

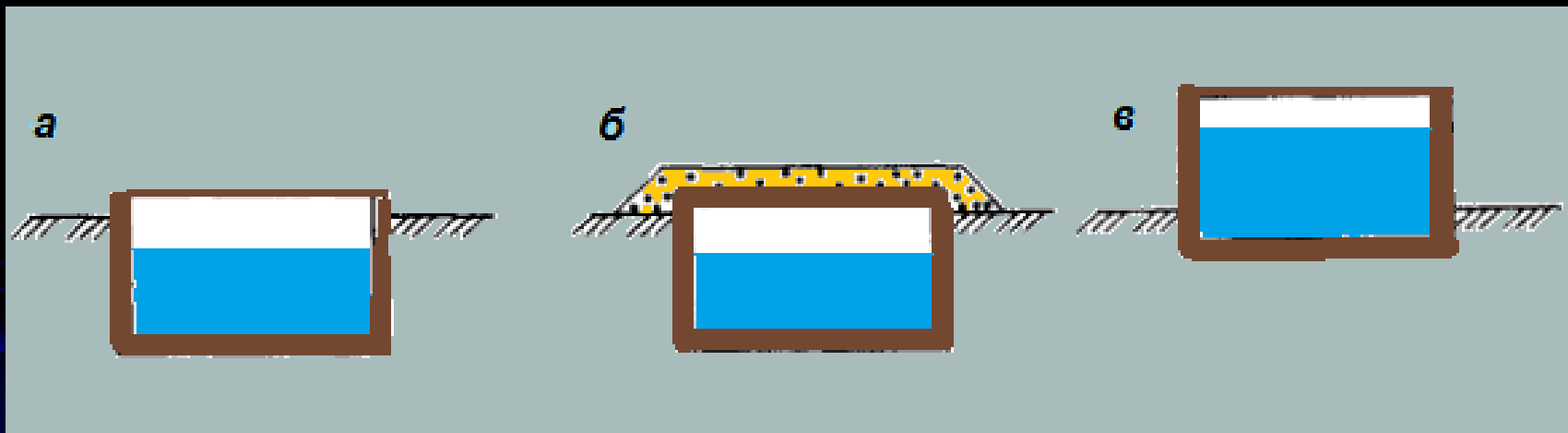


РЕЗЕРВУАРЫ



Технологические емкости в различных отраслях промышленности (вода, нефть)

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ:



а – заглубленные открытые;

б – заглубленные закрытые;

в – наземные открытые.

Прямоугольные.



Круглые.



Если это обосновано,
возможны и другие формы
(тор, сфероид,)





Монолитные.

Сборные.

Сборномонолитные.

не ниже:

B15;

W4;

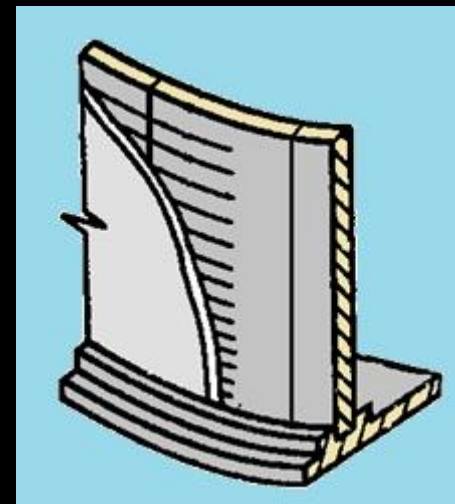
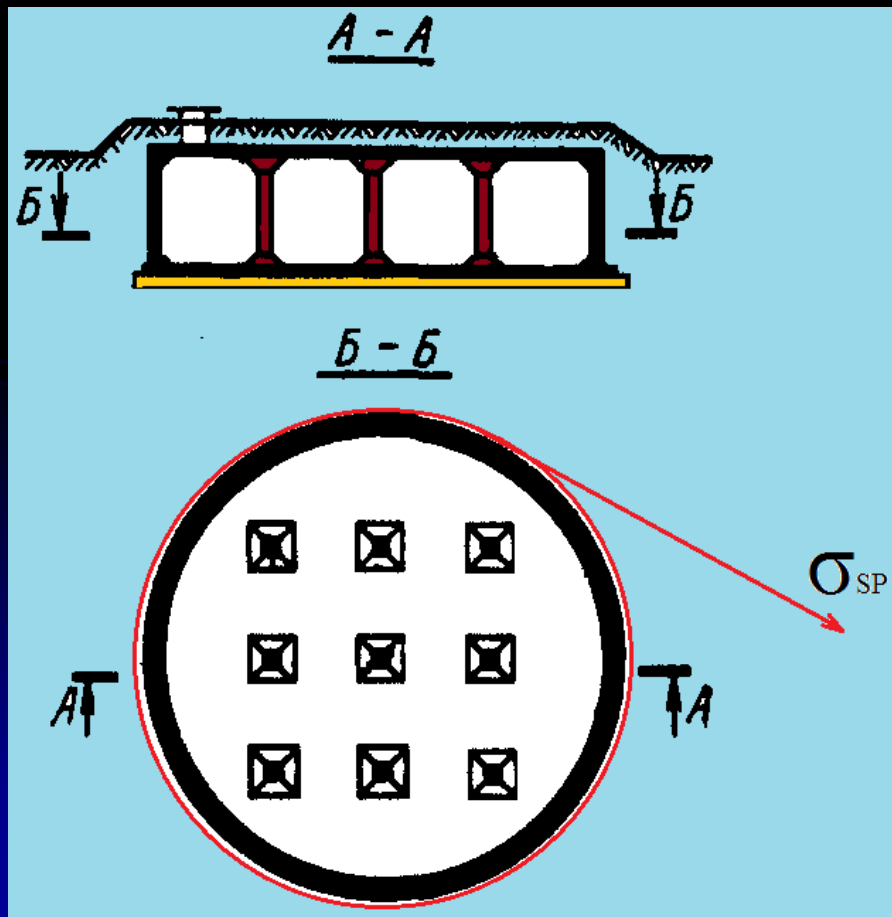
F100.



КРУГЛЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ

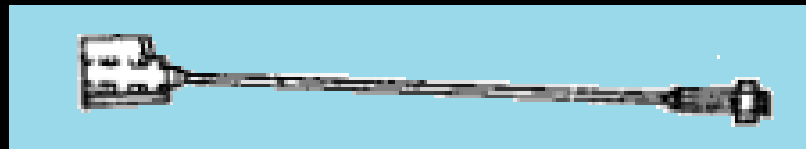
Унифицированные
параметры круглых
резервуаров:

Параметр	Объем резервуара, м ³							
	100	150	250	500	1000	2000	3000	6000
Диаметр, м	6,5	8	10	12	18	24	30	42
Высота, м	3,6	3,6	3,6	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8

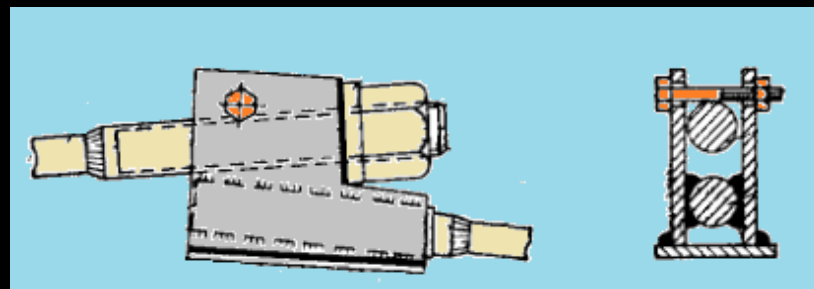


При емкости резервуара
более 500 м³ его стенки
делают предварительно
напряженными

Натяжение проволоочной арматуры осуществляют с помощью специальных намоточных машин.



Стержневую арматуру натягают электротермическим способом.



- Натягаемая арматура натягивается на наружную грань стенки и покрывается несколькими слоями торкретбетона с суммарной толщиной не менее 25 мм. Первый слой наносят сразу после натяжения арматуры, остальные после наполнения резервуара водой. Это предотвратит появление трещин в торкретбетоне при последующих наполнениях.
- Расстояние между витками проволоки не менее 10 мм (обычно 50 мм), а между кольцами стержневой арматуры 100 – 250 мм).
- Натяжение арматуры выполняют при прочности монолитного бетона (или бетона в вертикальных швах) не менее 70% проектного значения.

