A photograph of a wooden roof truss structure, showing a complex network of light-colored wooden beams and rafters against a clear blue sky. The structure is composed of numerous interconnected wooden members, including rafters, purlins, and a central ridge beam, forming a triangular and rectangular framework.

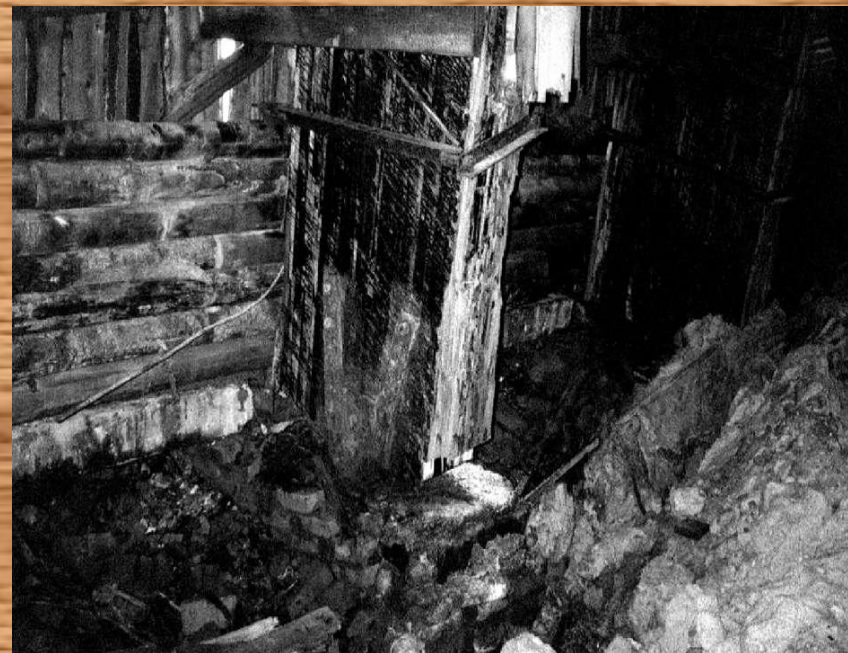
# Классификация повреждений деревянных строительных конструкций

# ХАРАКТЕРНЫЕ ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

- Дефекты конструкций - это отклонения формы и фактических размеров от проектных параметров, возникшие в процессе изготовления и монтажа. Повреждения конструкций - это снижение качества, нарушение формы и фактических размеров, возникшие в процессе эксплуатации под воздействием нагрузок и условий эксплуатации.
- При инженерном обследовании деревянных конструкций особое внимание обращается на места, наиболее опасные в отношении увлажнения и загнивания древесины: дощатые настилы под рулонным ковром, ендовы и карнизные участки покрытия, конструкции у торцовых стен, опорные части конструкций, наличие и состояние гидроизоляции, подоконные участки, нижние брусья стен, верхние грани балок, арок, рам, ферм.

# Наиболее часто встречаются следующие дефекты и повреждения деревянных конструкций:

- загнивание древесины, поражение насекомыми
- продольные усушенные трещины, разрывы растянутых элементов в местах ослабления сечения
- отклонение от вертикали, выгиб из плоскости, местное выпучивание сжатых элементов
- прогибы и изломы изгибаемых элементов
- расслоения по клеявым швам клееных деревянных элементов
- дефекты соединений (скалывание лобовых врубок и шпонок, срезы нагелей)
- механические повреждения с ослаблением поперечного сечения элементов (см. рис. Механическое повреждение поперечного сечения клееной деревянной арки (отрыв четырех слоев на высоту 1,5 м от опорного))





# ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ

- нарушение правил эксплуатации
- низкая прочность конструкций (дефекты изготовления)
- дефекты узловых монтажных соединений
- недостаточная несущая способность оснований
- недостаточное опирание несущих конструкций на каменную кладку
- нарушение правил производства строительно-монтажных работ - (см. рис. Разрушение опорного узла стрельчатой арки из-за применения металлического башмака от гнукотклееной рамы)
- ошибки в проектных решениях
- внешние воздействия, превысившие расчетные величины



