

# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ

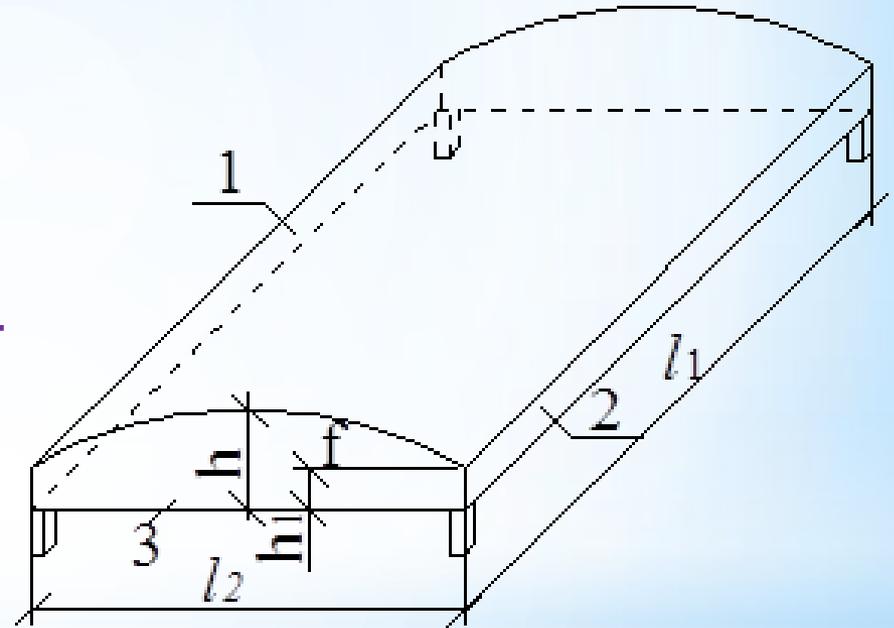
# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ

\* Цилиндрические оболочки состоят:

- \* 1. Тонкая плита
- \* 2. Бортовые элементы
- \* 3. Поперечные диафрагмы.

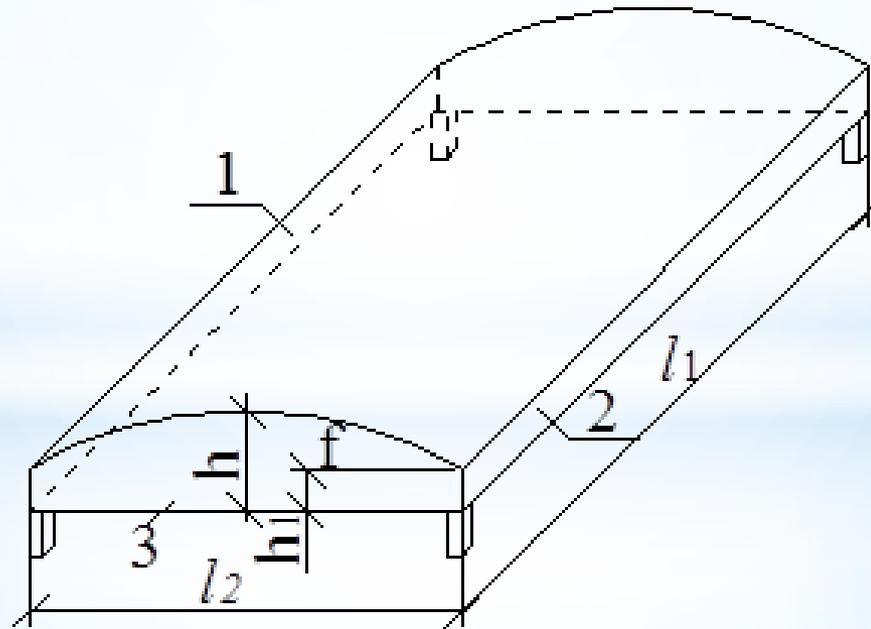
\* Основные размеры оболочки:

- \*  $l_1$  - пролет;
- \*  $l_2$  - длина волны;
- \*  $f$  - стрела подъема.



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ

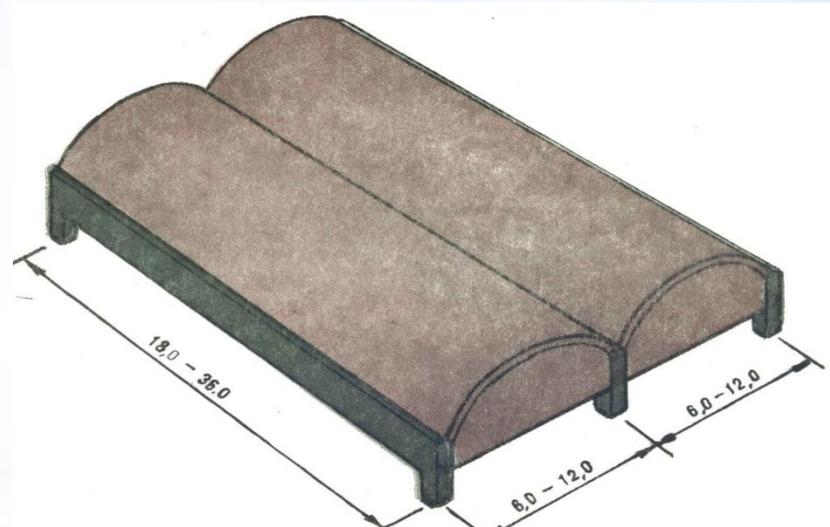
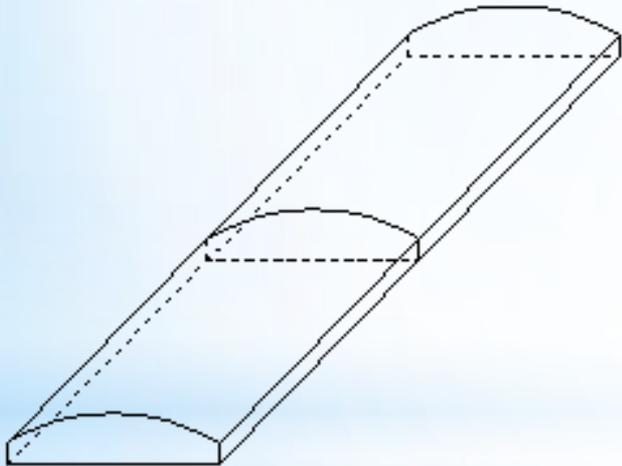
- \* Полная высота покрытия  $h \geq \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{10}\right) * l_1$ ;
- \* толщина плиты монолитных оболочек -  $\left(\frac{1}{200} - \frac{1}{300}\right) * l_2$ , но не меньше 5 см;
- \* сборных ребристых оболочек -  $\geq 3$  см.



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ

## Классификация

- \* 1. Однопролетные.
- \* 2. Многопролетные (опёртые более чем на две диафрагмы).
- \* 3. Одноволновые.
- \* 4. Многоволновые.



