

Лекция 10

Тонкостенные пространственные конструкции покрытий



Общие сведения

ПК работают в обоих направлениях, благодаря чему лучше используется применяемый материал. При этом достигается экономия материалов, собственного веса. Редкое расположение опор благоприятно для эксплуатации производственных и общественных зданий. ПК позволяют создать разнообразие форм, обладающих архитектурной выразительностью.

При пролётах 24-100 м расход бетона 7.3 – 21.7 см/м², расход стали 11.9 – 33.6 кг/м²

Области применения. ПК применяются для покрытий универсальных залов, рынков, вокзалов, стадионов, заводов, фабрик, гаражей, животноводческих комплексов, цирков и т.д.

Если центры кривизны дуг всех нормальных сечений, проведённых через одну точку лежат по одну сторону поверхности – то поверхность будет положительной гауссовой кривизны, если с обеих сторон, то отрицательной.

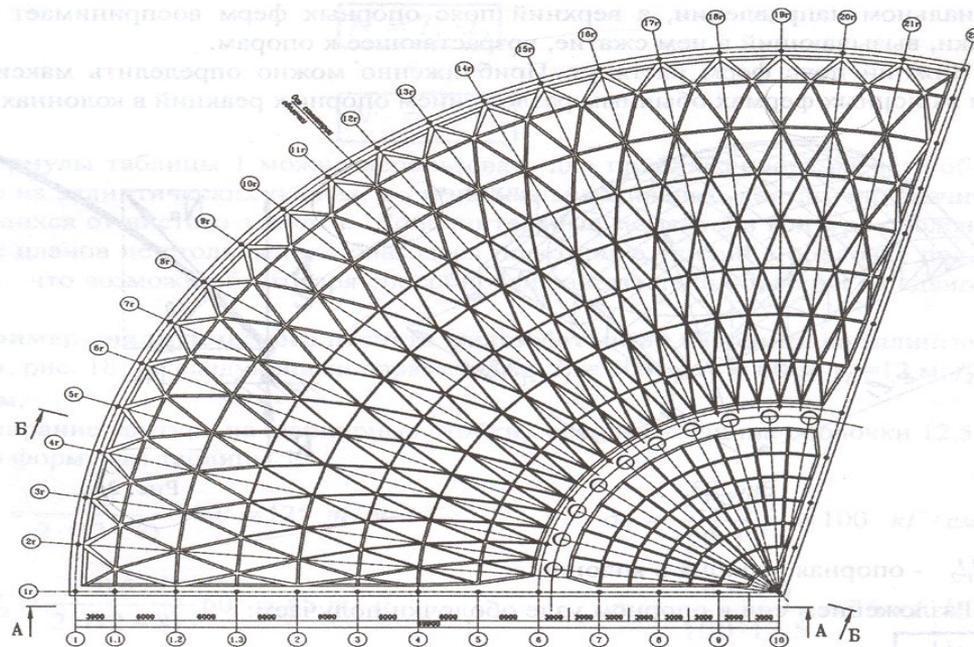
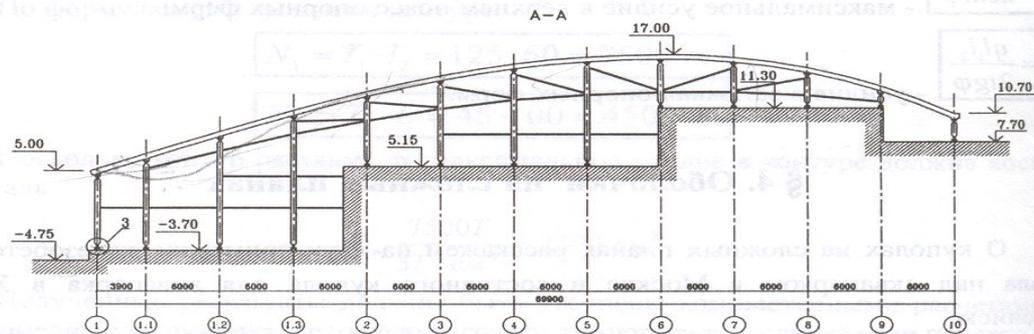
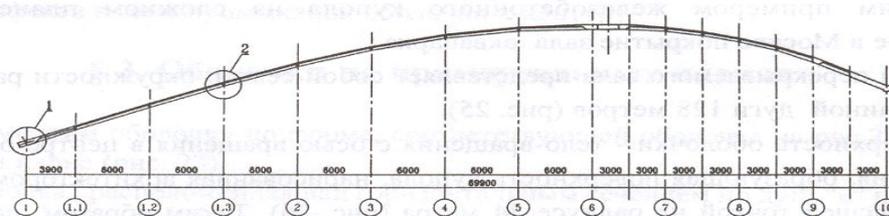


