

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК- ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ
“ҚУРИЛИШ” ФАКУЛТЕТИ**

“БИНО ВА ИНШООТЛАР ҚУРИЛИШИ” КАФЕДРАСИ

ДИПЛОМ ЛОЙИҲА ИШИ

ТУШУНТИРУВ ЁЗУВИ

Тема: Изучение и анализ цилиндрических, эллиптических и гиперболических оболочек конструкций кровли сооружений

Битирувчи:

Сиддикова Фериде

Диплом лойиҳа иши раҳбари:

Ш.Ҳақимов

Наманган

Введение

В настоящее время в мировой практике строительства большое внимание уделяется вопросам использования пространственных конструкций, энергосберегающих технологий, а также обеспечения сейсмической безопасности зданий и сооружений. Учитывая климатические, геофизические и социально-экономические особенности Республики Узбекистан, решение этих задач приобретает особо важное значение.

Для обеспечения сейсмостойкости пространственных конструкций из древесины и пластмасс необходимо совершенствовать методы их расчета на все виды воздействий, включая сейсмические, основываясь на определении и оценке фактического напряженно-деформированного состояния строительных конструкций в реальных условиях эксплуатации. Решение этих задач предполагает проведение специальных научных исследований и обосновывает актуальность темы дипломного проекта.

Поиски архитектурных форм большой выразительности и универсальности, образуемых на основе многократно повторяющихся элементов, привели к созданию пространственных систем, возможности практического использования которых далеко не исчерпаны, и в отношении которых наблюдается процесс постоянного их совершенствования, как с конструктивной точки зрения, так и с позиций разработки методов их расчета. Пространственные конструкции из прямолинейных или криволинейных стержней сочетают в себе легкость с высокой несущей способностью, что обеспечивает их широкое применение при конструировании сетчатых покрытий из металла, дерева и пластмасс.

Благодаря своей архитектурной выразительности, технологичности возведения и удобству эксплуатации в практике отечественного и зарубежного строительства большое распространение находят деревянные кружально-сетчатые своды Цольбау.

Большой вклад в теорию стержневых оболочечных конструкций внесли отечественные ученые: А.В. Александров, Р.О. Бакиров, А.С. Вольмир, В. И. Колчунов, Д.А. Кочетков, Б.А. Освенский, И.Г. Попов, Г.И. Пшеничнов, В.И. Савельев, В.И. Трофимов.

Актуальность темы. Современное развитие строительной науки и техники ведет к совершенствованию существующих и созданию новых пространственных стержневых строительных конструкций. Индустриальность, малая монтажная масса, экономическая эффективность и эстетичный вид конструкций становятся главными критериями их выбора для строительства, что особенно актуально для строительных конструкций из древесины, которая является возобновляемым экологическим ресурсом.

При проектировании деревянных кружально-сетчатых сводов для определения геометрических параметров конструктивных элементов пользуются формулами согласно приближенной методике, которая в настоящее время не отвечает возможностям их заводского изготовления. Поэтому возникает необходимость в уточнении расчетных методов и

автоматизации определения геометрических размеров конструктивных элементов кружально-сетчатых сводов с узловыми соединениями на болтах. Несмотря на вековой опыт строительства кружально-сетчатых сводов, для них остается нерешенным ряд вопросов, связанных с разгружающим влиянием трения в узлах.

Совершенно неизученными остаются проблемы податливости узла кружально-сетчатого свода Цольбау, что в целом и обуславливает актуальность проведения теоретических и экспериментальных исследований.

Целью данного дипломного проекта является изучение и анализ цилиндрических, эллиптических и гиперболических оболочек конструкций кровли сооружений.

Выводы, предложения и рекомендации

1. 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.
2. 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).
3. Пространственные деревянные конструкции используются для покрытий различных промышленных, общественных и сельскохозяйственных зданий: спортивных залов, зерноскладов, выставочных павильонов, театральных и концертных залов, крытых рынков и т.п.
4. Длительная эксплуатация пространственных конструкций как у нас в стране, так и за рубежом свидетельствует о их надёжности и долговечности. Построенные в нашей стране свыше 35 лет назад деревянные своды и купола продолжают эксплуатироваться и находятся в хорошем состоянии. За рубежом пространственные деревянные конструкции всё шире применяют для перекрытия уникальных по размерам пролётов.
5. Существует два основных вида распорных сводов: *тонкостенный клефанерный свод* стрельчатого или круглого очертания с затяжкой или с передачей распора непосредственно опорам.

6. Кружально-сетчатые своды являются наиболее распространёнными пространственными конструкциями. Состоят они из косяков (цельных или клеёфанерных). Пролёт сводов из цельных косяков $l = 12-20$ м, из клеёфанерных $l = 20-100$ м.
7. 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 клеёфанерных косяков.
8. В безметалльном кружально-сетчатом своде принимается сетка как прямоугольная, так и косоугольная с углом $\varphi = 45^\circ$.
9. В металльном варианте свода из клеёфанерных косяков устраивают бесшарнирное соединение косяков, когда изгибающий момент в узле воспринимается не только сквозным, но и набегающим косяками.
10. Если угол между образующей свода и сквозным косяком – α , то изгибающий момент, воспринимаемый косяком при шарнирном соединении косяков, когда момент воспринимается только одним сквозным косяком, будет:

$$M_k = \frac{M_a}{\sin \alpha};$$

для косяков сводов с бесшарнирными узлами:

$$M_k = \frac{M_a}{2 \cdot \sin \alpha};$$

сжимающее усилие аналогично по формуле:

$$N_k = \frac{N_a}{2 \cdot \sin \alpha};$$

11. Проверку прочности косяка производят как сжато-изогнутого элемента по формуле:

$$\frac{N_k}{F_a} + \frac{M_k \alpha}{K_\phi W_a} \leq \sigma_{\text{рас}};$$

где: K_ϕ – коэффициент фронтонов, увеличивающий жёсткость покрытия, берётся по таблице учебника Г.Г. Карлсена «Конструкции из дерева и пластмасс».

12. В сводах-оболочках отсутствует распор, свойственный сводам, опёртым по продольным сторонам, поэтому нет необходимости устраивать в них затяжки или контрфорсы.
13. По статической схеме и характеру работы к сводам-оболочкам близки призматические складки, поверхность которых образована наклонными плоскими гранями.

14. Расчёт свода оболочки или призматической складки при соотношении пролёта l_1 к длине волны l_2 :

$$\frac{l_1}{l_2} \geq 3.$$

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

16. 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.

17. Расчёт куполов-оболочек с достаточной точностью ведётся по безмоментной теории оболочек. При расчёте принимается, что меридианные элементы и рёбра куполов воспринимают меридианальные усилия T_1 , кольцевые настилы – кольцевые усилия T_2 , а косые настилы – сдвигающие усилия S .

18. Изучение и анализ цилиндрических, эллиптических и гиперболических оболочек конструкций кровли сооружений показали, что они относятся к покрытиям с изогнутой поверхностью, в которых все составляющие элементы работают совместно как единое целое.

Изучение и анализ цилиндрических, эллиптических и гиперболических оболочек конструкций кровли сооружений

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. Они могут иметь многообразные формы различного функционального назначения.

К основным конструктивным типам пространственных деревянных конструкций относятся:

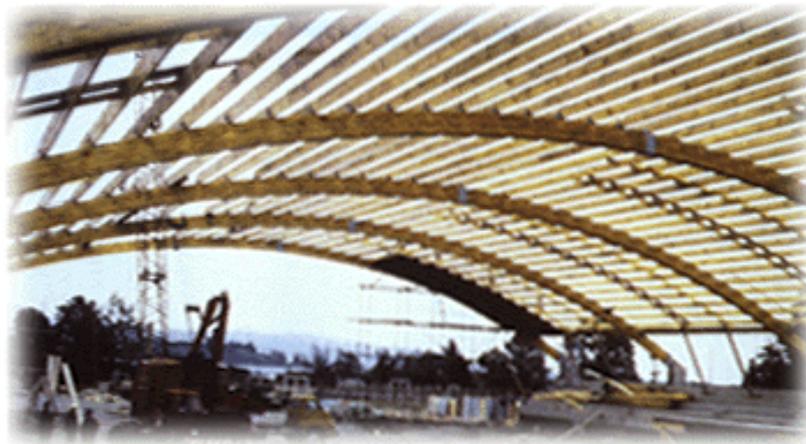
- распорные своды при прямоугольном плане и опирании на продольные стены;
- складки и своды оболочки, опёртые в основном только на поперечные торцевые стены, а также оболочки двоякой положительной или отрицательной кривизны;
- купола, опёртые по контуру круглого или многоугольного здания

Указанные типы деревянных конструкций могут быть выполнены в виде:

- тонкостенных оболочек;



- ребристых складок и оболочек, в которых для увеличения жёсткости тонкостенные элементы усилены рёбрами



- 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).

Пространственные деревянные конструкции используются для покрытий различных промышленных, общественных и сельскохозяйственных зданий: спортивных залов, зерноскладов, выставочных павильонов, театральных и концертных залов, крытых рынков и т.п.

Строительная индустрия в мире обладает приоритетом в области пространственных деревянных конструкций, у нас разработаны многие их современные виды.

