

# ЛЕКЦИЯ 12

## Пространственные деревянные конструкции

### основные формы, области применения и основные расчёты.

К пространственным деревянным конструкциям или, как их часто принято называть, к покрытиям-оболочкам относят покрытия с изогнутой поверхностью, в которых все составляющие элементы работают совместно как единое целое. Оболочки благодаря такой поверхности менее материалоемки, чем плоские конструкции и являются совмещённым видом покрытия, т.к. способны выполнять одновременно несущую и ограждающую функции.

К основным конструктивным типам пространственных деревянных конструкций относятся:

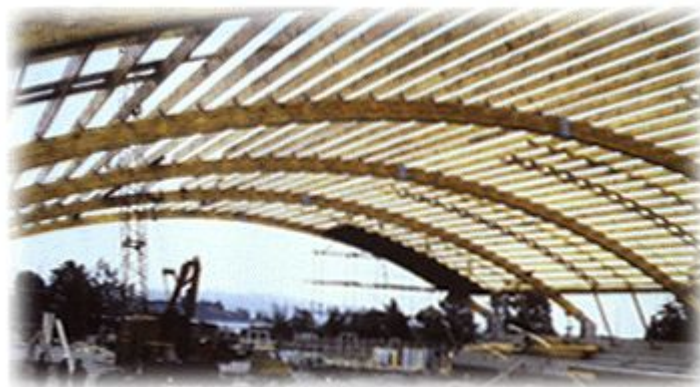
- распорные своды при прямоугольном плане и опирании на продольные стены;
- складки и своды оболочки, опёртые в основном только на поперечные торцевые стены, а также оболочки двойкой положительной или отрицательной кривизны;
- купола, опёртые по контуру круглого или многоугольного здания

Указанные типы деревянных конструкций могут быть выполнены в виде:

- тонкостенных оболочек;



- ребристых складок и оболочек



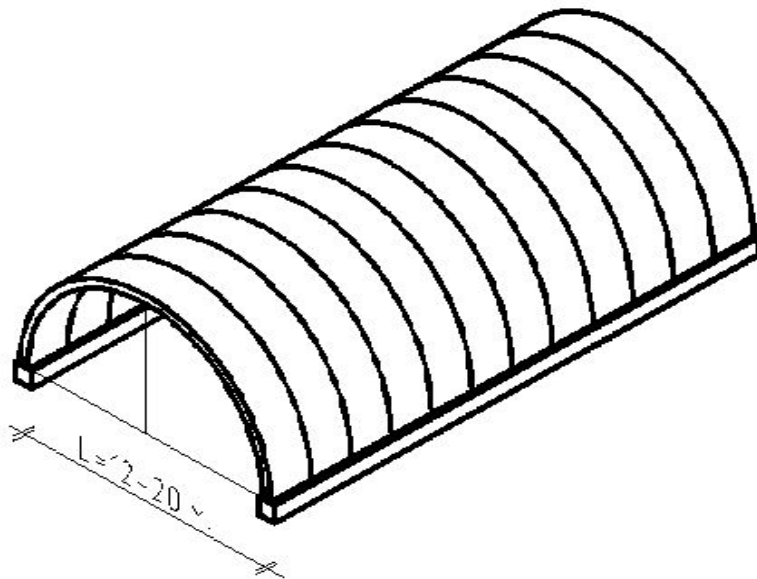
- сетчатых систем.



Применение перечисленных пространственных деревянных конструкций целесообразно в следующих случаях:

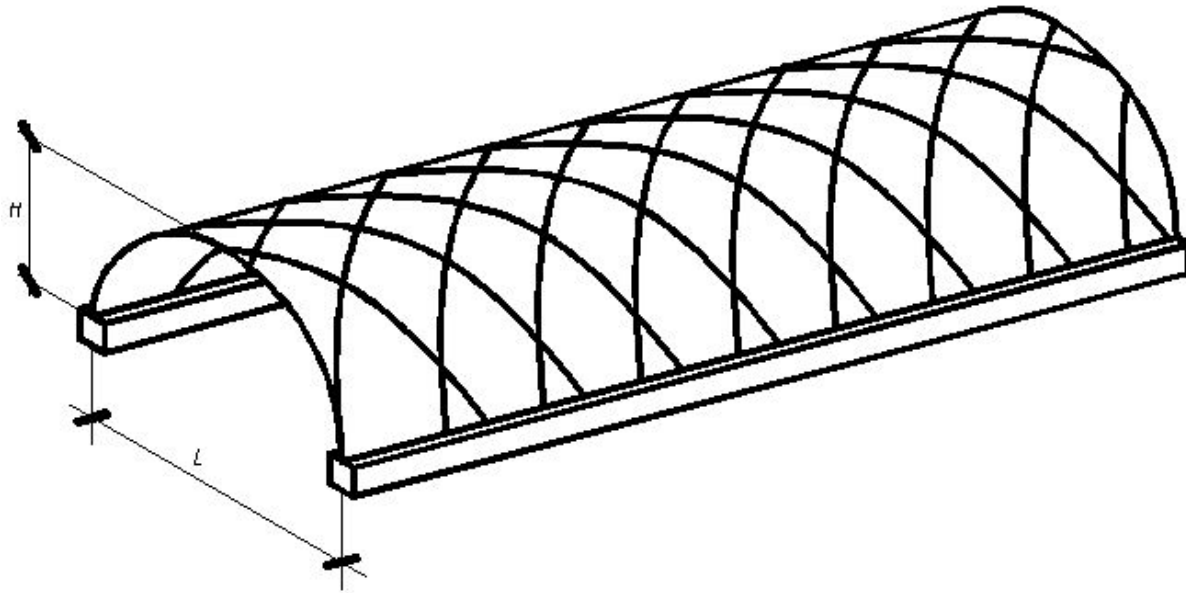
- когда необходимо использовать внутренний габарит при малой строительной высоте конструкций (область применения сводов-оболочек и куполов);
- если в продольных стенах необходимы большие проёмы для ворот (например в ангарах) и опирание должно осуществляться на торцевые стены (это область применения сводов-оболочек и складок);
- в покрытиях над круглыми, овальными, квадратными и многоугольными помещениями в плане (область применения куполов).

Основные типы пространственных деревянных конструкций:



- *тонкостенный клефанерный свод* стрельчатого или круглого очертания с затяжкой или с передачей распора непосредственно опорам

*кружально-сетчатый свод* кругового или стрельчатого очертания с затяжкой или с передачей распора на стены



$$\frac{f}{l} \geq \frac{1}{7} \text{ — для сводов}$$

$$\frac{f}{l} \geq \frac{1}{4} \text{ — для стрельчатых}$$

Состоят они из косяков (цельных или клеефанерных). Пролёт сводов из цельных косяков  $l = 12-20$  м, из клеефанерных  $l = 20-100$  м.

Основные узлы сетки образуются из трёх косяков, один из которых является сквозным и проходит через узел не прерываясь, а два других набегающих косяка примыкают к сквозному.

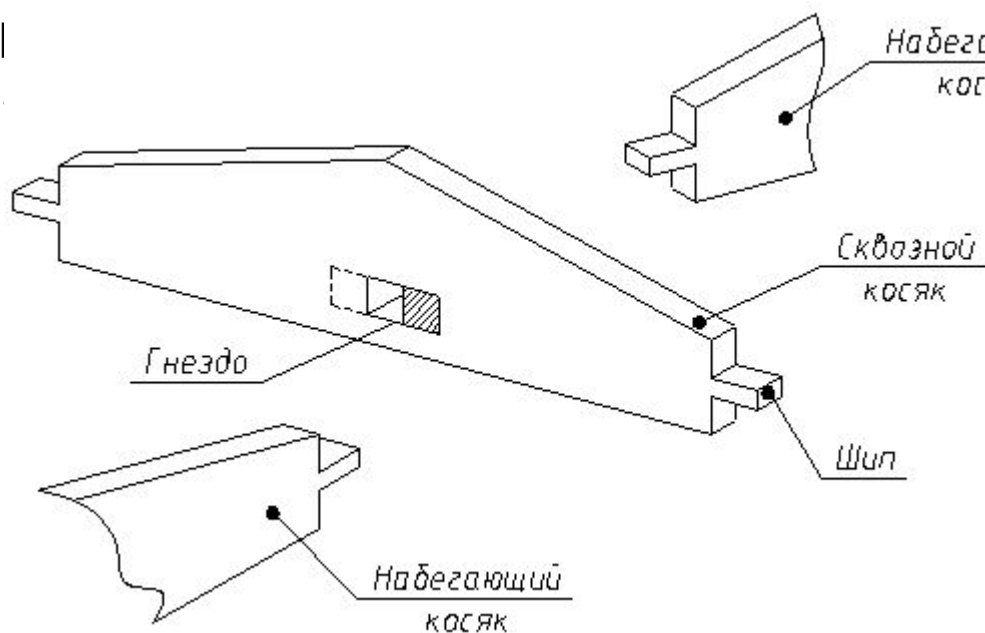
В зависимости от конструкции косяков и их соединения между собой различают:

- безметалльные кружально-сетчатые своды системы архитектора С.И. Песельника;
- кружально-сетчатые своды с узлами на болтах системы Цолльбау;
- своды из составных клеефанерных косяков.

Свод системы Песельника изготавливается из косяков цельного сечения, имеющие на концах шипы, а по середине сквозное гнездо.

Соединение косяков выполняется на врубке. В каждом узле сетки сопрягаются три косяка, из которых два набегающих входят с двух сторон своими шипами в гнездо сквозного косяка. Верхняя кромка косяка может быть

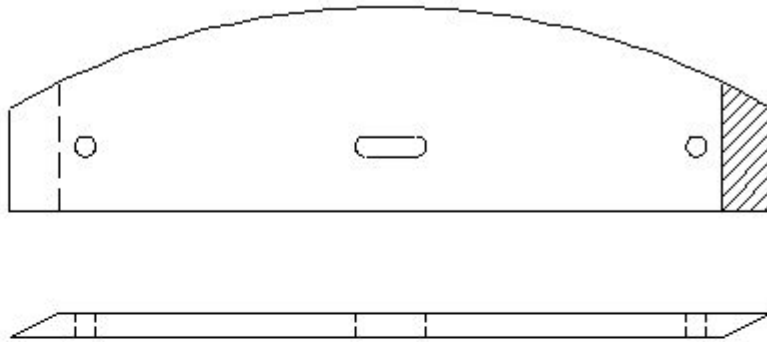
К|  
1



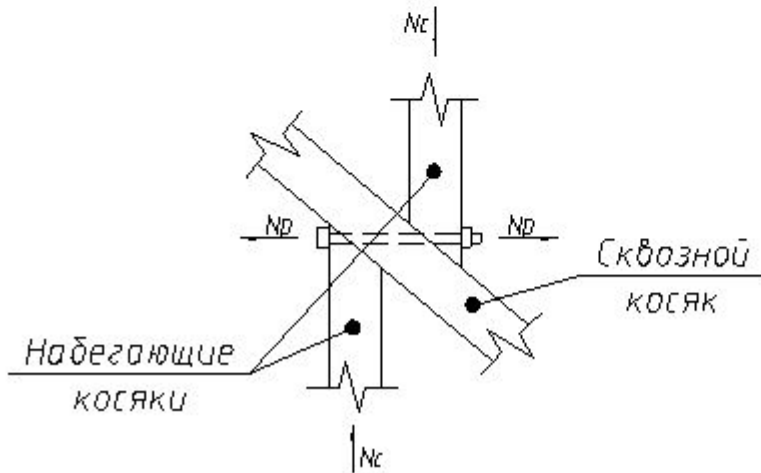
В безметалльном кружально-сетчатом своде, шаг сетки свода  $s = 0.8$  м. принимается сетка как прямоугольная, так и косоугольная с углом  $\varphi = 45^\circ$ .

Узловое соединение может быть нецентрированное, когда оси набегающих косяков не совпадают и центрированное, когда оси совпадают.

