

ЛЕКЦИЯ 8

**Основные особенности листовых
конструкций и их расчета.
Резервуары.**

8.1. Общие сведения и особенности листовых конструкций

Листовыми называются конструкции, состоящие в основном из металлических листов и предназначенные для хранения или транспортирования жидкостей, газов и сыпучих материалов.

К листовым конструкциям относятся:

- резервуары для хранения нефтепродуктов, воды и других жидкостей;
- газгольдеры для хранения и распределения газов;
- бункера и силосы для хранения и перегрузки сыпучих материалов;
- трубопроводы больших диаметров для транспортирования жидкостей, газов и размельченных или разжиженных твердых веществ;
- специальные конструкции металлургической, химической и других отраслей промышленности (кожухи доменных печей, воздухонагревателей, пылеуловителей, электрофильтров, сосуды химической и нефтегазовой аппаратуры и т. д.);
- дымовые и вентиляционные трубы, сплошностенчатые башни, градирни;
- защитные сооружения-оболочки АЭС.



Рис. 8.1. Общий вид вертикального цилиндрического резервуара



Рис. 8.2. Общий вид газгольдера



Рис. 8.3. Общий вид бункера



Рис. 8.4. Общий вид силоса



Рис. 8.5. Трубопроводы для транспортировки нефти



Рис. 8.6. Дымовые трубы производственного назначения

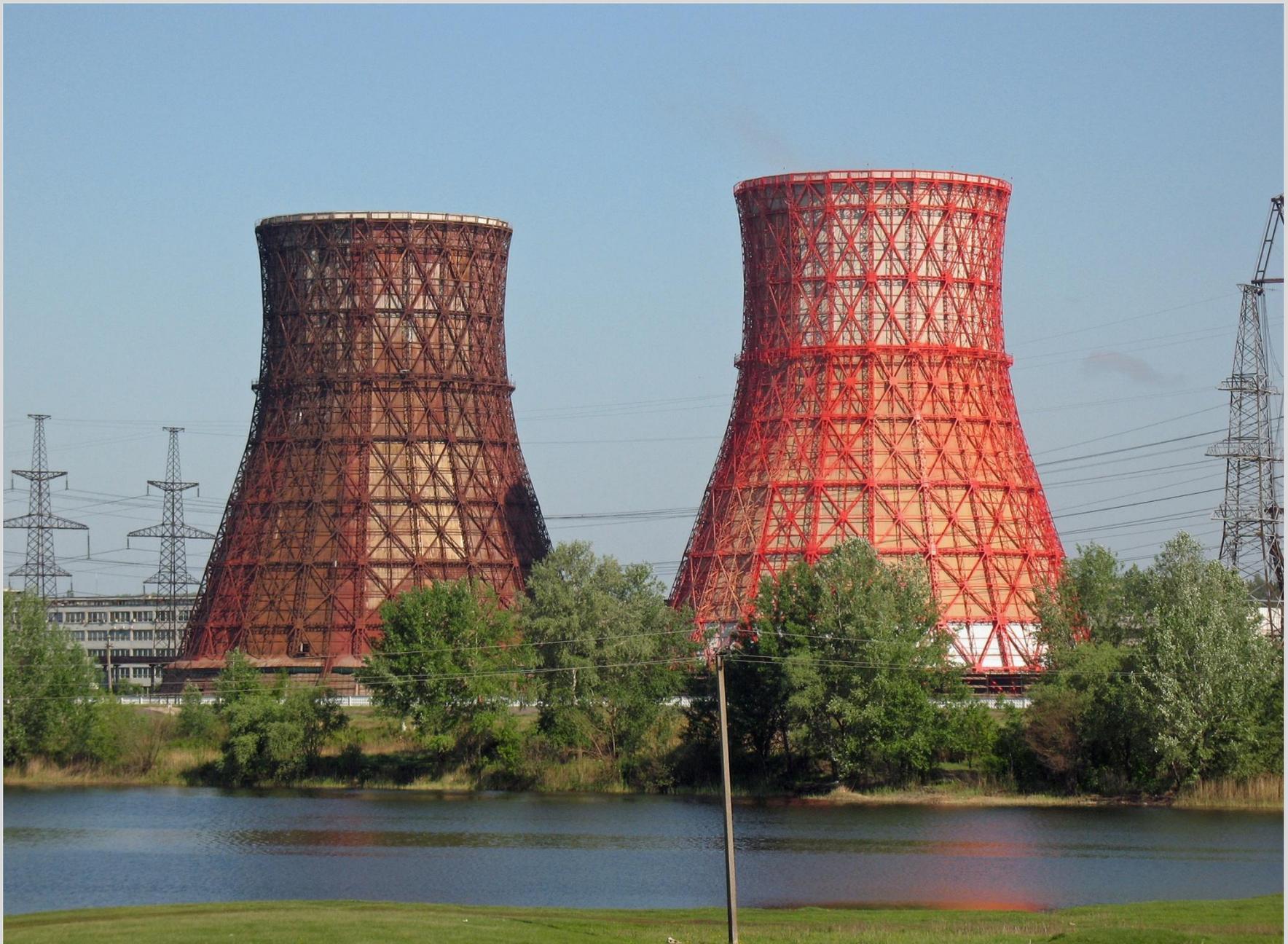


Рис. 8.7. Градирни

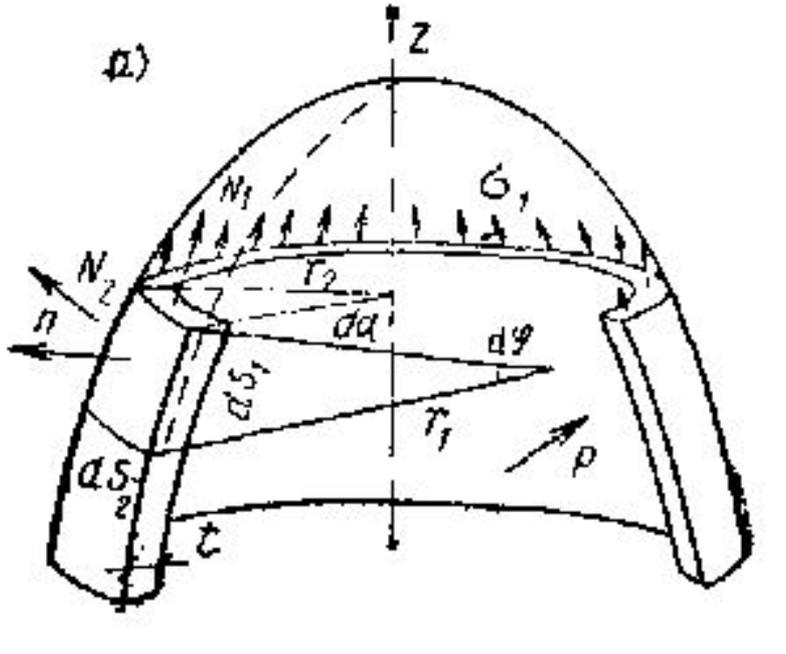


Рис. 8.8. Защитные сооружения-оболочки АЭС

Условия работы листовых конструкций:

- надземными;
- наземными;
- полузаглубленными;
- подземными;
- подводными;
- могут воспринимать статические и динамические нагрузки;
- работать под низким, средним и высоким давлением, под вакуумом»;
- под воздействием низких, средних и высоких температур, нейтральных или агрессивных сред

8.2. Основные положения расчета листовых конструкций



Поверхности тонкостенных оболочек вращения имеют одну или две (для сферических оболочек) оси симметрии и два радиуса кривизны, перпендикулярные поверхности:

r_1 – меридиональный радиус, образующий кривую вращения; r_2 – кольцевой радиус вращения с началом на оси симметрии.

Оболочкой называется тело, ограниченное двумя поверхностями, расстояние между которыми (толщина оболочки t) мало по сравнению с другими ее размерами.

Различают оболочки:

- положительной гауссовой кривизны (сферические и эллиптические);
- нулевой гауссовой кривизны (цилиндрические и конические);
- смешанной кривизны (торообразные).

Под действием произвольной внешней нагрузки в оболочках возникают две группы усилий:

- а) нормальные N_1 и N_2 и сдвигающие S_1 и S_2 усилия, действующие в плоскостях, касательных к срединной поверхности оболочки;
- б) изгибающие моменты M_1 и M_2 , крутящие моменты M_{12} и M_{21} , и поперечные силы Q_1 и Q_2

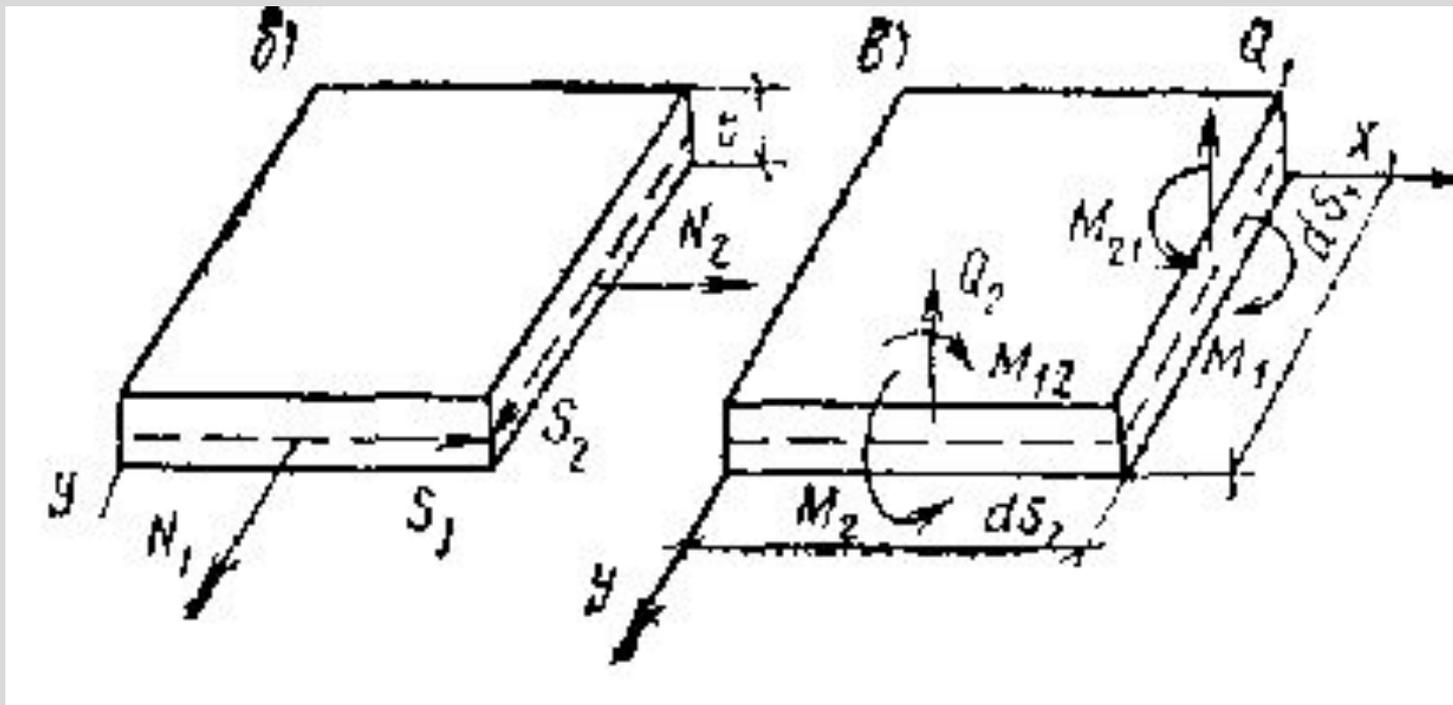
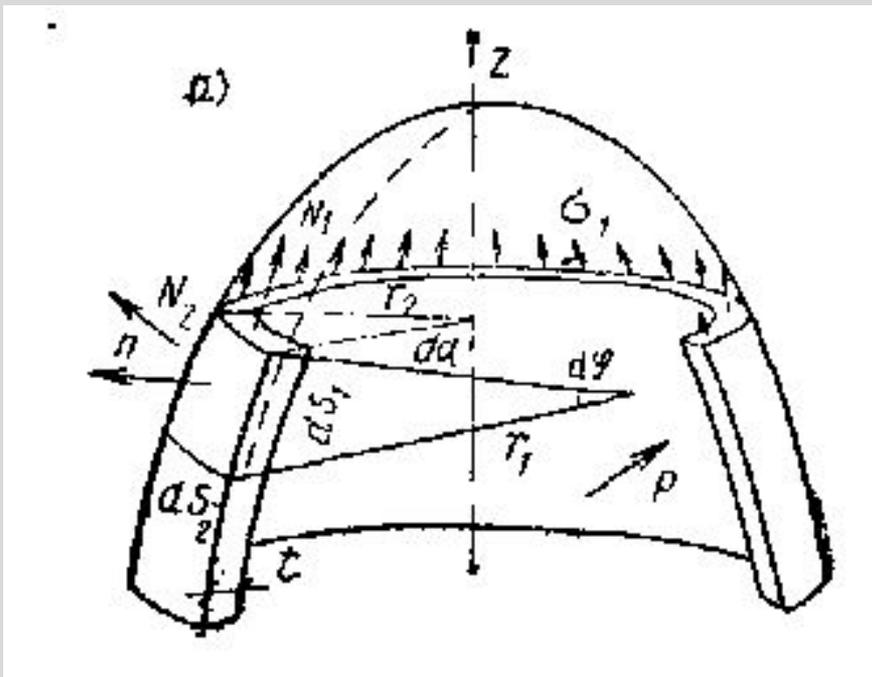


Рис. 8.9. К расчету листовых конструкций:

б – элемент оболочки с усилиями в срединной поверхности; в – элемент оболочки, находящейся в моментном напряженном состоянии

Если по толщине стенки оболочки напряжения постоянны, то напряженное состояние оболочки называется **безмоментным** и приводится к определению усилий первой группы. Если напряжения приводятся к усилиям второй группы, то напряженное состояние оболочки называется **моментным**. В зависимости от вида напряженного состояния различают безмоментную и моментную теории оболочек.