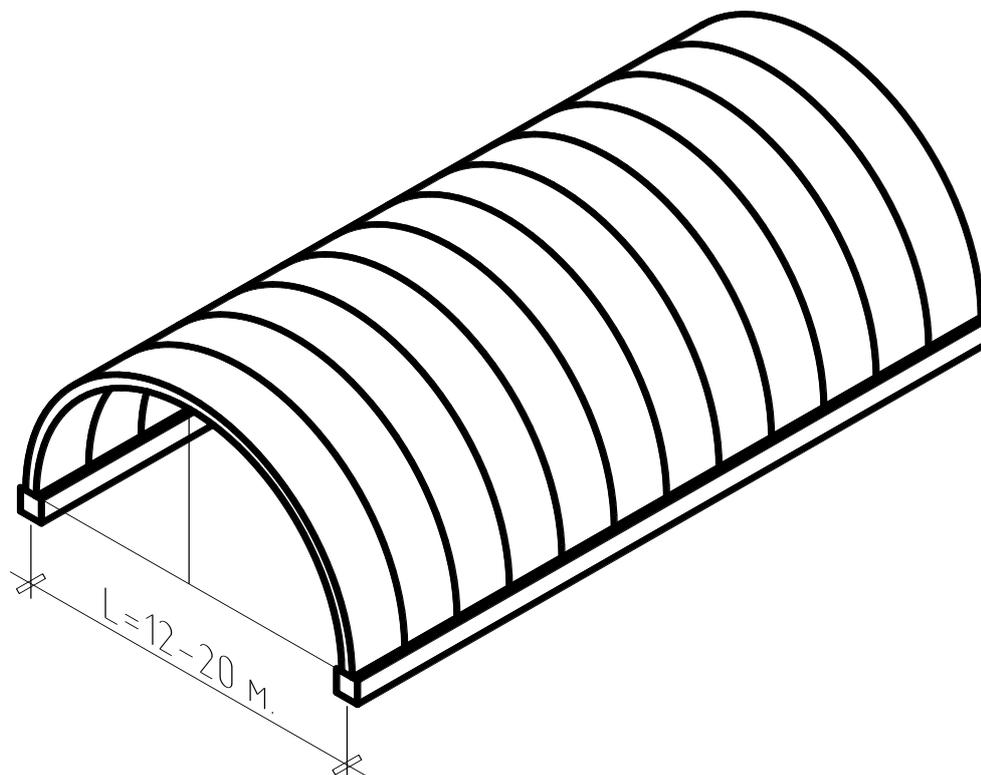
Длительная эксплуатация пространственных конструкций как у нас в стране, так и за рубежом свидетельствует о их надёжности и долговечности. Построенные в нашей стране свыше 35 лет назад деревянные своды и купола продолжают эксплуатироваться и находятся в хорошем состоянии. За рубежом пространственные деревянные конструкции всё шире применяют для перекрытия уникальных по размерам пролётов.

Рассмотрим основные типы пространственных деревянных конструкций, придерживаясь их классификации.

Распорные своды оболочки

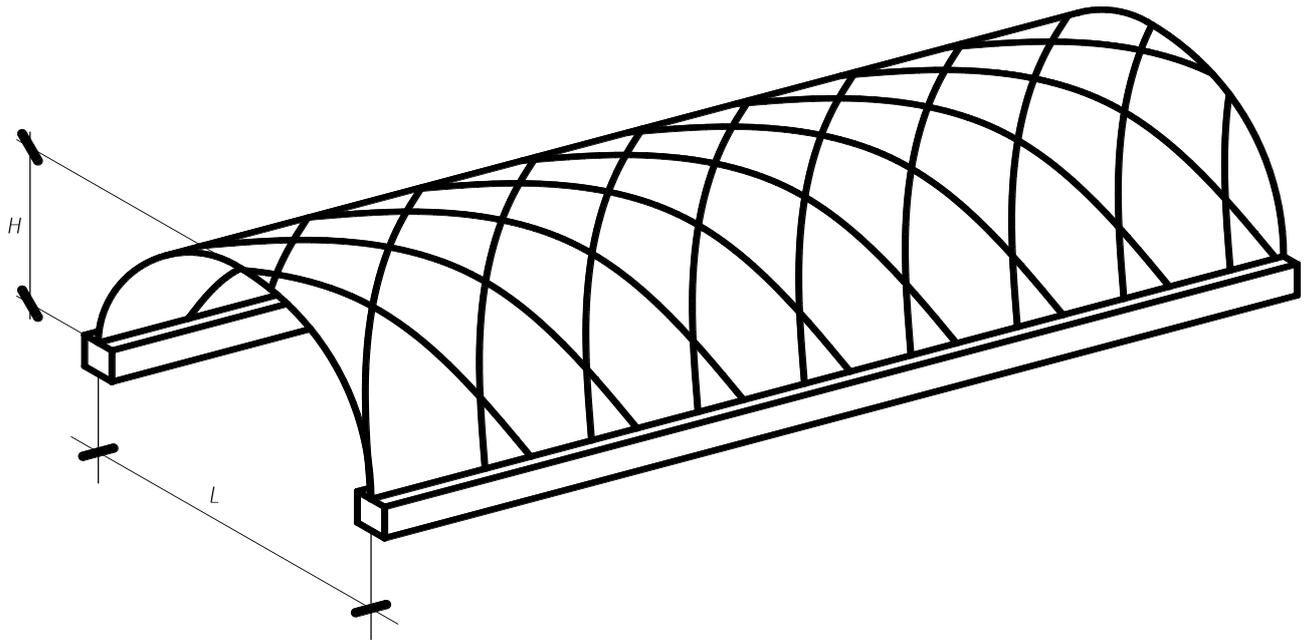
Оболочки в виде сводов имеют цилиндрическую форму поверхности и опираются по сторонам, параллельным образующим. Существует два основных вида распорных сводов:

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



Конструкция сборная из цилиндрических клеефанерных полотнищ заводского изготовления.

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



$$\frac{f}{l} \geq \frac{1}{7} \quad \text{— для сводов цилиндрических круговых;}$$

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

Кружально-сетчатые своды являются наиболее распространёнными пространственными конструкциями. Состоят они из косяков (цельных или клефанерных). Пролёт сводов из цельных косяков $l = 12-20$ м, из клефанерных $l = 20-100$ 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.

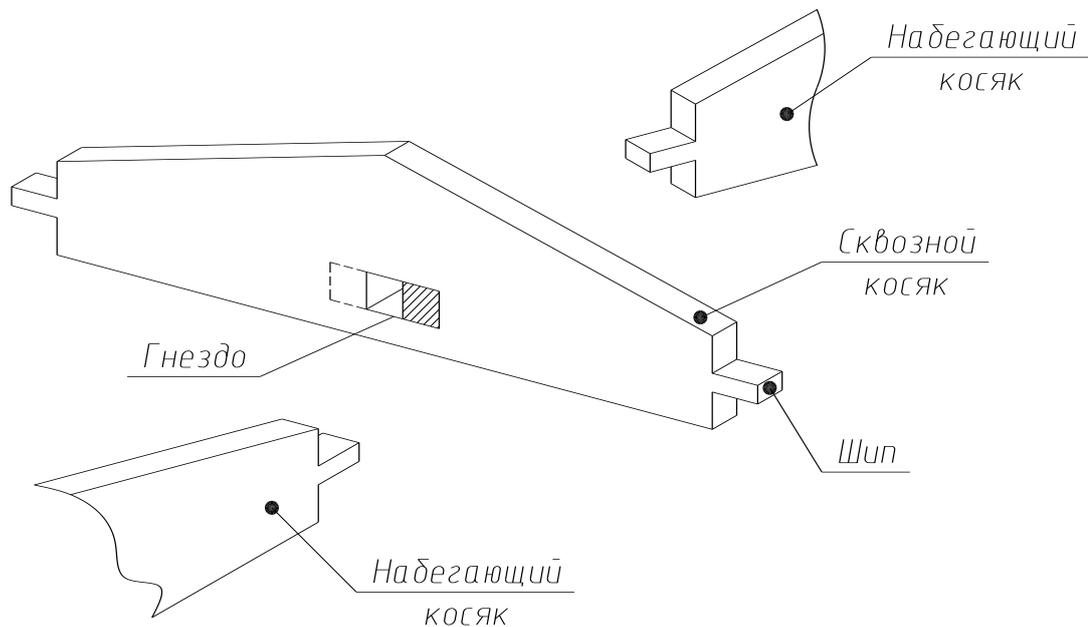
В зависимости от конструкции косяков и их соединения между собой различают:

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

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

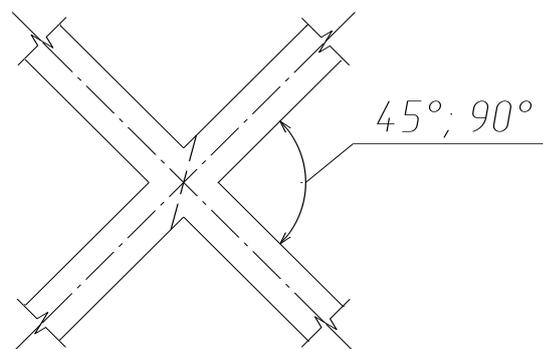
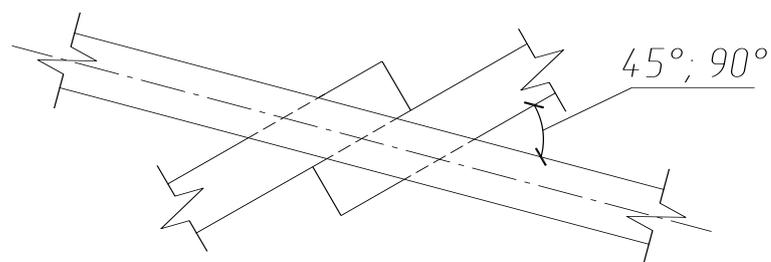
Соединение косяков выполняется на врубке. В каждом узле сетки сопрягаются три косяка, из которых два набегающих входят с двух сторон

своими шипами в гнездо сквозного косяка. Верхняя кромка косяка может быть криволинейной, либо с одним или двумя переломами, шаг сетки свода $c = 0.8 - 1.5$ м, тогда длина косяков оказывается порядка 2 м.