Рис. 25

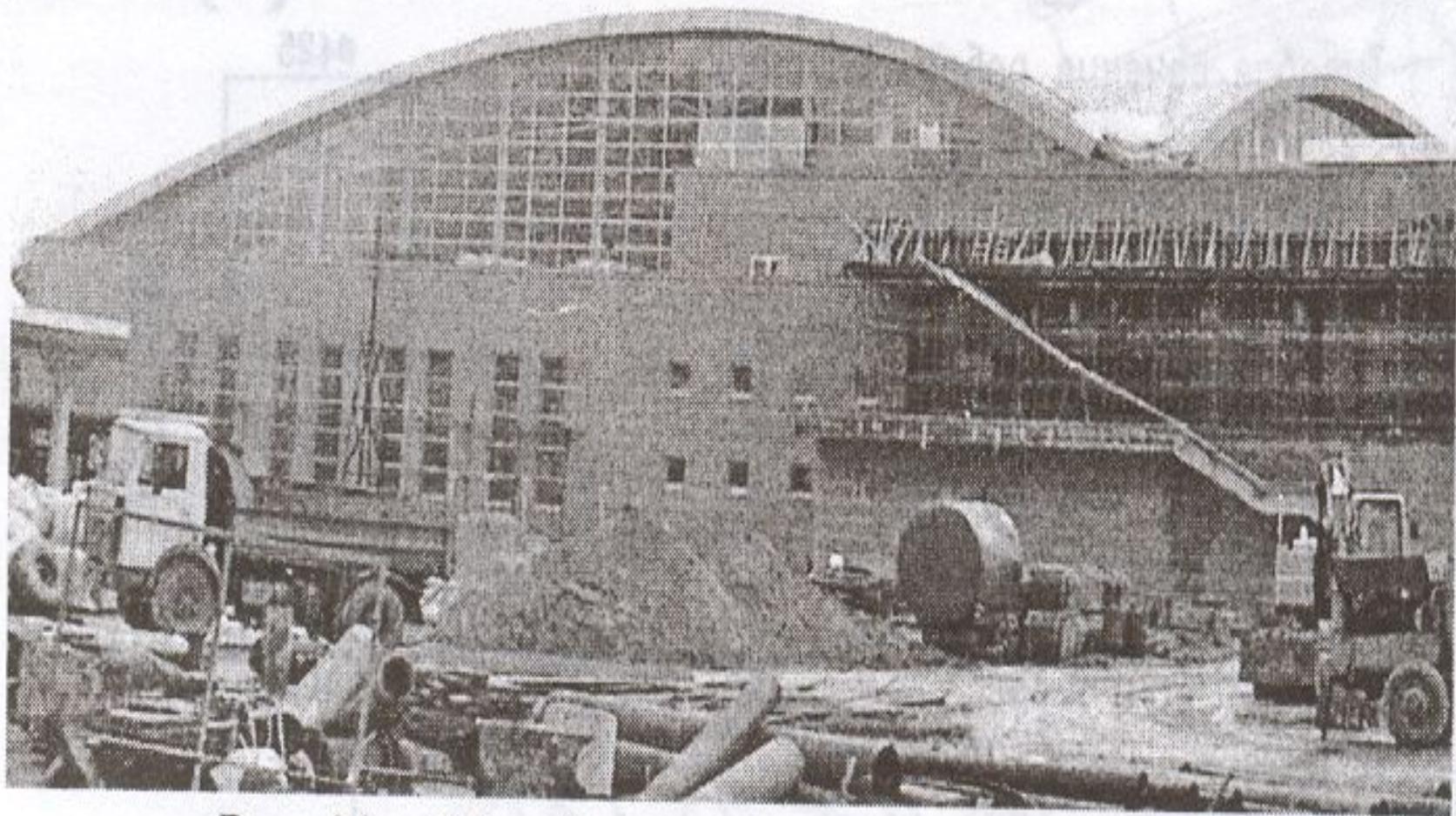


Б-Б



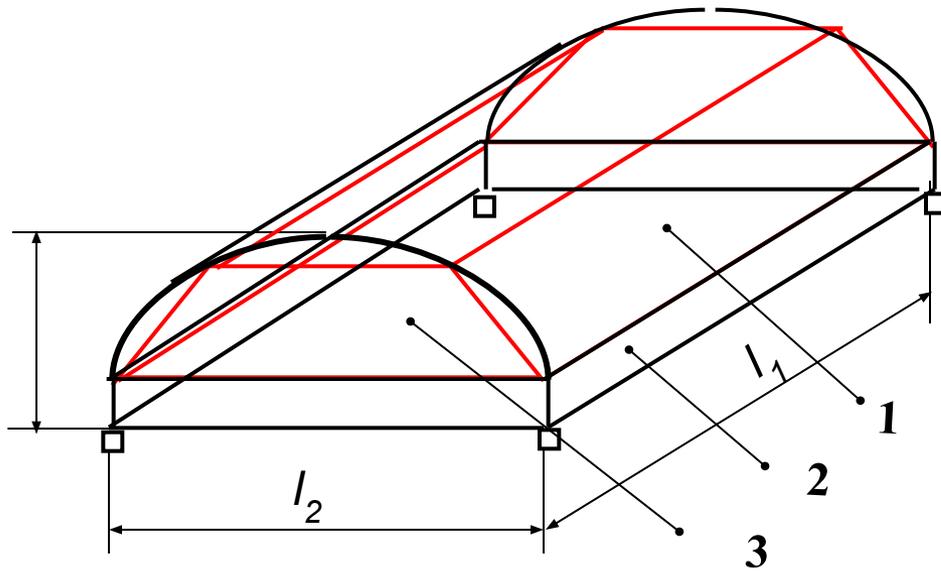


Page 20 A

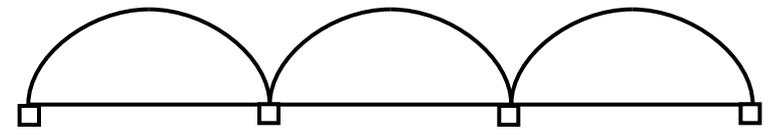


D 00 05

Цилиндрические оболочки



Многоволновая



Различают длинные и короткие цилиндрические и призматические оболочки.

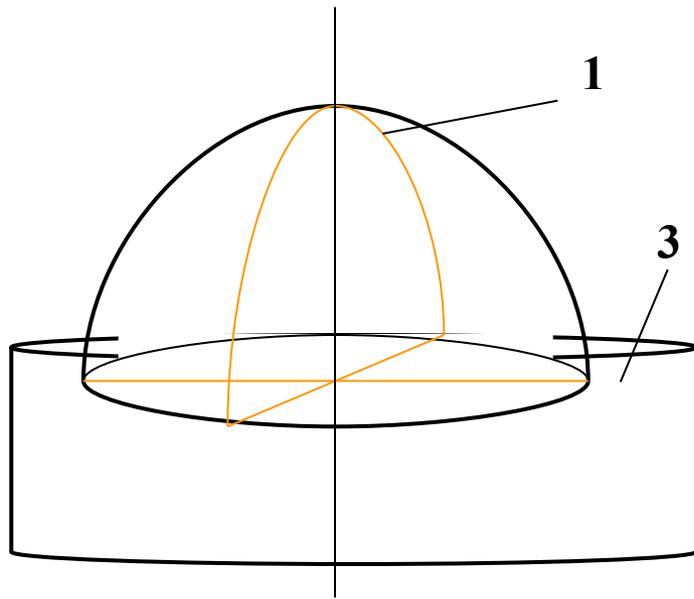
Если отношение l_1/l_2 , больше 1 оболочка рассматривается как длинная, если меньше или равно 1, то как короткая.

