, измерения и автоматики.
- ✓ По условиям надежности работы понтона **рекомендуется иметь одну направляющую** (могут также использоваться тросовые либо другие конструктивные системы).

Понтоны

- ✓ Понтоны должны иметь **предохранительные вентиляционные патрубки** для удаления воздуха и газов из-под понтона, в то время, когда понтон находится на опорах в нижнем рабочем положении в процессе заполнения резервуара.
- ✓ Они также **должны быть достаточными для предотвращения разрежения**, появляющегося под понтоном после того, как понтон встанет **на опоры в нижнем рабочем положении в процессе удаления продукта** из резервуара.
- ✓ Скорость заполнения и опорожнения резервуара в режиме нахождения понтона на опорах должна быть минимально возможной для конкретного резервуара.
- ✓ Для доступа на понтон в резервуаре должен быть предусмотрен, **по меньшей мере, один люк-лаз в стенке**, расположенный таким образом, чтобы через него можно было попасть на понтон, находящийся на опорах в ремонтном положении.
- ✓ **На самом понтоне** также должен быть **установлен как минимум один люк-лаз, обеспечивающий обслуживание и вентиляцию подпontonного пространства** в процессе ремонтных и регламентных работ.
- ✓ В **стационарной крыше** резервуара с понтоном должны быть установлены **смотровые люки в количестве не менее двух** для осуществления визуального контроля области уплотнения по периметру понтона. **Расстояние между люками должно быть не более 20 м.**

Плавающие крыши

Резервуары с плавающей крышей - альтернатива резервуаров со стационарной крышей и понтоном.

Плавающие крыши могут быть двух основных конструктивных типов:

- **однодечная плавающая крыша;**
- **двудечная плавающая крыша.**

В рабочем положении плавающая крыша должна полностью контактировать с поверхностью хранимого продукта. Применение плавающих крыш на поплавках (не контактного типа) не допускается.

В опорожненном резервуаре плавающая крыша должна находиться на стойках, опирающихся на днище резервуара.

Однодечная плавающая крыша состоит из герметичных кольцевых коробов, расположенных по периметру крыши, и центральной однослойной мембраны (деки), имеющей организованный уклон к центру. Уклон мембраны достигается установкой пригрузов или радиальных ребер жесткости.

Плавающие крыши

Двудечная плавающая крыша может выполняться по двум вариантам:

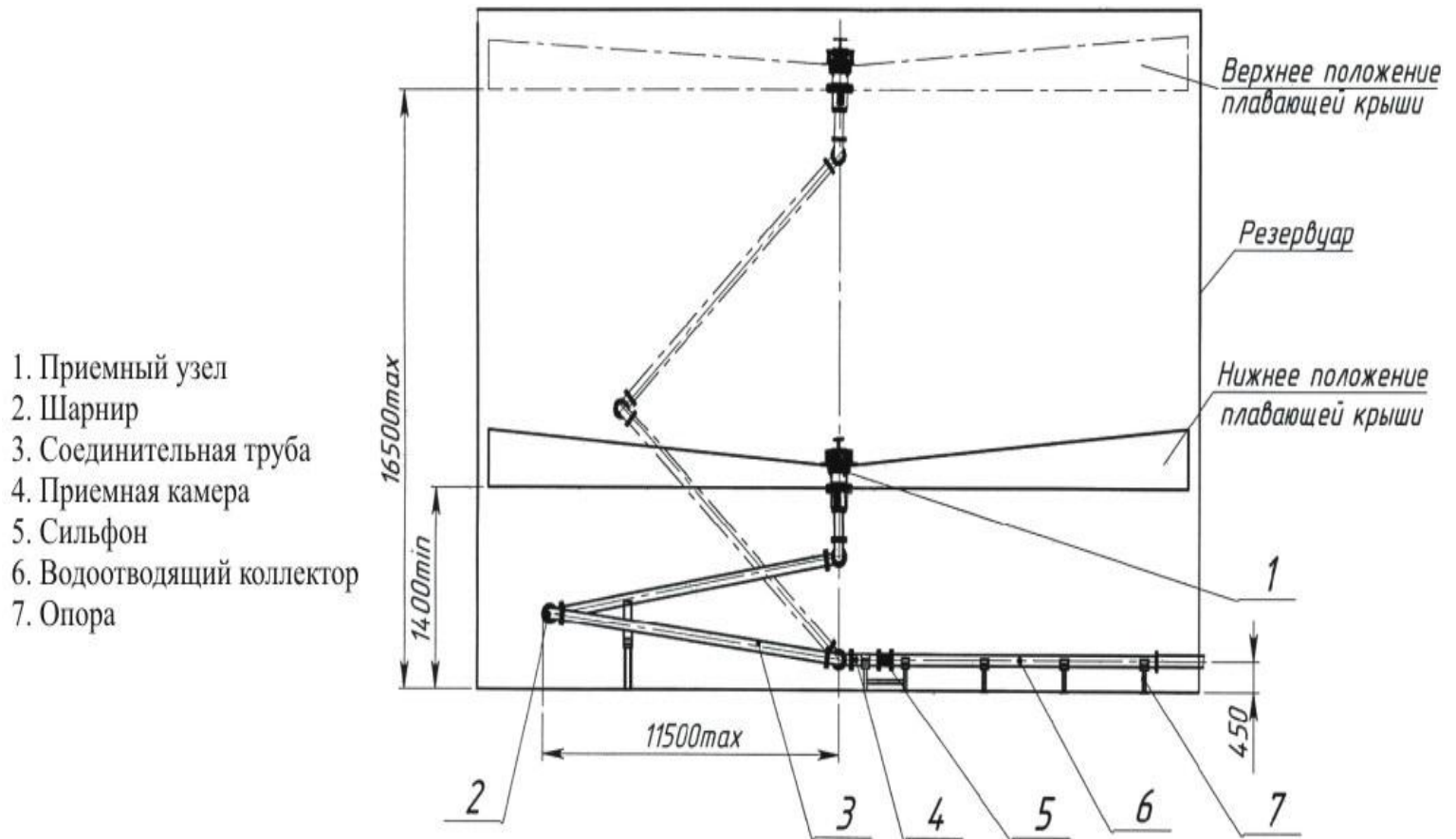
- **с радиальным расположением коробов** (крыша состоит из прямоугольных коробов, располагаемых на плане крыши в радиальном направлении. Пространство между коробами заполняется на монтаже листовыми вставками по нижней и верхней декам, образуя монтажные отсеки.);
- **с кольцевым расположением отсеков** (крыша состоит из верхней и нижней дек, соединяемых серией концентрических колец, образующих кольцевые отсеки. Наружный отсек разделяется радиальными переборками на кольцевые короба.).