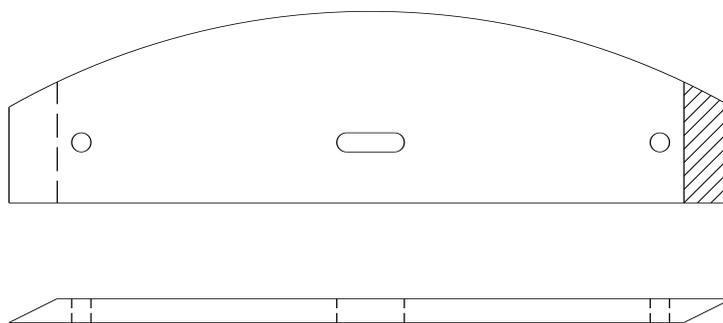
В безметальном кружально-сетчатом своде принимается сетка как прямоугольная, так и косоугольная с углом $\varphi = 45^\circ$.

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

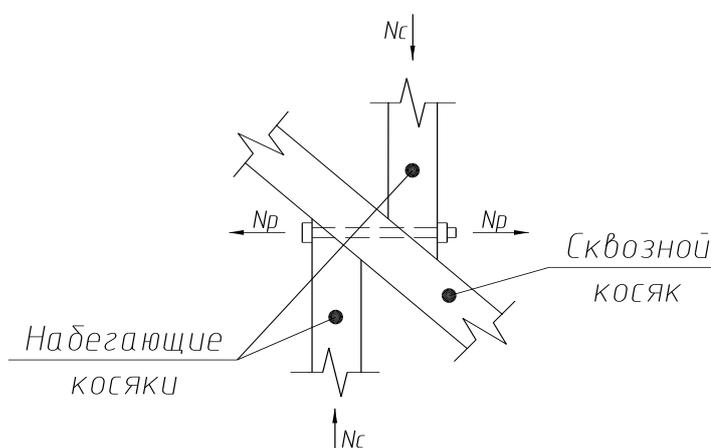


В последнем случае шип имеет клиновидную форму.

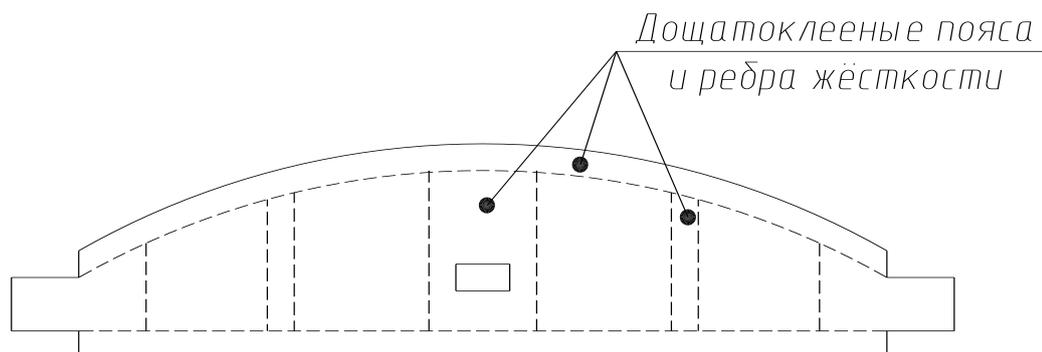
Кружально-сетчатые своды с узлами на болтах (системы Цолльбау) имеют косяки с круглыми отверстиями на концах (под болты) и овальными отверстиями по середине косяка



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



Своды из клефанерных косяков могут выполняться в безметальном и металном вариантах. В первом случае косяки соединяются в узлах на врубках подобно тому, как это делается в сводах Песельника. Косяки имеют коробчатую форму сечения



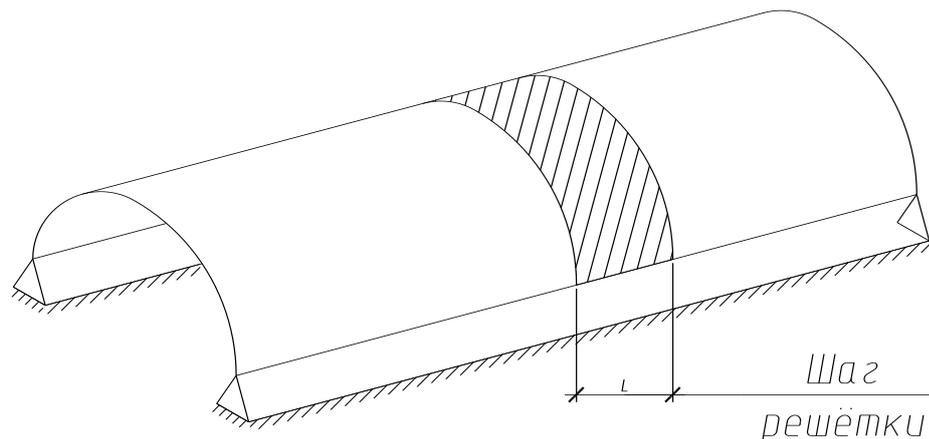
Конструкция и расчёт составных косяков аналогичны конструкции и расчёту клефанерных балок.

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

В металлическом варианте свода из клефанерных 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.

Расчёт сетчатого свода. Для этого выделяют расчётную полосу свода, соответствующую шагу решётки. Затем определяют продольные силы N_a и изгибающие моменты M_a , как в арке постоянной жёсткости с соответствующей схемой опирания.



Если угол между образующей свода и сквозным косяком – α , то изгибающий момент, воспринимаемый косяком при шарнирном соединении косяков, когда момент воспринимается только одним сквозным косяком, будет:

$$M_k = \frac{M_a}{\sin \alpha};$$

А для косяков сводов с бесшарнирными узлами, когда набегающий косяк тоже воспринимает изгибающий момент:

$$M_k = \frac{M_a}{2 \cdot \sin \alpha};$$

Сжимающее усилие, приходящееся на один косяк, определяется аналогично:

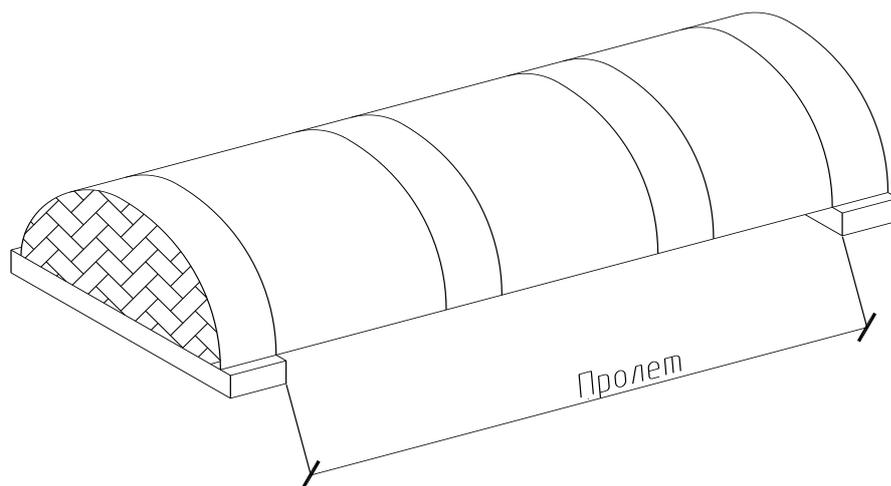
$$N_k = \frac{N_a}{2 \cdot \sin \alpha};$$

Проверку прочности косяка производят как сжато-изогнутого элемента по формуле:

$$\frac{N_k}{F_a} + \frac{M_k \gamma_k}{K_{\phi} W_{ax}} \leq \sigma_c;$$

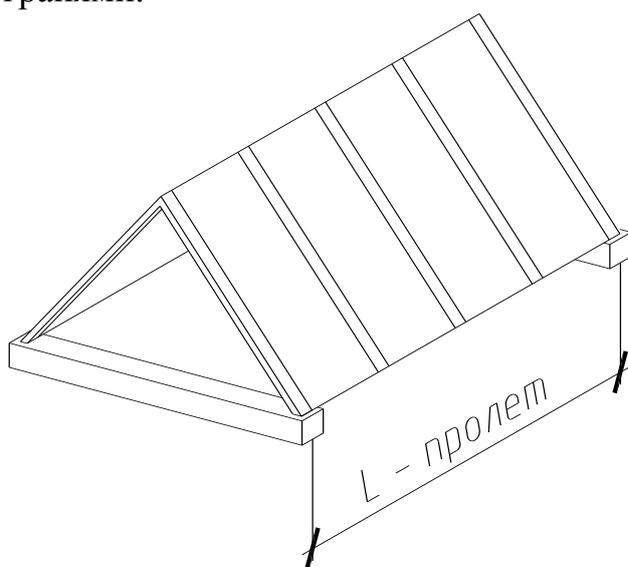
где K_{ϕ} – коэффициент фронтонов, увеличивающий жёсткость покрытия, берётся по таблице учебника Г.Г. Карлсена «Конструкции из дерева и пластмасс».

Своды-оболочки и складки. Традиционный свод оболочка представляет собой покрытие цилиндрической формы, опёртое на торцевые стены.