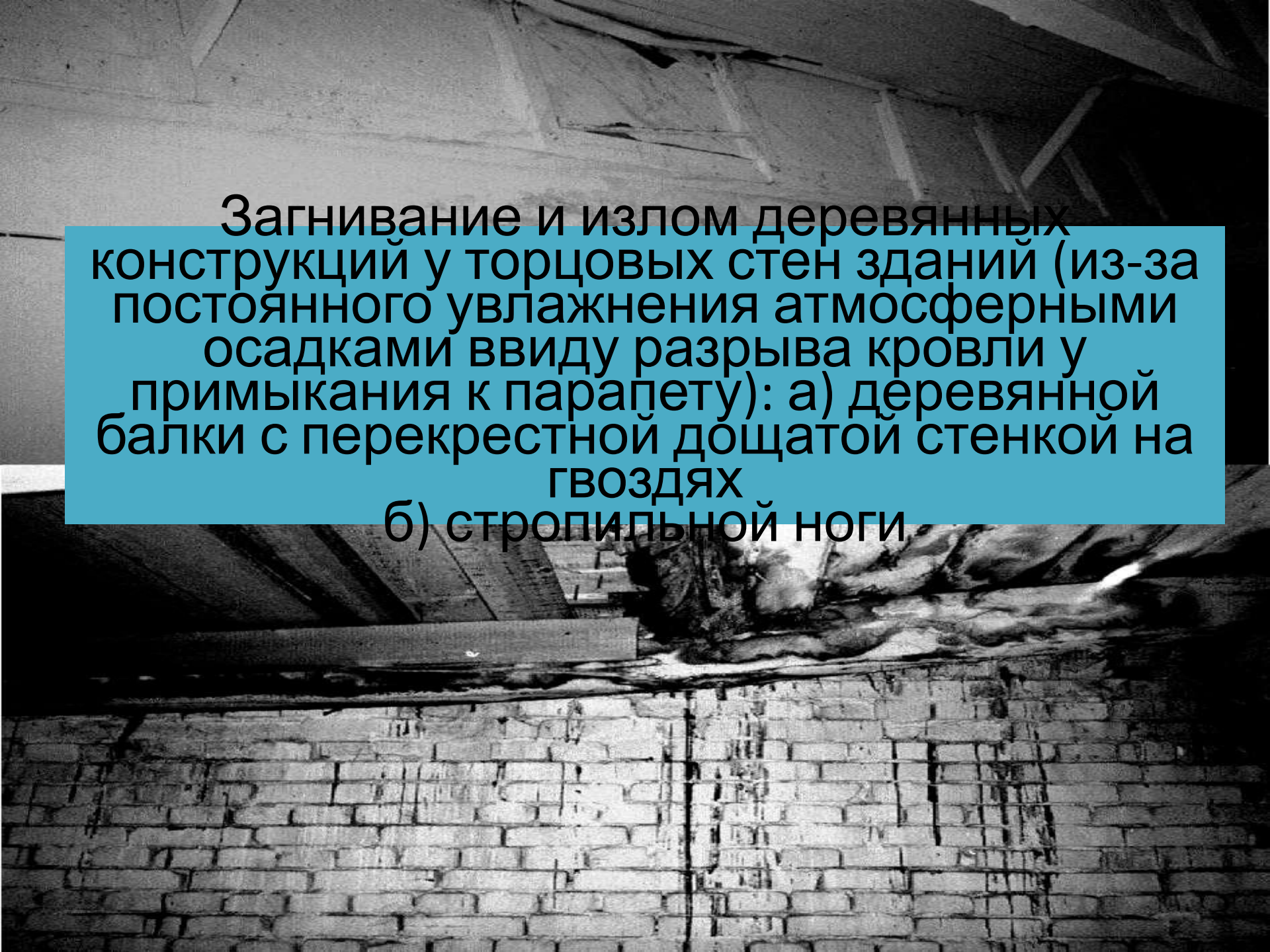
# Нарушение правил эксплуатации

- Большинство серьезных повреждений и аварий деревянных конструкций, как и других видов строительных конструкций, связано с нарушением правил эксплуатации зданий и сооружений. Чаще всего эти нарушения приводят к загниванию деревянных конструкций. Основные причины загнивания деревянных конструкций: прямое или конденсационное увлажнение, дефекты гидроизоляции, не соблюдение температурно-влажностного режима эксплуатации (см. рис. 1-4).
- Наиболее часто стропильные конструкции повреждаются у торцов зданий, из-за протечек в кровле ввиду небрежно выполненного примыкания рубероидного ковра к парапетным стенам. Возведение различных пристроек и надстроек к существующему зданию приводит к изменению схемы приложения снеговой нагрузки на покрытие и схемы водоотвода с крыши. Если эти вопросы решены неграмотно, то конструкции оказываются перегруженными в зоне снегового мешка, а нарушение водостока приводит к загниванию опорных частей конструкций.
- Случаев загнивания КДК очень мало, в частности, отмечены случаи загнивания верхней зоны сечения арок под прогонами, а также зафиксировано загнивание арок, расположенных в противопожарных зонах складов минеральных удобрений. Для повышения огнестойкости арок, по требованию пожарников, поперечное сечение конструкций в этих зонах обшили оцинкованной жстью с прокладкой из асбеста. Сечение деревянного элемента оказалось в замкнутом пространстве без вентиляции, что привело к конденсации влаги на поверхности арок и загниванию древесины. После случаев обрушения таких арок было принято решение снять эту обшивку.