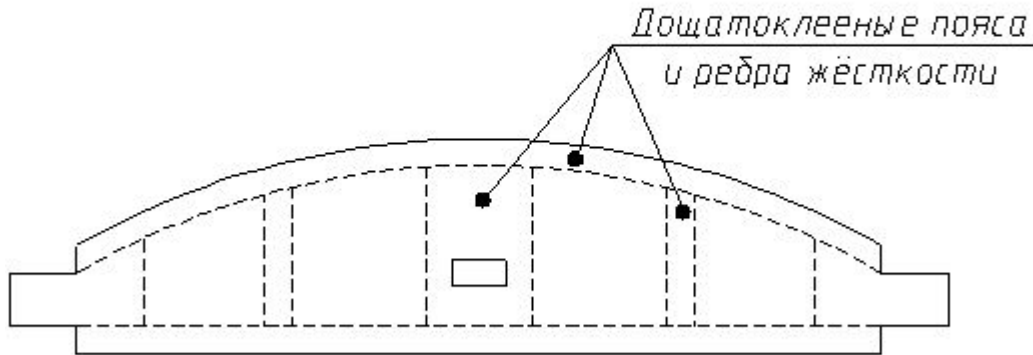
Кружально-сетчатые своды с узлами на болтах (системы Цолльбау) имеют косяки с круглыми отверстиями на концах (под болты) и овальными отверстиями по середине косяка



В узлах соединения косяков набегающие косяки путём натяжения болта плотно прижимаем к косяку.



Своды из клеефанерных косяков могут выполняться в безметальном и металльном вариантах. В первом случае косяки соединяются в узлах на врубках подобно тому, как это делается в



Косяки имеют коробчатую форму сечения

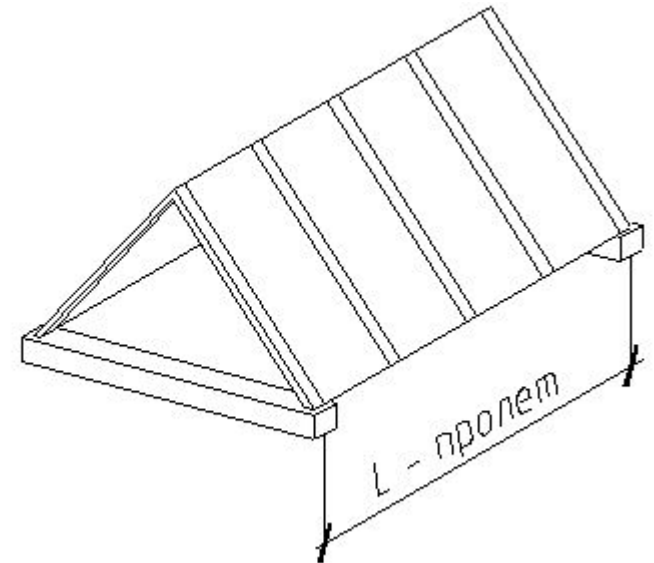
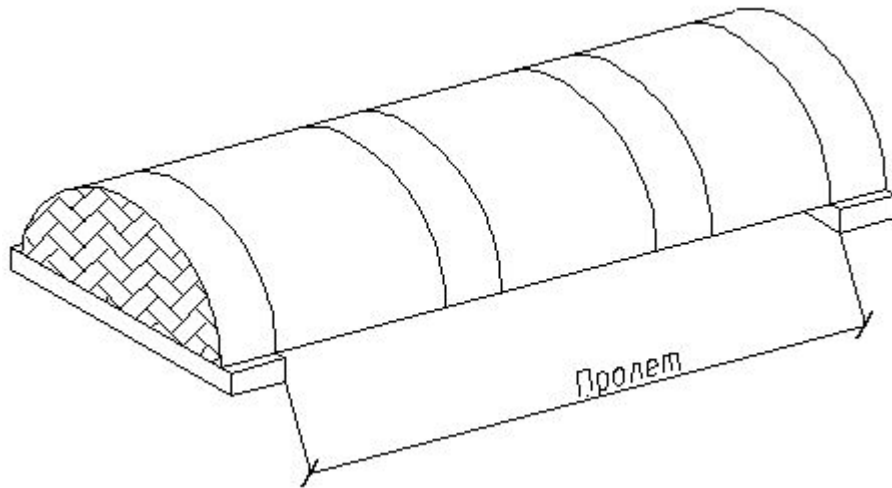
Конструкция и расчёт составных косяков аналогичны конструкции и расчёту клеефанерных балок.