Если в криволинейную поверхность вписать многогранную призму, то оболочка является призматической.

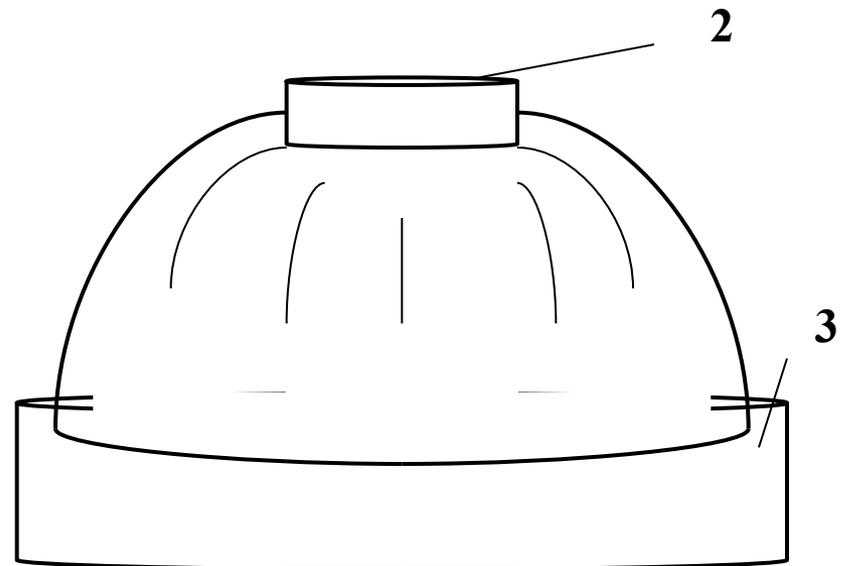
Обозначения: 1-оболочка (скорлупа), 2 – бортовой элемент, 3 - диафрагма.