- \* 2. Многопролетные
- \* 3. Одноволновые

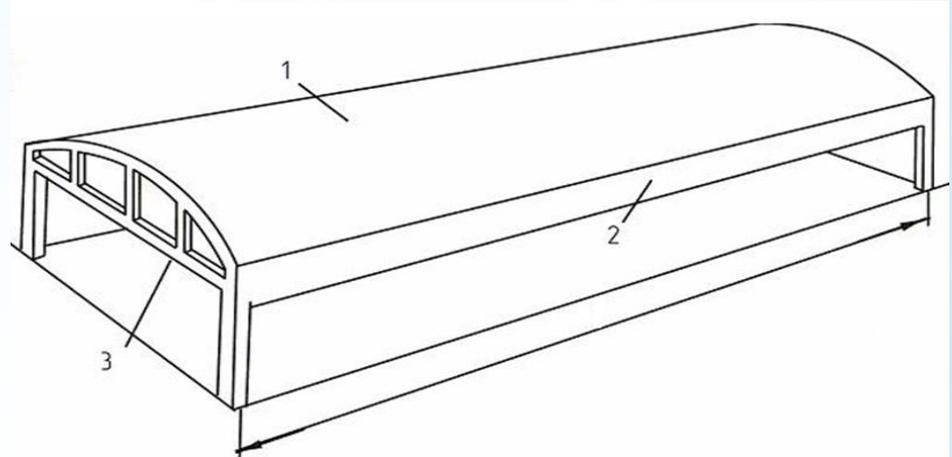
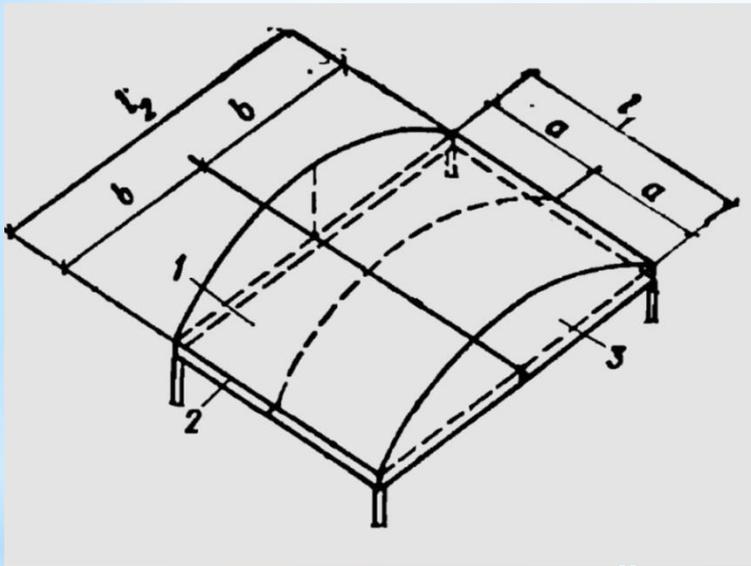
- 1. Однопролётные
- 4. Многоволновые

# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ

## Классификация

\* 1. Короткие ( $l_1 \setminus l_2 \leq 1$ )

2. Длинные ( $l_1 \setminus l_2 > 1$ )



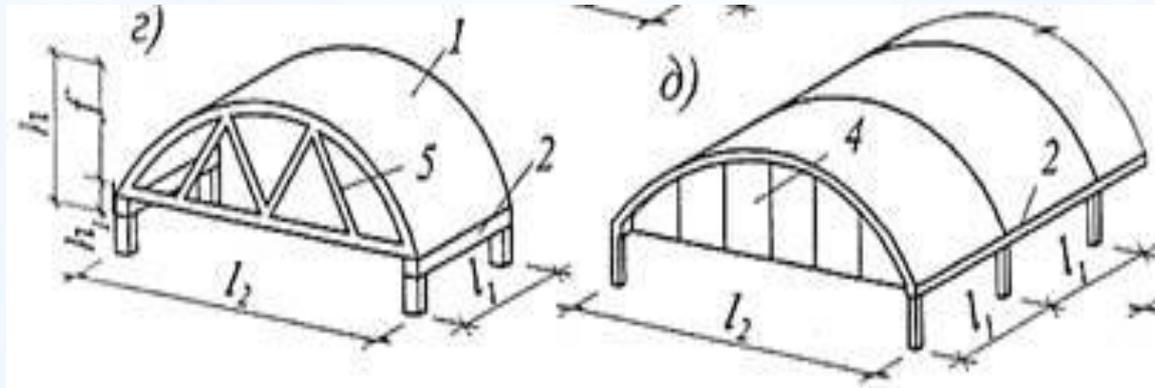
\* Типовые размеры:

\* Короткие оболочки -  $l_1 = 6, 12$  м;  $l_2 = 12; 24; 30$  м.

Длинные оболочки -  $l_1 = 24; 30; 36$  м;  $l_2 = 12$  м.

# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

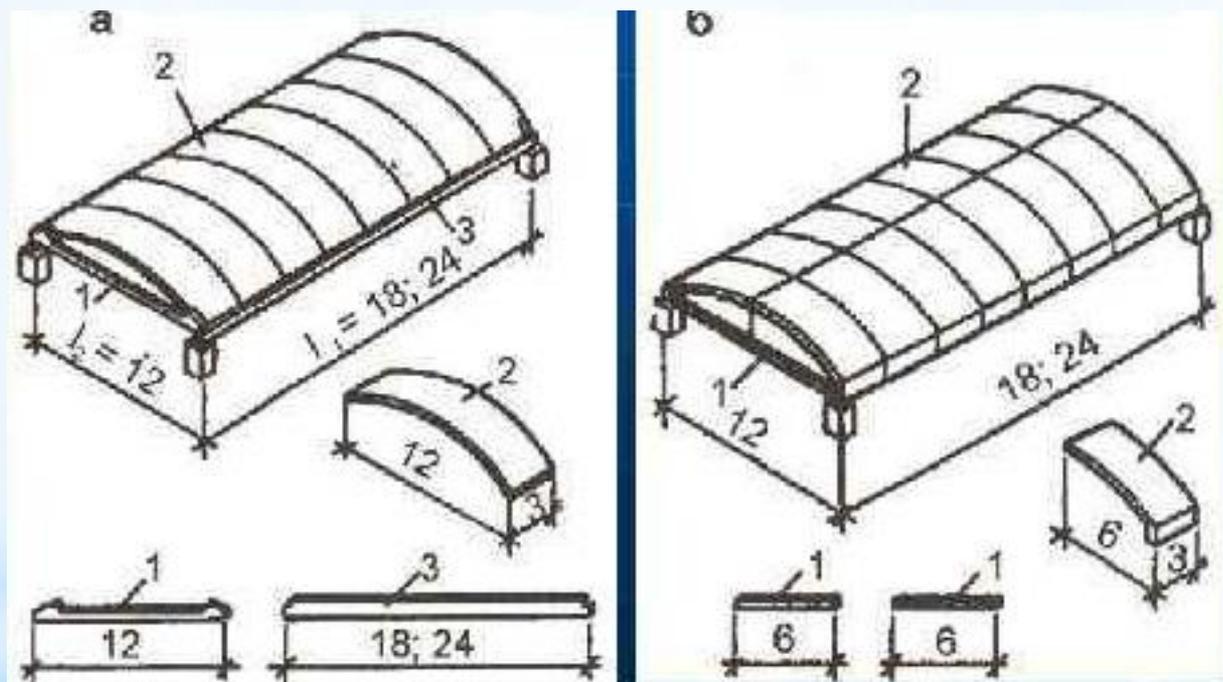
- \* Очертание плит оболочки может быть круговым, эллиптическим. Более простое - круговое. Наиболее широкое применение нашли сборные ребристые оболочки, менее индустриальны - монолитные.



- \* Бортовые элементы несут основную растянутую арматуру, как правило, в сборных конструкциях преднапряженные.
- \* Опорные диафрагмы могут быть в виде арок, ферм или балок переменной высоты.