ПОКРЫТИЯ

по своей конструкции они аналогичны перекрытиям многоэтажных зданий и могут быть:

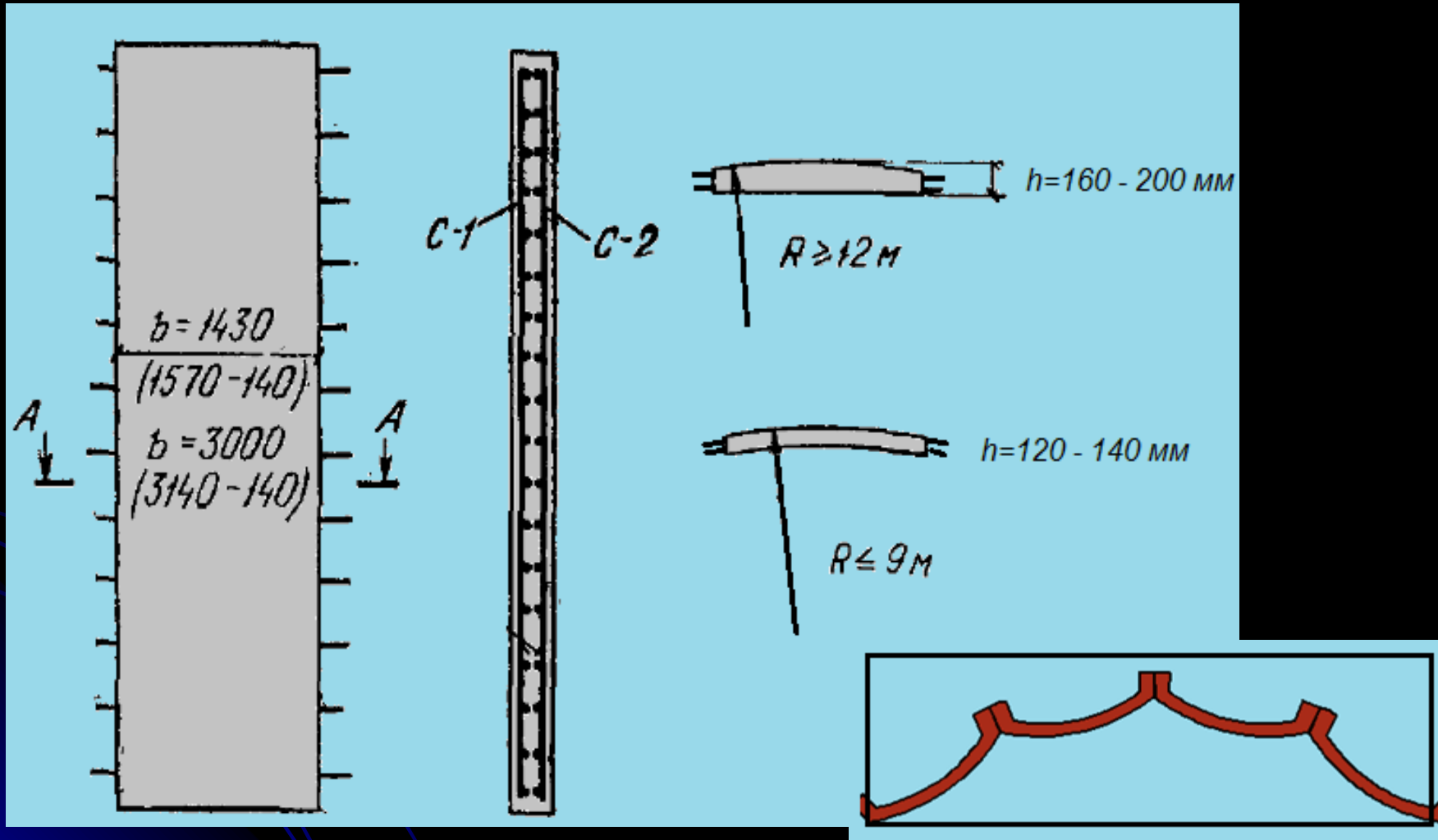
- балочными или безбалочными;
- пространственными (выпуклые оболочки);
- сборными, монолитными или сборно-монолитными.



Покрытия рассчитывают на нагрузку от собственного веса и веса грунтовой засыпки, временную нагрузку на поверхности, снеговую нагрузку, вакуум при опорожнении закрытых резервуаров.

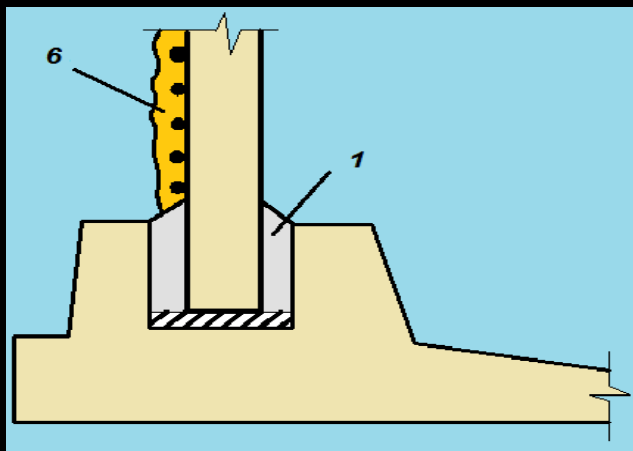
СТЕНЫ

Стены резервуаров монолитные или из сборных панелей, длина которых равна высоте резервуара.

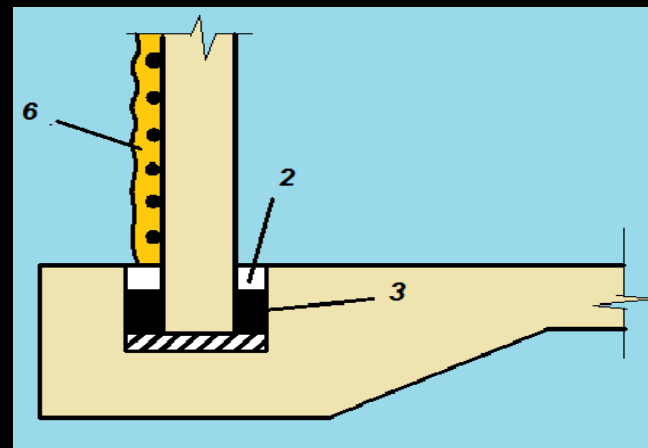


Арматурные выпуски свариваются, стык заполняют бетоном на безусадочном или расширяющемся цементе.

ВАРИАНТЫ СОПРЯЖЕНИЯ СТЕН С ДНИЩЕМ:

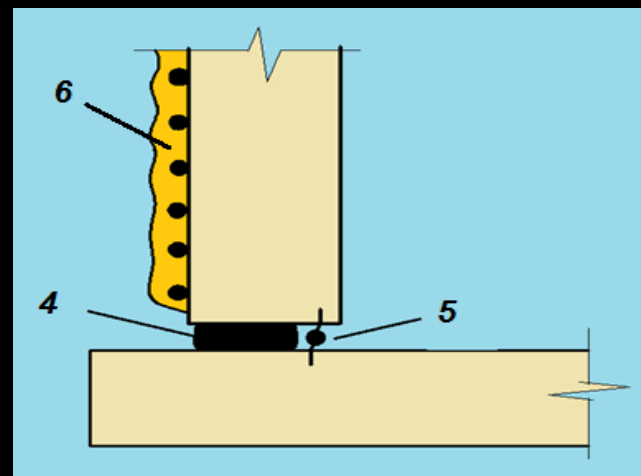


А - жесткое



Б - податливое

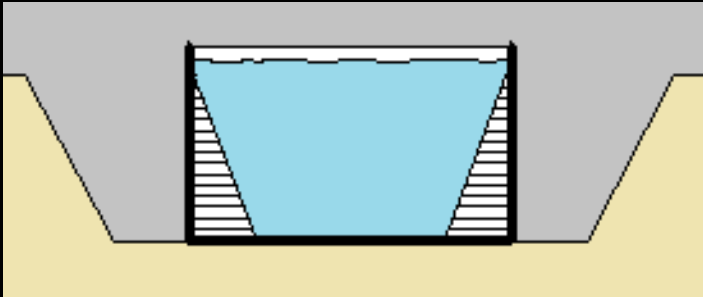
1. Бетон замоноличивания.
2. Асбестоцементный раствор
3. Битумная мастика
4. Непрерывная эластичная прокладка.
5. Полосовой герметик.
6. Напрягаемая арматура и торкрет бетон



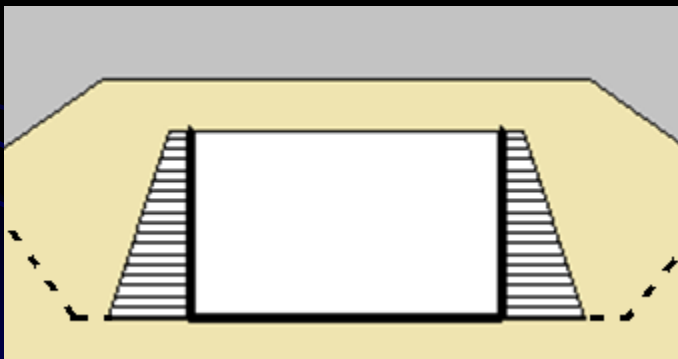
В – свободное (скользящее)

Рассчитывают стены на вертикальные нагрузки от покрытия, гидростатическое давление жидкости, боковое давление грунта с учетом возможной временной нагрузки на поверхности земли.