Уравнение равновесия Лапласа:



$$\frac{\sigma_1}{r_1} + \frac{\sigma_2}{r_2} = \frac{P}{t} \quad (8.1)$$

Напряжения:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{t} = \frac{P \cdot r_2}{2t} \quad (8.2)$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 \cdot \left(2 - \frac{r_2}{r_1} \right) \quad (8.3)$$

Рис. 8.10. Общий вид оболочки вращения

Для цилиндрической оболочки из 8.1 получим значения кольцевых напряжений:

$$\sigma_2 = \frac{P \cdot r_2}{t} \quad (8.4)$$

Для сферической оболочки кольцевой и меридиональный радиусы кривизны равны

$r_1 = r_2 = r$ и напряженное состояние в каждой точке во всех направлениях одинаково:

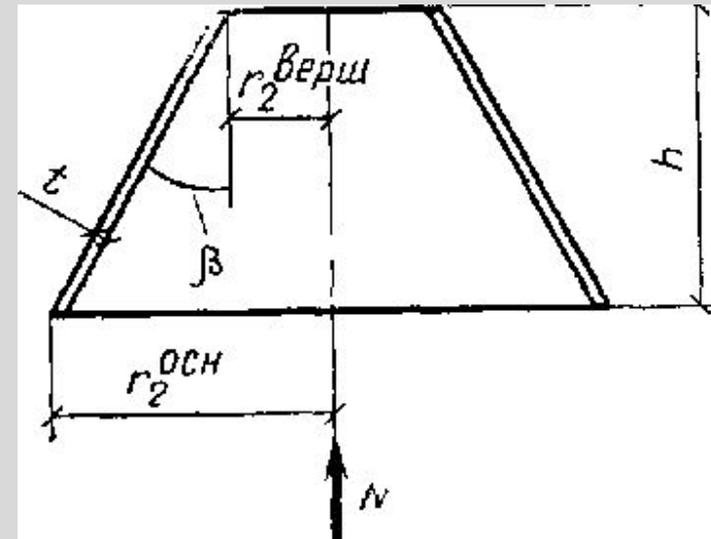
$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{P \cdot r}{2t} \quad (8.5)$$

Для конических оболочек $r_1 = \infty$, тогда меридиональные и кольцевые напряжения в

любом сечении i определяют по формулам:

$$\sigma_1^i = \frac{P \cdot r_2^i}{2t \cdot \cos \beta}; \quad \sigma_2^i = \frac{P \cdot r_2^i}{t \cdot \cos \beta} \quad (8.6)$$

β – угол между образующей конуса и его осью



Расчет на прочность листовых конструкций (оболочек вращения), находящихся в безмоментном напряженном состоянии:

$$\sqrt{\sigma_1 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2 + 3\tau_s^2} \leq R_y \cdot \gamma \quad (8.7)$$

где σ_1, σ_2 – нормальные напряжения по двум взаимно перпендикулярным направлениям;
 τ_s – касательные напряжения; R – расчетное сопротивление металла по пределу текучести

Расчет на устойчивость цилиндрической оболочки вращения, подверженной одновременному действию сжимающих нагрузок, равномерно распределенных вдоль образующих, и внешнего равномерного давления P :

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{кр1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{кр2}} \leq \gamma \quad (8.8)$$

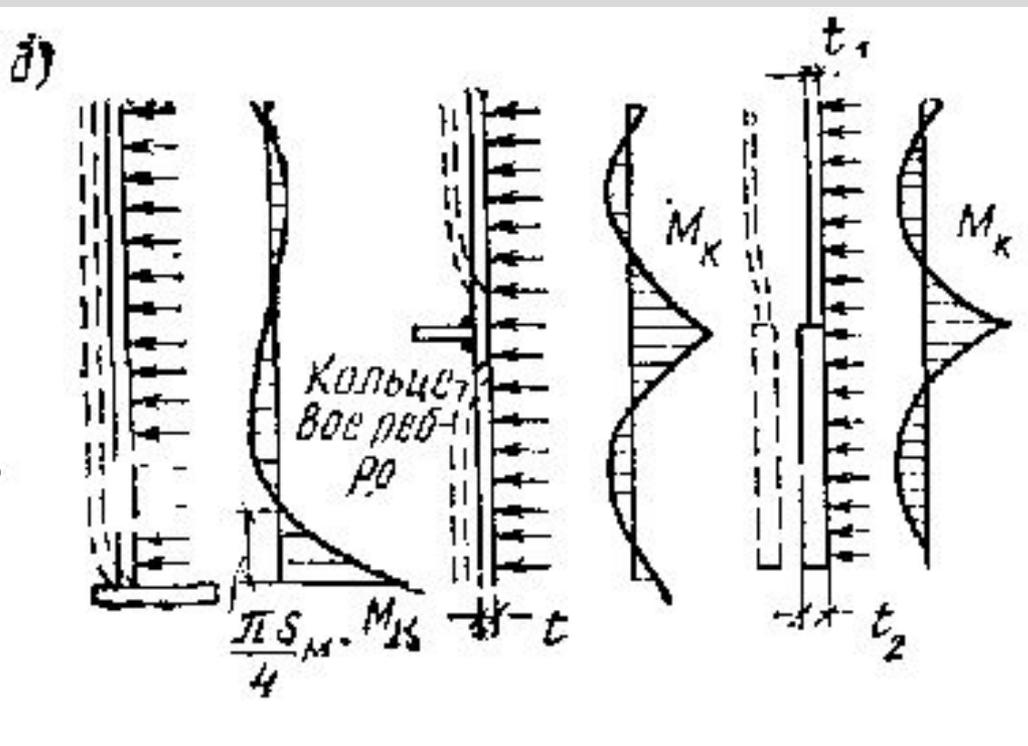
Расчет на устойчивость сферической оболочки при $r/t \leq 750$ и действии внешнего равномерного давления P , нормального к ее поверхности:

$$\sigma \leq \gamma \cdot \sigma_{кр} \quad (8.9)$$

Расчет на устойчивость конической оболочки вращения, подверженной одновременно действию нагрузки N вдоль ее оси и внешнего равномерного давления P , нормального к боковой поверхности:

$$\frac{N}{N_{кр}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{кр2}} \leq \gamma \quad (8.10)$$

В цилиндрических оболочках изгибающий момент первой волны достигает нулевого значения на расстоянии $\pi S_M/4$ от краевой линии. Характеристику S_M можно определить:



$$S_M = 0,78 \cdot \sqrt{t \cdot r^2} \quad (8.11)$$

При сопряжении цилиндрических оболочек с плоским дном краевой момент на 1 см длины:

$$M_K = \alpha \cdot P \cdot r_2 \cdot t_{дн} \quad (8.12)$$

Дополнительные местные напряжения от изгиба в оболочке:

$$\sigma = \frac{6M_K}{t_{об}^2} \quad (8.13)$$

8.3. Классификация и назначение резервуаров



Резервуарами называются сосуды, предназначенные для хранения нефти, нефтепродуктов, сжиженных газов, воды, жидкого аммиака, кислот, технического спирта и других жидкостей.

Рис. 8.11. Общий вид резервуара

В зависимости от положения в пространстве и геометрической формы **резервуары** делятся на:

- ✓ цилиндрические (вертикальные, горизонтальные);
- ✓ сферические;
- ✓ каплевидные;
- ✓ траншейные и др.

По расположению относительно планировочного уровня строительной площадки **резервуары** различают:

- ✓ надземные (на опорах);
- ✓ наземные;
- ✓ полузаглубленные;
- ✓ подземные;
- ✓ подводные.

Резервуары могут быть:

- ✓ постоянного объема;
- ✓ переменного объема.



Рис. 8.12. Общий вид цилиндрического резервуара

8.4. Вертикальные цилиндрические резервуары низкого давления

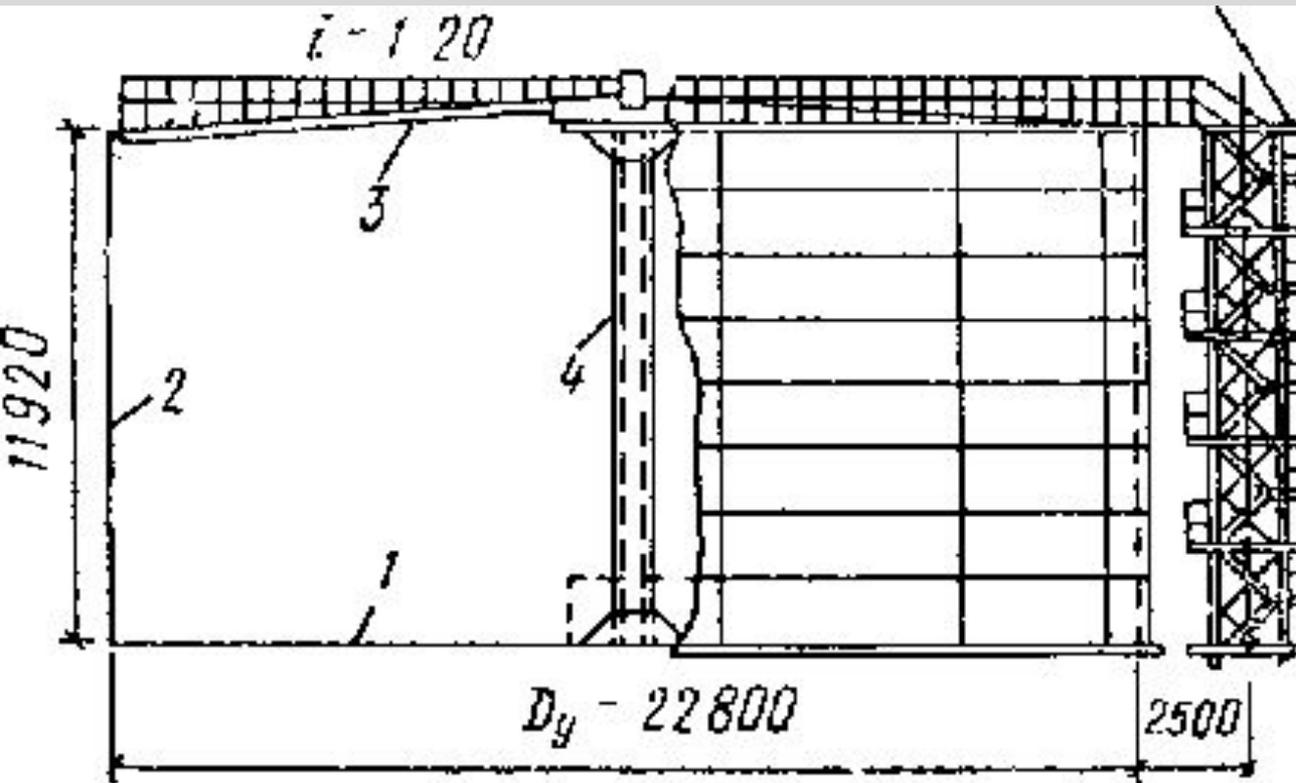


Рис. 8.13. Вертикальный цилиндрический резервуар объемом 5000 м^3 со стационарной конической крышей: 1- днище, 2 - стенка резервуара; 3 - крыша; 4 - центральная стойка, 5 - шахтная лестница

Основными элементами резервуара являются стенка (корпус), днище и крыша (покрытие), выполняемые из листовой стали.

Объем их колеблется в широких пределах – от 100 до $20\,000 \text{ м}^3$ (для хранения легковоспламеняющихся жидкостей, например бензина) и до $50\,000 \text{ м}^3$ (для хранения горючих жидкостей, например мазута).

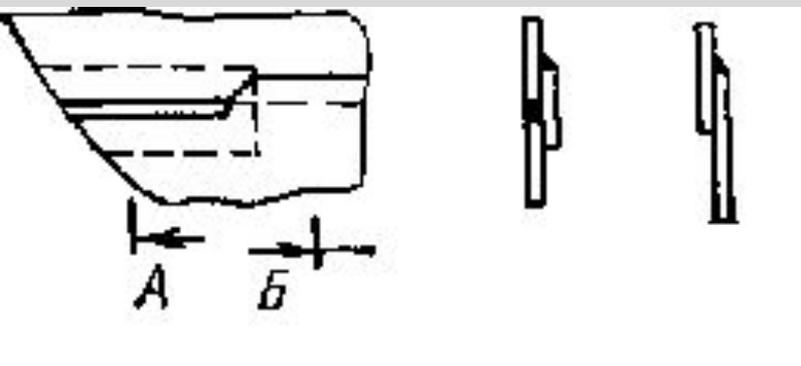
8.4.1. Конструктивные особенности днищ



Рис. 8.14. Общий вид днища резервуара



узел А



Основная часть днища (полотнище) собирается из листов размером 1400x4200мм и толщиной 4 мм для резервуаров объемом до 1000м³ (D<15м) и из листов размером 1500x6000 или 2000x8000 мм для резервуаров большего объема, причем в этом случае толщина листов средней части принимается в зависимости от диаметра резервуара: t=5мм при D=18...25м; t = 6 мм при D>25 м. Крайние листы (окрайки) принимают на 1-2мм толще листов средней части днища и для резервуаров объемом более 5000 м³ выполняют в виде сегментов.

Рис. 8.15. Днище резервуара

8.4.2. Конструирование стенок



Рис. 8.16. Стенка резервуара

Стенка резервуара состоит из ряда поясов высотой, равной ширине листа. Сопряжения листов в каждом поясе делаются встык. Пояса между собой могут соединяться встык или внахлестку в телескопическом или ступенчатом порядке.