Оболочки вращения /купола/

Купол с одним нижним опорным кольцом



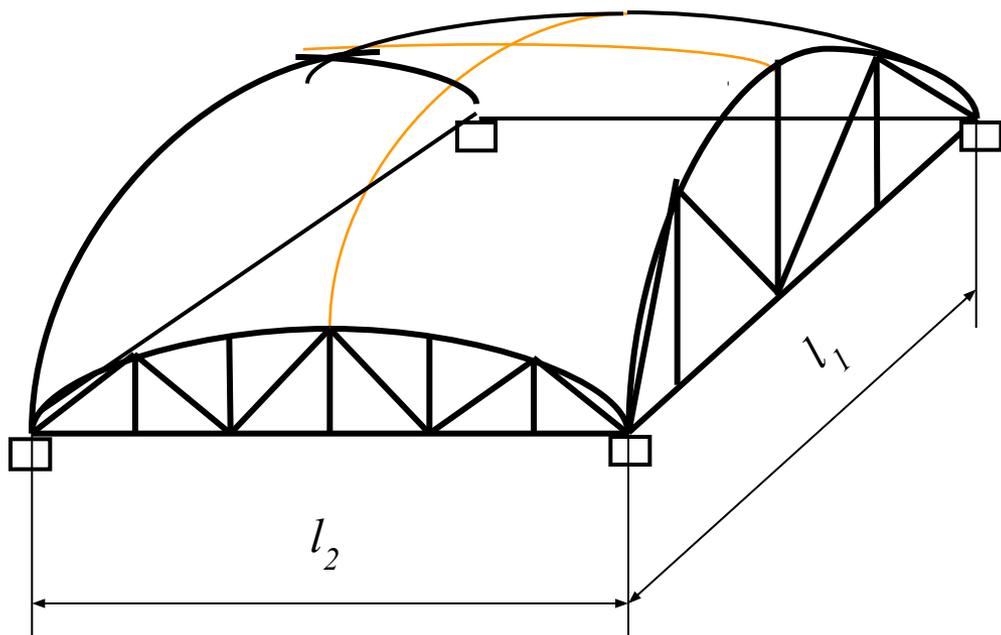
Купол с двумя опорными кольцами



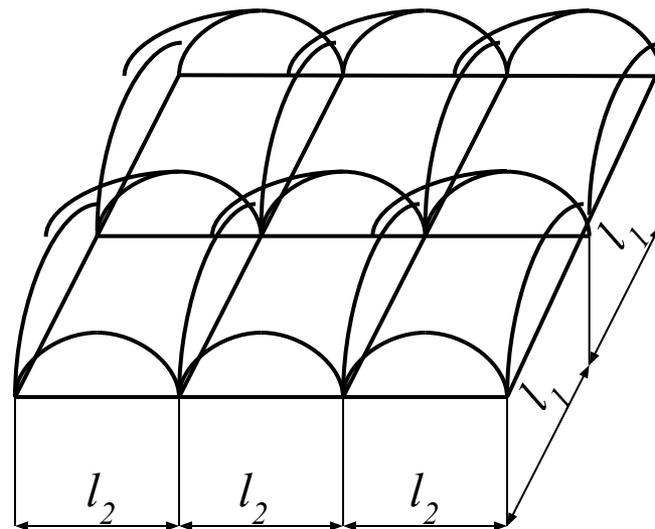
- 1- оболочка,
- 2- верхнее опорное кольцо,
- 3 – нижнее опорное кольцо.