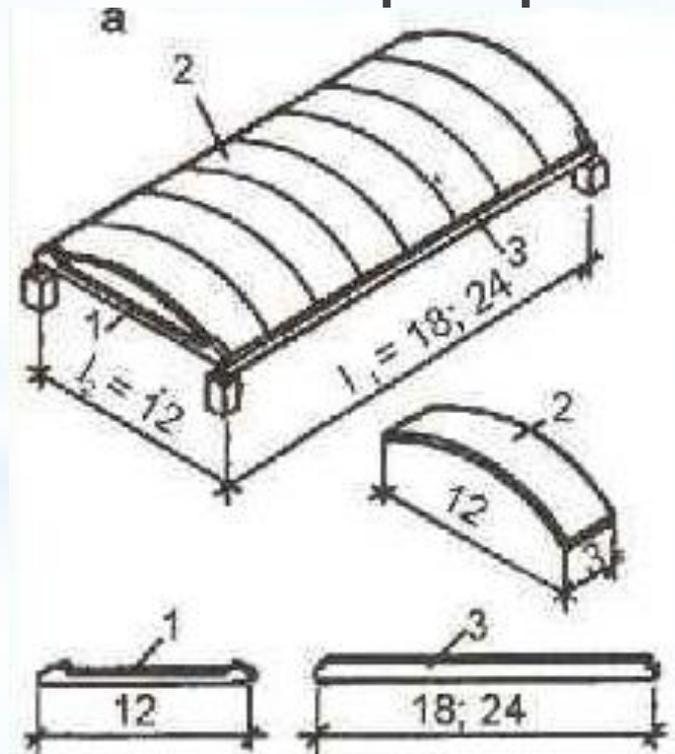
# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

\* Монтаж сборных цилиндрических оболочек может быть произведен одним из следующих способов.



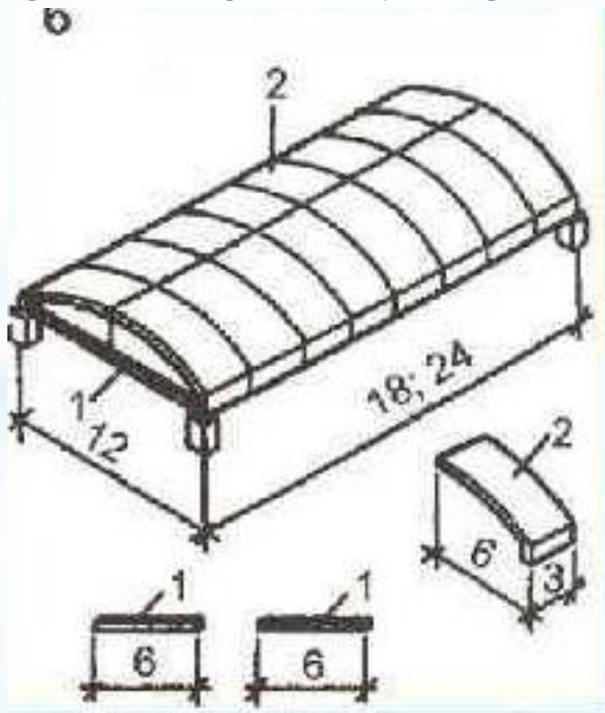
# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

- \* 1. На основные и временные промежуточные опоры устанавливают бортовые элементы. По верху укладывают криволинейные плиты и производят сварку выпусков арматуры плит и бортового элемента и замоноличивают швы. Затем убирают временные опоры и оболочка работает как пространственная конструкция.



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

- \*2. Ребристые плиты оболочки изготавливают на заводе с бортовыми элементами. На стройплощадке с помощью лесов монтируют плиты и соединяют их с помощью преднапряженной арматуры, пропускаемой через специальные каналы в бортовых элементах. Сваривают закладные детали, замоноличивают швы, инъецируют каналы раствором, убирают леса.



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

## Расчет и конструирование

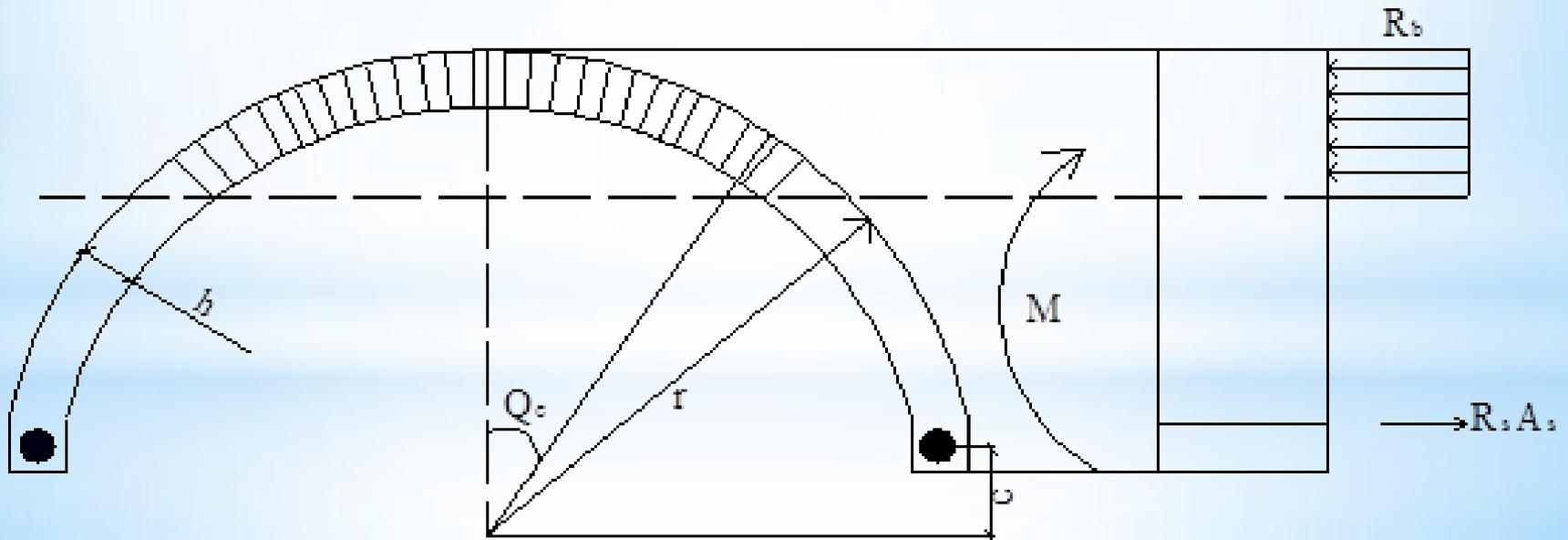
- \* Расчёт всех элементов ведется на усилии в стадиях **изготовления, монтажа и эксплуатации**. В начальной стадии нагружения оболочка работает упруго и статический расчёт производится по **упругой стадии**. После образования трещин в бетоне в оболочках развиваются пластические деформации и расчёт производится по **стадии предельного равновесия**.
- \* Большой вклад в развитие методов расчета оболочек внес Власов В.З.
- \* В ряде случаев возможны **упрощенные методы расчета**: при равномерно распределенной нагрузке и отношении размеров  $l_1 \setminus l_2 \geq 3$  (а для промежуточных волн  $l_1 \setminus l_2 \geq 2$ ) - расчёт производится **раздельно в продольном и поперечном направлении**.

# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

## Расчет и конструирование

### Расчет в продольном направлении

- \*Расчёт в продольном направлении может быть произведен по методу предельного равновесия как балки корытообразного профиля.