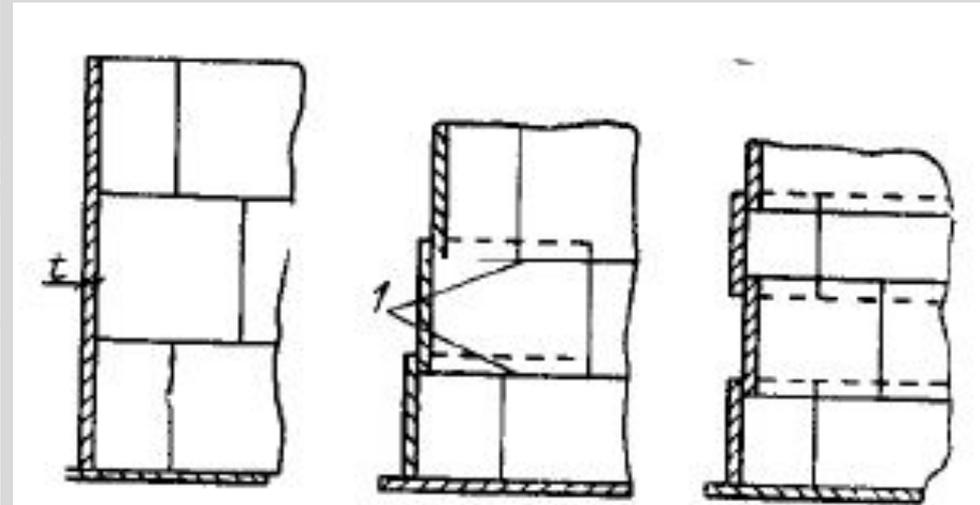
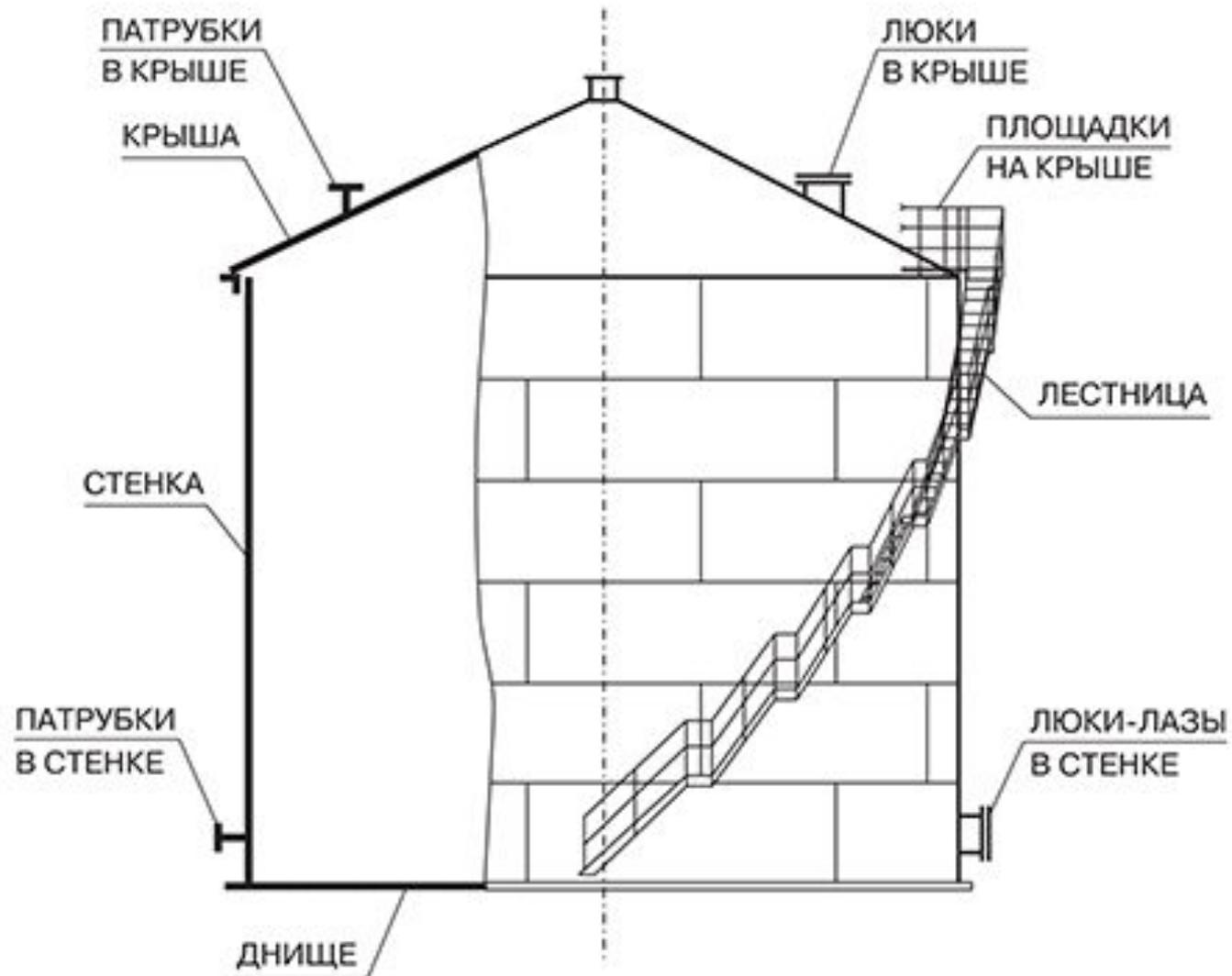


Рис. 8.17. Сопряжение листов стенки резервуара

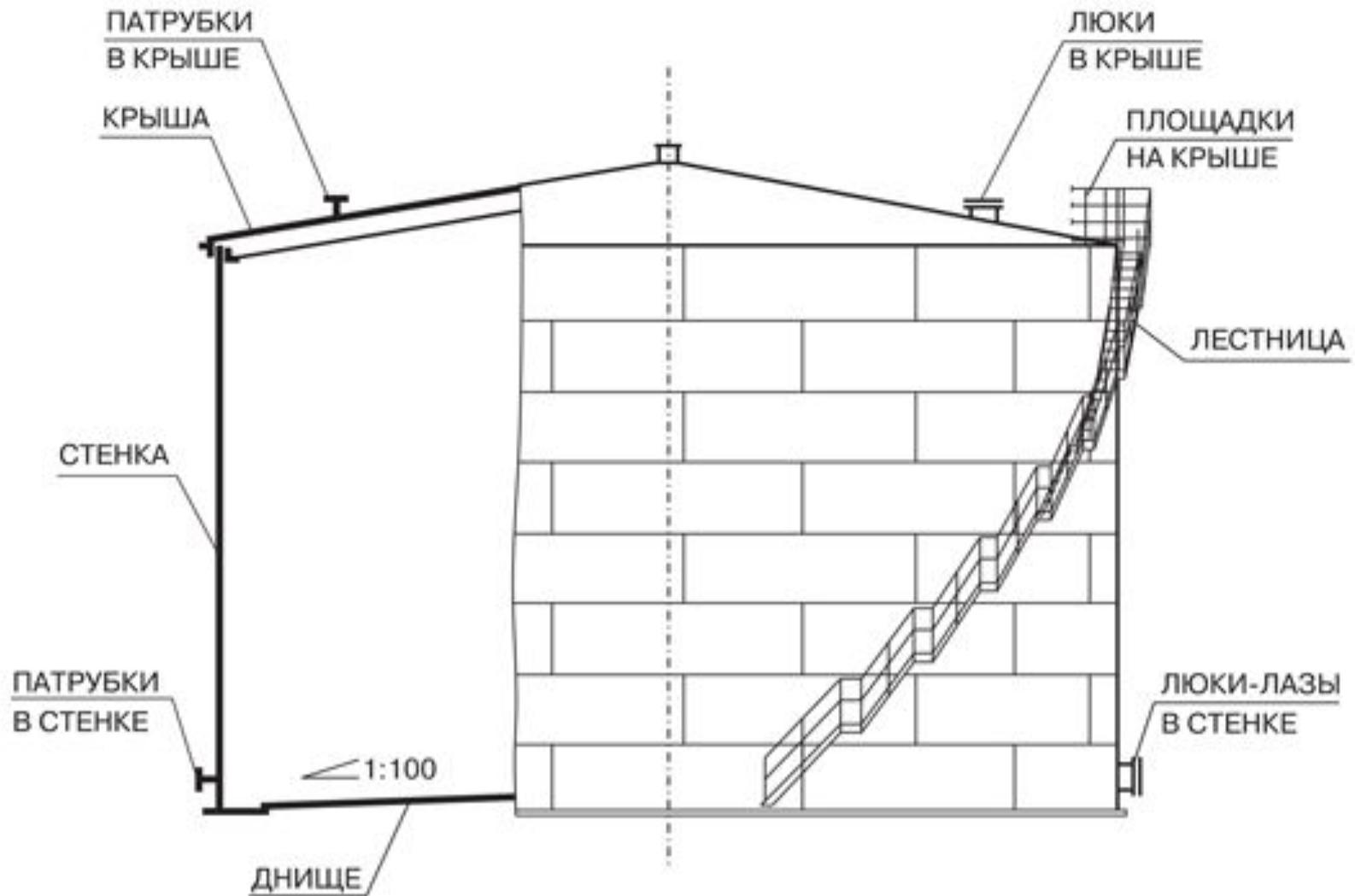
Резервуары объемом до 30 тыс. м³ сооружаются по типовым проектам только
индустриальным методом из рулонных заготовок.

БАЗОВЫЕ ПРОЕКТЫ РЕЗЕРВУАРОВ СО СТАЦИОНАРНОЙ КРЫШЕЙ ОБЪЕМОМ ОТ 100 КУБ.М ДО 1000 КУБ.М



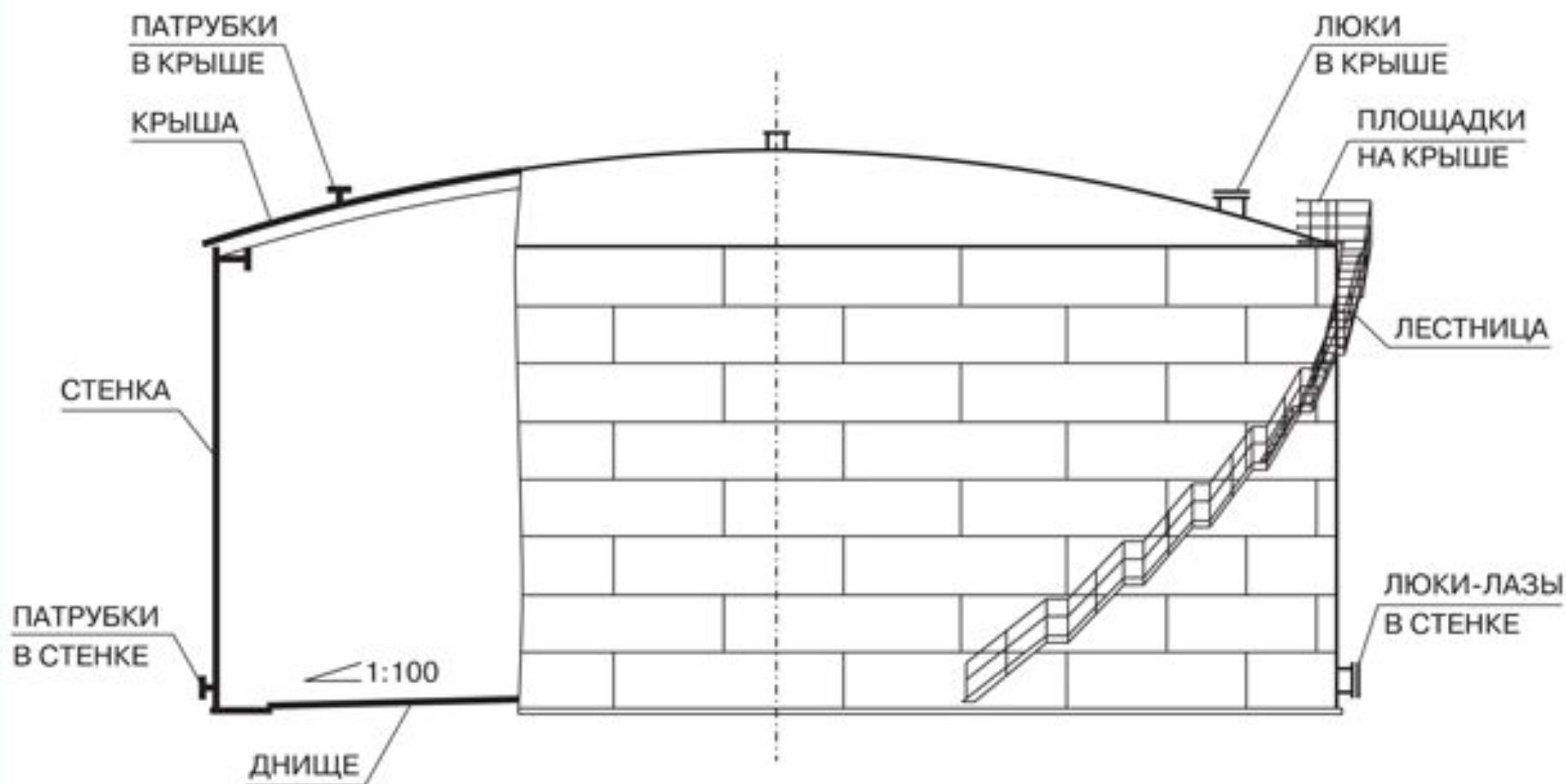
НОМИНАЛЬНЫЙ ОБЪЕМ, КУБ.М	100	200	300	400	700	1000
ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР СТЕНКИ, ММ	4730	6630	7580	8530	10430	10430
ВЫСОТА СТЕНКИ, ММ	6000	6000	7500	7500	9000	12000
ПЛОТНОСТЬ ПРОДУКТА, Т/КУБ.М	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
РАСЧЕТНАЯ ВЫСОТА НАЛИВА, ММ	6000	6000	7500	7500	9000	12000
СТЕНКА:						
КОЛИЧЕСТВО ПОЯСОВ, ШТ.	4	4	5	5	6	8
ПРИПУСК НА КОРРОЗИЮ, ММ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ТОЛЩИНА ВЕРХНЕГО ПОЯСА, ММ	5	5	5	5	5	5
ТОЛЩИНА НИЖНЕГО ПОЯСА, ММ	5	5	5	5	5	6
ДНИЩЕ:						
КОЛИЧЕСТВО ОКРАЕК, ШТ.	-	-	-	-	-	-
ПРИПУСК НА КОРРОЗИЮ, ММ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ТОЛЩИНА ЦЕНТР.ЧАСТИ, ММ	5	5	5	5	5	5
ТОЛЩИНА ОКРАЕК, ММ	-	-	-	-	-	-
КРЫША:						
КОЛИЧЕСТВО БАЛОК, ШТ.	-	-	-	-	-	-
ПРИПУСК НА КОРРОЗИЮ, ММ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
НЕСУЩИЙ ЭЛЕМЕНТ	-	-	-	-	-	-
ТОЛЩИНА НАСТИЛА, ММ	5	5	5	5	6	6
МАССА КОНСТРУКЦИЙ, КГ:						
СТЕНКА	3562	4987	7124	8014	11754	16067
ДНИЩЕ	762	1428	1855	2340	3476	3454
КРЫША	863	1616	2123	2662	5048	4965
ЛЕСТНИЦА	685	1013	1160	1314	1804	1804
ПЛОЩАДКИ НА КРЫШЕ	632	632	724	724	921	1190
ЛЮКИ И ПАТРУБКИ	706	706	736	736	780	798
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ	87	87	87	87	104	104
КАРКАСЫ И УПАКОВКА	2100	2100	2300	2300	3200	4800
ВСЕГО	9397	12569	16109	18177	27087	33182