- Характерная ошибка при эксплуатации чердачных помещений - глухая заделка слуховых окон (листами фанеры или остекление). Это не только нарушает режим проветривания деревянных конструкций, но и приводит в летний период к повышению температуры внутри чердачного помещения ( $t > 50^{\circ}\text{C}$ , особенно при использовании в покрытии кровельного железа). По этой причине наблюдается разрыв нижних растянутых поясов деревянных ферм из-за «текучести» древесины при высоких температурах.
- Балки чердачных перекрытий в старых зданиях часто полностью засыпаются шлаком, что ведет к поверхностному загниванию деревянных балок на глубину 2...3 см, однако при сверлении в глубину сечения древесина, судя по белому цвету стружки, зачастую имеет здоровый вид. Другой ошибкой является обертывание толем опорных концов балок или даже полное обертывание толем балок по всей длине, что способствует конденсации влаги на поверхности древесины и препятствует проветриванию конструкций. Достаточно проложить слой гидроизоляции под опорную подушку или опорную часть балки, соприкасающуюся с кирпичной стеной.

Загнивание опорной части деревянной балки с перекрестной дощатой стенкой на гвоздях (из-за нарушения водостока с кровли после пристройки слева более высокого здания)







Загнивание и излом деревянных конструкций у торцовых стен зданий (из-за постоянного увлажнения атмосферными осадками ввиду разрыва кровли у примыкания к парапету): а) деревянной балки с перекрестной дощатой стенкой на гвоздях  
б) стропильной ноги



Загнивание деревянной балки подвесного потолка из-за протечек в кровле: а) вид сверху со стороны чердачного помещения б) вид снизу