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

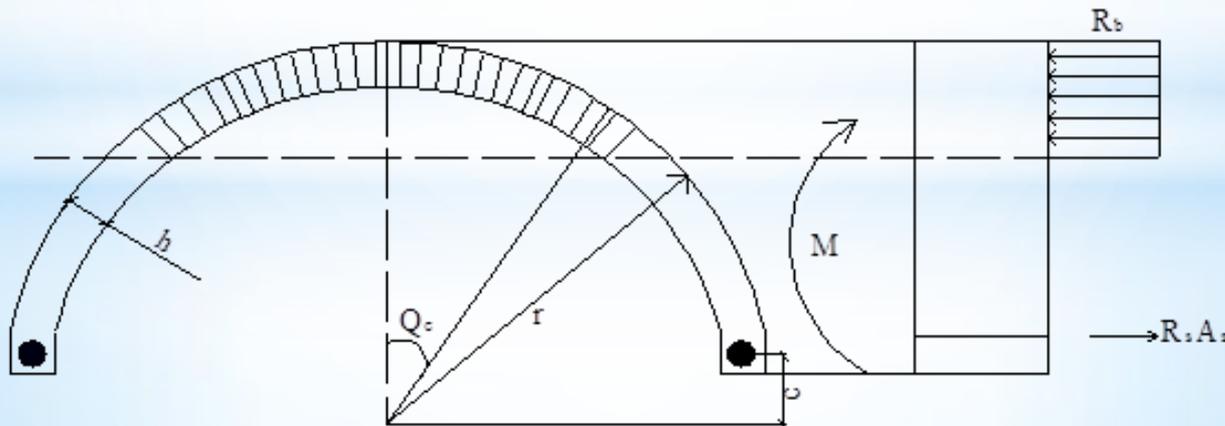
## Расчет и конструирование

### Расчет в продольном направлении

- \*  $M \leq M_u$ ;  $M = \frac{ql_1^2 l_2}{8}$  - максимальный момент в середине пролета оболочки.
- \*  $M_u$  - момент внутренних сил, действующих в сечении в предельном состоянии относительно центра круговой части сечения.

$$M_u = 2 * R_b * h * r^2 * \sin Q_c - R_s * A_s, \quad (1)$$

- \*  $Q_c$  - половина центрального угла сжатой зоны.



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

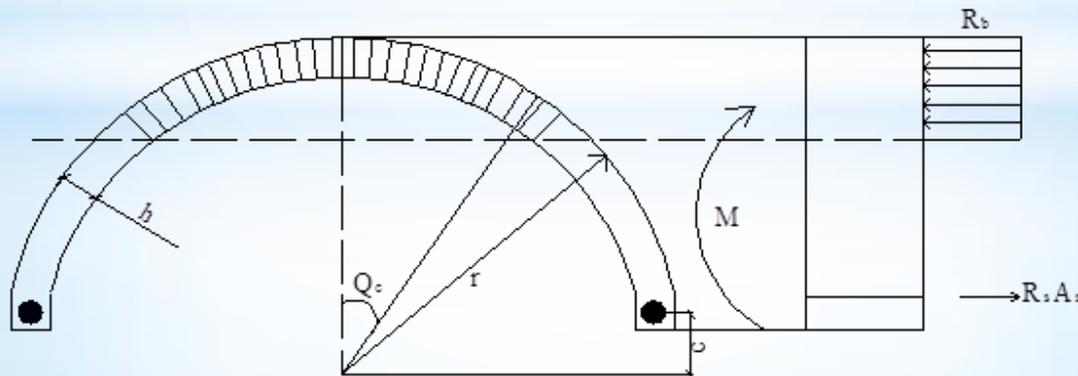
## Расчет и конструирование

### Расчет в продольном направлении

- \* Положение границы сжатой зоны определяют из условия равенства проекции всех действующих в сечении сил на горизонтальную ось.

$$2 \cdot R_b \cdot h \cdot r \cdot Q_c = R_s \cdot A_s \quad (2)$$

- \* При проверке прочности из (2) находят  $Q_c$  и подставляют в (1).
- \* При подборе арматуры находят  $A_s$ , решая совместно систему уравнений (1) и (2).

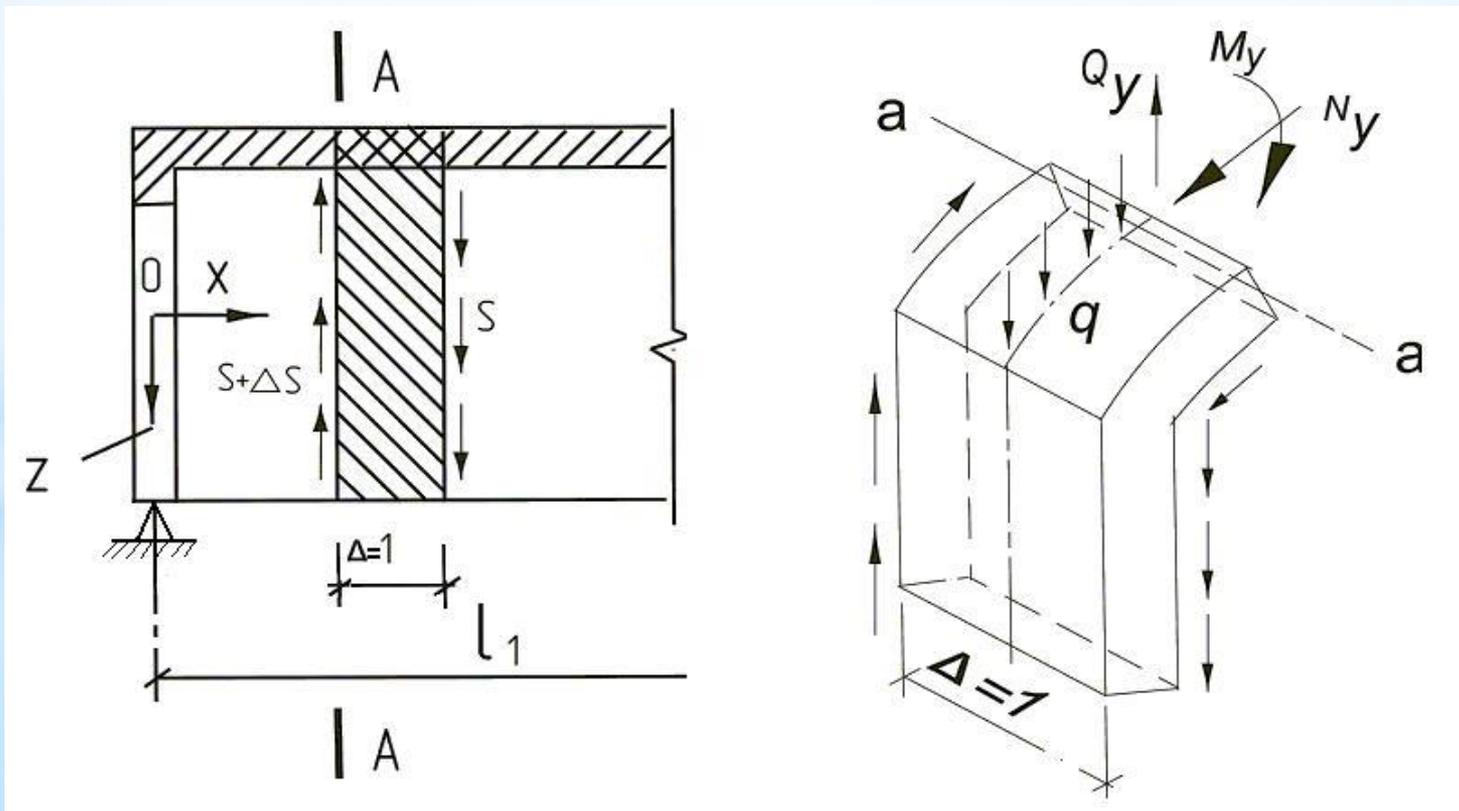


# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

## Расчет и конструирование

### Расчет в поперечном направлении

Расчёт в поперечном направлении на сдвигающие усилия и изгибающие моменты производят из условия равновесия элементарной полосы оболочки, вырезанной по её длине.