Оболочки положительной двойкой гауссовой кривизны

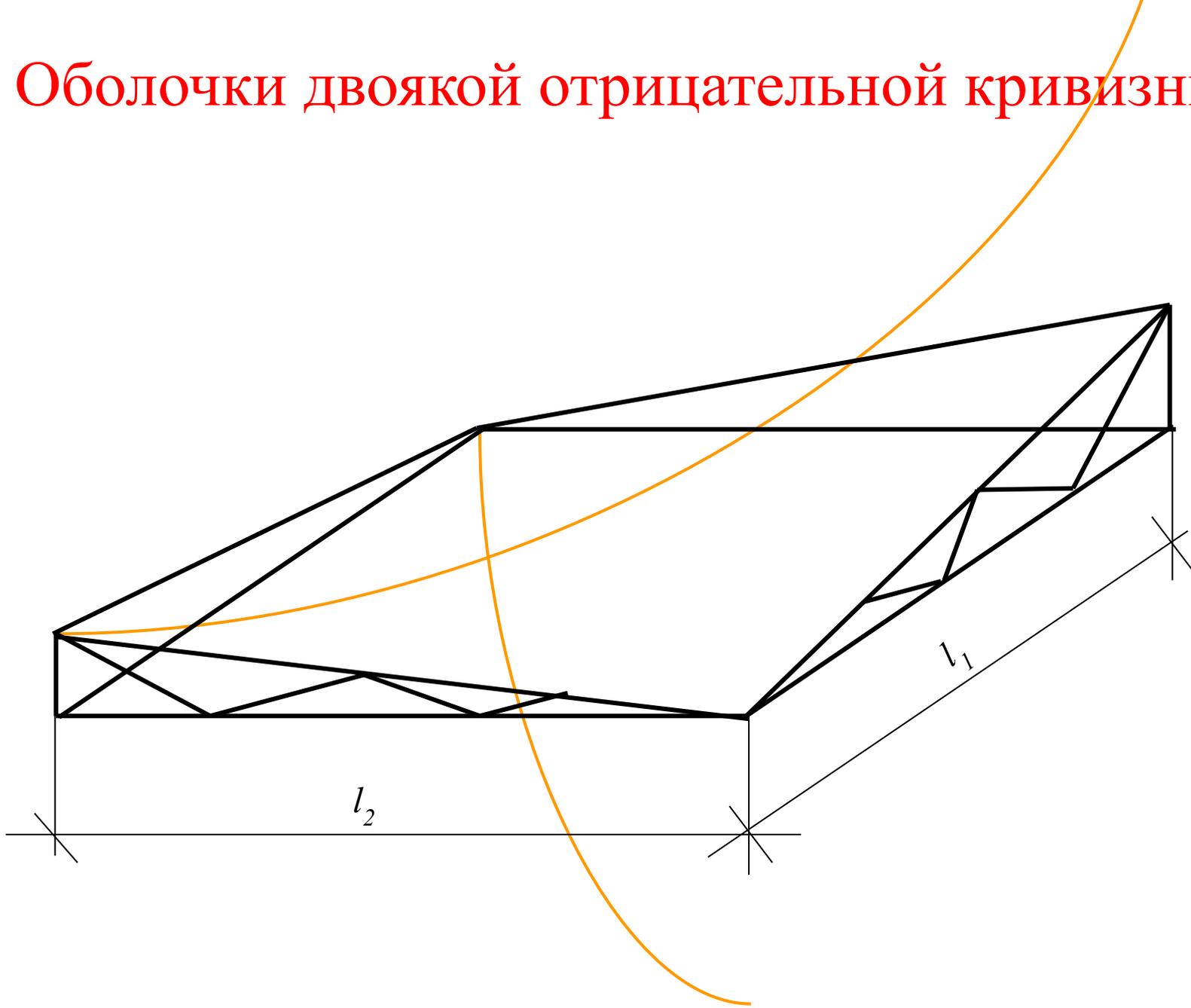
Отдельно-стоящая оболочка



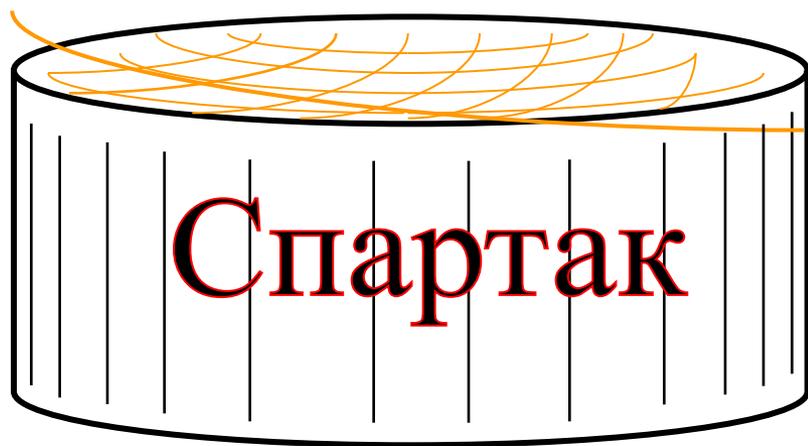