Основные расчетные ситуации:



1. Полностью заполнен, но не обвалован

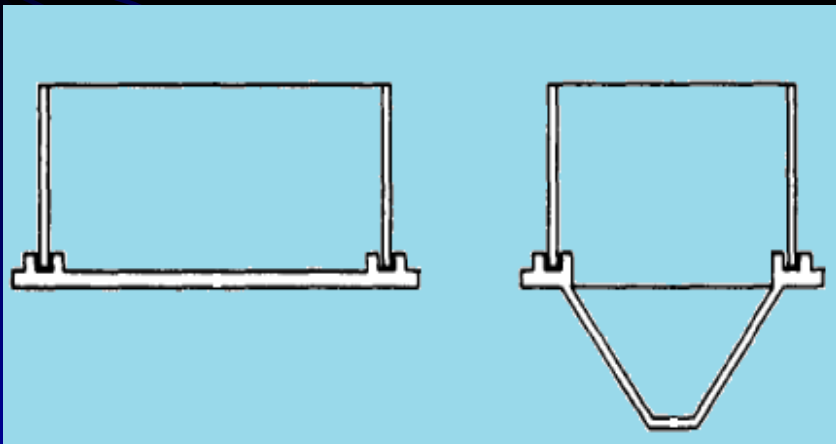


2. Обвалован, но пустой

3. При наличии грунтовых вод выполняется проверка устойчивости на всплытие.

ДНИЩЕ

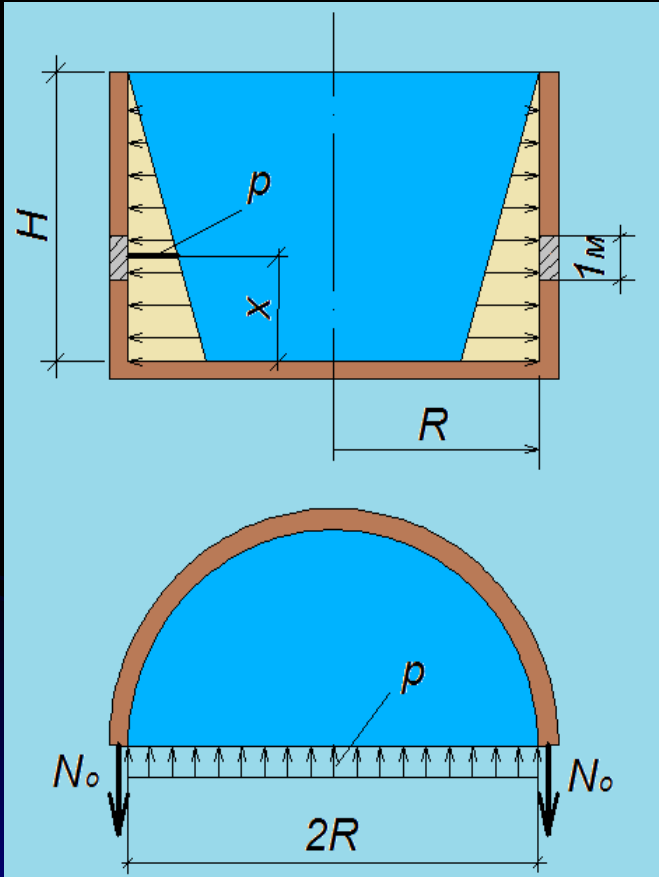
- Днища представляют собой плоскую (в ряде случаев коническую) плиту, лежащую на упругом основании. По контуру она жестко или шарнирно связана со стенами.
- При отсутствии подпора грунтовых вод собственный вес днища и вес жидкости уравниваются отпором грунта, не вызывая в днище никаких усилий.
- Изгибающие моменты в днище возникают на участках, вблизи стен и фундаментных стаканов колонн. В этих местах днище усиливают, создавая местные утолщения.



В общем случае днища рассчитывают на давление грунтовых вод и нагрузки от покрытия, передаваемые на днище колоннами и стенами. Кроме того, не заполненный резервуар проверяют на устойчивость положения против всплытия.

РАСЧЕТ

Стенка является замкнутой осесимметричной оболочкой.
Усилия в ней зависят от условий опирания.

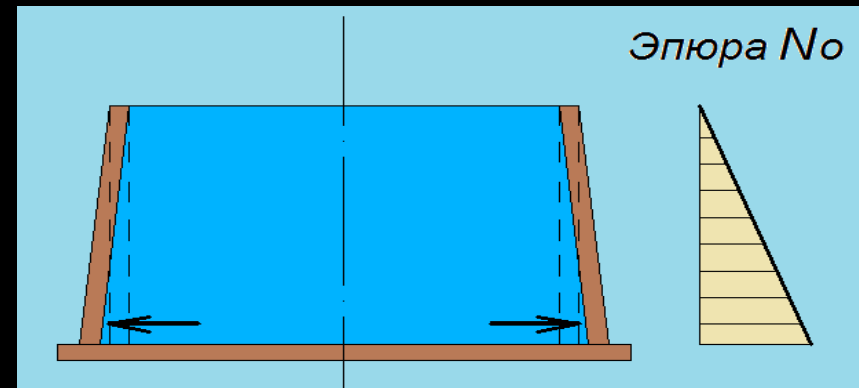


Гидростатическое давление на глубине $H - x$

$$p = \gamma(H - x)$$

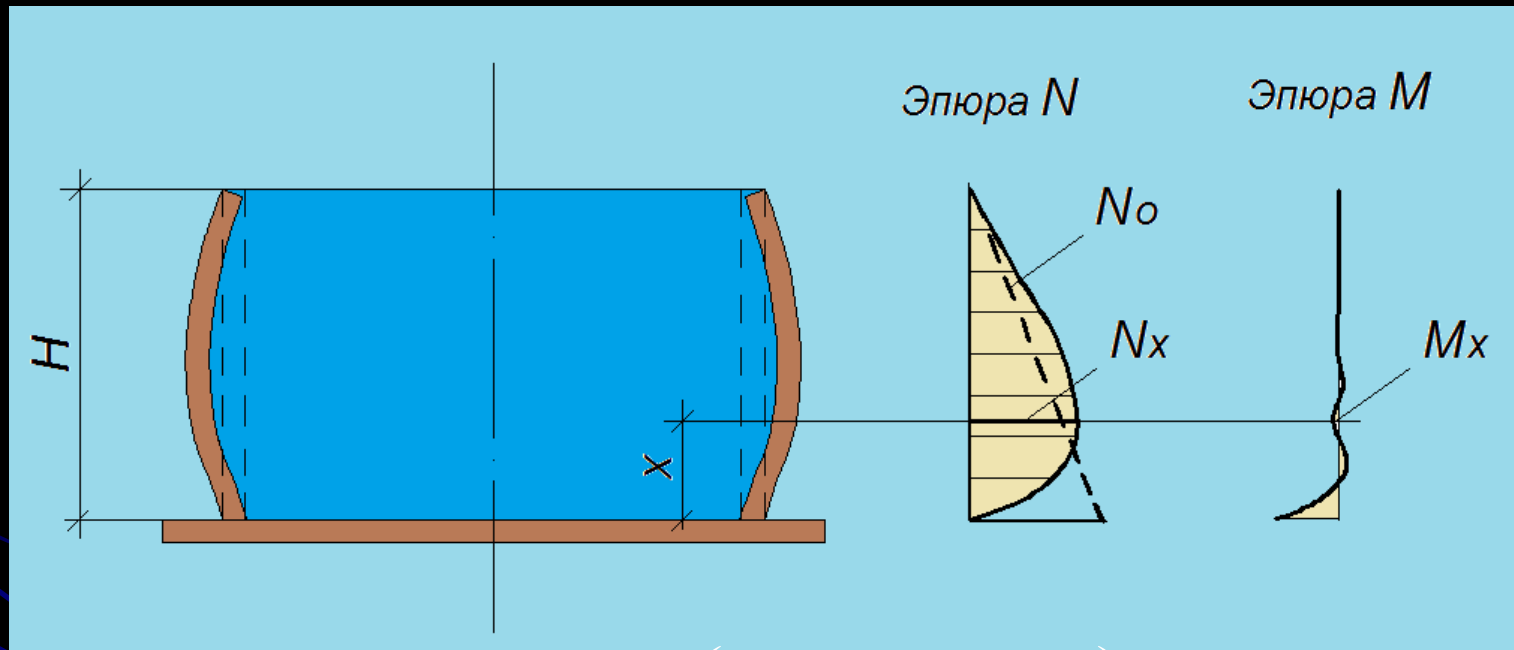
Кольцевое усилие от гидростатического давления