БАЗОВЫЕ ПРОЕКТЫ РЕЗЕРВУАРОВ СО СТАЦИОНАРНОЙ КРЫШЕЙ ОБЪЕМОМ ОТ 2000 КУБ.М ДО 5000 КУБ.М



НОМИНАЛЬНЫЙ ОБЪЕМ, КУБ.М	2000	3000	5000	5000
ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР СТЕНКИ, ММ	15180	18980	22800	20920
ВЫСОТА СТЕНКИ, ММ	12000	12000	12000	15000
ПЛОТНОСТЬ ПРОДУКТА, Т/КУБ.М	0.9	0.9	0.9	0.9
РАСЧЕТНАЯ ВЫСОТА НАЛИВА, ММ	12000	12000	12000	15000
СТЕНКА:				
КОЛИЧЕСТВО ПОЯСОВ, ШТ.	8	8	8	10
ПРИПУСК НА КОРРОЗИЮ, ММ	1.0	1.0	1.0	НЕТ
ТОЛЩИНА ВЕРХНЕГО ПОЯСА, ММ	5	6	7	6
ТОЛЩИНА НИЖНЕГО ПОЯСА, ММ	7	8	9	11
ДНИЩЕ:				
КОЛИЧЕСТВО ОКРАЕК, ШТ.	8	10	12	12
ПРИПУСК НА КОРРОЗИЮ, ММ	1.0	1.0	1.0	1.0
ТОЛЩИНА ЦЕНТР.ЧАСТИ, ММ	5	5	5	5
ТОЛЩИНА ОКРАЕК, ММ	7	8	8	10
КРЫША:				
КОЛИЧЕСТВО БАЛОК, ШТ.	24	32	32	32
ПРИПУСК НА КОРРОЗИЮ, ММ	1.0	1.0	1.0	1.0
НЕСУЩИЙ ЭЛЕМЕНТ	I 20Б1	I 20Б1	I 25Б1	I 20Б1
ТОЛЩИНА НАСТИЛА, ММ	5	5	5	5
МАССА КОНСТРУКЦИЙ, КГ:				
СТЕНКА	25075	36332	50436	56421
ДНИЩЕ	8458	13429	18883	17452
КРЫША	13355	21491	32283	25789
ЛЕСТНИЦА	2219	2769	3324	3051
ПЛОЩАДКИ НА КРЫШЕ	1190	1190	1190	1480
ЛЮКИ И ПАТРУБКИ	1338	1378	2047	2182
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ	1459	1586	1690	1702
КАРКАСЫ И УПАКОВКА	5200	5700	7800	8200
ВСЕГО	58294	83875	117653	116277

БАЗОВЫЕ ПРОЕКТЫ РЕЗЕРВУАРОВ СО СТАЦИОНАРНОЙ КРЫШЕЙ ОБЪЕМОМ ОТ 10000 КУБ.М ДО 30000 КУБ.М

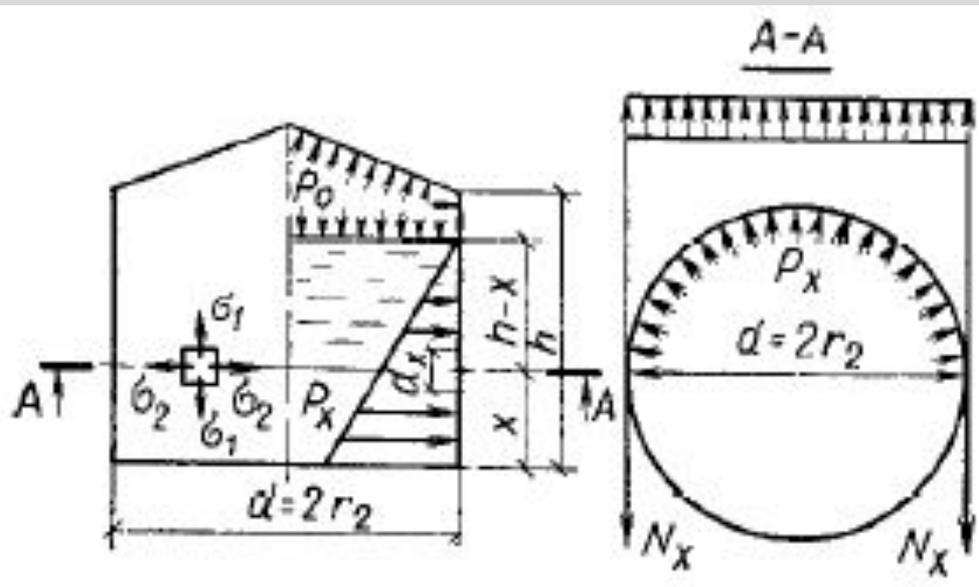


НОМИНАЛЬНЫЙ ОБЪЕМ, КУБ.М	10000	10000	20000	30000
ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР СТЕНКИ, ММ	34200	28500	39900	45600
ВЫСОТА СТЕНКИ, ММ	12000	17880	17880	18000
ПЛОТНОСТЬ ПРОДУКТА, Т/КУБ.М	0.9	0.9	0.9	0.9
РАСЧЕТНАЯ ВЫСОТА НАЛИВА, ММ	11200	17100	17100	17200
СТЕНКА:				(ПОЛИСТОВАЯ)
КОЛИЧЕСТВО ПОЯСОВ, ШТ.	8	12	12	8
ПРИПУСК НА КОРРОЗИЮ, ММ	НЕТ	НЕТ	НЕТ	НЕТ
ТОЛЩИНА ВЕРХНЕГО ПОЯСА, ММ	8	8	10	10
ТОЛЩИНА НИЖНЕГО ПОЯСА, ММ	9*	12*	16*	18*
ДНИЩЕ:				
КОЛИЧЕСТВО ОКРАЕК, ШТ.	18	16	22	24
ПРИПУСК НА КОРРОЗИЮ, ММ	1.0	1.0	1.0	2.0
ТОЛЩИНА ЦЕНТР.ЧАСТИ, ММ	5	5	5	6
ТОЛЩИНА ОКРАЕК, ММ	8*	10*	10*	14*
КРЫША:				
КОЛИЧЕСТВО БАЛОК, ШТ.	32	28	36	44
ПРИПУСК НА КОРРОЗИЮ, ММ	НЕТ	НЕТ	НЕТ	НЕТ
НЕСУЩИЙ ЭЛЕМЕНТ	I 25Б1	I 20Б1	I 25Б1	I 30Б1
ТОЛЩИНА НАСТИЛА, ММ	5	5	5	5
МАССА КОНСТРУКЦИЙ, КГ:				
СТЕНКА	84330	112450	202853	255632
ДНИЩЕ	40712	30698	57408	88721
КРЫША	74968	51074	102641	145467
ЛЕСТНИЦА	1214	1680	1680	1680
ПЛОЩАДКИ НА КРЫШЕ	6023	5019	6859	7839
ЛЮКИ И ПАТРУБКИ	2427	2595	3651	3776
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ	2301	2287	2944	4222
КАРКАСЫ И УПАКОВКА	14000	17000	24000	18000
ВСЕГО	225975	222803	402036	525287

* ИЗ СТАЛИ МАРКИ 09Г2С - 12

8.4.3. Расчет стенки на прочность

Стенку резервуара рассчитывают на прочность по безмоментной теории как цилиндрическую оболочку, работающую на растяжение от действия гидростатического давления жидкости и избыточного давления газа. Расчетное давление на глубине x от дна резервуара:



$$P_x = \gamma_{жс} \cdot (h - x) \cdot n_1 + P_u \cdot n_2 \quad (8.14)$$

Толщина цилиндрической стенки корпуса резервуара на расстояниях x от дна:

$$t = \frac{[n_1 \cdot \gamma_{жс} \cdot (h - x) + n_2 \cdot P_u] \cdot r_2}{\gamma \cdot R_{\omega}} \quad (8.15)$$

Прогиб стенки (радиальное перемещение) определяется по нормативному давлению:

$$y = \Delta r = \frac{P}{k} \quad (8.16)$$

– коэффициент постели

Рис. 8.18. Расчетная схема вертикального цилиндрического резервуара

$$k = \frac{E \cdot t}{r_2^2}$$

8.4.4. Расчет стенки на устойчивость

Проверка устойчивости стенки при сочетаниях нагрузок:

- ✓ вес покрытия и стенки с установленным технологическим оборудованием и теплоизоляцией;
- ✓ снеговая и ветровая нагрузки;
- ✓ избыточное давление и вакуум.

Суммарные продольные напряжения в стенке от действующих нагрузок:

$$\sigma_{\Gamma} = \left[P_{кр} + P_m + n_c \cdot (P_{сн} + P_{вак} - P_v) \right] \cdot \left(\frac{r_2}{2t} \right) + \frac{P_{см}}{t} \quad (8.17)$$

Суммарные кольцевые напряжения в стенке от действующих нагрузок:

$$\sigma_2 = (P_v + P_{вак}) \cdot \left(\frac{n_c \cdot r_2}{t} \right) \quad (8.18)$$

Если в результате расчета по условию 8.8 требуется значительно увеличить толщину стенки t , то оказывается целесообразным установить промежуточные кольца жесткости (от одного до трех), повышающие критические напряжения $\sigma_{кр2}$. Тогда напряжения:

$$\sigma_1^{cm} = n_g \cdot \gamma \cdot \sum_1^n t_i \cdot \frac{b_i}{t_i} \quad (8.19)$$

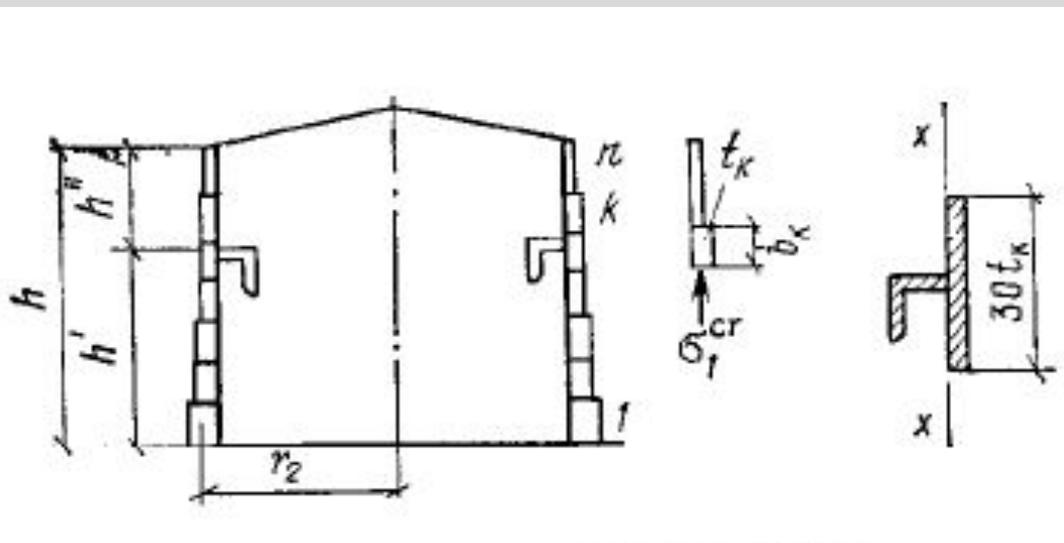


Рис. 8.19. Схема усиления стенки резервуара кольцами жесткости

Критическая сила в кольце должна быть больше действующего в нем усилия от нагрузки, определяемой по формуле 8.18:

$$\frac{3E \cdot I_x}{r_2^2} \geq (P_v + P_{вак}) \cdot a \cdot n_c \cdot r_2 \quad (8.20)$$

8.4.5. Расчет сопряжения стенки с дном

В зоне сопряжения стенки резервуара с дном за счет стесненности радиальных деформаций стенки дном возникают изгибающий момент и поперечная сила. Предполагается, что полосы единичной ширины, вырезанные из стенки и дна, работают как балки на упругом основании (по гипотезе Винклера). Основную систему получили путем отрыва стенки от дна.