Многоволновая оболочка



Оболочки двойкой отрицательной кривизны

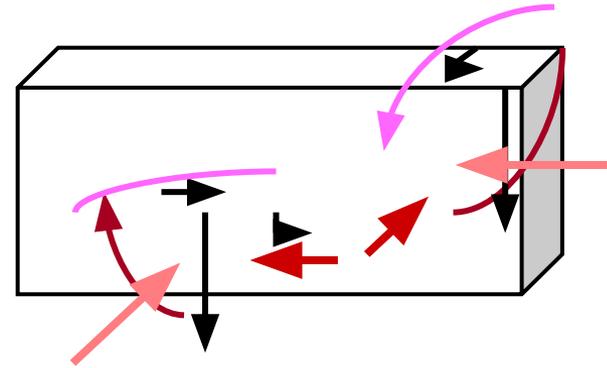
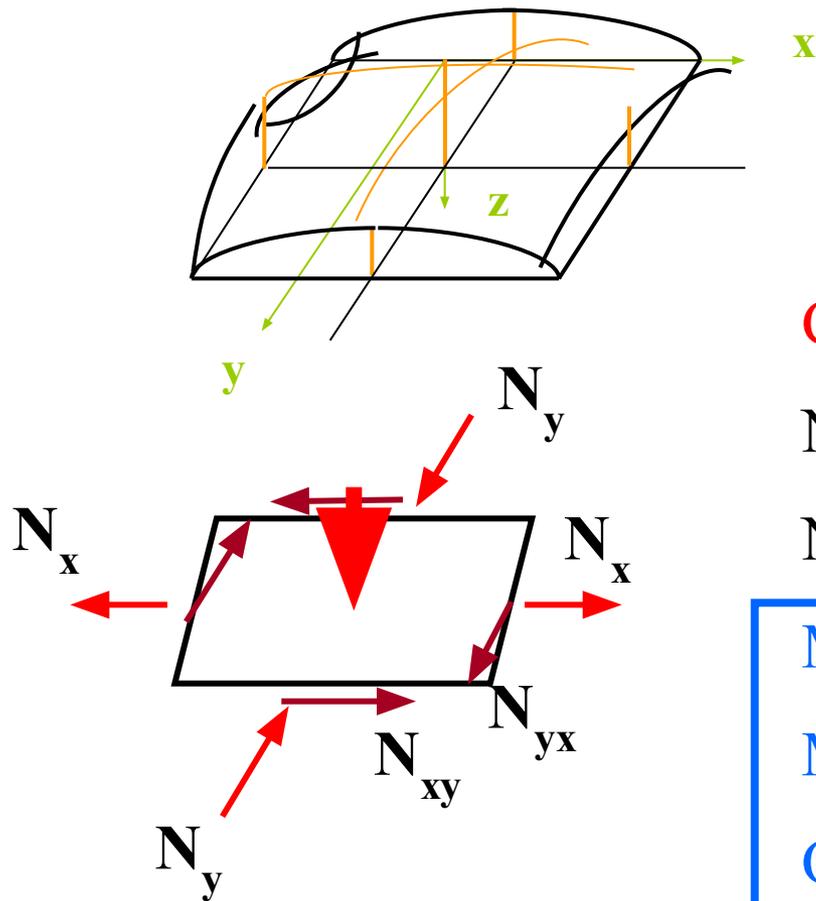