$$2 \cdot N_0 = p \cdot 2 \cdot R \rightarrow N_0 = p \cdot R$$



При свободном опирании и отсутствии вертикальной нагрузки днище не препятствует радиальным перемещениям стенки и в ней действуют только кольцевые усилия N_0

При жесткой заделке радиальные перемещения оболочки стеснены, и в уровне дна равны нулю (плита дна практически не растяжима). В результате этого стенка искривляется и в направлении образующей возникают моменты, изменяется и закон изменения кольцевых усилий N_0 .



$$N_x = N_0 - p_{\max} R \left(\eta_1 + \eta_2 \left(1 - \frac{s}{H} \right) \right)$$

$s = 0,76\sqrt{R \cdot \delta}$ - упругая характеристика стенки

толщину стенки предварительно можно принять $\delta \approx 0,005 \cdot R \cdot H$
(величины, входящие в формулу и результат в метрах)

Коэффициенты : $\eta_1 = e^{-\varphi} \cos \varphi$; $\eta_2 = e^{-\varphi} \sin \varphi$, где $\varphi = x / s$

Значения коэффициентов η_1 и η_2

φ	η_1	η_2	φ	η_1	η_2
0	1	0	2,0	-0,0564	0,1231
0,1	0,9004	0,0903	2,1	-0,0618	0,1057
0,2	0,8024	0,1627	2,2	-0,0652	0,0896
0,3	0,7078	0,2189	2,3	-0,0668	0,0748
0,4	0,6174	0,2610	2,4	-0,0669	0,0613
0,5	0,5323	0,2908	2,5	-0,0658	0,0491
0,6	0,4530	0,3099	2,6	-0,0636	0,0383
0,7	0,3798	0,3199	2,7	-0,0608	0,0287
0,8	0,3130	0,3223	2,8	-0,0573	0,0204
0,9	0,2528	0,3185	2,9	-0,0535	0,0133
1,0	0,1988	0,3096	3,0	-0,0493	0,0070
1,1	0,1510	0,2967	3,1	-0,0450	0,0019
1,2	0,1092	0,2807	3,5	-0,0283	-0,0106
1,3	0,0729	0,2626	4,0	-0,0120	-0,0139
1,4	0,0419	0,2430	4,5	-0,0024	-0,0109
1,5	0,0158	0,2226	5,0	0,0020	-0,0065
1,6	-0,0059	0,2018	5,5	0,0029	-0,0023
1,7	-0,0236	0,1812	6	0,0024	-0,0007
1,8	-0,0376	0,1610	7	0,0007	-0,0006
1,9	-0,0484	0,1415			

$$M_x = \frac{P_{\max}}{2} s^2 \left(\eta_1 \left(1 - \frac{s}{H} \right) - \eta_2 \right)$$

Максимум при $x = 0$

$$M_{\max} = \frac{P_{\max}}{2} s^2 \left(1 - \frac{s}{H} \right)$$

По высоте момент быстро убывает, иными словами, носит локальный характер

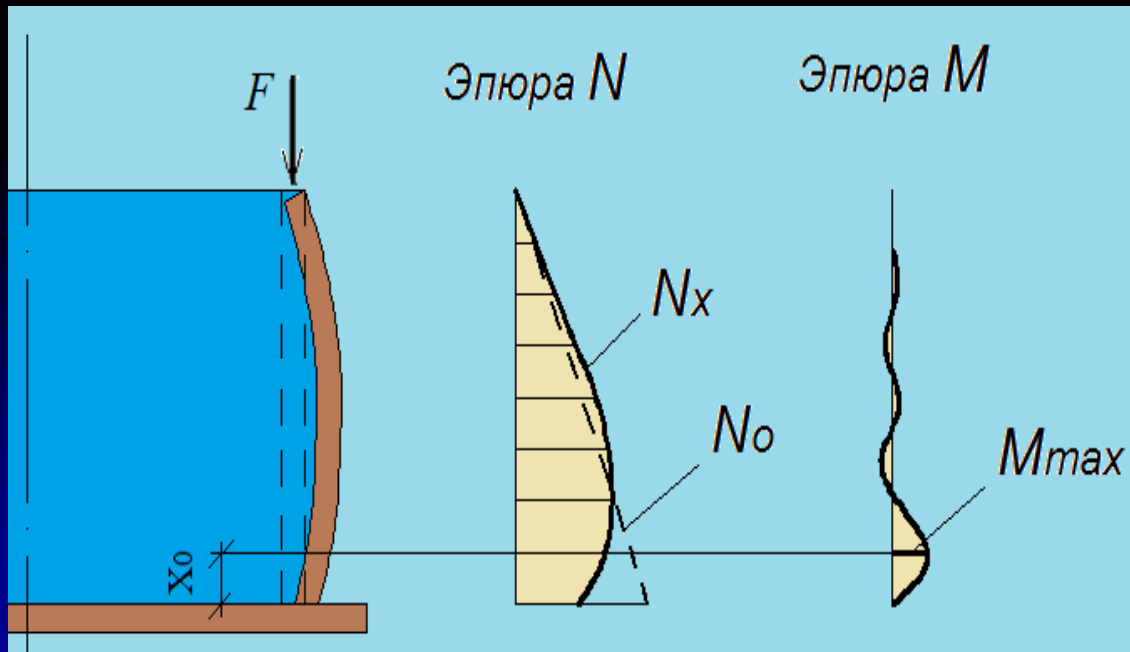
При податливом сопряжении стенки с дном

радиальным перемещениям стенки препятствует сила трения:

$$Q_{TP} = k_{TP} \cdot F \leq \frac{s \cdot p_{\max}}{2}$$

F - вертикальная сила от веса стенки, покрытия и грунта обваловки;

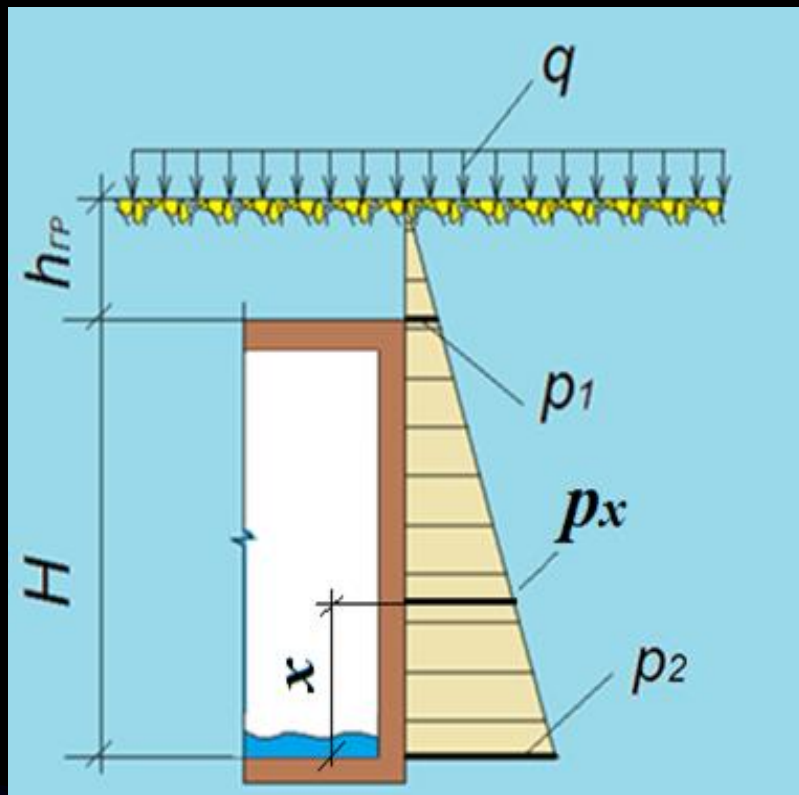
$k_{TP} = 0,5$ - коэффициент трения.