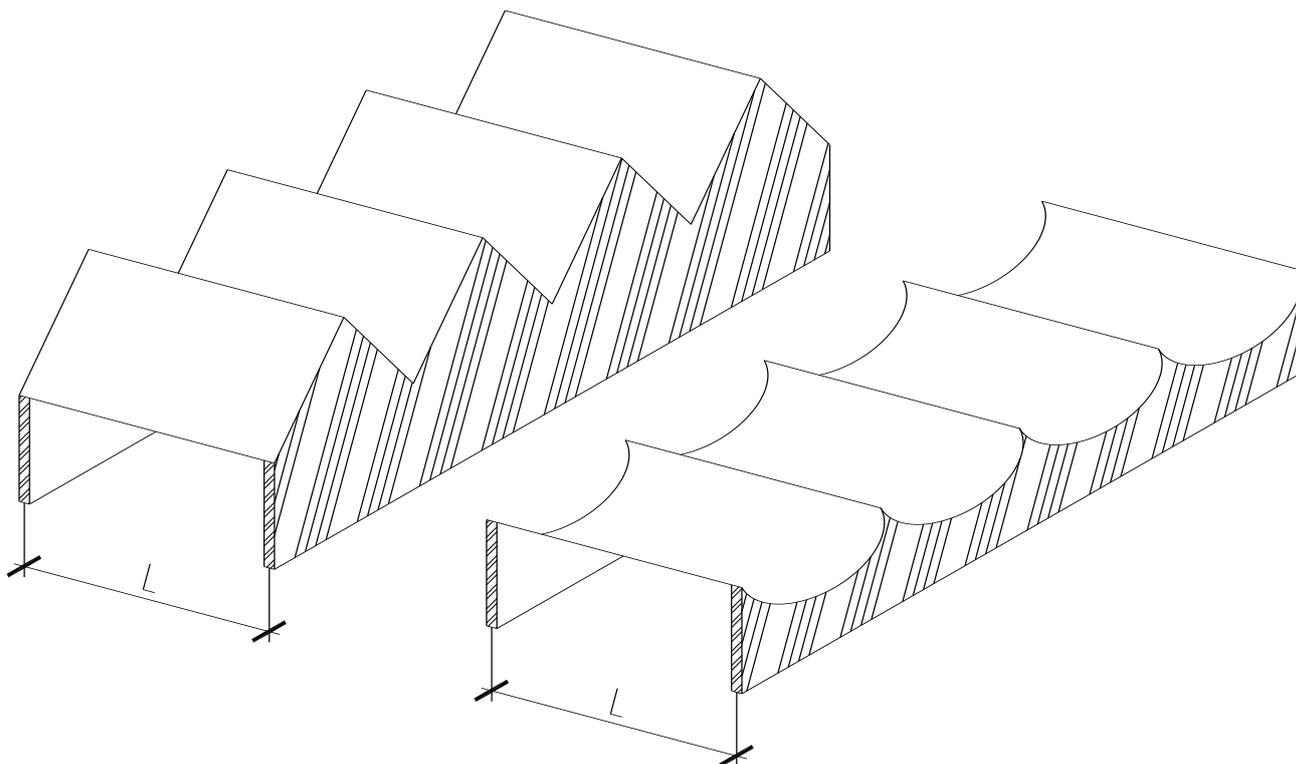


В сводах-оболочках отсутствует распор, свойственный сводам, опёртым по продольным сторонам, поэтому нет необходимости устраивать в них затяжки или контрфорсы.

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



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



Многорядовые складки и гиперболические 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, древесностружечных плит или досок).

Во втором варианте, в настоящее время устарелом, 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.

Расчёт свода оболочки или призматической складки при соотношении пролёта l_1 к длине волны l_2 :

$$\frac{l_1}{l_2} \geq 3;$$

(длинная оболочка) в продольном направлении на симметричную нагрузку можно выполнять как для балки корытообразного сечения.

В такой балке для вычисления напряжения можно использовать формулы сопротивления материалов. При расчёте вычисляют нормальные продольные и сдвигающие усилия, а также изгибающие моменты от собственного веса, снега и ветра. Далее проверяют прочность и устойчивость по элементам.

Принимается следующее распределение внутренних усилий между элементами оболочки: нормальные продольные усилия N_1 воспринимаются продольным настилом и усиленными (в поясах) частями его, сдвигающие усилия T_1 воспринимаются двойным косым настилом, изгибающие моменты M_1 и M_2 воспринимаются рёбрами жёсткости и поперечным настилом.

Такой расчёт является приближённым, точный расчёт оболочек выполняют по теории оболочек Власова.

В зарубежной практике нашли применение деревянные тонкостенные своды-оболочки: двоякой положительной и отрицательной кривизны, воронкообразные, бочарные оболочки и оболочки в виде гиперболических параболоидов (покрытия типа гипар).



Воронкообразное гиперболическое покрытие-оболочка

Примером оригинальной формы тонкостенной оболочки двоякой кривизны пролётом 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 складчатыми.



Складчатый купол



Многогранный купол



Сферический купол

Состоят ребристые купола из рёбер в меридиональном направлении. Рёбра опираются на нижние и верхние опорные кольца

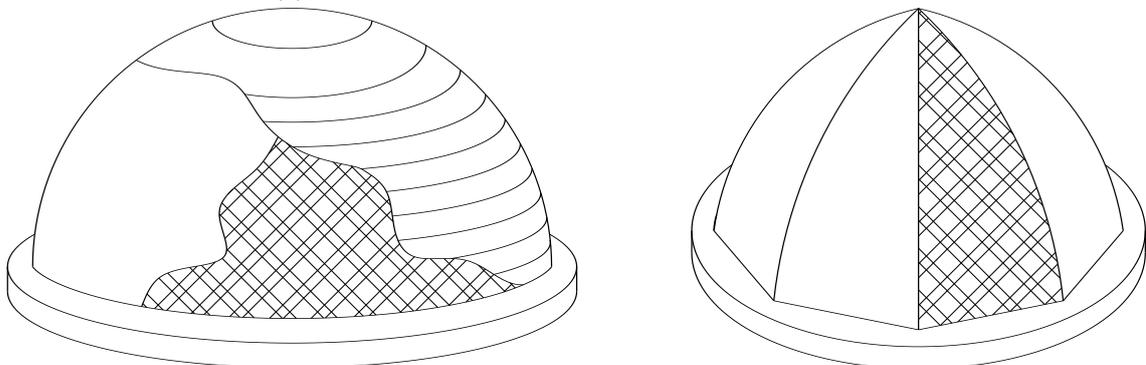
Шаг рёбер 3-6 м по нижнему поясу. В ребристых куполах по аркам идут прогоны, по прогонам укладываются в два слоя настил из досок – продольный и косо́й под углом 45° к прогонам.

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 эллиптических сводов



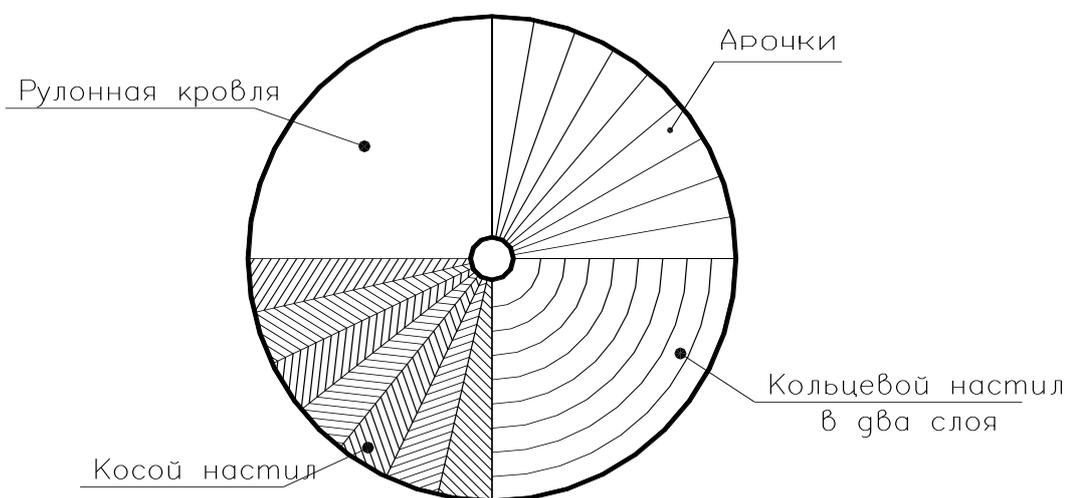
Сетка может быть ромбической и прямоугольной, узлы решены на врубках или болтах. При числе граней 6 и менее сектор купола

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.

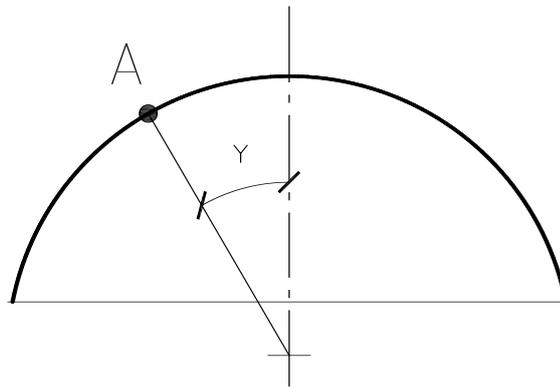
Гурты (рёбра на стыках граней свода) клееные переменного коробчатого сечения. Максимальная высота сечения 334 см.

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



Расстояние между осями арочек по опорному кольцу назначается от 0.8 до 1.5 м. Высота арочек 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



При расчёте принимается, что меридианные элементы и рёбра куполов воспринимают меридианальные усилия T_1 , кольцевые настилы – кольцевые усилия T_2 , а косые настилы – сдвигающие усилия S .

Усилия T_1 , T_2 и S находят при трёх схемах загрузки:

- 1 схема – собственный вес купола. Усилия в рёбрах T_1 в левой точке A определится по формуле:

$$T_1 = \frac{Q_\varphi}{m \sin \gamma}$$

где: Q_φ – вес всей вышележащей части купола;
 m – число рёбер.

Усилия T_2 в кольцевом настиле на единицу ширины определится по формуле:

$$T_2 = z \cdot R \frac{T_1}{a}$$

где: z – проекция на нормаль равномерно распределённой нагрузки (кровля, косой и кольцевой настилы) и веса рёбер;
 R – радиус сферы купола;
 T_1 – меридиональное усилие в рассматриваемой точке A ;
 a – расстояние между рёбрами.