Все рассматриваемые до сих пор соединения косяков сетки кружально-сетчатых сводов являлись шарнирными. Изгибающий момент в узлах сеток воспринимается только сквозными косяками.

В металльном варианте свода из клеефанерных косяков устраивают бесшарнирное соединение косяков, когда изгибающий момент в узле воспринимается не только сквозным, но и набегающим косяками. Это достигается путём соединения набегающих косяков по верхним и нижним граням с помощью вклеенных металлических стержней.

## Своды-оболочки и складки.

Традиционный свод оболочка представляет собой покрытие цилиндрической формы, опёртое на торцевые стены.



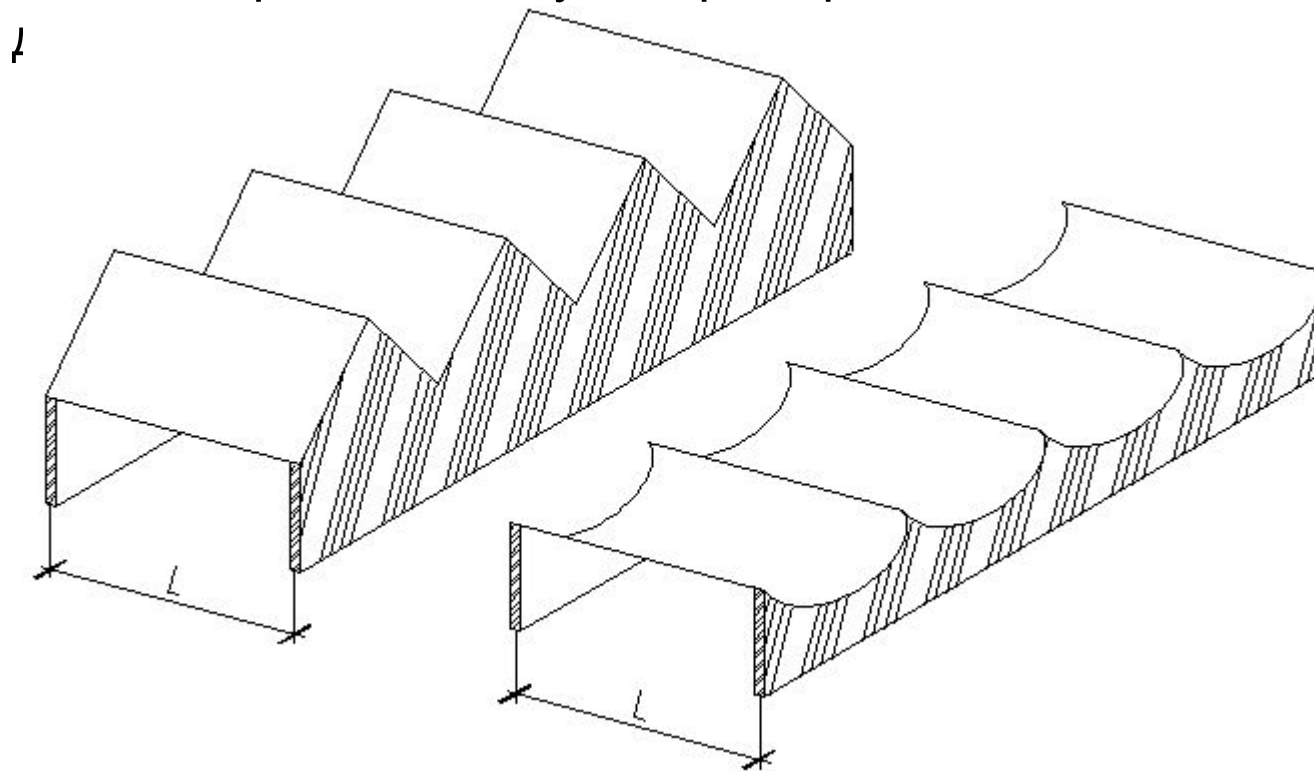
В сводах-оболочках отсутствует распор, свойственный сводам, опёртым по продольным сторонам, поэтому нет необходимости устраивать в них затяжки или контрфорсы.