$$N_x = N_0 - \frac{2 \cdot R}{s} Q_{TP} \cdot \eta_1$$

$$M_{\max} = Q_{TP} \cdot s \cdot \eta_2$$

$$x_0 = 0,6 \sqrt{R \cdot \delta}$$



От обсыпки (при пустом резервуаре)

на уровне верха стены

$$p_1 = (q + \rho \cdot h_{GP}) \cdot \operatorname{tg}^2(45 - \varphi / 2)$$

на расстоянии X

$$p_x = (q + \rho \cdot (H - x + h_{GP})) \cdot \operatorname{tg}^2(45 - \varphi / 2)$$

Максимальное боковое давление

$$p_2 = (q + \rho \cdot (H + h_{GP})) \cdot \operatorname{tg}^2(45 - \varphi / 2)$$

Максимальный момент

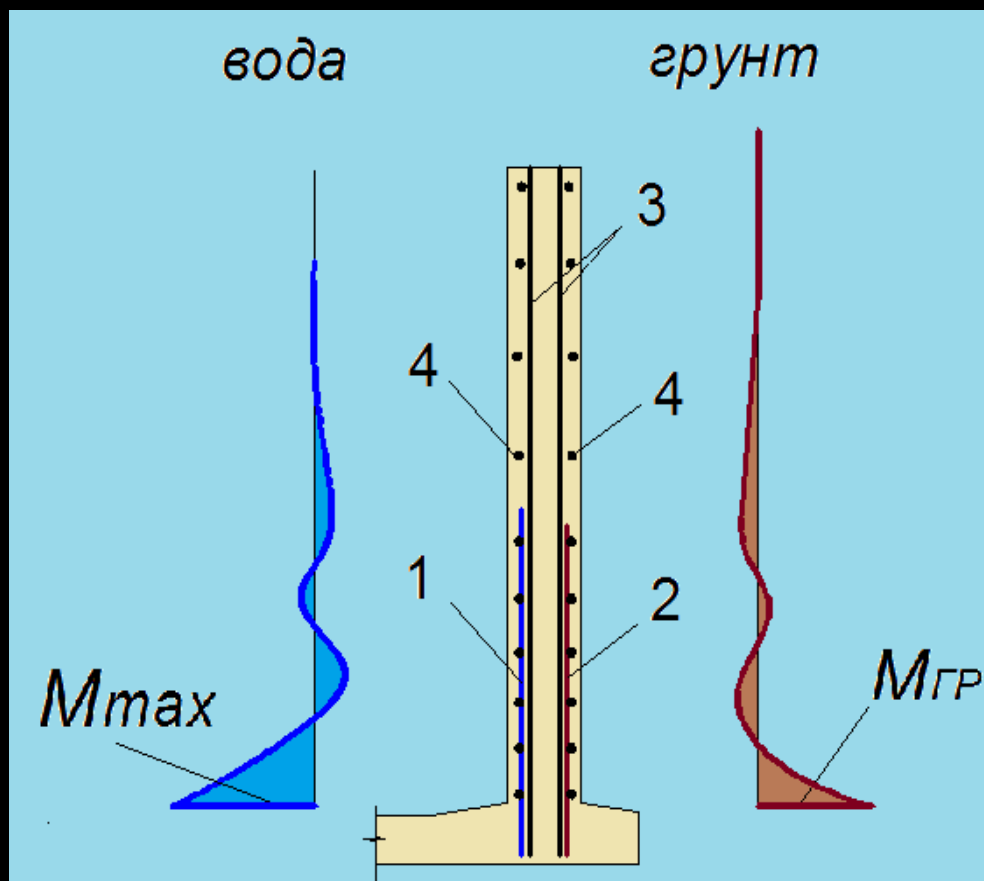
$$M_{GP} = \frac{p_2}{2} s^2 \left(1 - \frac{(1 - p_1 / p_2) \cdot s}{H} \right)$$

Кольцевые растягивающие усилия в стенке определяют в сечениях, расположенных по высоте через 1 м (или через 0,5 м). Для каждой зоны высотой 1 м (0,5 м) по наибольшему кольцевому усилию подбирают площадь сечения кольцевой арматуры:

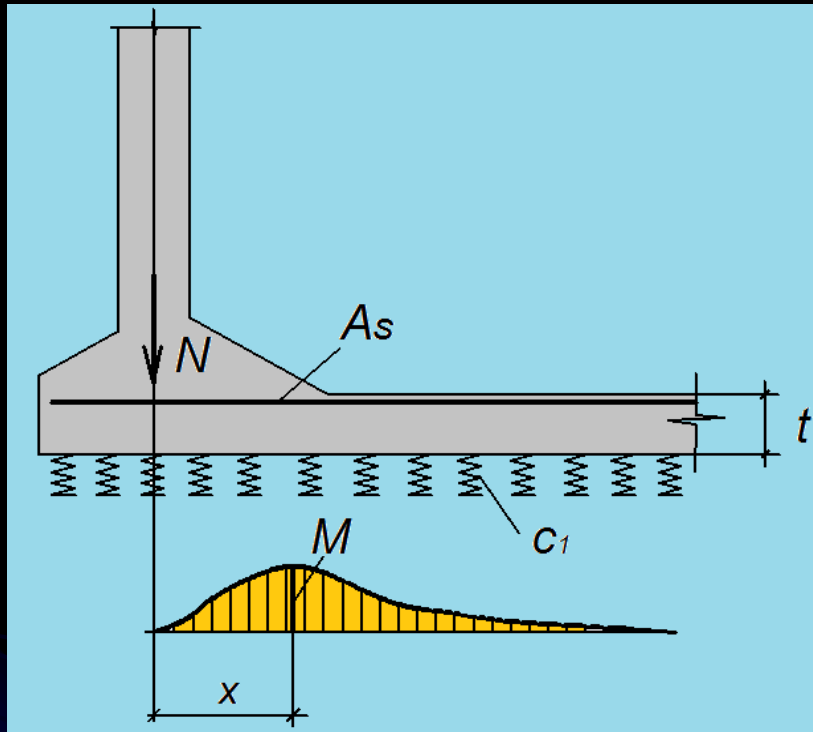
$$A_s = \frac{N_{X.\max}}{R_s}$$

Вертикальную арматуру подбирают на действие:

- гидростатического давления воды M_{\max} ;
- давления грунта $M_{ГР}$;
- вертикальных нагрузок;
- монтажных нагрузок.



РАСЧЕТ ДНИЩА



Параллельно диаметру мысленно вырезают полосу шириной $b=1$ м и рассчитывают ее как балку на упругом основании.

$$M = 0,32 \cdot \lambda \cdot N$$

где: $\lambda = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_b \cdot J}{b \cdot C_1}} ; \quad J = \frac{b \cdot t^3}{12} ;$

C_1 - коэффициент постели

Максимальный момент при

$$x = 0,8 \cdot \lambda$$

при $x = \pi \cdot \lambda \quad M \approx 0$

ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ

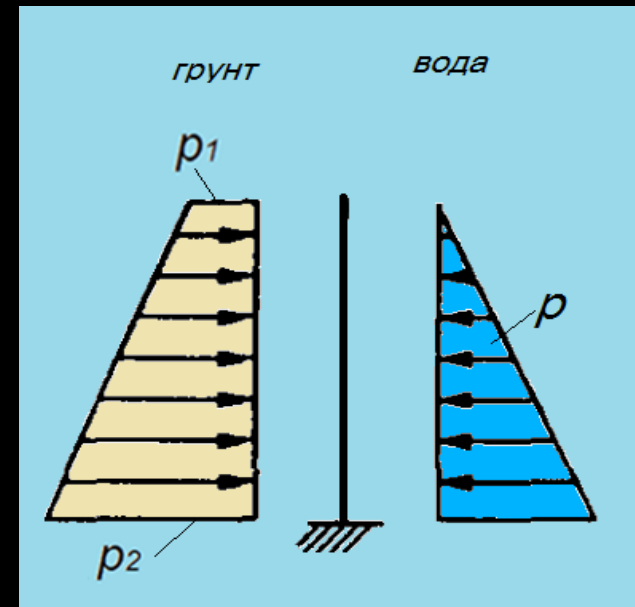
Унифицированные параметры:

Параметр	Объем резервуара, м ³								
	100	250	500	1000	2000	3000	6000	10000	20000
Размеры в плане, м	6×6	6×12	12×12	12×18	18×24	24×30	36×36	48×48	66×66
Высота, м	3,6	3,6	3,6	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8

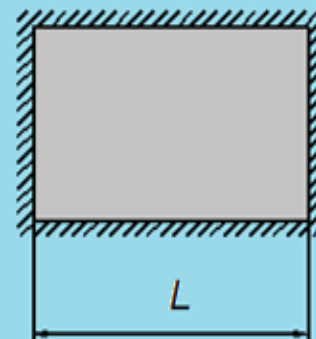
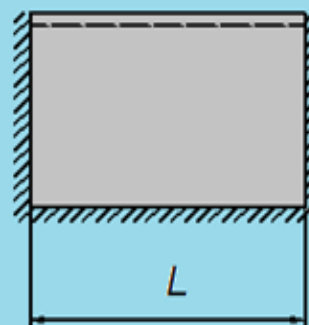
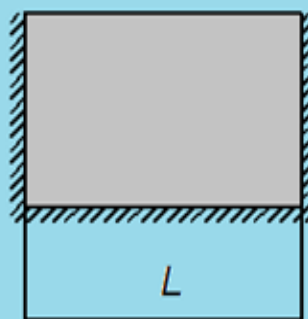
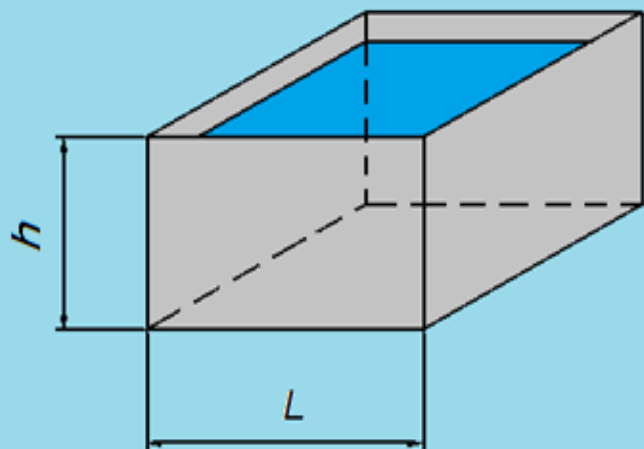
Характер работы и методика расчета зависят от конструктивного решения и соотношения размеров сторон резервуара.

Открытые резервуары высота которых значительно меньше чем длина

Сены рассчитывают как консоли, защемленные в днище.
(две расчетные ситуации)



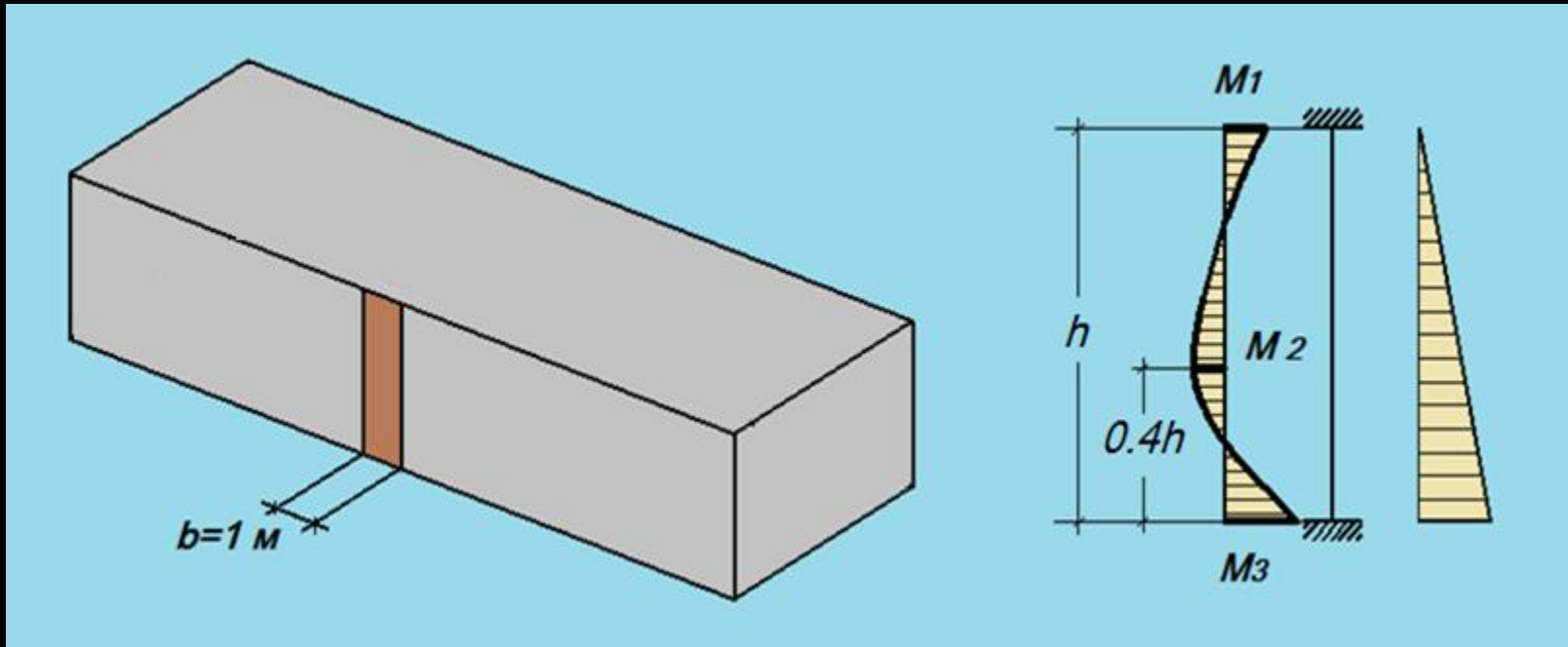
Открытые и закрытые резервуары с соотношением сторон $\frac{L}{h} < 3$



рассчитывают как плиты опертые по 3-м или 4-м сторонам
в зависимости от условий опирания

(изгибающие моменты вычисляют по таблицам, приведенным во
многих справочниках)

Закрытые резервуары большой протяженности и жестком сопряжении стен с днищем и покрытием



рассчитывают как балочные плиты единичной ширины упруго защемленную поверху и понизу.