Сдвигающее усилие S при симметричной нагрузке равно нулю ($S=0$)

- 2 схема – снеговая нагрузка на всём пролёте. Она принимается с учётом изменения интенсивности по поверхности купола по закону косинуса, что даёт равномерную нагрузку по плану интенсивностью p_0 . Меридианальные усилия:

$$T_1 = p_0 \cdot \frac{R}{2} \cdot a$$

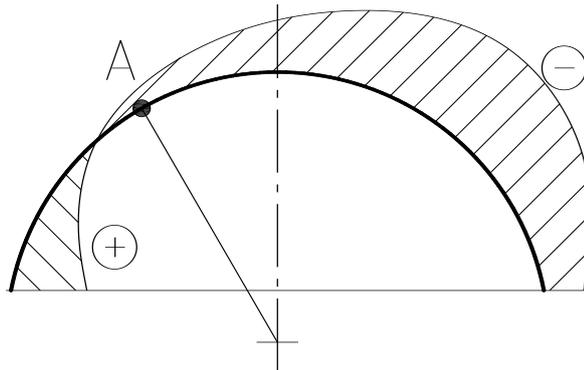
Кольцевые усилия:

$$T = \frac{R}{2} \cdot \cos \alpha,$$

Сдвигающие усилия:

$$S = 0$$

- 3 схема – ветровая нагрузка. Действительная эпюра давления ветра (а) заменяется более простыми эпюрами: симметричной и кососимметричной.



Усилия от симметричной эпюры определяется по следующим формулам:

1. меридианальные усилия:

$$T = \frac{R \cdot e \cdot \cos^2 \alpha}{3 \cdot \sin \alpha}$$

2. кольцевые усилия:

$$T = \frac{R \cdot e \cdot \cos \alpha}{3 \cdot \sin \alpha} \left[\frac{3 \cdot \cos^2 \alpha}{2} - \cos \alpha \right]$$

3. сдвигающие усилия:

$$S = 0$$

Усилия от кососимметричной эпюры определяются по таблицам книги Дишингера «Оболочки, тонкостенные железобетонные купола и своды», М. 1971г.

Кососимметрическая нагрузка даёт сдвигающие усилия, на который рассчитывается косой настил.

Проверка сечений элементов

- Определив расчётное значение T_1 на одно ребро (как максимальное при различных сочетаниях усилий при трёх перечисленных схемах

загружения) проверяют его на сжатие и смятие торцов в опорных кольцах;

- Кольцевой настил проверяют на смятие (в сжатой зоне) по полной площади. В растянутой зоне проверка на растяжение ведётся по площади:

$$F_{\text{нм}} = 0,5 F_{\text{бл}}$$

- сдвигающие усилия S вызывают в косом настиле сжатие или растяжение. По этим схемам подбирают сечение досок и связи (гвозди, шурупы, клей);
- верхнее кружальное кольцо проверяют на сжатие и смятие в стыке:

$$N_1 = T_1 \cdot r_1$$

где: T_1 – сжимающее усилие в ребре;

r_1 – радиус кольца.

- нижнее опорное кольцо проверяют на растяжение силой:

$$N_p = H_1 \cdot r_2$$

где: H_1 – распор купола на единицу длины опорного кольца;

r_2 – радиус опорного кольца.

Меры безопасности в строительной площадке при выполнении строительных работ

В основе большинства несчастных случаев, произошедших во время строительных работ, лежат одни и те же факторы: Неисправность или неправильное использование строительного инвентаря, машин и механизмов. Нарушение правил ограждения опасных рабочих зон, либо неисправность оградительных устройств. Нарушение принципов складирования строительных материалов. Ошибки при конструировании временных трапов и мостиков для прохождения людей и проезда техники. Отсутствие достаточного пространства в рабочих зонах и проходах. Плохая организация работы персонала. Отсутствие сигнализации. Нарушение ключевых принципов техники безопасности труда (например, обучение по охране труда). Любым строительным работам предшествует подготовительный этап по организации рабочей зоны, который включает в себя следующие мероприятия: Ограждение территории, на которой предполагаются строительные работы. Организация водоотвода. Перенос коммуникаций. Обустройство временных подъездных путей. Проводка временных инженерных коммуникаций (электросетей, водопровода и т.д.). Очистительные работы. Разбивка территории. Подвоз инвентаря. Возведение временных конструкций (бытовок, административных зданий и т.д.).

Организация мест хранения строительных материалов. Обустройство крановых путей и т.д. По окончании подготовительных мероприятий подписывается акт выполненных работ. Выполнение непосредственно строительных работ не должно предшествовать подготовительному этапу. В случае если работы приходится совмещать, необходимо дополнительно уделить особое внимание обеспечению безопасных условий труда. Строительная площадка до начала работ непременно должна быть освобождена от посторонних предметов, зданий и конструкций, очищена от мусора. Содержание ее в чистоте и порядке является важным условием соблюдения техники безопасности. С этой целью необходимо регулярно и оперативно вывозить с ее территории мусор и строительные отходы. Для этого требуются достаточно просторные и удобные подъездные пути к площадке - не менее 3,5 м в ширину при одностороннем и 6 м при двустороннем движении. Минимальный радиус закругления дорог для автотранспорта составляет 10-12 м. При этом территория стройплощадки должна быть оснащена дорожными знакам и указателями. Максимально допустимая скорость движения автомобилей на строительной площадке - 10 км в час и 5 км в час - на поворотах. Важный момент организации безопасных условий труда на строительной площадке - ограничение доступа на нее посторонних лиц и животных. С этой целью возводятся временные ограждения, которые должны соответствовать следующим параметрам: Минимальная высота оградительных сооружений, ограничивающих производственную зону, составляет 1,6 м; участки работ - 1,2 м. Минимальная высота оградительных сооружений, граничащих с местами прохода интенсивного людского потока, составляет 2 м. Такие сооружения должны быть оборудованы сплошным защитным козырьком, обладающим достаточной механической прочностью, чтобы выдерживать давление снега и удары небольших предметов. Вход и въезд на строительную площадку должен осуществляться через специальные калитки и ворота и тщательно контролироваться. В нерабочее время калитки и ворота должны запираются. Других возможностей проникновения на стройплощадку быть не может. Над входом в здания и сооружения должны быть возведены защитные козырьки шириной минимум 2 метра от края до стены и под углом 70-75 градусов. Края траншей, ям, каналов и т.д. должны быть соединены мостиками шириной минимум 1 м и с перилами высотой не менее 1,1 м. Внизу должна быть предусмотрена сплошная обивка на высоту 0,15 м и дополнительная ограждающая планка на уровне 0,5 м от настила. Правила техники безопасности требуют защищать с помощью специальных ограждений рабочие места и проходы к ним, расположенные выше 1,3 м и на расстоянии меньше 2 м от границы перепада высот. Если же расстояние составляет свыше 2 м, необходима дополнительная защита специальными сигнальными ограждениями (требования к таким ограждениям регламентируются государственными стандартами). Существуют и требования к проходам на рабочих местах или к ним: Минимальная ширина одиночных проходов - 0,6 м, минимальная высота - 1,8 м. Если рабочие места

располагаются на высоте более 5 м, устройства, применяемые для передвижения работников на рабочие места, должны быть оборудованы элементами для закрепления фала защитного пояса. Если работы ведутся на крыше с уклоном более 20 градусов, либо кровельное покрытие не выдерживает среднего веса человека, такие рабочие места должны быть оборудованы трапом минимальной шириной 0,3 м, дополненной поперечными планками для упора ног. Строительные площадки должны быть равномерно освещены в темное время суток.

На особо опасных участках стройплощадки, где риск получения травм предельно велик, а также в зонах, по которым пролегают эвакуационные пути, должно быть организовано эвакуационное освещение: 0,5 лк внутри здания, 0,2 лк - снаружи. Охранное освещение должно обеспечивать на границах строительных площадок или участков производства работ горизонтальную освещенность 0,5 лк на уровне земли или вертикальную на плоскости ограждения. Если на данном участке работ по нормативам требуется уровень освещенности выше 2 лк, равномерное освещение должно быть усилено локализованным. Если на участке не предполагается постоянного пребывания людей, уровень освещенности должен быть снижен до показателя 0,5 лк. Если уровень шума на рабочем участке превышает 85 дБ, они должны быть обозначены соответствующими знаками. Недопустимо даже непродолжительное пребывание на участках, где уровень звукового давления превышает 130 дБ. Если работы осуществляются на открытом пространстве, необходима организация навесов, защищающих персонал от действия атмосферных осадков. Если температура воздуха на открытых рабочих площадках или в неотапливаемых помещениях опускается ниже 10 градусов, рабочим необходимо предоставить помещения для обогрева. Минимальный уровень комфорта на строительных площадках должен обеспечиваться комплексом помещений санитарно-бытового назначения - столовой, раздевалкой, душевой, уборной и т.д. Обязательно наличие аптечки для оказания первой медицинской помощи на каждой строительной площадке. Стройматериалы и конструкции необходимо складировать так, чтобы обеспечивалась их удобная транспортировка. К складской зоне должны быть подведены подъездные пути. Сами складские зоны должны быть расположены на твердом основании. Хранение осуществляется в вдвоенных штабелях вдоль подъездных путей на расстоянии 1 м между каждой парой и 0,5 м - между штабелями. В одном штабеле допустимо хранить только однотипные изделия одной марки. Нижний слой штабеля необходимо класть на 2 подкладки. Остальные слои должны быть разделены прокладками минимальной толщиной 5 см. Прокладки и подкладки должны выступать за границы штабеля минимум на 25 см. Существуют и требования к максимальной высоте штабелей. Строительные площадки могут иметь опасные, запретные и охранные зоны. Часто опасные участки формируются уже в процессе строительных работ - например, в результате оползней грунта в котлованах.