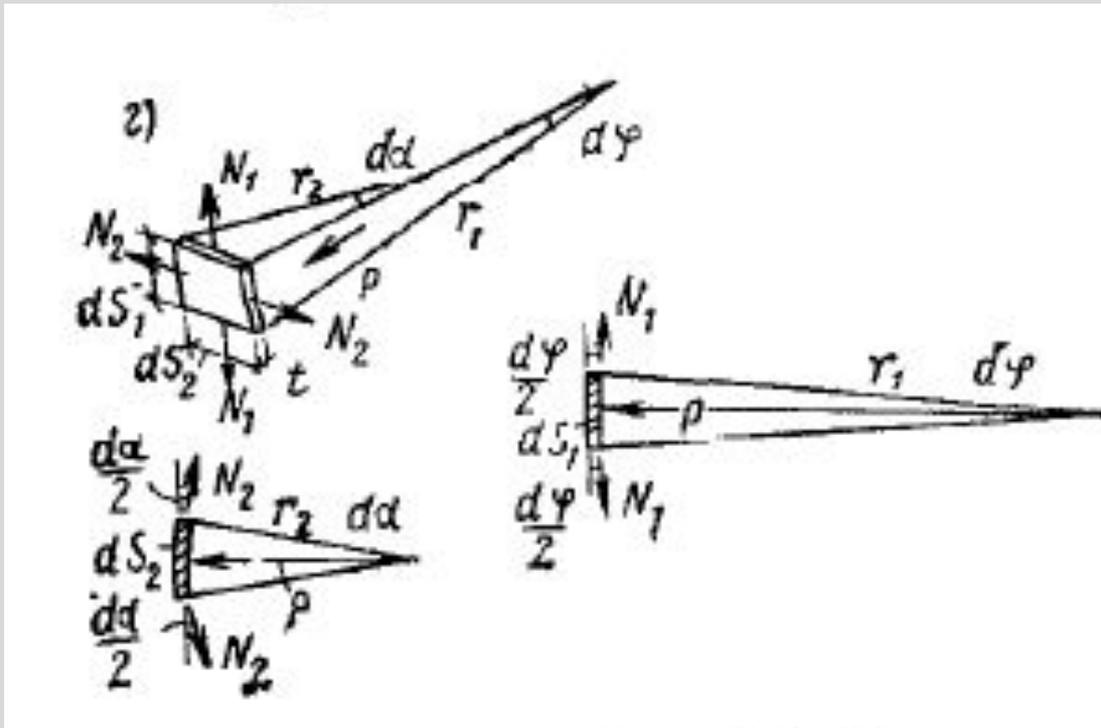
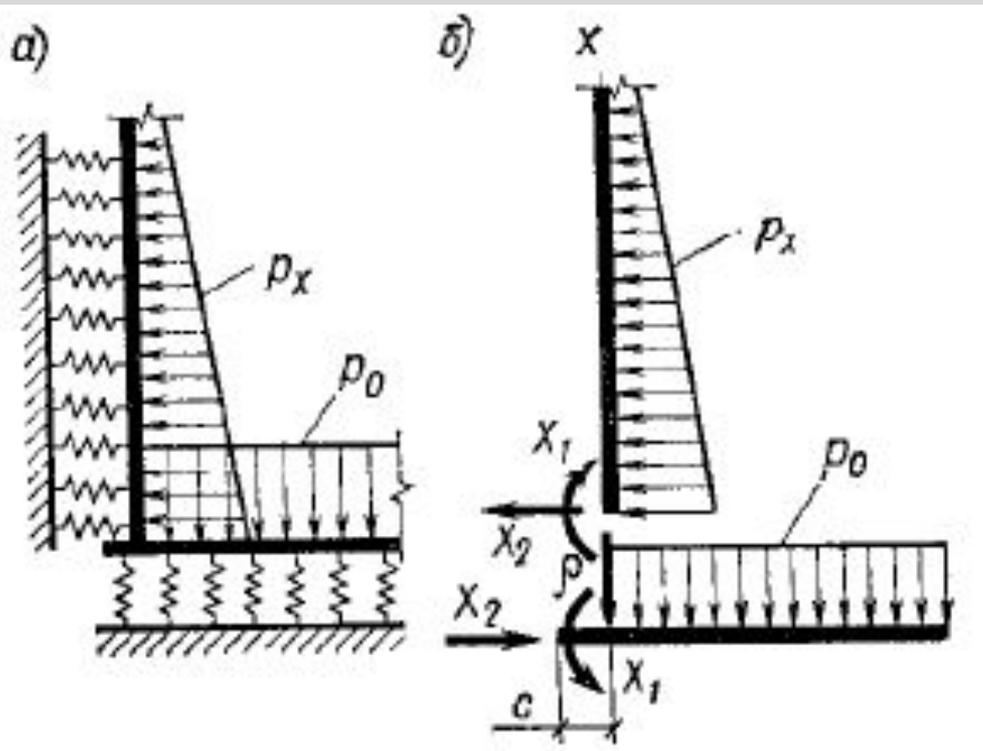


Рис. 8.20. Равновесное состояние элемента оболочки
(к выводу уравнения равновесия Лапласа)

Максимальный изгибающий момент в днище:

$$M_{\text{дн}} = \frac{X_1}{2} \cdot \left[1 + m_{\text{дн}} \cdot c \cdot \left(\varphi^2 - \frac{n \cdot \gamma_{\text{жс}} \cdot h}{2m_{\text{дн}}^2} \cdot \xi^2 \right) \right] \quad (8.21)$$



Наибольшее напряжение в окрйках днища от изгибающего момента:

$$\sigma_{\text{дн}} = \frac{6M_{\text{дн}}}{t_{\text{дн}}^2} \leq \gamma_c \cdot R \quad (8.22)$$

Рис. 8.21. Узел сопряжения стенки резервуара с днищем: а - расчетная схема; б - основная система

8.4.6. Конструирование и основные положения расчета крыши



Рис. 8.22. Коническая щитовая кровля

Для резервуаров объемом до 5 тыс. м³ применяется коническая щитовая кровля. Щиты состоят из каркасов, выполненных из прокатных или гнутых профилей, и обшивки из стальных листов толщиной 2,5-3 мм. Опираются щиты на стенку резервуара и центральную стойку, которая помещается внутри резервуара.

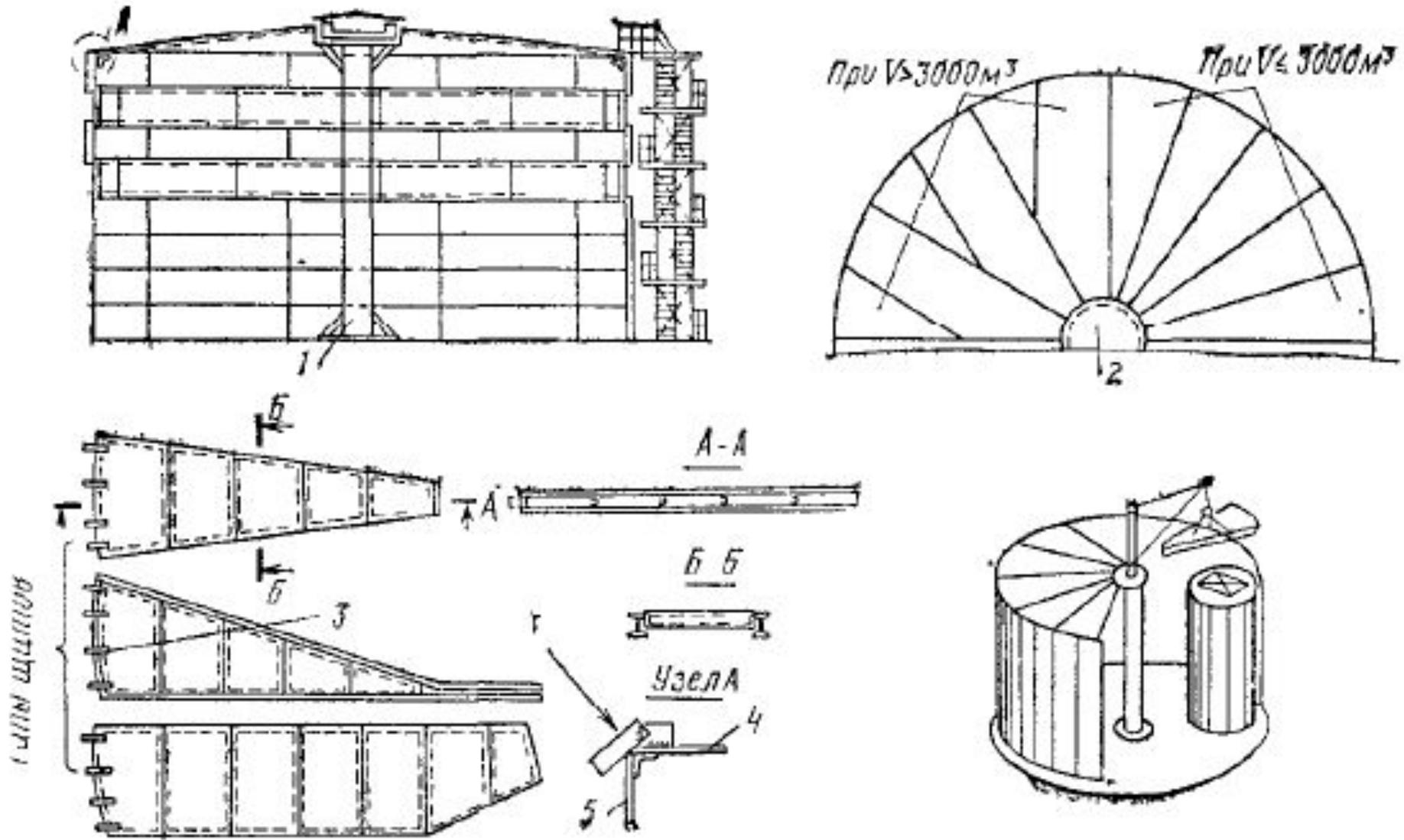


Рис. 8.23. Общий вид типового резервуара, изготовляемого методом рулонирования, со щитовой кровлей и схема его монтажа:

1 - стойка (труба d=630...7020 мм); 2 - центральный щит; 3 - «ловитель»; 4 - кровля; 5 - корпус

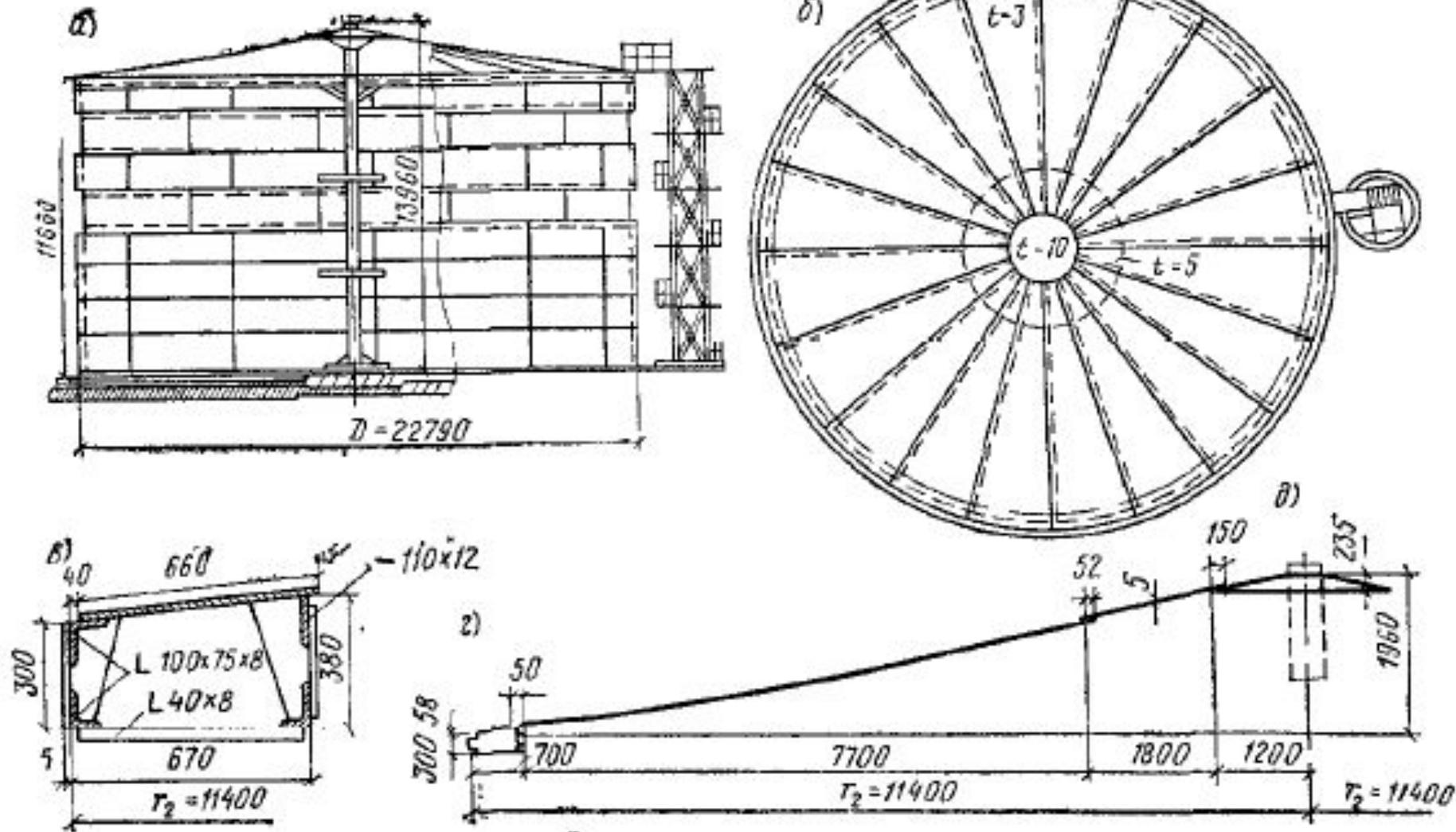


Рис. 8.24. Стальной вертикальный цилиндрический резервуар объемом 5000 м^3 с висячей кровлей: а - общий вид; б - план кровли; в - кольцо жесткости; г - схема кровли; д - зонт стойки кровли