По статической схеме и характеру работы к сводам-оболочкам близки призматические складки, поверхность которых образована наклонными плоскими гранями.

Своды-оболочки и складки выполняют в однорядовом и многорядном вариантах.



Многорядовые складки и оболочки. Могут быть двух видов: тонкостенные и ребристые. В первом случае сечение покрытия может быть сплошным (склеенные между собой дощатые настилы) или каркасным (к каркасу из брусьев высотой до 15 см на гвоздях и клею с одной стороны или двух сторон крепятся обшивки из фанеры,



Жёсткие рёбра располагают в поперечном направлении с шагом 2-6 м, а по ним укладывают продольный настил (для восприятия продольных усилий) и два косых настила под углом друг к другу (для восприятия сдвигающих усилий), иногда по рёбрам вместо настилов укладывают листы фанеры, обеспечивающие восприятие продольных и сдвигающих усилий.



В зарубежной практике нашли применение деревянные тонкостенные своды-оболочки: двоякой положительной и отрицательной кривизны, воронкообразные, бочарные оболочки и оболочки в виде гиперболических параболоидов

Примером оригинальной формы тонкостенной оболочки двоякой кривизны (гипар) 46.5 м служит покрытие зала собраний строительного колледжа в Бирме. Оболочка состоит из пяти слоёв досок толщиной 25 и 16 мм. Общая толщина 90 мм. Оболочку поддерживают две металлические рамы, все доски между собой склеены.

Покрытие типа гипар. Гипар – это покрытие, выполняемое чаще всего из трёх рядов досок, склеенных между собой или соединённых гвоздями. Оболочка опирается на опоры, расположенные под понижающим углом.

Оболочки двоякой кривизны являются оболочками покроечного изготовления. Возводят их с помощью сплошных лесов или подмостей, по которым укладывают кружала и с которых ведут сборку отдельных слоёв оболочки. Покрытие типа гипар может выполняться и в сборном варианте из прямоугольных панелей, склеенных из трёх слоёв досок.

## Купола.

В зависимости от конструктивного решения купола могут быть тонкостенными, ребристыми и сетчатыми. Для пролётов от 12 до 35 м применяют тонкостенные сетчатые купола. При пролётах от 35 до 120 м и более в целях увеличения жёсткости применяют ребристые купола-оболочки.

Ребристые купола могут быть многогранными, сферическими или



Складчатый купол



Сферический купол

## Многогранный купол



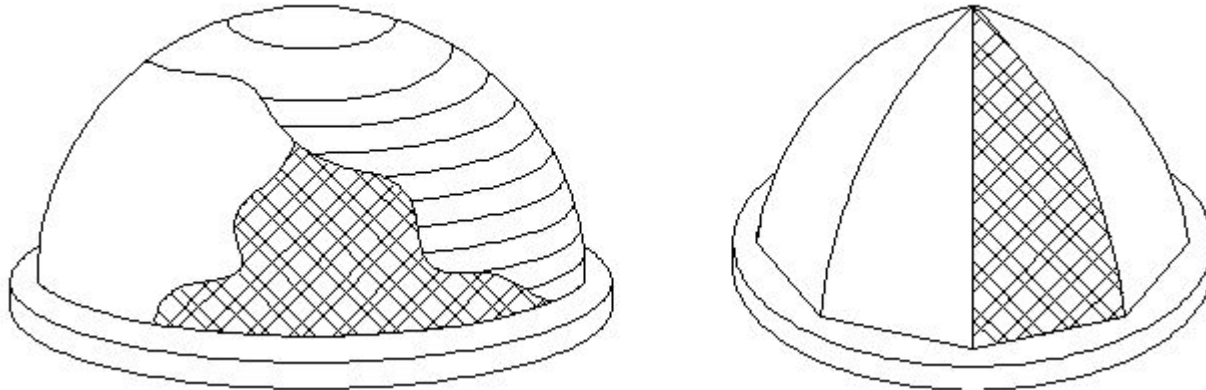
Состоят ребристые купола из рёбер в меридиональном направлении. Рёбра опираются на нижние и верхние опорные кольца. Шаг рёбер 3-6 м по нижнему поясу. В ребристых куполах по аркам идут прогоны, по прогонам укладываются в два слоя настил из досок – продольный и косой под углом  $45^\circ$  к прогонам.