Экономика и эффективность применение пластмассовых конструкций в современном строительстве

Деревянные конструкции издавна широко применяются в строительстве благодаря сочетанию замечательных свойств древесины: высокой прочности и небольшой плотности, малой теплопроводности и легкости обработки, высокой морозостойкости и сейсмостойкости, достаточной пористости, которая способствует воздухообмену между помещениями и наружной атмосферой. Это разнообразие свойств необходимо учитывать при проектировании зданий и сооружений, стремясь в полной мере использовать преимущества древесины. Древесина хвойных пород, в основном применяемая в конструкциях, является легким материалом, обладающим достаточно высокой удельной прочностью. Отношение расчетных сопротивлений древесины при сжатии и изгибе к ее плотности (500 кг/м³) выше аналогичного соотношения некоторых марок стали, бетона и кирпичной кладки. Чем выше удельная прочность материала, тем он более эффективен в большепролетных конструкциях, а также удобен при транспортировании и монтаже. Прочностные и упругие свойства древесины способствуют применению деревянных конструкций в сейсмоопасных районах.

Древесину можно использовать одновременно в качестве конструкционного и теплоизоляционного материала, поскольку она оказывает сопротивление прохождению теплового потока поперек волокон в 400 раз больше, чем сталь, в 10 — 12 раз большее, чем железобетон, и в 5 — 6 раз большее, чем кирпич. Малый коэффициент теплопроводности древесины обеспечивает клееным деревянным конструкциям сплошного сечения высокие значения предела огнестойкости.

Деревянные конструкции стойко сопротивляются отрицательному воздействию слабых химически агрессивных сред без какой-либо защитной обработки, чем выгодно отличаются от других строительных конструкций. Общеизвестно, что древесина — природный материал с хорошими санитарно-гигиеническими свойствами. Экологическая чистота и отсутствие отрицательного воздействия деревянных конструкций на качество биологической активности людей и животных создает уникальные преимущества.

Древесина по сравнению с другими конструкционными материалами обладает производственными преимуществами: она является природным самовозобновляющимся материалом, простым в обработке, а при производстве различных видов несущих или ограждающих конструкций требует незначительных энергозатрат. К тому же снижаются транспортные и монтажные расходы благодаря ее малому весу, а также имеется возможность предварительной сборки отдельных фрагментов большепролетных

конструкций. Практика производства показывает, что энергозатраты на обработку и изготовление деревянных конструкций в 8 — 10 раз ниже по сравнению со стальными конструкциями и в 3 — 4 раза ниже по сравнению с железобетонными конструкциями.

Для районов, богатых лесами и не имеющих предприятий по изготовлению клееных деревянных конструкций (КДК), сохраняют актуальность традиционные конструктивные решения из цельной древесины: балки, стойки и стропила малоэтажных жилых домов, фермы и подкосные рамы, арочные своды небольших производственных, сельскохозяйственных и общественных зданий. Древесина, как и другие конструкционные материалы, имеет недостатки, которые следует учитывать при проектировании конструкций. К таким недостаткам относится опасность биопоражения в результате нарушения температурно-влажностного режима эксплуатации деревянных конструкций. Кроме того они относятся к группе 15 сгораемых материалов. Наличие естественных пороков в древесине также ограничивает ее применение в конструкциях. Однако современные конструктивные и химические способы защиты древесины от загнивания при соблюдении режима эксплуатации сохраняют деревянные конструкции в течение всего необходимого срока службы.

Клееные деревянные конструкции благодаря существующей технологии изготовления не только сводят «на нет» влияние естественных пороков древесины, но и повышают стойкость к загниванию, а сплошное сечение крупных элементов обеспечивает повышенный предел огнестойкости конструкции. При необходимости использование антисептиков и антипиренов позволяет дополнительно усилить защиту деревянных конструкций от загнивания и возгорания. Современные проектировщики получают большую свободу при создании архитектурных форм, полно раскрывающих авторскую идею сооружения. Помимо конструкционных особенностей клееная древесина сочетает в себе декоративные и пластические свойства. Клееный элемент может иметь различную конструктивную форму, поперечное сечение и пролет, а цвет, текстура и внешний вид клееной конструкции зачастую создают особый эстетический эффект. Мировой, более чем полувековой, опыт разнообразного и все возрастающего применения клееных деревянных конструкций в странах, обеспеченных цементом и сталью, демонстрирует эффективность и экономичность таких конструкций по сравнению с аналогичными железобетонными и стальными при одинаковых нагрузках и пролетах.

Опыт применения КДК в 1940-х гг. сначала в США, а позже и в европейских странах показал, что клееная древесина по сравнению с природной заметно улучшила свои свойства. Клееная древесина приобретает более однородные стабильные повышенные механические показатели и не имеет скрытых недостатков, таких как трещины, невидимые снаружи сучки и косослой. Появляется возможность компоновать монолитное поперечное сечение конструкции различной формы из разносортных слоев досок с учетом ее напряженно-деформированного состояния и не ограничиваться

рекомендуемым сортаментом пиломатериалов, проектируя большие пролеты покрытий. Повышение долговечности клееной древесины в значительной степени обусловлено применением сухой древесины в соответствии с технологическими ограничениями в процессе производства деревянных клееных конструкций. В случаях применения таких конструкций в незащищенных от увлажнения условиях современные антисептические составы позволяют предохранить древесину от загнивания на срок до 50 лет. Этого вполне достаточно с учетом морального износа сооружения. Долговечность деревянных социально значимых объектов хорошо иллюстрирует деревянное покрытие московского Манежа, которое прослужило с 1817 по 2004 г. Используя конструкции из дерева и пластмасс с обязательным соблюдением действующих нормативных документов, создают современные капитальные сооружения, которые могут эксплуатироваться длительное время.

В целях дальнейшего расширения использования деревянных конструкций представляется перспективным заводское изготовление клееных унифицированных конструкций и элементов любых требуемых форм и размеров, особенно прямолинейных. Такие элементы могут применяться в качестве отдельных конструкций, например балок или элементов связей, либо панелей верхнего пояса металлодеревянных ферм. Эффективность использования деревянных конструкций повышается при изготовлении и поставке комплектов для полносборных зданий, особенно многоцелевого назначения.

Деревянные клееные конструкции обладают высокой степенью заводской готовности. Однако получение прочных, долговечных, отвечающих современным инженерным требованиям несущих конструкций возможно только при высокой технической культуре всего производства в целом. Заводской способ производства обеспечивает высокое качество деревянных конструкций и при серийном производстве снижает их стоимость. Представляется целесообразным выпускать каталоги различных видов деревянных несущих конструкций с указанием оптимальных параметров и нагрузок, для которых они запроектированы.

Экономическая целесообразность использования в покрытии клееных деревянных конструкций, по сравнению со стальными или железобетонными, возрастает с увеличением пролетов. Так, в сооружениях пролетом до 24 м при равноценной несущей способности, как правило, экономичнее стальные конструкции, а при больших пролетах — конструкции из древесины, поскольку с увеличением пролета значительно растет расход металла. По сравнению с железобетонными в деревянных конструкциях значительно уменьшается вес покрытия и каркаса, уменьшается объем фундаментов, снижаются транспортные и монтажные затраты, так как плотность древесины в 4,5 — 5 раз меньше плотности железобетона. Необходимо помнить, что для ряда районов России железобетонные конструкции в 2 — 6 раз дороже, чем в центральной ее части. Так, на Дальнем Востоке клееные элементы для мостов примерно в 10 раз дешевле

железобетонных.

Эпизодически возникает необходимость создания радиопрозрачных, немагнитных конструкций, для которых деревянные и клефанерные элементы с соединениями из конструкционных пластмасс являются основными.

Возрождение массового производства клееных конструкций в зарубежом, например в России началось в 1998 г. и практически полностью сориентировалось на индивидуальное строительство. Производственная база в основном создавалась заново. Основой для дальнейшего развития производства в центральной части России стал завод в г. Волоколамске Московской обл., который имеет оборудование для изготовления клееных конструкций различной формы и размеров длиной до 40 м. Ориентировочная мощность завода — 10 ... 15 тыс. м³ в год.

В г. Королеве Московской обл. аналогичный завод на базе ЗАО «ДСК-160 Стройконструкция-2», оснащенный импортным оборудованием мощностью 15 ... 20 тыс. м³ в год, производит клееные конструкции длиной до 22 м для различных ответственных спортивно-зрелищных и других большепролетных сооружений. В 2004 г. на базе ЗАО «78 Деревообрабатывающий комбинат» в г. Нижнем Новгороде начато производство клееных конструкций длиной до 24 м. Примером выпускаемой продукции могут служить большепролетные треугольные стропильные фермы пролетом 50 м, изготовленные для Московского ЦВЗ «Манеж» в 2004 г. В последние годы появляются аналогичные предприятия по выпуску деревянных клееных конструкций по всей стране.

Накопленный опыт возведения зданий и сооружений различного назначения позволяет определить рациональные области применения конструкций из дерева и пластмасс в строительстве.

1. Большепролетные покрытия зданий и сооружений: универсальные спортивно-зрелищные, выставочные, торговые и конно-спортивные комплексы, киноконцертные и демонстрационные залы, бассейны и аквапарки, теннисные корты, покрытия трибун стадионов, катков, велотреков и легкоатлетических манежей; крытые рынки, ангары, конструкции лыжного трамплина.

2. Промышленные здания и сооружения с химически агрессивной средой: склады насыпных материалов, предназначенные для хранения незатаренных аммонийных солей, хлорида кальция, поташа и других химикатов; большепролетные склады для хранения антигололедных реагентов, отдельные цеха лесоперерабатывающих комплексов.

3. Сельскохозяйственные здания и сооружения (особенно в условиях рассредоточенного сельского строительства): склады минеральных удобрений, птицеводческие и животноводческие объекты, цеха комплексов для фрукто- и овощехранилищ, зернохранилища, гаражи для сельскохозяйственных машин, объекты для хранения сена и других кормов, ремонтные мастерские, теплицы.

4. Пролетные строения пешеходных и автодорожных мостов пролетом до 33

м, допускающие применение при монтаже автотранспорта и кранового оборудования общего пользования (в отдельных районах страны единственно возможное решение).