Плавающие крыши

- ✓ Каждый короб или отсек плавающей крыши в верхней части должен иметь смотровой люк с легкоъемной крышкой для контроля возможной потери герметичности короба или отсека.
- ✓ Конструкция крышки и высота обечайки смотрового люка должны исключать попадание дождевой воды или снега внутрь короба или отсека.
- ✓ Доступ на плавающую крышу должен обеспечиваться лестницей, которая автоматически следует любому положению крыши по высоте. Одним из рекомендуемых типов применяемых лестниц является катучая лестница, которая имеет верхнее шарнирное крепление к стенке резервуара и нижние ролики, перемещающиеся по направляющим
- ✓ Плавающие крыши должны иметь основной (аварийный) водоспуск.
- ✓ Основной водоспуск должен быть установлен в нижней точке сбора дождевой воды и должен обеспечивать отвод воды за пределы резервуара без ее попадания в хранимый продукт.
- ✓ Для однодечных плавающих крыш основной водоспуск должен иметь обратный клапан или задвижку, исключающие попадание продукта на плавающую крышу при нарушении герметичности трубопроводов водоспуска.

Плавающие крыши

- ✓ Аварийные водоспуски предназначены для сброса дождевой воды непосредственно в хранимый продукт.
- ✓ Двудечные плавающие крыши могут иметь открытый аварийный водоспуск, заборное отверстие которого находится на верхней деке крыши выше уровня хранимого в резервуаре продукта. Однодечные плавающие крыши могут иметь только клапанный аварийный водоспуск, открываемый при опускании плавающей крыши на опорные стойки.



Плавающая крыша



- ✓ Плавающие крыши должны иметь **вентиляционные клапаны**, минимум **два**, открывающиеся при нахождении плавающей крыши на опорных стойках и предохраняющие плавающую крышу и уплотняющий затвор от перенапряжения и повреждения при заполнении или опорожнении резервуара. Размеры и количество вентиляционных клапанов определяются производительностью приемо-раздаточных операций.

Плавающие крыши должны иметь опорные стойки, позволяющие фиксировать крышу в двух нижних положениях - **рабочем** и **ремонтном**.

- ✓ **Рабочее положение** - минимальная высота, при которой конструкции плавающей крыши отстоят не менее чем на 100 мм от верхних частей устройств, находящихся на днище или на стенке резервуара и препятствующих дальнейшему опусканию плавающей крыши.
- ✓ **Ремонтное положение** - минимальная высота, при которой возможен свободный проход человека по днищу резервуара под плавающей крышей - около 2,0 м.

Плавающие крыши

- ✓ Для распределения нагрузок, передаваемых плавающей крышей на днище резервуара, под опорными стойками плавающей крыши должны быть установлены стальные подкладки, приваренные к днищу резервуара сплошным швом. Плавающие крыши должны иметь не менее одного люка номинальным диаметром не менее 600 мм, позволяющего осуществлять вентиляцию и проход обслуживающего персонала под плавающую крышу, когда из резервуара удален продукт.
- ✓ Для исключения вращения плавающей крыши должны использоваться направляющие в виде труб, выполняющие также технологические функции. Рекомендуется установка одной направляющей.
- ✓ Пространство между стенкой резервуара и наружным бортом плавающей крыши должно быть уплотнено при помощи специального гибкого устройства - **затвора**, имеющего также **погодозащитный козырек** от непосредственного воздействия атмосферных осадков на затвор.
- ✓ Номинальный зазор для установки затвора должен составлять 200 или 250 мм с допускаемыми отклонениями ± 100 мм.