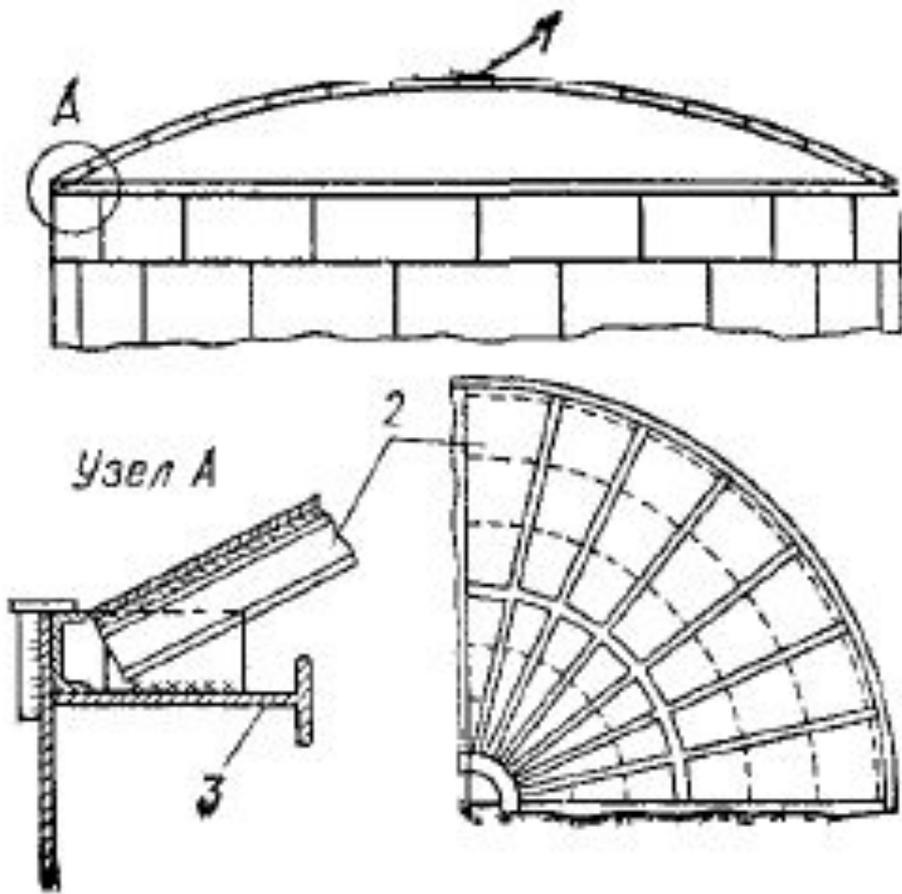


Рис. 8.25. Схема сферического покрытия резервуара, собираемого из секторных щитов: 1 - центральное кольцо; 2 - щит; 3 - обвязочное кольцо



Рис. 8.26. Схема сферического покрытия резервуара

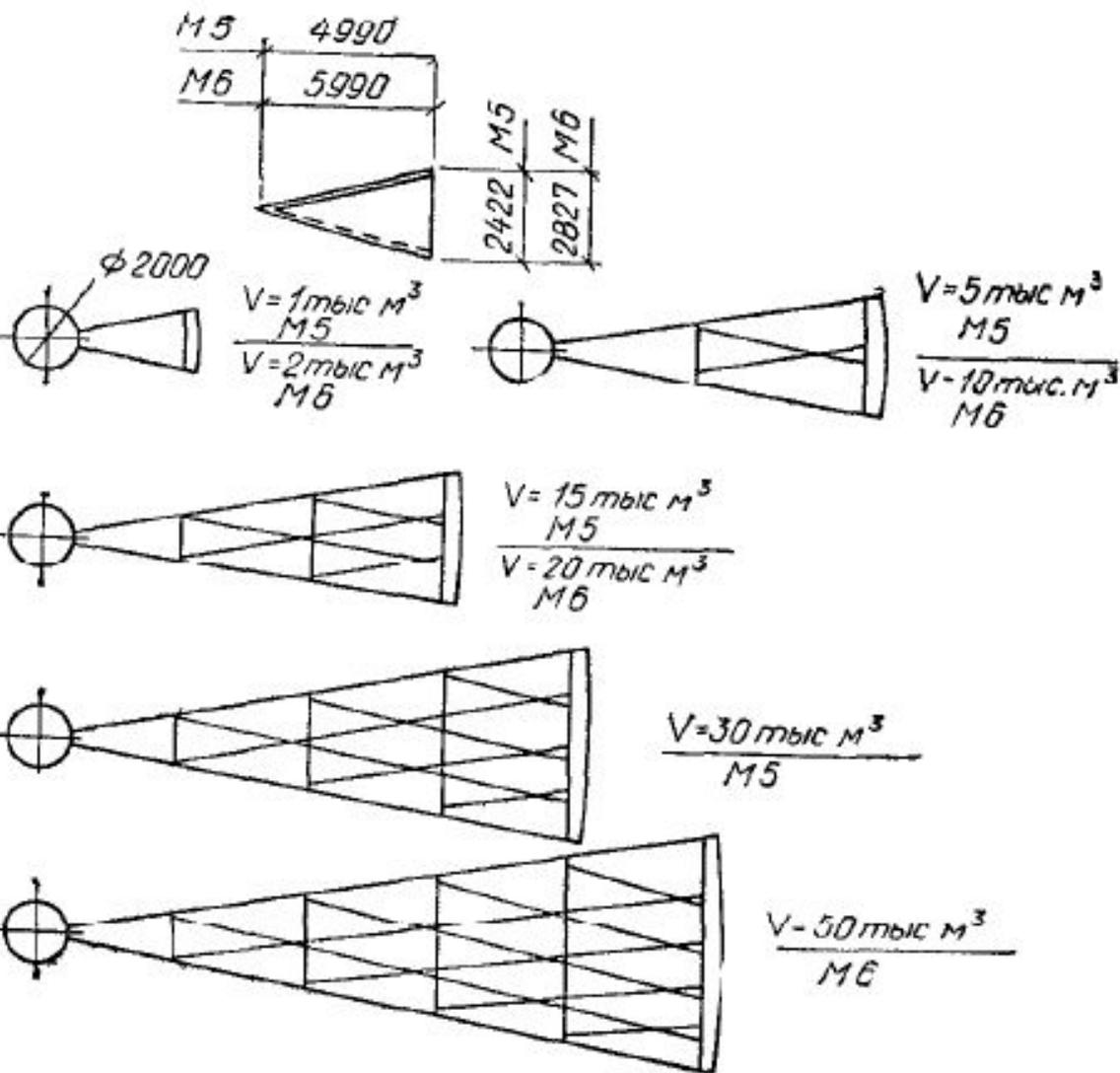


Рис. 8.27. Схемы унифицированных щитов
 сферических покрытий для резервуаров объемом
 от 1 до 50 тыс. м³

8.4.7. Конструкция резервуаров с понтоном

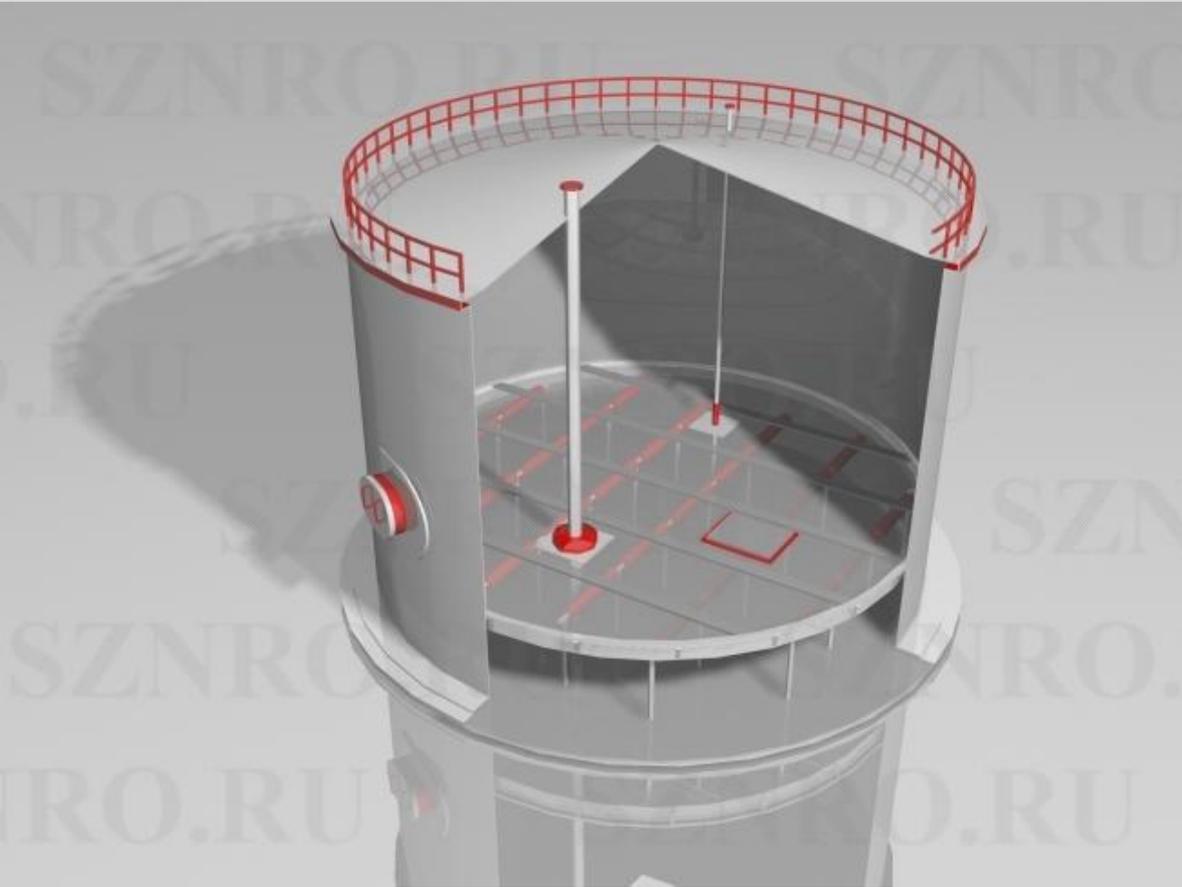


Рис. 8.28. Резервуар с понтоном

Одной из разновидностей вертикальных цилиндрических резервуаров со стационарной крышей является резервуар с понтоном, который применяют для сокращения потерь на испарение нефти и нефтепродуктов. Понтон состоит из понтонного кольца, обеспечивающего плавучесть всего понтона, и центральной части из плоских стальных листов толщиной 4 мм, изготавливаемых методом рулонирования. Понтонное кольцо выполняется из замкнутых коробов или из открытых отсеков, разделенных радиальными стенками.

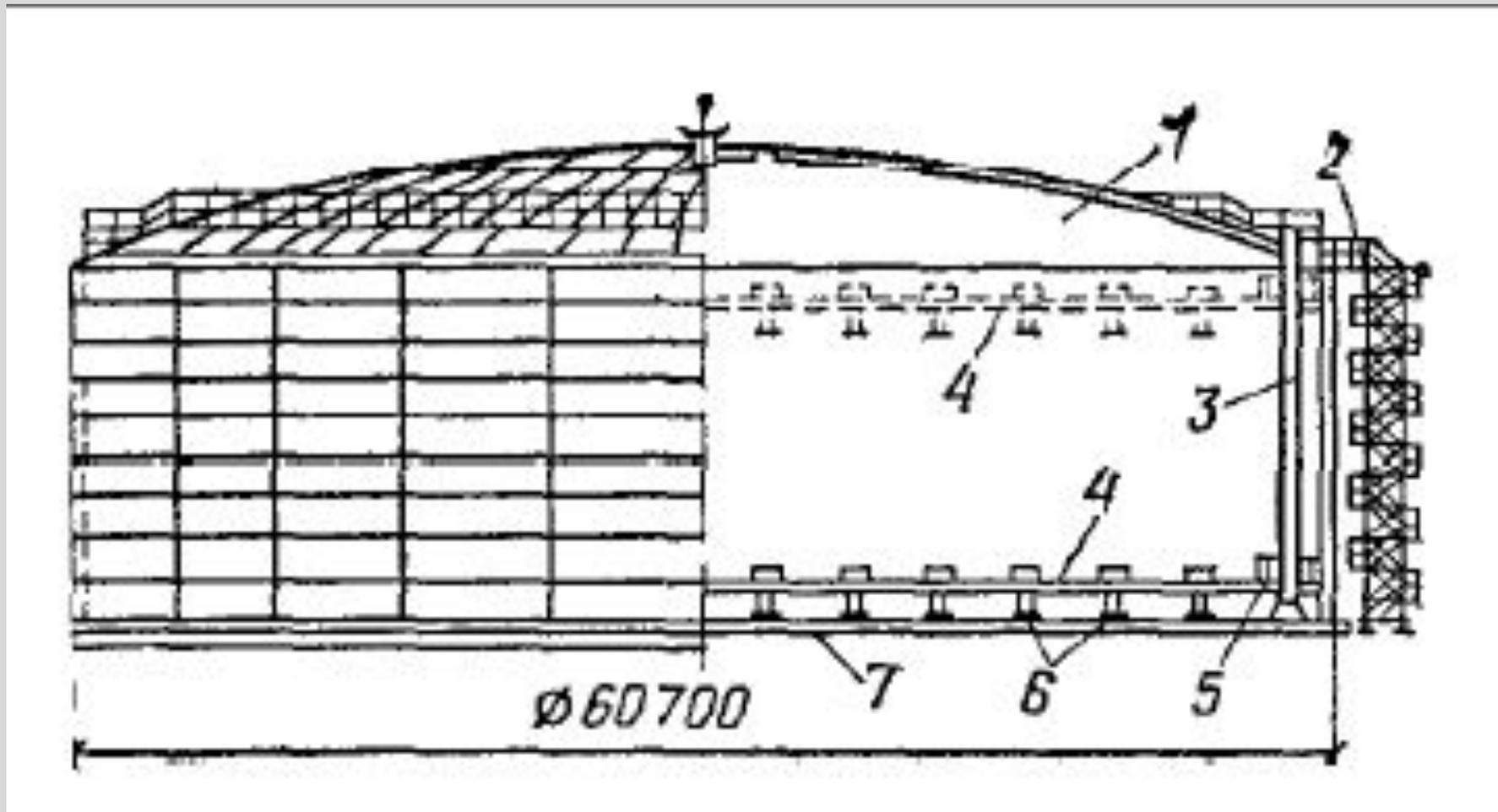


Рис. 8.29. Вертикальный цилиндрический резервуар объемом 50 тыс. м³ с понтоном:
1 - сферическая крыша; 2 - шахтная лестница; 3 - направляющая труба понтона; 4 - понтон,
5 - закрытые отсеки понтона; 6 – стойки понтона; 7 - днище