Нижнее опорное кольцо работает на растяжение и выполняется железобетонным. Верхнее кольцо работает на сжатие и может быть деревянным. Соединения полуарок с кольцами рекомендуется выполнять шарнирным. В расчёте арок жёсткость прогонов и настила не учитывается.

Расчёт ребристого купола ведётся путём расчленения на арки с соответствующей грузовой площадью. В остальном порядок расчёта полностью совпадает с расчётом клееных трёхшарнирных арок.

Пространственная неизменяемость и устойчивость плоской формы изгиба рёбер обеспечивается установкой связей (горизонтальных и вертикальных).

Кружально-сетчатые купола могут быть сферическими или из сомкнутых сводов

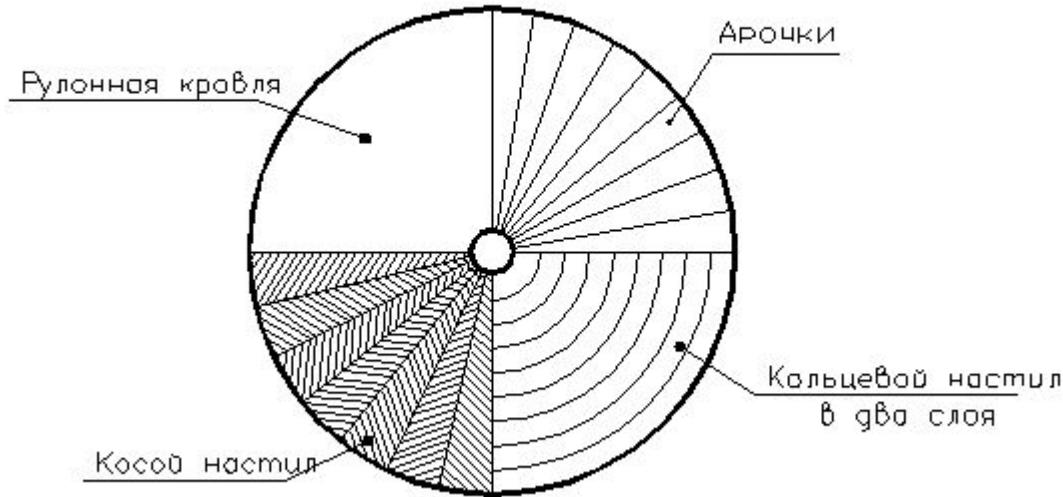


Сетка может быть ромбической и прямоугольной, узлы решены на врубках или болтах. При числе граней 6 и менее сектор купола рассчитывается по аналогии с сетчатым сводом, а при числе граней более 6 – по приближённой безмоментной теории сферических куполов-оболочек.

Представляет интерес конструкция сомкнутого свода, разработанная в США для пролёта 257 м (самый крупный в мире из перекрываемых пролётов). Проект этого свода предусматривает использование его для покрытия стадионов в четырёх городах США.

Гурты (рёбра на стыках граней свода) клееные переменного коробчатого сечения. Максимальная высота сечения 334 см.

Тонкостенные купола-оболочки. Их основной особенностью являются меридиональные арочки, кольцевой и косой настилы, верхнее кружальное и нижнее опорное кольца.



Расстояние между осями арок по опорному кольцу назначается от 0.8 до 1.5 м. Высота арок  $h$  для придания куполу достаточной жёсткости должна составлять не менее  $1/250$  его пролёта. На арочки гвоздями прибивают оба слоя кольцевого настила, а затем косой настил в «ёлочку» под углом  $\sim 45^\circ$ .

Расчёт куполов-оболочек с достаточной точностью ведётся по безмоментной теории оболочек