Плавающие крыши

- ✓ На плавающей крыше должен быть установлен кольцевой барьер для удержания гасительной пены, подаваемой при пожаре в зону кольцевого зазора.
- ✓ Высота барьера должна быть не менее 1 м. В нижней части барьера следует предусматривать дренажные отверстия для стока продуктов разрушения пены и атмосферных вод.
- ✓ Все токопроводящие части плавающей крыши, включая катучную лестницу, должны быть электрически взаимосвязаны и соединены со стенкой резервуара.
- ✓ Плавающая крыша должна быть оборудована системой заземляющих кабелей. У резервуаров диаметром до 20 м включительно должно быть предусмотрено не менее двух заземляющих кабелей, у резервуаров большего диаметра - не менее четырех кабелей.

Приемка и испытание резервуаров

- ✓ Все резервуары со стационарной и плавающей крышей должны быть подвергнуты гидравлическому испытанию.
- ✓ Резервуары со стационарной крышей должны быть испытаны на внутреннее избыточное давление и вакуум.
- ✓ Испытание должно проводиться в соответствии с технологической картой испытаний, которая должна быть составной частью проекта производства работ (ППР).
- ✓ Гидравлическое испытание следует проводить наливом воды на проектный уровень залива продукта, ступенями по поясам с промежутками времени, необходимыми для выдержки и проведения контрольных осмотров.
- ✓ Испытание следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже плюс 5°C.
- ✓ В течение всего периода гидравлического испытания все люки и патрубки в стационарной крыше резервуара должны быть открыты.

Если в процессе испытания будут обнаружены свищи, течи или трещины в стенке резервуара, испытание прекращается и вода сливается до уровня:

- при обнаружении дефекта в 1 поясе - полностью;
- при обнаружении дефекта во II-VI поясах - на один пояс ниже расположения дефекта;
- при обнаружении дефекта в VII поясе и выше - до V пояса.

Гидравлические испытания резервуара

№	Вид испытания	РВС	РВСП	РВСПК
1	Испытание герметичности элементов конструкций резервуара при заливе водой	+	+	+
2	Испытание прочности стенки резервуара при гидростатической нагрузке	+	+	+
3	Испытание герметичности стационарной крыши РВС избыточным давлением воздуха	+		
4	Испытание устойчивости корпуса резервуара созданием относительного разрежения внутри резервуара	+		
5	Испытание плавучести и работоспособности понтона или плавающей крыши		+	+
6	Испытание работоспособности катучей лестницы			+
7	Испытание устойчивости основания резервуара с определением параметров абсолютной и неравномерной осадки по контуру днища, крена резервуара, профиля центральной части днища	+	+	+

Приемка и испытание резервуаров

Резервуар, залитый водой до верхней проектной отметки, выдерживается под этой нагрузкой в течение следующего времени (если в проекте нет других указаний):

PBC $V \leq 10000 \text{ м}^3$: 24 ч;

PBC $V = 10000 - 20000 \text{ м}^3$: 48 ч;

PBC $V \geq 20000 \text{ м}^3$: 72 ч.

После окончания гидравлических испытаний, при залитом до проектной отметки водой резервуаре, производят замеры отклонений образующих от вертикали, замеры отклонений наружного контура днища для определения осадки основания (фундамента).

Испытание на внутреннее избыточное давление и вакуум проводят во время гидравлического испытания. Контроль давления и вакуума осуществляют U-образным манометром, выведенным по отдельному трубопроводу за обвалование. Избыточное давление принимается на 25 %, а вакуум - на 50 % больше проектной величины, если в проекте нет других указаний. Продолжительность нагрузки 30 минут.

Испытания резервуаров давлением / разряжением

- ✓ Стационарную крышу резервуара без понтона испытывают на избыточное давление при заполненном водой резервуаре до отметки на 10% ниже проектной с 30-минутной выдержкой под созданной нагрузкой.
- ✓ В процессе испытания производят **100%-ный визуальный контроль** сварных швов стационарной крыши.
- ✓ Давление создают подачей воды **при всех герметично закрытых люках крыши.**
- ✓ Устойчивость корпуса резервуара проверяют созданием **относительного разряжения внутри резервуара** при уровне залива водой 1,5 м с выдержкой резервуара под нагрузкой в течение 30 мин. Относительное разряжение создают сливом жидкости при герметично закрытых люках.
- ✓ Избыточное давление принимают на 25%, а относительное разряжение на 50% больше проектного значения (если в проекте нет других указаний).