8.4.7. Конструкция резервуаров с плавающей крышей



При кратковременном хранении больших объемов нефтепродуктов (от 10 до 100 тыс. м³) значительное сокращение потерь от испарения достигается в резервуарах с плавающей крышей.

Рис. 8.29. Вертикальный цилиндрический резервуар с плавающей крышей

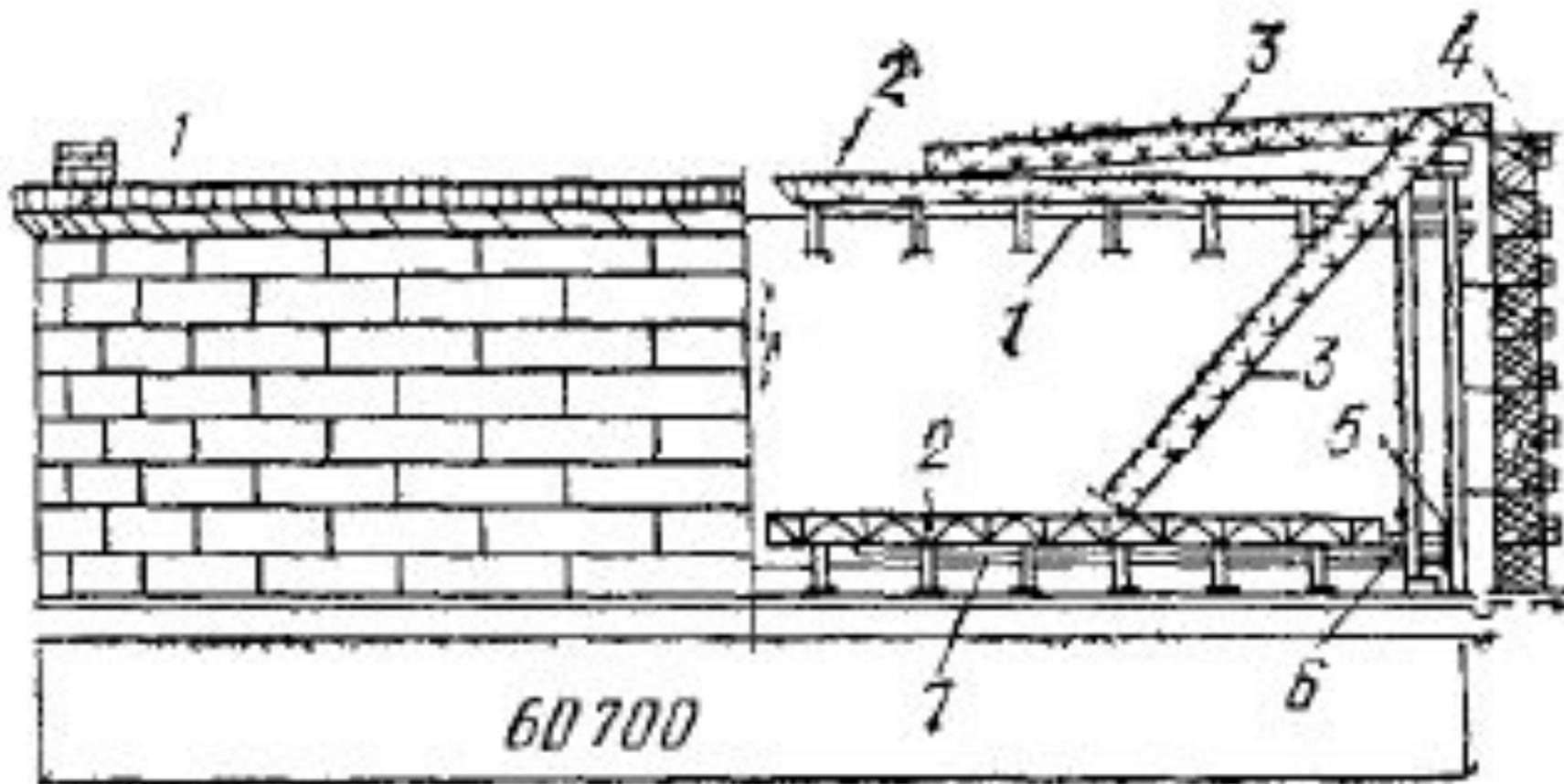


Рис. 8.29. Вертикальный цилиндрический резервуар объемом 50 тыс. м³ с плавающей крышей: 1 - кольцо , жесткости; 2 - рельсовый путь; 3 - катучая лестница; 4 - шахтная лестница; 5 - зазор между стенкой резервуара и понтоном; 6 - закрытые отсеки понтона, 7 - плавающая крыша

8.5. Вертикальные цилиндрические резервуары повышенного давления



Рис. 8.30. Вертикальные цилиндрические резервуары повышенного давления

Резервуары повышенного давления применяются для хранения легкоиспаряющихся нефтепродуктов, например бензина. Для эффективной борьбы с потерями бензина в паровоздушной среде создается избыточное повышенное давление 10-70 кПа.

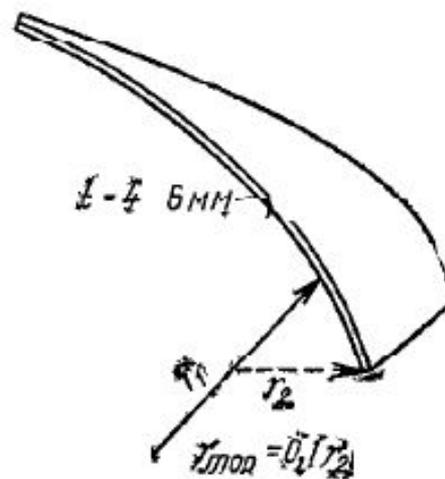
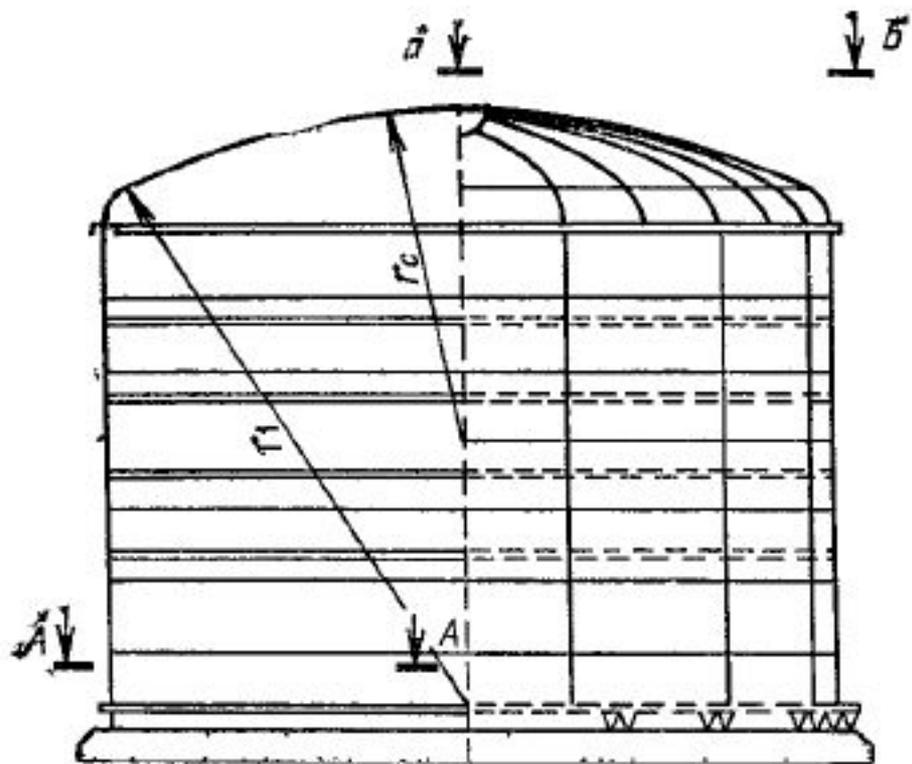
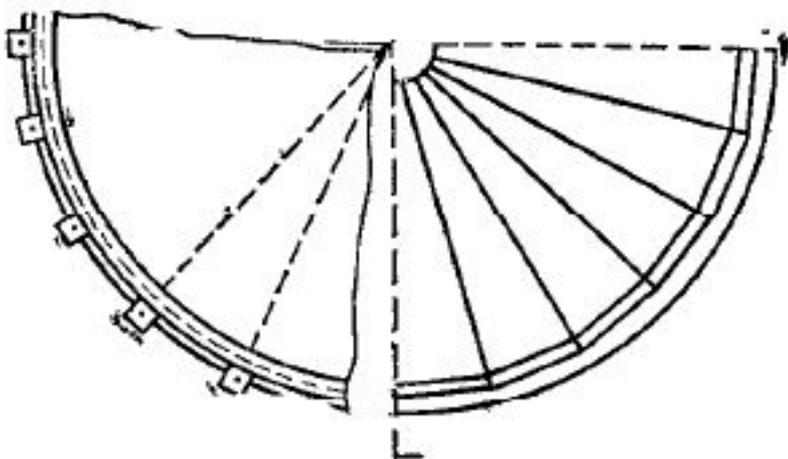


Рис. 8.31. Вертикальный цилиндрический резервуар повышенного давления со сфероцилиндрической крышей

Крыша состоит из цилиндрических лепестков, образующих поверхность, близкую к поверхности вращения. Лепестки вальцуются только в меридиональном направлении. Между сфероцилиндрической поверхностью и стенкой имеется торовая вставка, также имеющая кривизну только в меридиональном направлении.

А - А

Б - Б



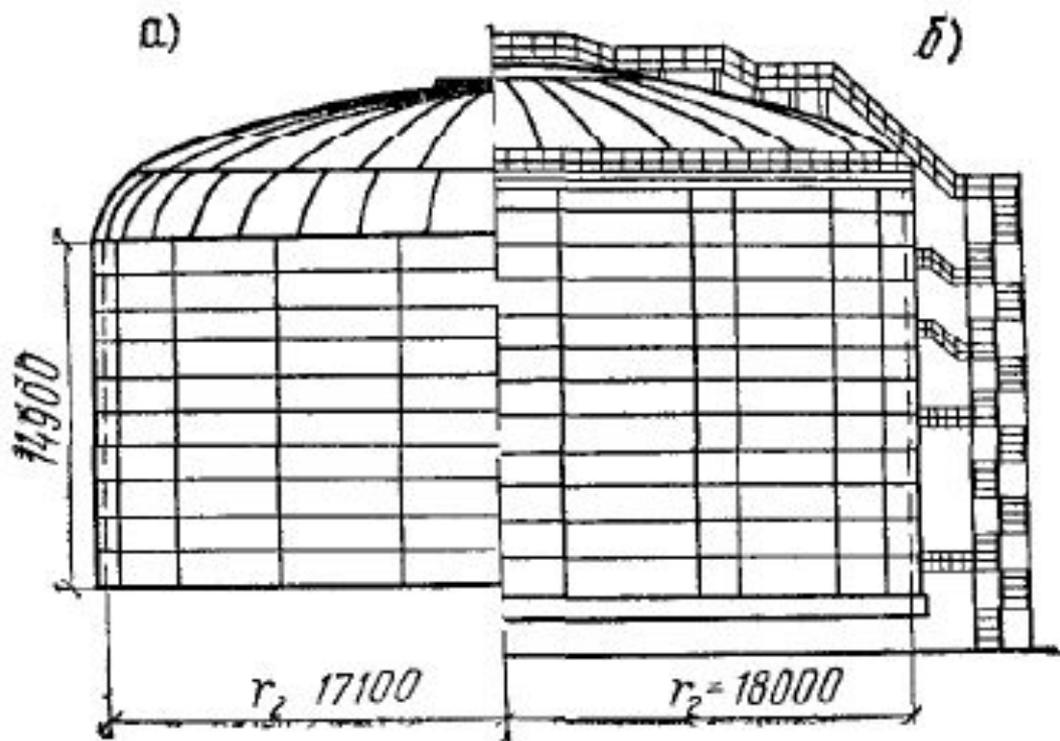


Рис. 8.32. Изотермический резервуар объемом 20 тыс. м³ с двойной стенкой

К резервуарам повышенного давления относятся также изотермические резервуары для хранения при постоянной отрицательной температуре сжиженных газов, например жидкого аммиака. Стенки и крыша двойные. Крыша внутреннего резервуара торосферическая, а наружного - сферическая. В промежутке между корпусами резервуара находится теплоизоляция: плиты из стекловаты между днищами и крышами, изоляционные плиты на стенках, а остальное пространство между вертикальными стенками заполняется перлитом плотностью около 200 кг/м³.