# Низкая прочность конструкций (дефекты изготовления)

- Другой, часто встречающейся причиной повреждений и аварий деревянных конструкций являются дефекты изготовления, которые возникают при нарушении технологического процесса производства конструкций. В частности, применение для изготовления конструкций сырой древесины (с влажностью более 20 %) приводит в процессе эксплуатации к появлению в деревянных элементах продольных усушечных трещин, которые мало влияют на несущую способность сжатых и изгибаемых элементов, но опасны в растянутых элементах и в коротких балках.
- Для КДК наиболее характерны следующие нарушения технологического процесса:
- сушка пиломатериалов при жестких режимах, что приводит к короблению досок, появлению значительных внутренних напряжений в клееных элементах и расслоению по клеявым швам
- превышение нормативных сроков хранения синтетических смол, несоблюдение правил приготовления клеев, ошибки в дозировке отвердителя ведут к снижению прочности клеявых швов и их расслоению в процессе эксплуатации
- низкое качество соединений заготовок по длине на зубчатый шип и возможное расположение в одном сечении элемента более 25 % стыков заготовок (см. рис.).
- Действующими инструкциями не регламентируется месторасположение зубчатых стыков отдельных заготовок по высоте клееного элемента, так как при массовом производстве конструкций длина заготовок (от 2 до 6,5 м) - величина случайная и вероятность совмещения в одном поперечном сечении более 25% стыков заготовок мала. Однако в небольших цехах, при незначительных объемах выпуска КДК, необходим жесткий контроль над этим параметром. Иначе, например, при использовании досок длиной 4,5 м для заготовочного блока конструкции длиной 9 м большинство стыков слоев может оказаться в одном, как правило, самом опасном сечении, что приводит к авариям конструкций.

Фрагмент разрушенного карнизного узла гнutoкклееной рамы (в карнизном сечении рамы оказалось более 70% стыков заготовок по длине)



Фрагмент разрушившейся стрельчатой арки (сечение ослаблено на 90%: из 8 слоев 7 оказались стыки заготовок по длине)





# Дефекты узлов

- Основные причины дефектов у соединений деревянных конструкций
- отсутствие обжатия деревянных элементов в соединениях болтов (болты отсутствуют или не затянуты)
- нарушение правил расстановки болтов вдоль и поперек волокон соединяемых элементов
- коррозия металлических соединительных деталей
- применение нетиповых узлов.
- При длительной эксплуатации конструкций в агрессивных средах не должна своевременно возмещаться антикоррозионная защита, что приводит к повреждению металлических соединительных деталей и крепежных болтов в узлах конструкций до 10% и более. Вместе с тем «вскрытие конькового узла демонтированной арки склада селвинитовой руды после 20-летней эксплуатации показало, что коррозия соединительных болтов внутри деревянного элемента не превышает 10% (см. рис. вскрытие конькового узла арки после 20-летней эксплуатации в агрессивной среде склада селвинитовой руды (коррозия болтов внутри клееного деревянного элемента не превышает 10%))





## Недостаточная несущая способность оснований, недостаточное опирание несущих конструкций на каменную кладку

Такие причины, как недостаточная несущая способность оснований и недостаточное опирание несущих конструкций на каменную кладку в деревянных конструкциях, практически не зафиксированы.

### Нарушение правил производства строительного-монтажных работ

- Наиболее часто встречаются следующие нарушения:
- внецентренное опирание стропильных конструкций на колонны
- неправильное складирование и хранение конструкций на строй площадке
- монтаж конструкций без использования мягких строп, специальных траверс и других вспомогательных приспособлений
- опорные части арок и рам должны располагаться выше уровня чистого пола на 300...500 мм, однако на практике это правило не соблюдается и опорные узлы конструкций зачастую находятся даже ниже планировочной отметки земли (см. рис. Планировочная отметка земли в нарушение правил расположена выше опорных узлов