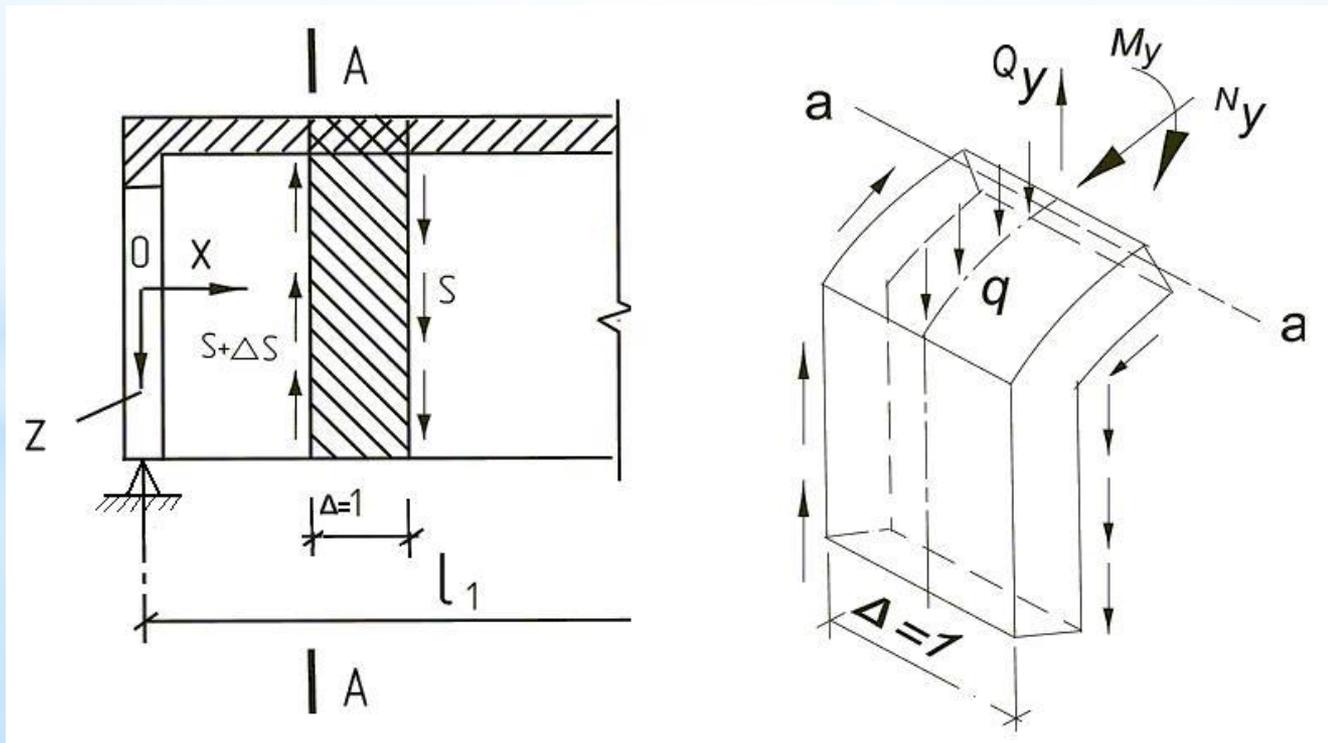


# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

## Расчет и конструирование

### Расчет в поперечном направлении

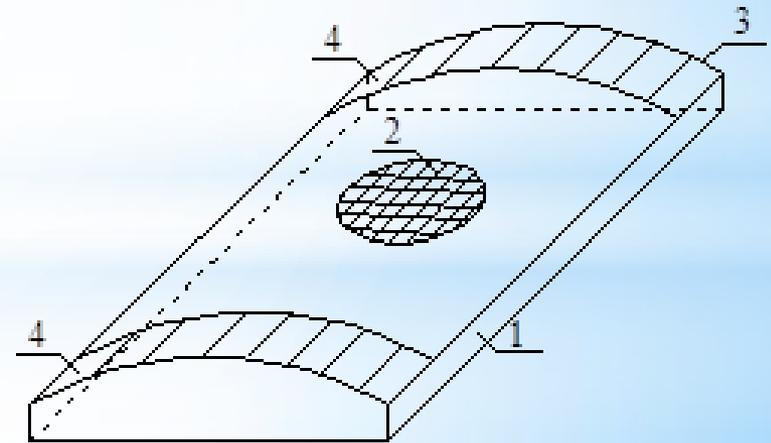
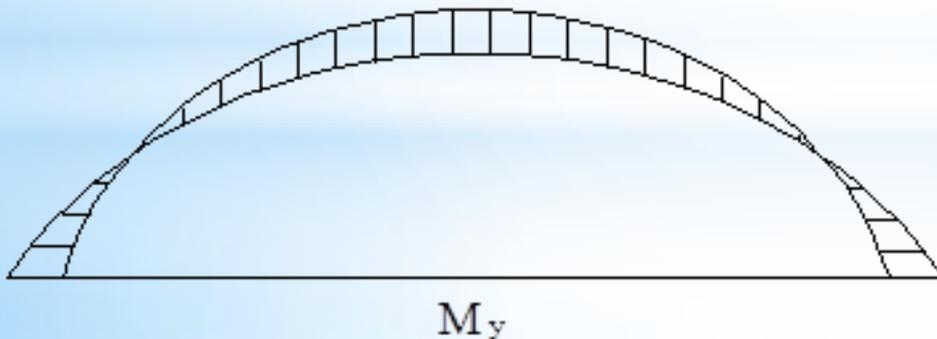
Для определения изгибающих моментов  $M_y$ , действующих вдоль волны вырезают из оболочки полосу единичной ширины. Она находится под внешней вертикальной нагрузки  $q$  и касательных сил  $S$  и  $S+\Delta S$ , изгибающий момент  $M_y$  в любом сечении определяется как сумма моментов от нагрузки  $q$  и разности касательных сил  $\Delta S$ .



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

## Конструирование Армирование оболочки

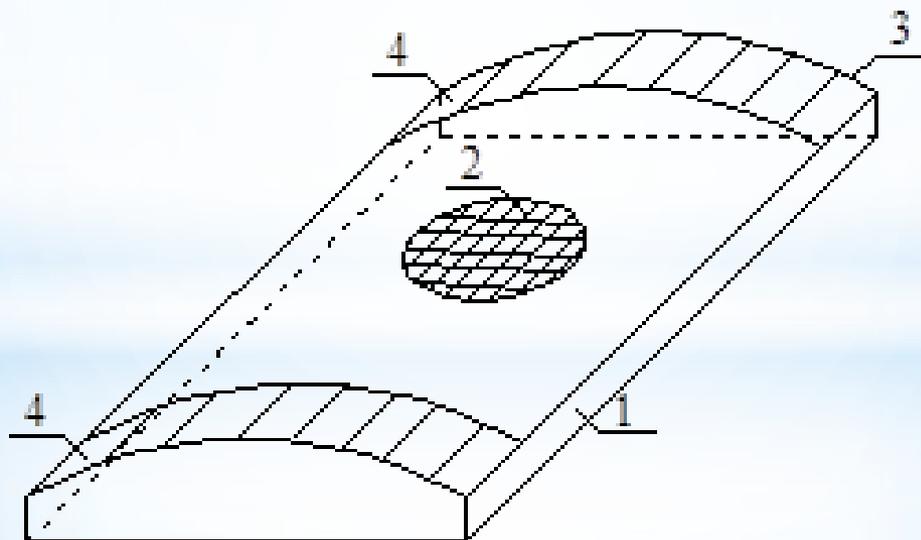
- \* 1 - **напрягаемая арматура**, определяемая из расчёта в продольном направлении.
- \* 2 - **арматура поля оболочки** (в сжатой зоне ставится конструктивно,  $d=5,6\text{мм}$ ,  $S=20\text{-}25\text{см}$ , в растянутой зоне, стержни, укладываемые в направлении волны, подбирают по  $M_y$ ).



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

## Конструирование Армирование оболочки

- \*3 - **угловая растянутая арматура**, подбираемая по главным растягивающим напряжениям.
- \*4 - **арматура в месте примыкания оболочки к диафрагмам**, рассчитанная на краевой момент.