8.6. Горизонтальные цилиндрические резервуары



Рис. 8.33. Горизонтальные цилиндрические резервуары

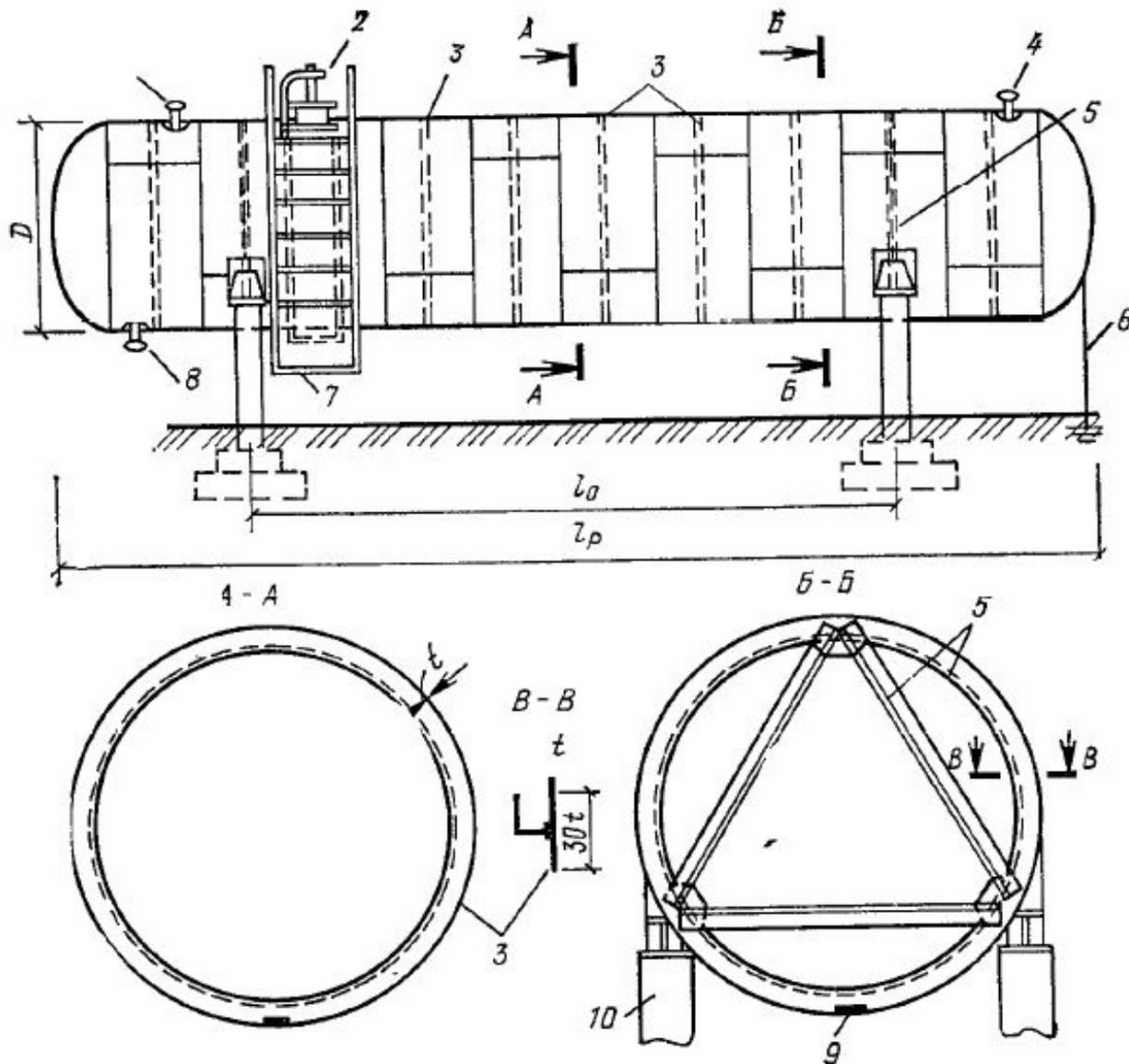


Рис. 8.34. Горизонтальный цилиндрический резервуар

Горизонтальные цилиндрические резервуары предназначены для хранения нефтепродуктов под избыточным давлением (до 0,2 МПа) и сжиженных газов (под давлением до 1,8 МПа и более). В таких резервуарах при понижении температуры возможен вакуум (до 0,1 МПа). Объем габаритных резервуаров для нефтепродуктов - до 100 м³, для сжиженных газов - до 300 м³, толщина стенки 3 - 36 мм, диаметр 1,4-4м, длина 2-30 м.

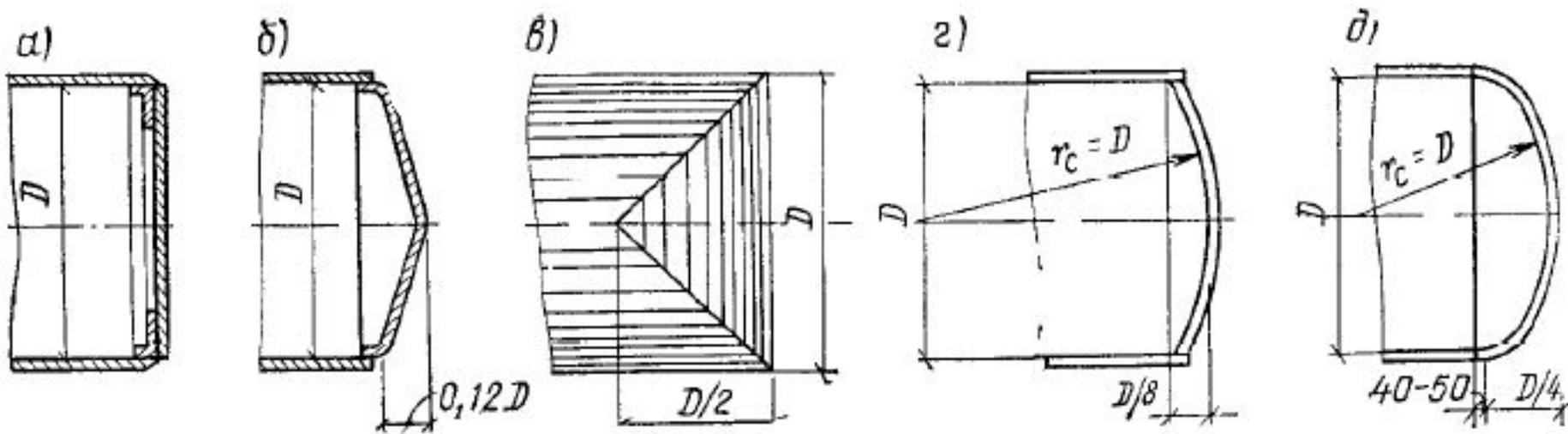


Рис. 8.35. Типы днищ горизонтальных цилиндрических резервуаров:

а - плоские; б - конические; в - цилиндрическое; г - сферическое; д - эллипсоидное

Плоские днища применяют для резервуаров небольших объемов (до 100 м^3) и избыточного давления до 40 кПа. Для резервуаров такого же объема при избыточном давлении до 50 кПа применяются конические пологие днища. В резервуарах объемом $75-150 \text{ м}^3$ при избыточном давлении в пределах 70-150 кПа применяют цилиндрические днища. При давлении до 200 кПа днища делают сферического или эллипсоидального очертания.

8.6. Сферические резервуары

Сферические резервуары предназначены для хранения сжиженных газов под высоким избыточным внутренним давлением (до 250 кПа). Объем их колеблется от 600 до 4000 м³

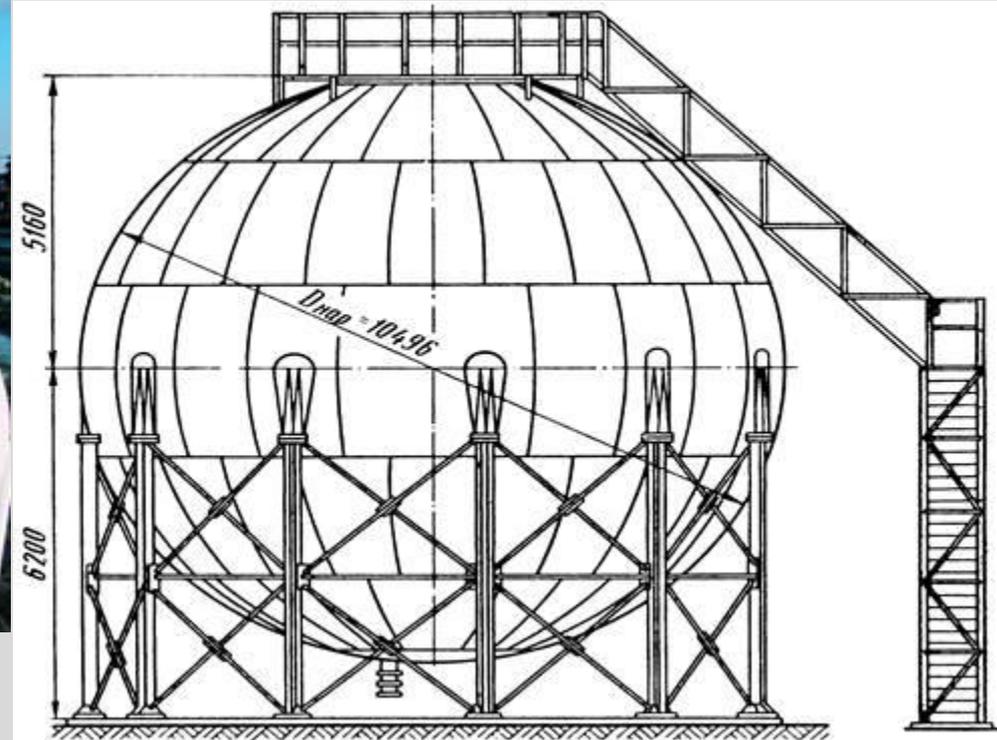


Рис. 8.36. Сферические резервуары

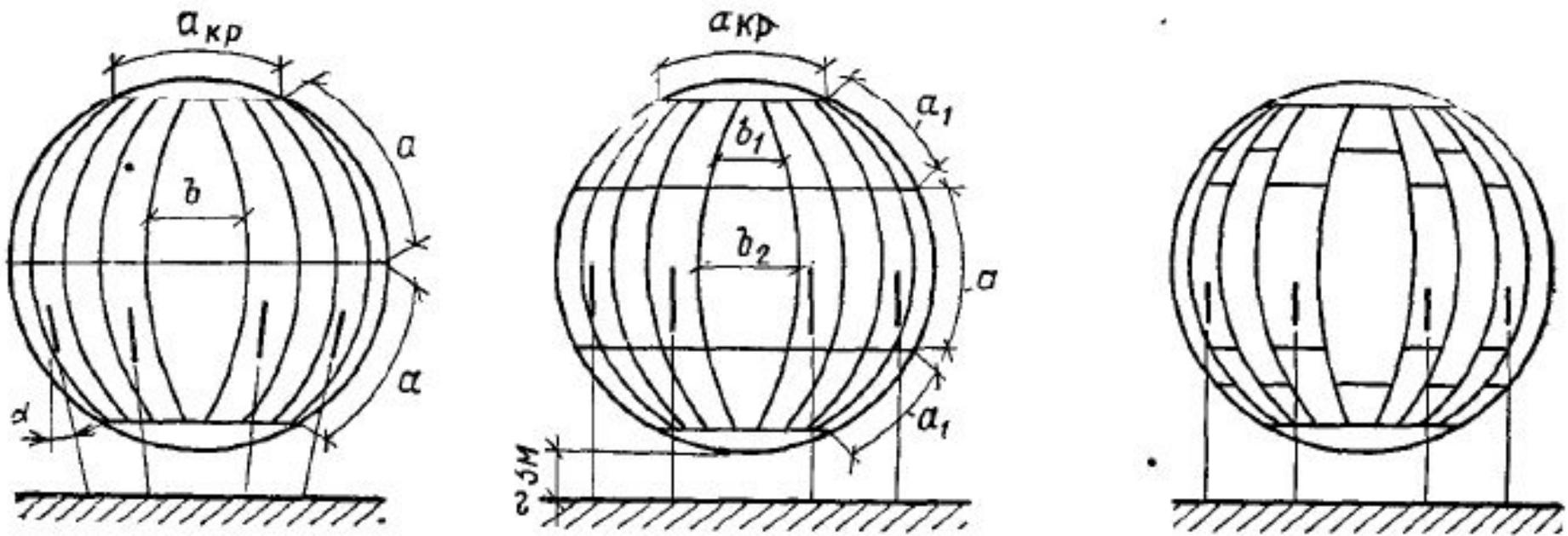


Рис. 8.37. Виды раскроя оболочки сферических резервуаров

Число лепестков в экваториальном сечении должно быть кратным числу опорных стоек, их ширина (b, b_1, b_2) увязывается с размерами стандартных листов, а длина (a, a_1, a_2) - с периметром оболочки ($2\pi r$) с учетом припусков на обработку.