Висячие покрытия однознаковой и
двузнаковой кривизны.



3:0

Особенности напряженно-деформированного состояния оболочек.



Состав, действующих усилий

N_{xy} , N_{yx} – касательные усилия,

N_x , N_y – нормальные силы,

M_x , M_y – изгибающие моменты,

M_{xy} , M_{yx} – крутящие моменты,

Q_x , Q_y – поперечные силы.

В общем случае в единичном (элементарном) участке действует 10 видов усилий- полное напряженное состояние.

Однако тонкостенные оболочки имеют малую жесткость на изгиб по сравнению с жесткостью против действия сил, развивающихся в срединной поверхности.

Поэтому в большинстве оболочек на большей части поверхности возникает безмоментное напряженное состояние, а полное напряженное состояние возникает в местах примыкания оболочки к контурным элементам, скачков нагрузки или изменения сечения.

Поэтому оболочки обычно рассчитываются на действие сил N_x , N_y , N_{xy} , N_{yx} – безмоментное состояние, а приопорные зоны проверяются на действие моментов (расчет на краевой эффект).

Уравнения безмоментной теории.

Проекции всех действующих внешних сил и внутренних усилий на оси X, Y, Z должны равняться нулю.

$$\Sigma(N, Q)_x = 0,$$

$$\Sigma(N, Q)_y = 0,$$

$$\Sigma(N, Q)_z = 0.$$

Уравнение равновесия, выраженное в частных производных

$$k_x \frac{d^2 \varphi}{dy^2} + k_y \frac{d^2 \varphi}{dx^2} - 2k_{xy} \frac{d^2 \varphi}{dxdy} = -q$$

Функция напряжений

$$k_x N_x + k_y N_y + k_{xy} N_{xy} = -q$$

$$k_x \frac{d^2 \varphi}{dy^2} = N_x$$

$$k_y \frac{d^2 \varphi}{dx^2} = N_y$$

$$k_{xy} \frac{d^2 \varphi}{dx dy} = -N_{xy}$$

Кривизны поверхности в направлении осей $O_x - k_x$,
 $O_y - k_y$ и кривизна кручения k_{xy}
В зонах местного изгиба полное напряженное состояние описывается уравнением

$$-D \left(\frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 z}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 z}{\partial y^4} \right) + k_x \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} - 2k_{xy} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial x} + k_y \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = -q$$

$$D = -\frac{EJ}{1-\nu^2}$$

$$D = -\frac{Eh^2}{12}$$

$$\nu = \frac{\varepsilon_{noner}}{\varepsilon_{прод}} \cong 0,15$$