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

## СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ ДЛИННЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ

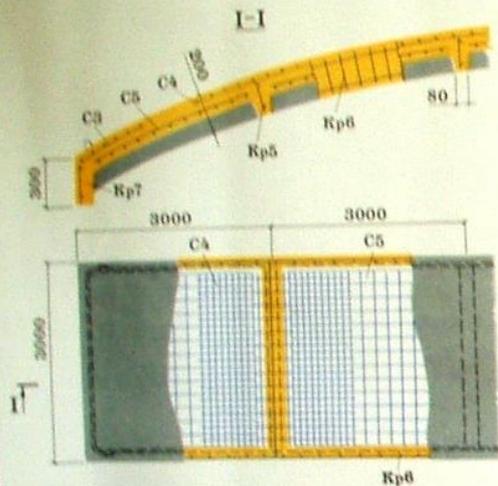
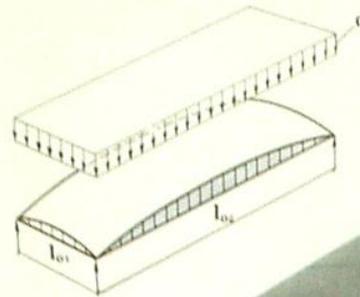
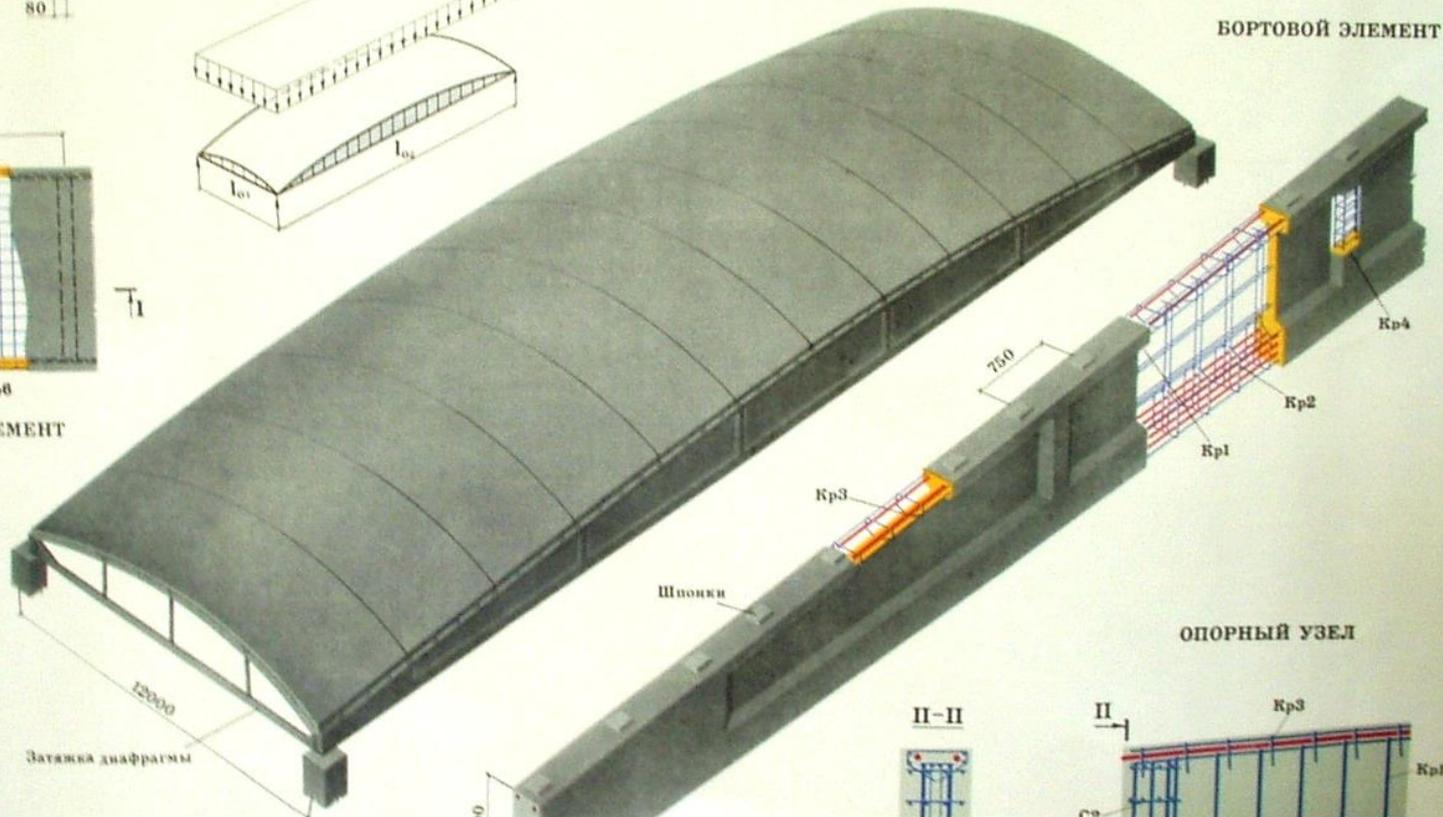