$$M_1 = \frac{\gamma \cdot h^3}{30}$$

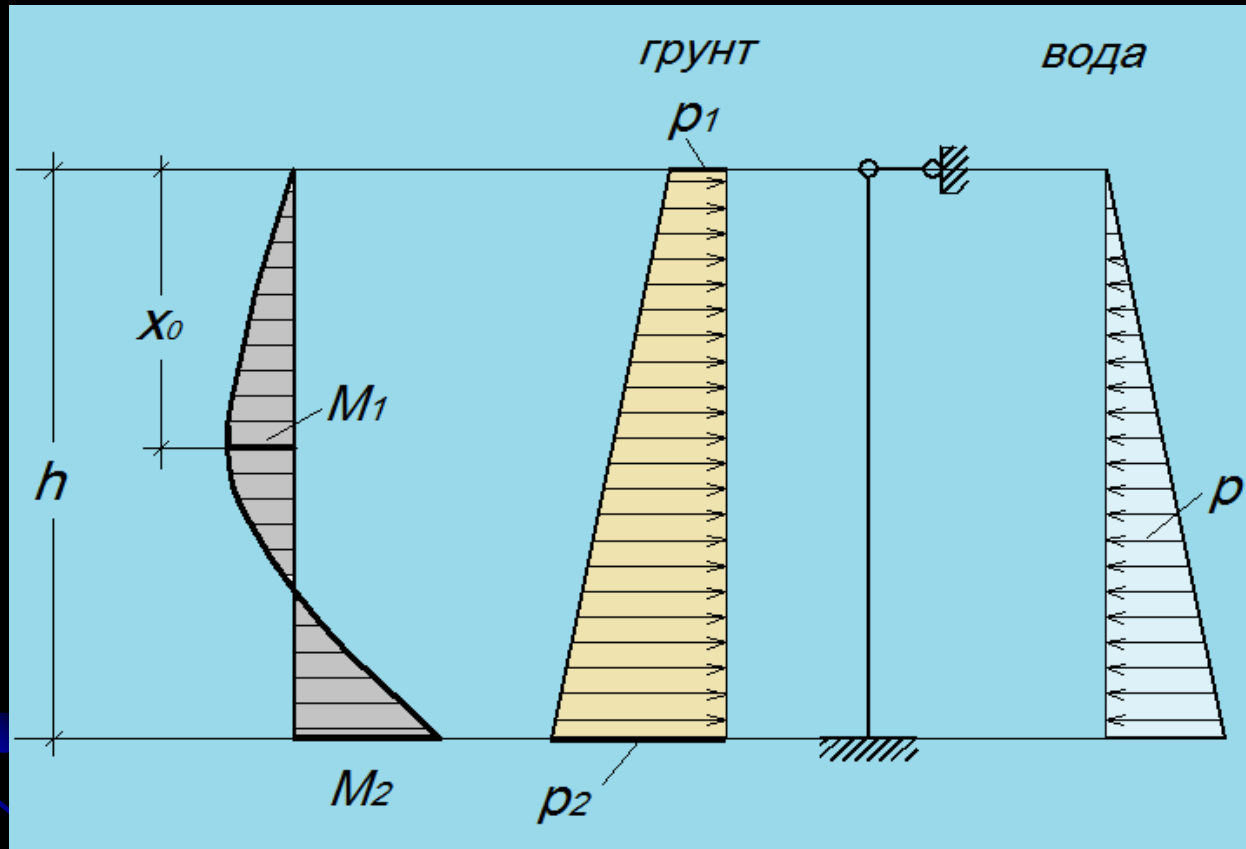
$$M_2 = \frac{\gamma \cdot h^3}{40}$$

$$M_3 = \frac{\gamma \cdot h^3}{20}$$

где γ - удельный вес воды (жидкости)

Стены в рассчитывают как изгибаемые элементы – без учета продольного сжатия от веса покрытия и грунта обсыпки. Это дает некоторое увеличение требуемой площади арматуры, но учитываем возможность отсутствия вертикальной нагрузки в некоторые периоды эксплуатации.

Закрытые резервуары большой протяженности и шарнирном сопряжении стен с покрытием



Давление воды:

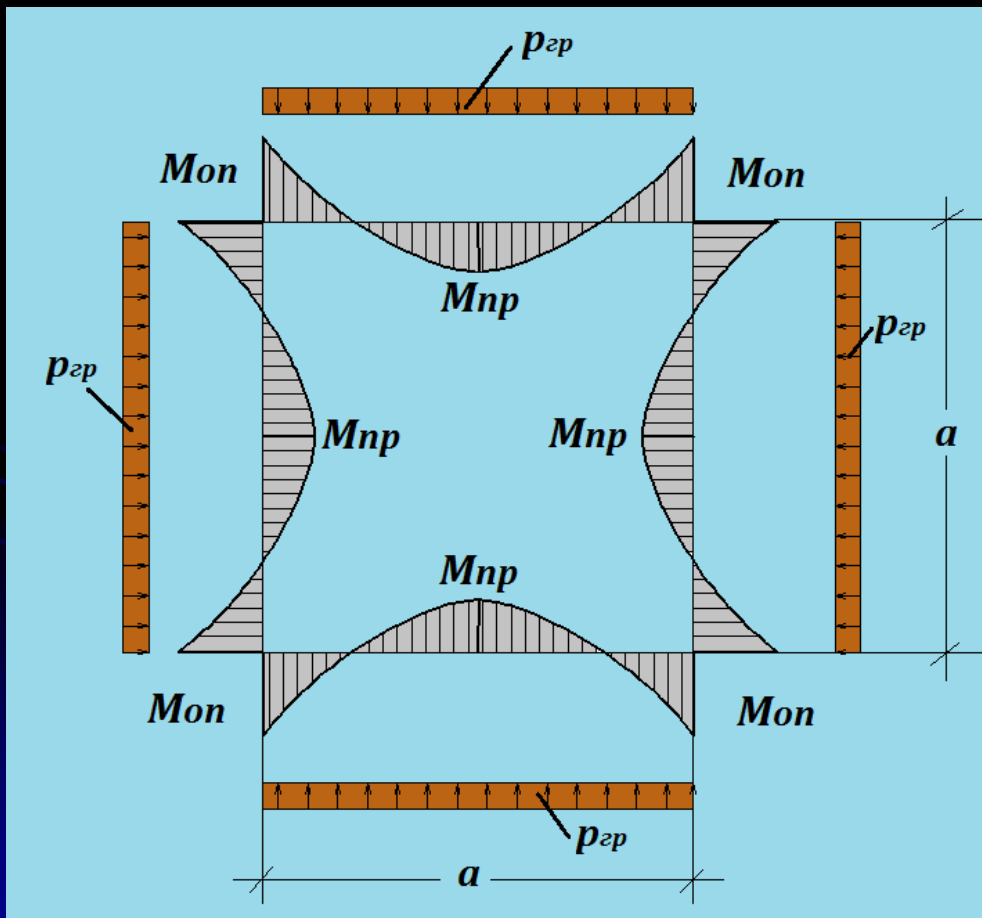
$$M_1 = \frac{\gamma \cdot h^3}{33,6}$$

$$M_2 = \frac{\gamma \cdot h^3}{15}$$

$$x_0 = 0,447 \cdot h$$

Небольшие в плане резервуары, высота которых значительно превосходит размеры в плане

Резервуар разбивают по высоте на пояса и рассчитывают их как замкнутые рамы

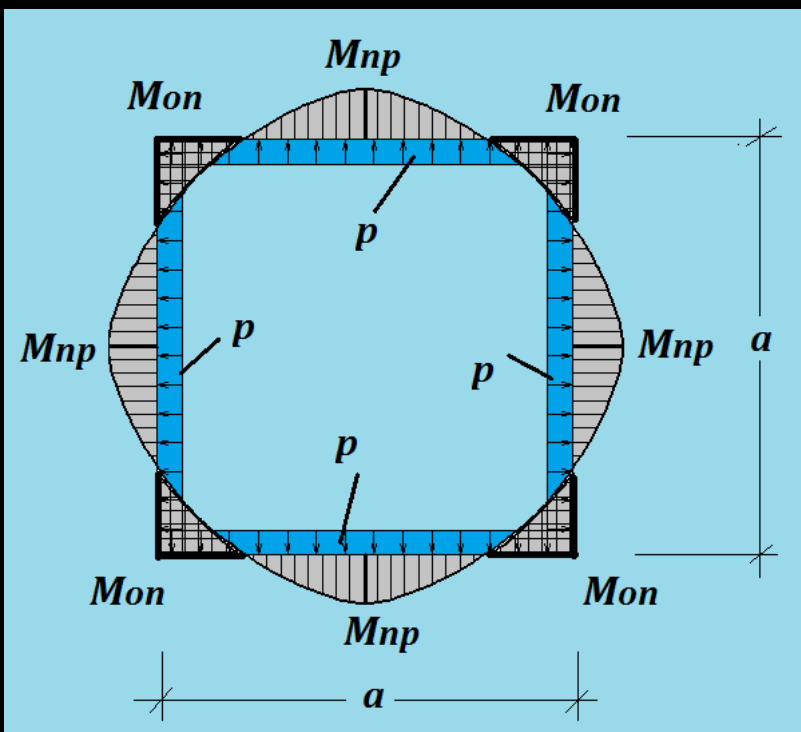


Давление грунта:

$$M_{on} = \frac{p_{gp} \cdot a^2}{12}$$

$$M_{np} = \frac{p_{gp} \cdot a^2}{24}$$

$$N = \frac{p_{gp} \cdot a}{2}$$



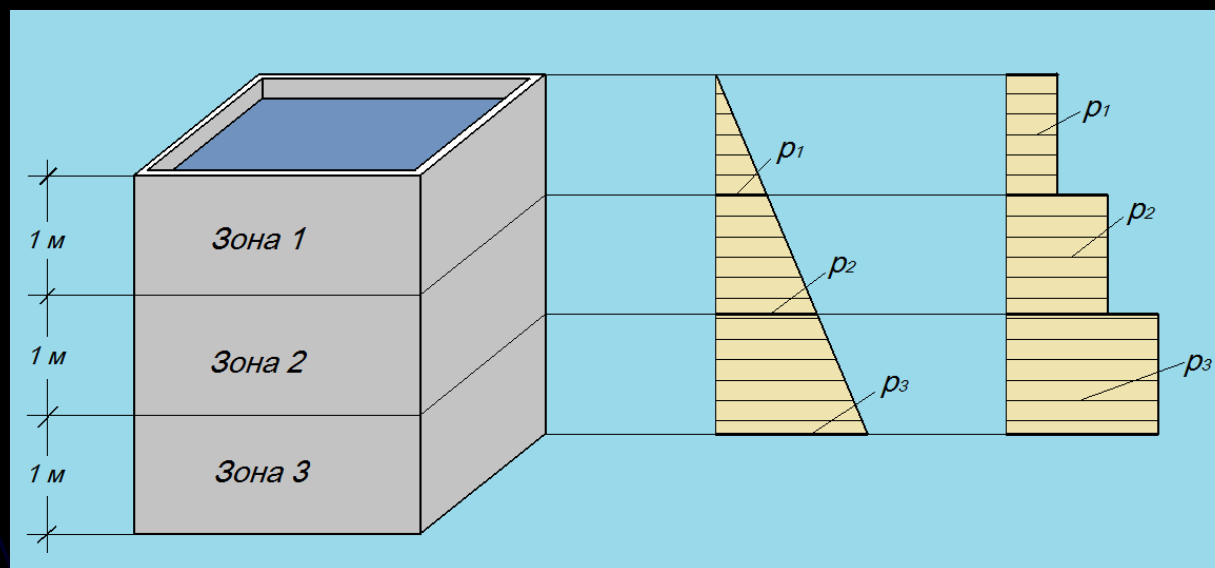
Давление воды:

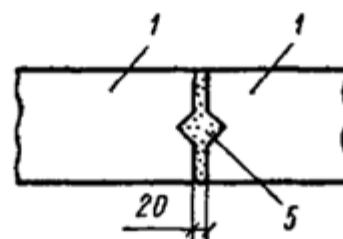
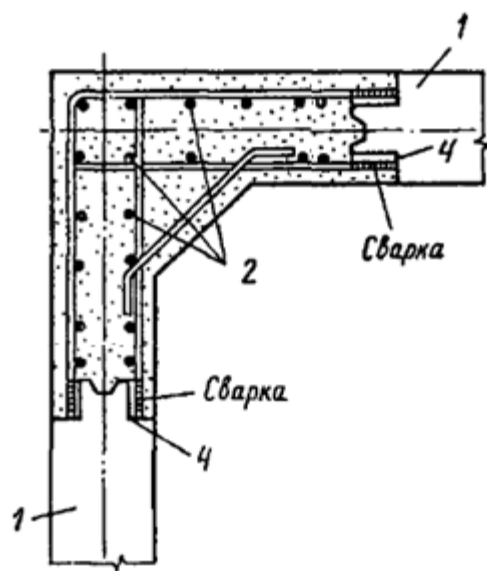
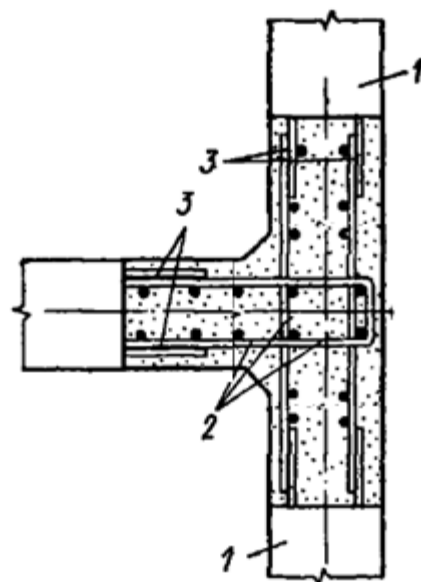
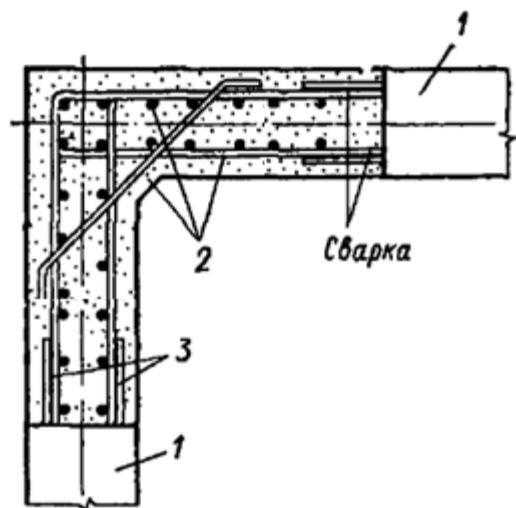
$$M_{on} = \frac{p \cdot a^2}{12}$$

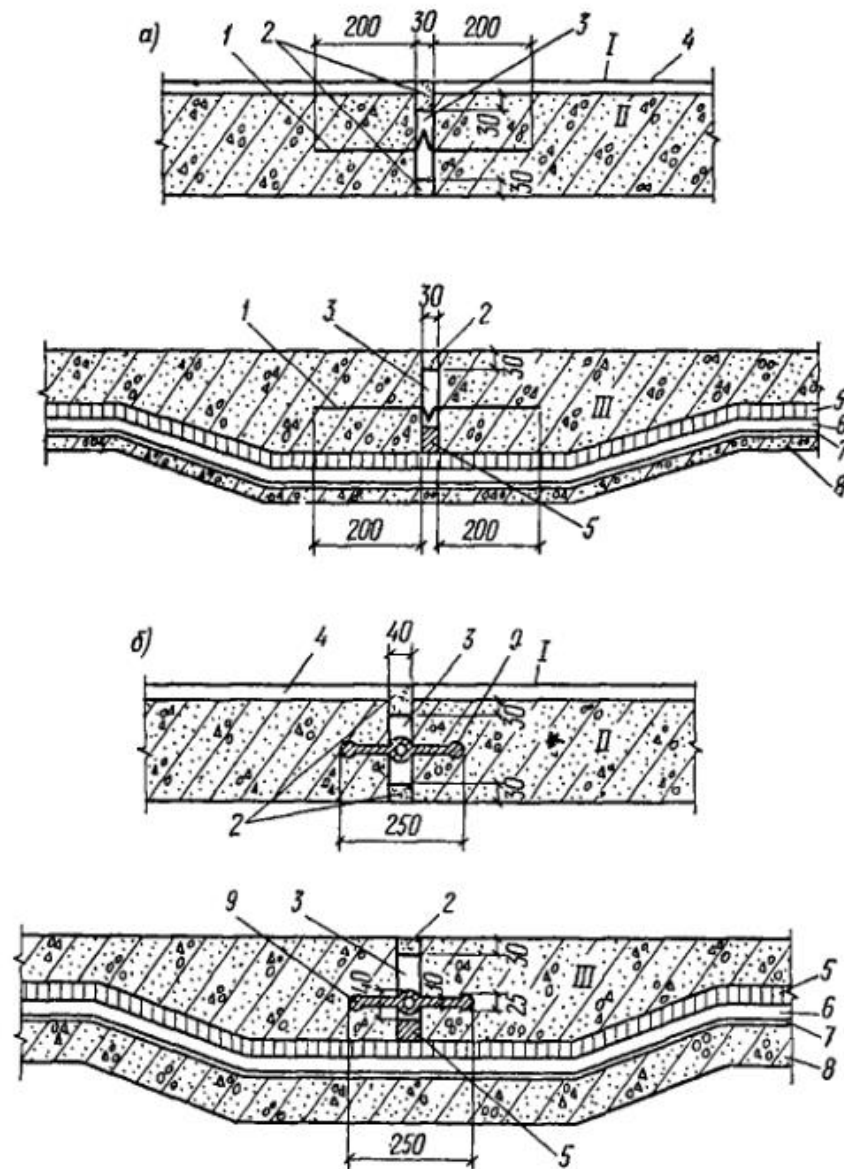
$$M_{np} = \frac{p \cdot a^2}{24}$$

$$N = \frac{p \cdot a}{2}$$

Разбиение
резервуара на
зоны по высоте
сечения







Детали температурно-усадочных швов со стальными компенсаторами а, с резиновой шпонкой б

I — внутренняя грань; II — стенка; III — днище; 1 — компенсатор; 2 — зачеканка асбестоцементом; 3 — асбестовая прядь; 4 — торкрет-штукатурка; 5 — асфальт; 6 — песок; 7 — рубероид; 8 — бетонная подготовка; 9 — трехплачковая резиновая шпонка