# Внешние воздействия, превысившие расчетные величины

Из внешних воздействий, превысивших расчетные значения, основной в Оренбургской области является снеговая нагрузка. Строители нередко возводят в Оренбургской области, где нормативная снеговая нагрузка составляет  $1.7 \text{ кН/м}^2$ , объекты по проектам, разработанным для европейской части страны, где снеговая нагрузка не превышает  $1 \text{ кН/м}^2$ , что ведет к перегрузке несущих конструкций и возникновению аварийных ситуаций. Схемы отложения снега на покрытиях из стрельчатых арок и высоких гнуклееных рам (угол наклона ригеля более  $14^\circ$ ) значительно отличаются от соответствующих схем СНиП и зависят от ориентации продольной оси объекта. При расположении продольной оси сооружения на местности в направлении восток-запад, то есть практически перпендикулярно направлению господствующих зимой ветров в Пермской области, снег с одной половины кровли сдувается, а на другой стороне образуется снеговой мешок высотой до 3 м (см. рис.). Кроме того, фактическая величина снеговой нагрузки в момент аварий значительно (в 1,6...3 раза) превышает расчетные значения и из-за высокой плотности снега в феврале-марте, которая достигает  $400...600 \text{ кг/м}^3$

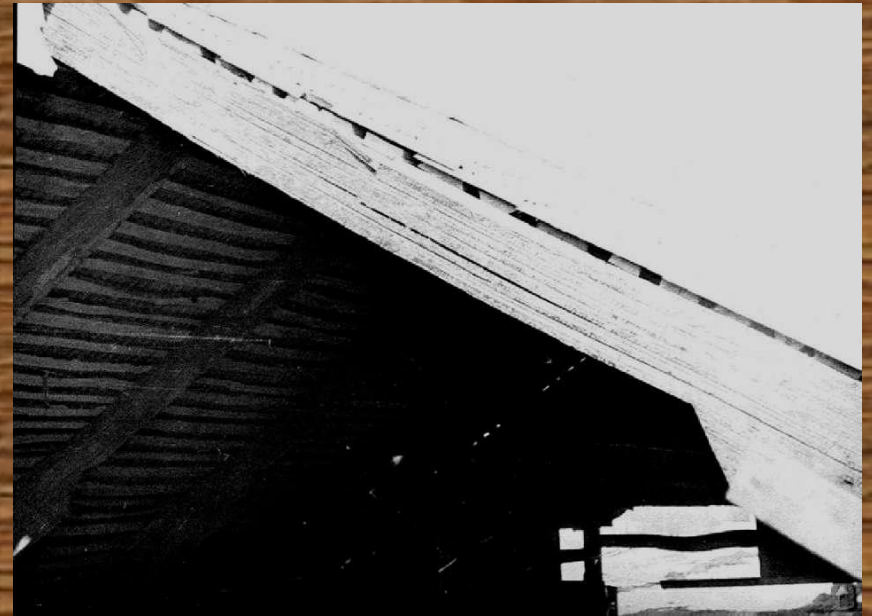


**Сверхнормативная снеговая нагрузка на покрытии из стрельчатых арок пролетом 45 м в момент аварии (максимальная высота снежного покрова 2,6 м)**