5. Башни и мачты различного назначения, радиопрозрачные и немагнитные специальные сооружения, опоры линий электропередачи.

6. Быстровозводимые здания для освоения труднодоступных районов страны.

Возрождение массового применения «Деревянно-Синчовых» конструкций в Узбекистане, началось испокон веков и практически полностью ориентировано на индивидуальное строительство.

Проблемы экологии и основные выбросы при выполнении строительных работ

Как новое строительство, так и реставрация сопряжены с использованием разнообразных по природе строительных материалов, которые в большей или меньшей степени благоприятны человеку и не одинаково влияют на окружающую среду, как за счет изъятия природных ресурсов, так и привнесения в неё загрязнителей. Производство строительных материалов предполагает добычу и переработку природных ресурсов, потребление энергии, воды. При этом часто происходит истощение ресурсов, уничтожение экосистем, ландшафтов, процесс загрязнения среды приводит к изменению климата на планете, образованию озоновых дыр; образование отходов может превращать плодородные земли и привлекательные ландшафты в пустыни. Это отрицательно сказывается на здоровье людей и косвенно влияет на качество строительства. Поэтому при проектировании важно выбрать эффективные материалы не только с экономической и эстетической, но и с экологической точки зрения. Для этого необходима экологическая оценка и классификация строительных материалов согласно требованиям по защите окружающей среды. В этом случае нужно, принимая решение об использовании материала, уметь оценить прямые и косвенные его воздействия на окружающую среду и человека с экологических позиций.

Методические подходы к экологической оценке строительных материалов согласно стандартов ИСО – 14000 могут быть различными, но обязательно анализируются связанные с ними нагрузки на окружающую среду по жизненному циклу материала. При таком подходе учитывается влияние не только самого материала, но и процессов его, сопровождающих от добычи сырья для его изготовления, до уничтожения, захоронения или, что более предпочтительно, повторного его использования для изготовления новых материалов. Это позволяет «замкнуть» их жизненный цикл и решить экологические задачи - сократить количество отходов и способствовать ресурсосбережению. Материалы рассматриваются и оцениваются по экологической безопасности не по принципу «здесь и сейчас», а «везде и всегда». При этом оцениваются не только прямые (явные) негативные воздействия, такие как эмиссия вредных веществ, образование

отходов и т.п., но и косвенные эффекты (дефицит сырья, влияние на здоровье человека, ухудшение качества окружающей среды, нагрузки при перевозке материалов и т.д.). Для обеспечения объективности результатов анализа рассматриваются взаимосвязанные параметры «свойства материала – качество среды».

Оценка экологических эффектов взаимодействия строительных материалов с окружающей средой базируется на комплексе независимых методов:

- 1) метод сопоставительного анализа (экспертный анализ, метод рассуждений) базируется на имеющейся научной информации, ее анализе и последующих логических рассуждениях. Он дает относительную оценку нагрузок на человека и окружающую среду и позволяет расположить сравниваемые материалы в порядке экологического предпочтения, классифицировать их по экологическому качеству. Результатом являются карты экологического выбора строительных материалов, которыми может пользоваться потребитель;
- 2) системный анализ заключается в анализе и математической оценке всех входящих и выходящих потоков. Используется для расчета «экобаланса», воздействий материала на среду и оценки последствий этих влияний;
- 3) метод графов (ориентированные графы для решения многокомпонентных эколого-экономических задач) позволяет оценить прямые и обратные связи - «качество строительства – качество среды»;
- 4) квалиметрический метод (для оценки интегрального качества материала).

Обычно методика экологической оценки строительного материала по его жизненному циклу состоит из следующих основных частей:

- 1) разработки и описания жизненного цикла продукта (инвентаризационный анализ);
- 2) оценки воздействий, возникающих на протяжении жизненного цикла (оценка воздействий);
- 3) анализ, направленный на совершенствование качества продукта (оптимизационный анализ);
- 4) анализ, направленный на экологическую классификацию продукции и обоснованный выбор материалов для использования в строительстве (классификационный анализ).

Экологическая оценка нагрузок строительных материалов на окружающую среду должна проводиться по пяти составляющим биосферы: атмосфере, гидросфере, литосфере (почве, сырью), энергии и биотическим компонентам (включая человека).

При экологической оценке материалов, в первую очередь, необходимо учитывать негативные воздействия, приводящие к обострению глобальных

экологических проблем, таких как парниковый эффект, повреждение озонового слоя, загрязнение почв, истощение ресурсов и т. д.

К негативным экологическим эффектам по жизненному циклу материала относят: истощение ресурсов, загрязнение атмосферы, загрязнение водной среды, уничтожение почвенного покрова, изменение ландшафта, возникновение техногенных ландшафтов, опасное шумовое загрязнение, образование отходов, нарушение природного равновесия в экосистеме, уничтожение, деградация, угнетение растительности, ликвидация мест гнездовой птиц, распугивание животных, нарушение их путей миграции, изменение гидрогеологического режима, изменение напряженного состояния пластов земли и прочие прямые и косвенные эффекты.

При оценке ЖЦМ обязательно учитывается также комплекс нагрузок на ОС и человека за счет транспортировки материала. Предпочтение отдается местным строительным материалам и произведенным в непосредственной близости к месту добычи для них сырья и т.п.

Принципиальная схема оценки экологических эффектов по жизненному циклу материала включает анализ следующих его этапов:

- 1) добыча сырья;
- 2) изготовление материалов и изделий;
- 3) этап строительства (применение материала);
- 4) эксплуатация («жизнь» материала в объекте, необходимость ухода для поддержания его качества, совместимость с материалами которые используются для продления этапа эксплуатации (ремонт, реставрация, реконструкция);
- 5) уничтожение или повторное использование (при замене материала, сносе здания, сооружения).

Пример аналитической схемы оценки нагрузок на окружающую среду по жизненному циклу материала приведен в таблице 1.

Таблица 1

Аналитическая схема оценки нагрузок на окружающую среду по жизненному циклу строительного материала (СМ).

Этап жизненного цикла СМ	Экологические эффекты	Стратегические мероприятия по снижению нагрузок на окружающую среду
Добыча сырья	Исчерпание ресурсов (материальных, энергетических, природных). Нарушение ландшафта . Повреждение экосистем (загрязнение воздуха, воды, почвы,	<i>Избегать ненужного употребления сырья</i> <i>Использовать вторичное и возобновляемое сырьё</i> <i>Использовать сырьё оптимально</i>

	выделение опасных выбросов и т.д.).	
Изготовление материала и изделий (производство, получение)	Отходы. Возможны вредные выбросы в воду, воздух, почву. Потребление энергии.	<i>Производство качественных, долговечных материалов. Сбережение ресурсов Создание материалов полифункционального назначения. Снижение количества этапов обработки</i>
Строительство (применение СМ)	Потребление энергии. Образование отходов. Вредные выбросы. Загрязнение окружающей среды.	<i>Использование качественных материалов. Отказ от использования материалов с органическими растворителями и др. вредных для человека материалов. Соответствие долговечности отдельных материалов, узлов, сроку службы всего здания.</i>
Эксплуатация («Жизнь» СМ в объекте)	Вредные выбросы. Здоровье людей, а также все виды воздействий, как и при строительстве, но в меньшей степени	<i>Контроль за состоянием материала. Уход за материалом Восстановление свойств Своевременная замена состарившегося материала.</i>
Уничтожение или повторное использование	Образование огромного количества отходов при сносе зданий. Загрязнение окружающей среды. Нарушение ландшафта и т.д.	<i>Ремонт. Реставрация. Отказ от свалок. Отказ от сжигания. Утилизация строительных отходов. Сортировка мусора Предпочтение первичному повторному использованию.</i>

На этапе строительства важно предварительно определить срок пригодности различных материалов, строительных элементов и всего здания, а также оценить долговечность материала. Показателем для предпочтительного выбора материалов в строительстве становится его долговечность. Высокий показатель долговечности означает, что материал долго сохраняет все свои свойства и имеет большой срок использования до ремонта или замены изделия. Благодаря продлению периода использования материала или

долговечному его использованию нагрузка на окружающую среду на этот период уменьшается. Важно, чтобы долговечность материалов отдельных строительных узлов всегда соответствовала жизненному сроку всего здания. При экологической оценке материала учитывается - возможно ли образование отходов, возможны ли выбросы в окружающую среду вредных веществ при производстве строительных работ. Акцент при оценке отделочной продукции делается на анализ влияния материала на здоровье жильцов. Нежелательным к использованию могут стать даже материалы, прошедшие гигиеническую сертификацию и т. п. Критерием для отбраковки должно стать наличие в составе материала вредных для здоровья веществ. Следует избегать применения таких материалов в жилых и общественных зданиях. Тогда под ограничение к использованию попадут древесностружечные материалы на фенольном полимерном связующем, материалы в которых применен в качестве вяжущего фосфогипс, клеи и краски на органических растворителях, материалы содержащие ПВХ и т. д.

На этапе эксплуатации экологическая нагрузка в большой мере определена выбором, сделанным на предыдущих этапах, и здесь дополнительно необходимо определить эксплуатационные затраты на уход за материалом для сохранения его свойств. Запрет на их использование может быть основан на показателях, характеризующих качество внутренней среды в здании (влажность, шум и т. д.).

На последнем этапе жизни материала встает вопрос об оценке возможности его использования повторно без значительной дополнительной переработки (деревянная дверь, деревянные оконные рамы и т.п.). Поэтому критерием для экологической оценки материала становится возможность его реставрации, ремонтпригодность. Посредством реставрации или бережного ухода за конструкциями и материалами можно удлинить срок их пригодности. В этом случае количество строительных отходов может быть сокращено. В связи с возможностью повторного использования очень важно, чтобы материалы хорошо сортировались и очищались, а отходы хорошо разлагались. Если отходы после слома здания попадут в окружающую среду (свалки и т.п.), экологическая нагрузка определяется сочетанием их вредности и разлагаемостью в природной среде. При хорошей биоразлагаемости отходы не долго занимают место и практически не оказывают вредное воздействие и на окружающую среду и на человека. Таким образом, методом логических рассуждений и используя аналитическую схему оценки нагрузок на окружающую среду по жизненному циклу можно дать качественную экологическую оценку любому строительному материалу. Данная схема позволяет прогнозировать наиболее существенные риски на каждом этапе жизненного цикла материала от добычи сырья до его уничтожения.