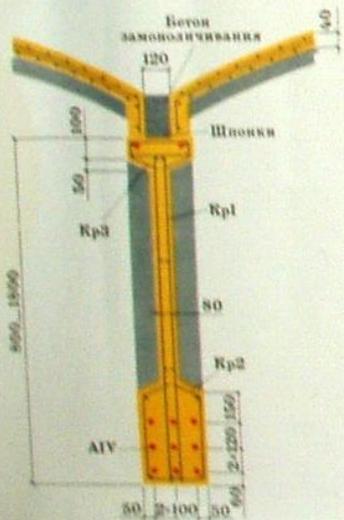
СХЕМА ЗАГРУЖЕНИЯ



БОРТОВОЙ ЭЛЕМЕНТ



ОПОРЕНИЕ ПЛИТ НА БОРТОВОЙ ЭЛЕМЕНТ

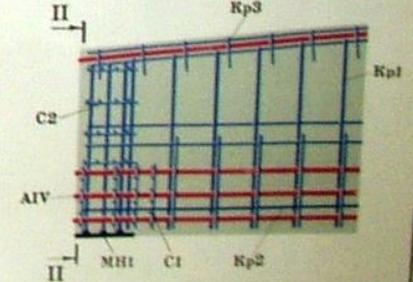


Пролеты 18...36м  
Масса 44...87т  
Бетон М 400 ... М 500

ОПОРНЫЙ УЗЕЛ



II-II

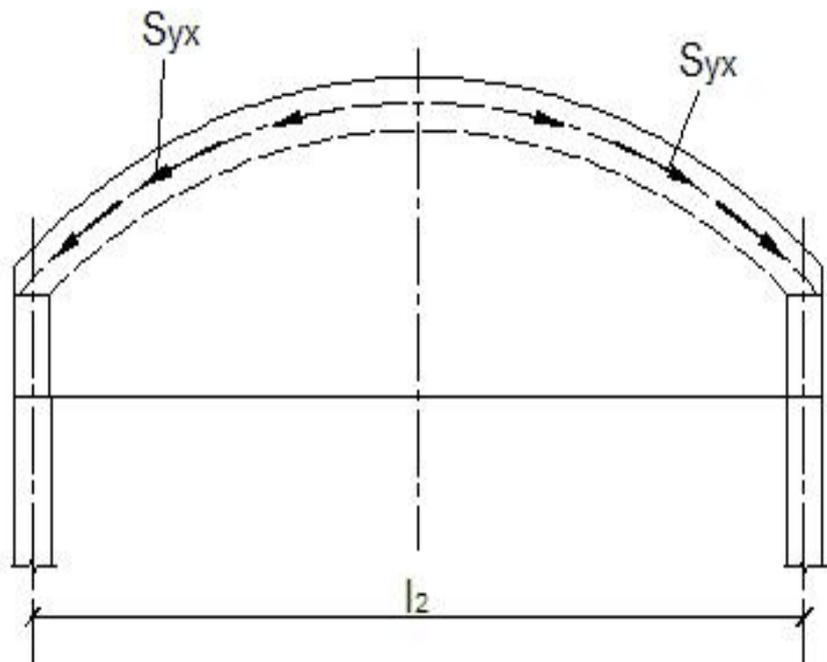


# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДЛИННЫЕ ОБОЛОЧКИ

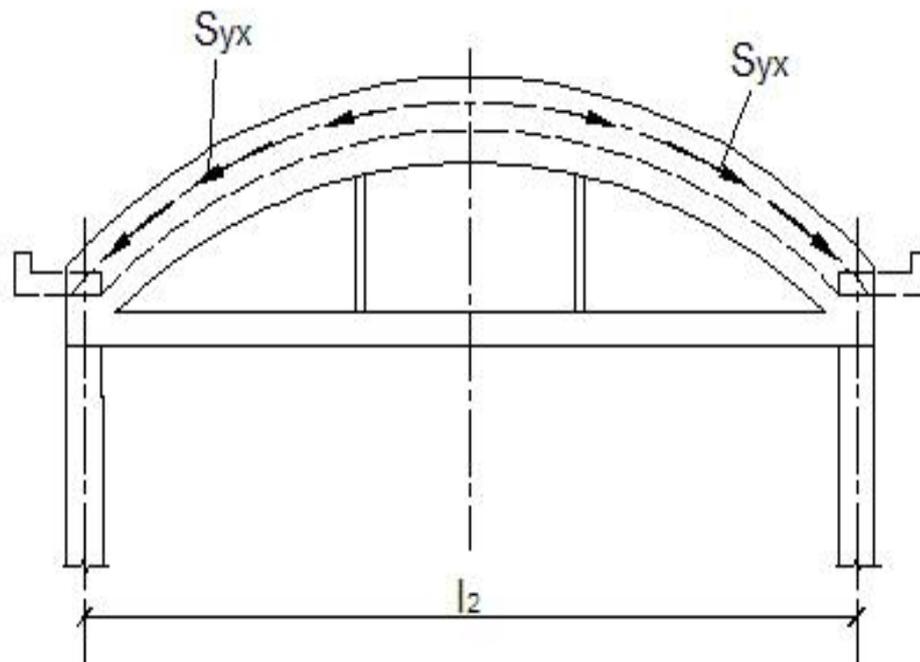
## Диафрагмы

Расчёт диафрагм производят на усилия от собственного веса и сдвигающих усилий, передающихся с оболочки. Аналогичен расчёту диафрагм оболочек положительной гауссовой кривизны.

а)

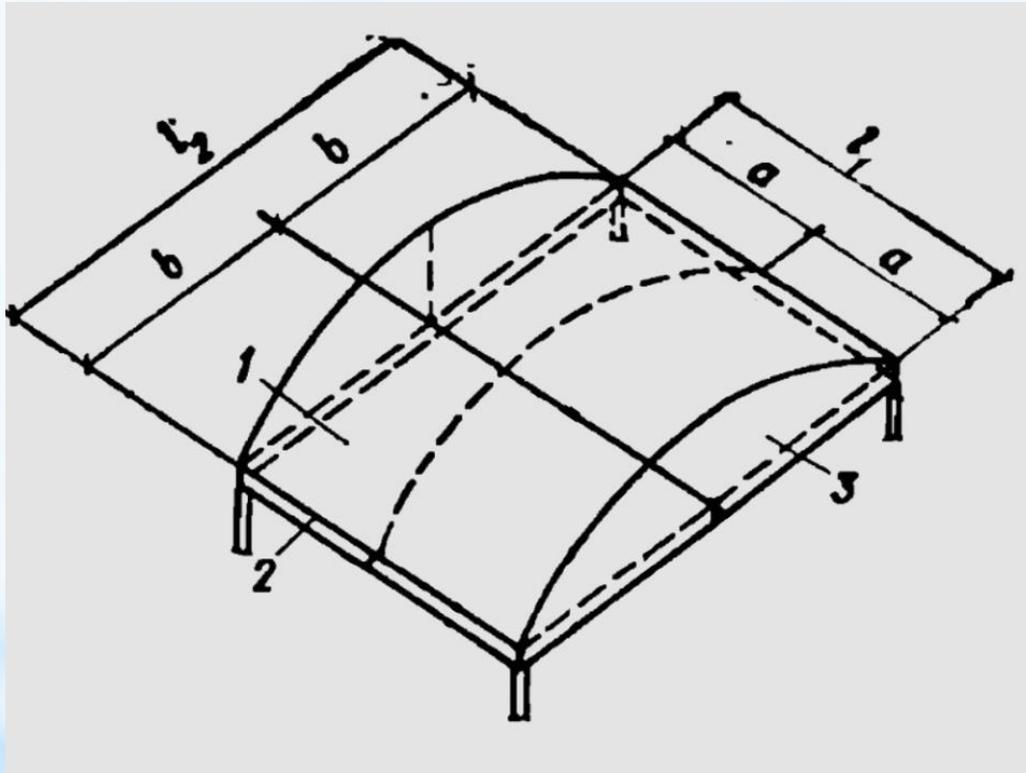


б)



# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КОРОТКИЕ ОБОЛОЧКИ

Короткими цилиндрическими оболочками называют такие у которых пролет  $l_1$  меньше длины волны  $l_2$  ( $l_1/l_2 < 1$ )

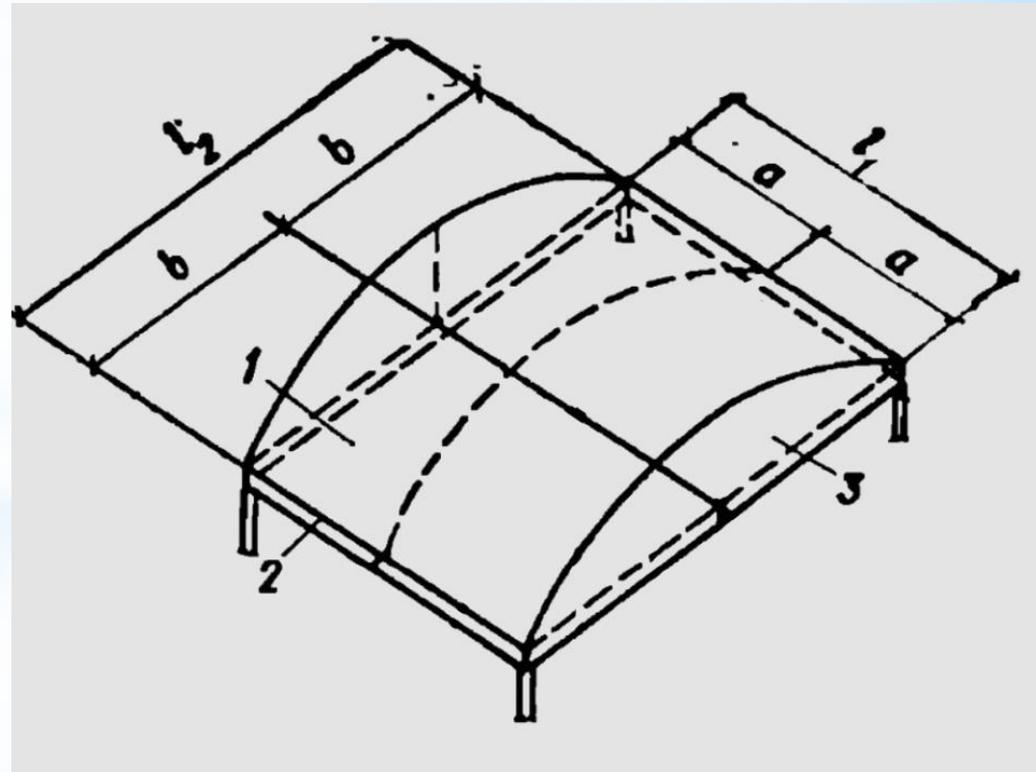


**Конструктивные элементы:**

\* 1 — оболочка;    2 — бортовой элемент;    3 — диафрагма

# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КОРОТКИЕ ОБОЛОЧКИ

- \* Шаг диафрагм  $l_1 = 6 \dots 12 \text{ м}$ ; ширина волны  $l_2 = 12 \dots 30 \text{ м}$ .  
Толщину плиты принимают без расчёта 5 см при  $l_1 = 6 \text{ м}$ ;  
7-8 см при  $l_1 = 12 \text{ м}$ .
- \* Бортовой элемент высотой  $h_1 = \left(\frac{1}{10} \dots \frac{1}{15}\right) * l_1$ , шириной  $b_1 = (0,2 \dots 0,4) * h_1$ .
- \* В качестве диафрагм используются арки, фермы