Во время жизненного периода материал или изделие могут выделять вредные вещества. Речь идет о выбросе твердых, жидких и газообразных

вредных веществ в почву, воду или воздух. Например, такими могут являться тяжелые металлы из консервантов для древесных строительных материалов, цинк из кровельных покрытий и т.д. Перечень некоторых вредных для человека веществ и источники их поступления приведен в таблице 2.

Таблица 2

Перечень вредных веществ выделяющихся их строительных материалов.

Вещества	Класс опасности	СМ - источник поступления в воздух помещений опасных веществ
ацетон	4	Лаки, краски, клеи, шпатлевки, мастики, смазка для бетонных форм, пластификаторы для бетона
бутилацетат	4	Лаки, краски, мастики, шпатлевки, смазки для бетонных форм
бутанол	4	Мастики, клеи, смазки, линолеумы, лаки, краски
бензол	2	Мастики, клеи, герлен, линолеумы, цемент и бетон с добавлением отходов, смазка для бетонных форм
ксилолы	3	Линолеумы, клеи, «герлен», шпатлевки, мастики, лаки, краски, смазки
пропилбензол	1	Клей АДМК, линолеум ЛТЗ-33, мастика ВСК, мастика 51-Г-18, шпатлевка «Стойдеталь»
пентональ		Клей, цемент, «герлен»
никель	2	Цемент, бетон, шпатлевка и другие материалы с добавлением промышленных отходов
кобальт	1	Красители и строительные материалы с добавлением промышленных отходов
формальдегид	2	ДСП, ПВП, ФРП, мастики, «герлен», пластификаторы, шпатлевка, смазки для бетонных форм и др.
фенол	2	ДСП, ФРП, «герлен, линолеумы на синтетической основе, мастики, шпатлевка
этилбензол	3	Шпатлевки, мастики, линолеумы на синтетической основе, краски, клеи, смазки для форм, пластификаторы, цемент, бетон с отходами
хром	1	Цемент, бетон, шпатлевки и др. материалы с добавлением промышленных отходов
стирол	2	Теплоизоляционные материалы, отделочные материалы на основе полистирола
этилацетат	4	Лаки, краски, клеи, мастики и др. материалы
толуол	3	Лаки, краски, клеи, шпатлевки, мастики, линолеумы на синтетической основе и др. отделочные материалы
винилхлорид	1	Линолеумы, плитки, пленки и другие материалы на его основе

Особенно опасными считаются выбросы приводящие к глобальным экологическим проблемам: повреждению озонового слоя, потеплению (парниковый эффект), выпадению кислотных дождей. Это возможно из-за выделения хлор-, фтор- углеводородов при производстве полимерных материалов и т.п.; выбросов углекислого газа (CO₂); сернистого газа (SO₂). Этим проблемам мировое сообщество уделяет особое внимание и они учитываются в первую очередь. Например Датским проектом по управлению окружающей средой в строительном проектировании, были собраны данные о влиянии на окружающую среду множества строительных материалов. Фрагмент информационной базы данных по выбросам в границах ЖЦ конструкционных материалов представлен в таблице 3.

Таблица 3

Экологическая оценка по показателям выбросов используемых в строительстве конструкционных материалов

Конструкция	Строительный материал	Экофактор – выбросы по показателям	
		CO ₂ -экв., г/м ²	SO ₂ -экв., г/м ²
Покрытия/ полы	Бетон	1608	6.26
	Деревянные балки	816	4.61
	Деревянные балки Бетонные соединения	821	4.86
	Сборные деревянные элементы	853	3.78
Плоские крыши	Бетон	1530	8.17
	Бетон Битумные материалы	2171	9.73
	Деревянные балки Битумные материалы	1059	6.61
	Деревянные балки ПВХ	1266	6.86
Наружные стены	Кирпич Фиброцемент	1471	6.29
	Песчаник известковый	841	2.89
	Ячеистый бетон	940	3.18
	Деревянные стойки Обшивка деревом	574	3.10
	Деревянные стойки Фиброцемент	719	3.46

Использование при оценке негативных воздействий СМ по ЖЦ количественных характеристик и их сравнение повышает объективность экологической оценки материалов и позволяет обосновать их выбор согласно требованиям по защите окружающей среды.

К категории чрезвычайно опасных относят выбросы при катастрофах (аварии происходят при перевозке нефти, пожарах и т.д.). Это случается не часто, но в случае катастроф последствия для человека и окружающей среды могут быть чрезвычайными. Поэтому, даже когда шанс катастрофы небольшой, его следует считать важным негативным экологическим аспектом и при выборе материала следует избегать применение материалов из-за высокой степени риска по этому показателю.

Экофактор – выбросы должен учитывать загрязнения и при добыче, транспортировке и хранении, производстве и употреблении различных материалов.

При потреблении энергии речь идет не только о её необходимости для производства материала, но и для его добычи и транспортировки. Употребление энергии означает, с одной стороны, расход дефицитного сырья, а с другой стороны - выброс вредных веществ, например, углекислого газа (влияет на тепличный эффект), оксидов азота (сильнейшие окислители, которые приводят к образованию смога), сернистого газа (является причиной появления кислотных дождей) и т.д.. Первичные энергозатраты для наиболее часто используемых строительных материалов приведены в таблице 4. Уже этих данных достаточно для экологического анализа материала по данному оценочному критерию.

Таблица 4

Пример первичных энергозатрат для наиболее часто используемых строительных материалов и их экологическое сопоставление.

Вид материала	Первичные энергозатраты на добычу и получение материала, кВт·ч/ 1м ³
Алюминий	7250
Полистирол	18900
Минеральная вата	10000
Цемент	1700
Древесноволокнистые плиты	800
Кирпич керамический	500
Газобетон	450
Известково-песчаный раствор	350
Древесные СМ	180
Природные растительные (тростник, солома, лен и др.)	9

Выводы, предложения и рекомендации

Выводы, предложения и рекомендации

1. 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.
2. 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).
3. Пространственные деревянные конструкции используются для покрытий различных промышленных, общественных и сельскохозяйственных зданий: спортивных залов, зерноскладов, выставочных павильонов, театральных и концертных залов, крытых рынков и т.п.
4. Длительная эксплуатация пространственных конструкций как у нас в стране, так и за рубежом свидетельствует о их надёжности и долговечности. Построенные в нашей стране свыше 35 лет назад деревянные своды и купола продолжают эксплуатироваться и находятся в хорошем состоянии. За рубежом пространственные деревянные конструкции всё шире применяют для перекрытия уникальных по размерам пролётов.
5. Существует два основных вида распорных сводов: *тонкостенный клеефанерный свод* стрельчатого или круглого очертания с затяжкой или с передачей распора непосредственно опорам.
6. Кружально-сетчатые своды являются наиболее распространёнными пространственными конструкциями. Состоят они из косяков (цельных или клеефанерных). Пролёт сводов из цельных косяков $l = 12-20$ м, из клеефанерных $l = 20-100$ м.
7. 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.
8. В безметалльном кружально-сетчатом своде принимается сетка как прямоугольная, так и косоугольная с углом $\varphi = 45^\circ$.

9. В металлическом варианте свода из клефанерных косяков устраивают бесшарнирное соединение косяков, когда изгибающий момент в узле воспринимается не только сквозным, но и набегающим косяками.
10. Если угол между образующей свода и сквозным косяком – α , то изгибающий момент, воспринимаемый косяком при шарнирном соединении косяков, когда момент воспринимается только одним сквозным косяком, будет:

$$M_k = \frac{M_a}{\sin \alpha}$$

для косяков сводов с бесшарнирными узлами:

$$M_k = \frac{M_a}{2 \cdot \sin \alpha}$$

сжимающее усилие аналогично по формуле:

$$N_k = \frac{N_a}{2 \cdot \sin \alpha}$$

11. Проверку прочности косяка производят как сжато-изогнутого элемента по формуле:

$$\frac{N}{F_a} + \frac{M_d}{K_{\phi} W_a} \leq \sigma_c$$

где: K_{ϕ} – коэффициент фронтонов, увеличивающий жёсткость покрытия, берётся по таблице учебника Г.Г. Карлсена «Конструкции из дерева и пластмасс».

12. В сводах-оболочках отсутствует распор, свойственный сводам, опёртым по продольным сторонам, поэтому нет необходимости устраивать в них затяжки или контрфорсы.
13. По статической схеме и характеру работы к сводам-оболочкам близки призматические складки, поверхность которых образована наклонными плоскими гранями.
14. Расчёт свода оболочки или призматической складки при соотношении пролёта l_1 к длине волны l_2 :

$$\frac{l_1}{l_2} \geq 3.$$

15. Гипар – это покрытие, выполняемое чаще всего из трёх рядов досок, склеенных между собой или соединённых гвоздями. Оболочка опирается на опоры, расположенные под понижающим углом.
16. 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 рёбристые купола-оболочки.

17. Расчёт куполов-оболочек с достаточной точностью ведётся по безмоментной теории оболочек. При расчёте принимается, что меридианные элементы и рёбра куполов воспринимают меридианальные усилия T_1 , кольцевые настилы – кольцевые усилия T_2 , а косые настилы – сдвигающие усилия S .
18. Изучение и анализ цилиндрических, эллиптических и гиперболических оболочек конструкций кровли сооружений показали, что они относятся к покрытиям с изогнутой поверхностью, в которых все составляющие элементы работают совместно как единое целое.