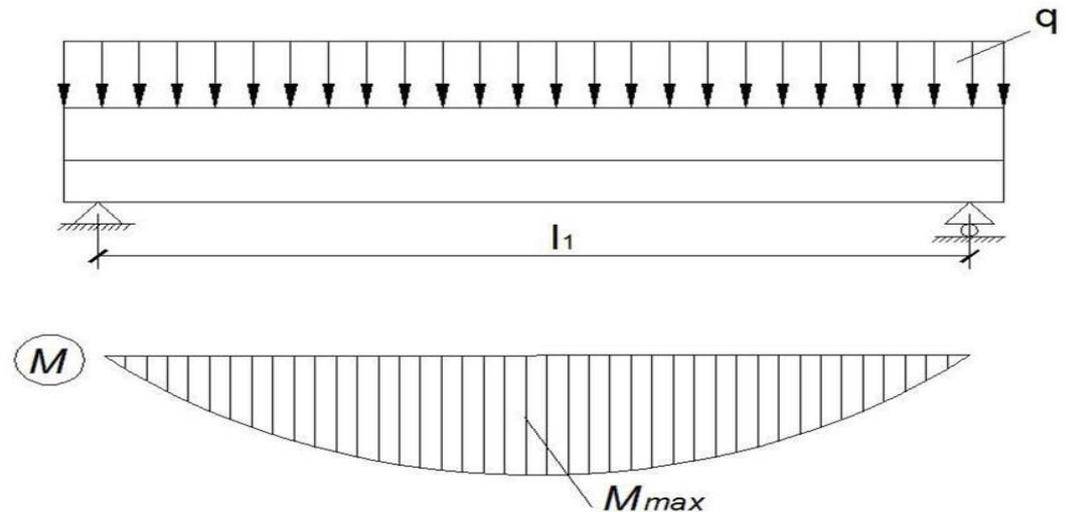
# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КОРОТКИЕ ОБОЛОЧКИ

## \*Расчет и конструирование

Рассчитывают короткие оболочки упрощенным способом.

\*Армирование плиты назначают конструктивно (сетка  $d = 5,6\text{мм}$ ,  $S = 10\text{...}15\text{см}$ ). Для бортовых элементов и диафрагм выполняют расчёт.

\*Оболочку рассчитывают как балку криволинейного сечения пролётом  $l_1$ .  $M = \frac{q \cdot l_2 \cdot l_1^2}{8}$  - момент в середине пролёта.



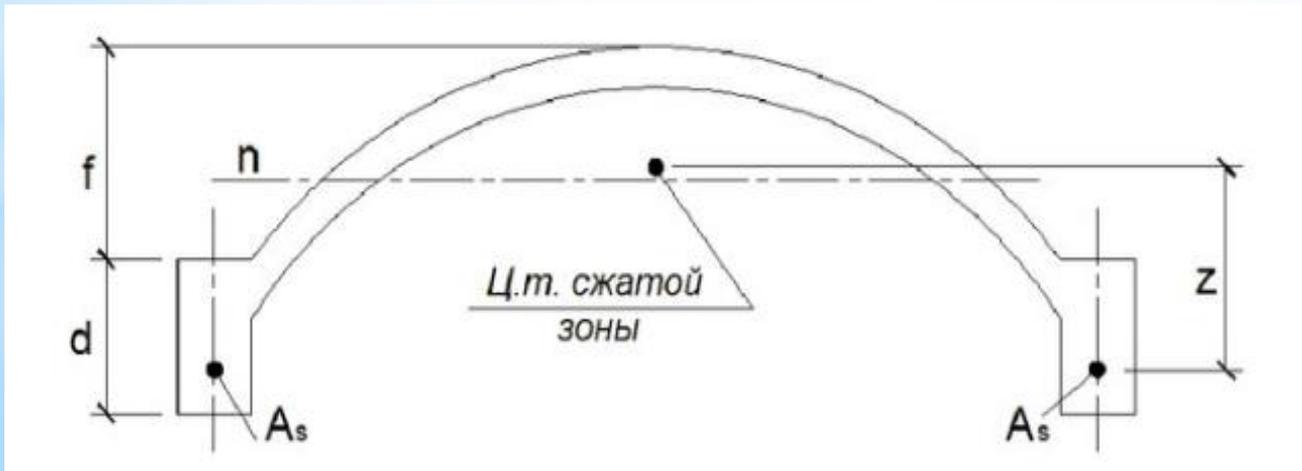
# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КОРОТКИЕ ОБОЛОЧКИ

## \* Расчет и конструирование

- \* Площадь сечения продольной растянутой арматуры в бортовых элементах определяются по формуле

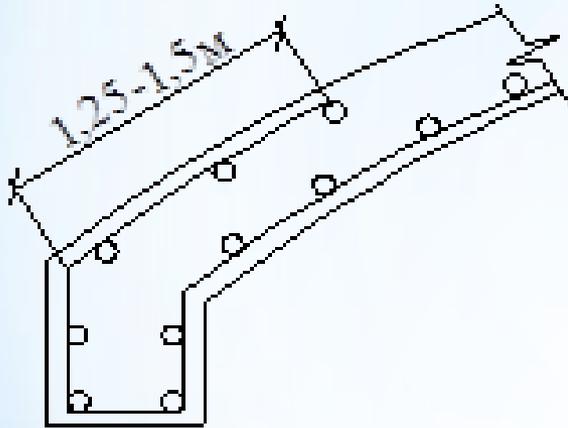
$$* A_s = \frac{M}{R_s Z}$$

- \* где  $Z$  - плечо внутренней пары сил ( $Z=0,55(f+d)$ ). Поперечная арматура в бортовых элементах устанавливается конструктивно.

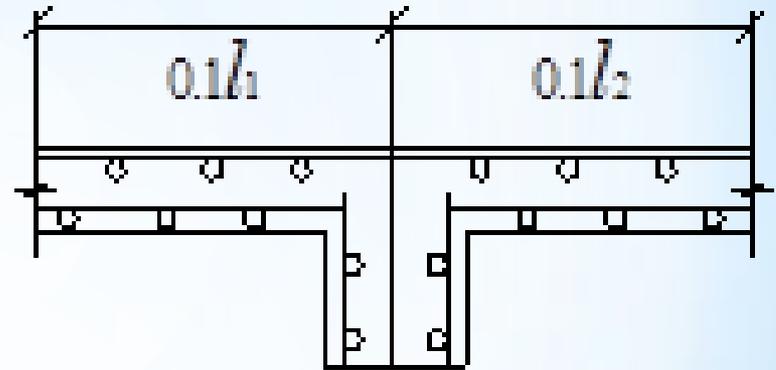


# ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КОРОТКИЕ ОБОЛОЧКИ

## \* Конструирование



бортовой элемент



промежуточная диафрагма

Вблизи бортовых элементов и диафрагмы устанавливают дополнительные сетки