**Сверхнормативная, односторонняя  
снеговая нагрузка на высокие  
гнутоклееные рамы в момент  
аварии**

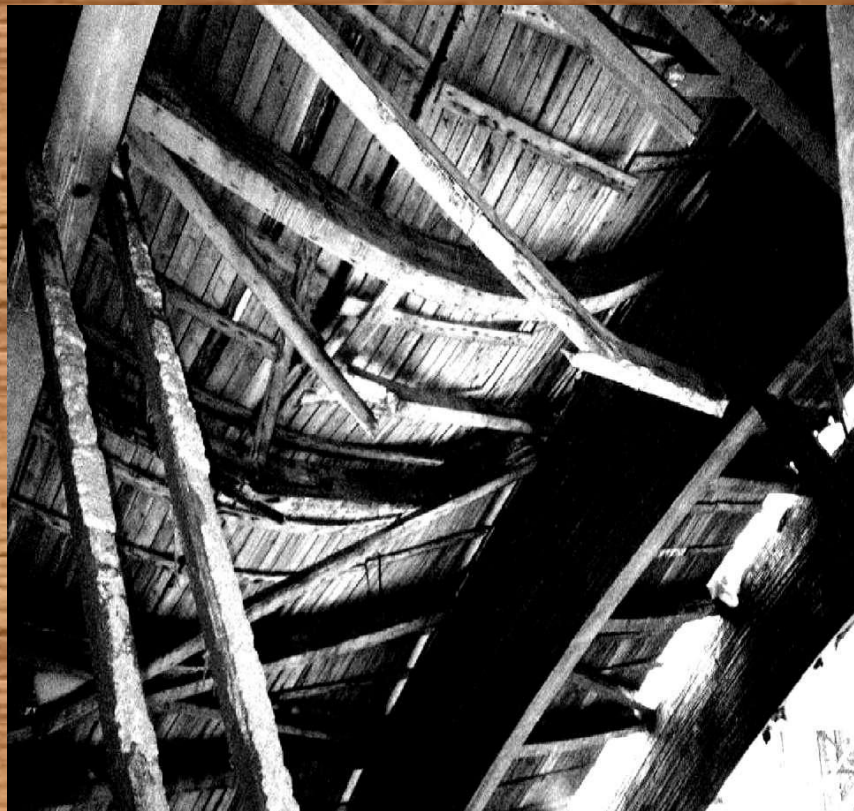


**Расслоение по клеевым швам и прогиб  
ригеля гнутоклееной рамы от  
воздействия односторонней  
сверхнормативной снеговой нагрузки**

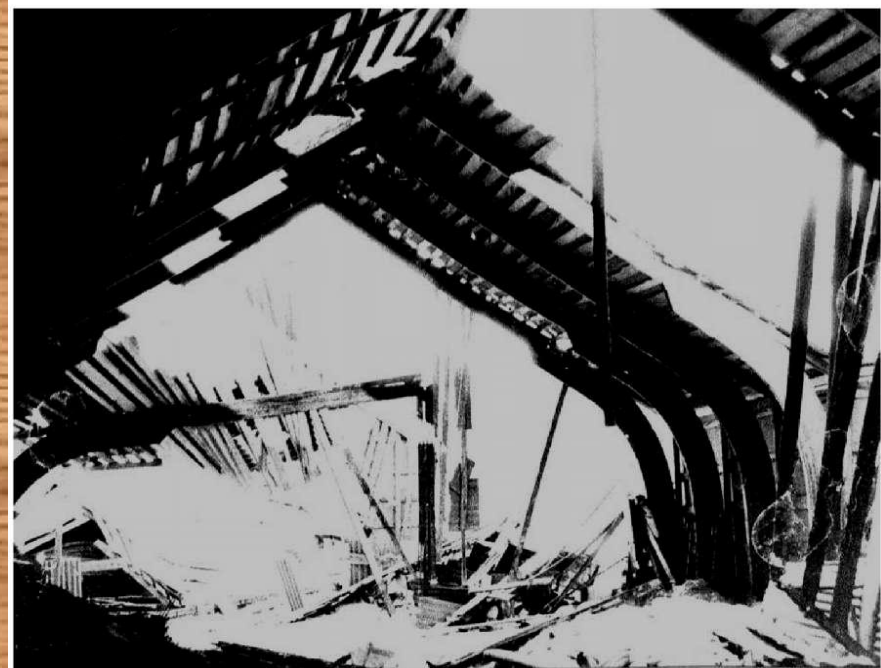




**Прогиб прогонов покрытия в зоне сверхнормативного отложения снега превышает предельно допустимый прогиб в 2...3 раза**



**Общий вид складов из клееных деревянных конструкций после аварии из-за сверхнормативной односторонней снеговой нагрузки а) склад минеральных удобрений из стрельчатых арок б) склад готовой продукции из гнуклееных рам**



# ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

## Влияние длительности действия нагрузки

Работы по исследованию влияния продолжительности действия нагрузки на прочность древесины были проведены проф. Ф. П. Белянкиным в 1931 - 1934 гг. Было установлено, что древесина обладает свойством ползучести, т. е. под воздействием приложенной постоянной нагрузки в древесине наблюдается рост деформаций, который со временем прекращается (затухает), если нагрузка не превышает определенного предела. В этом случае, после снятия нагрузки часть деформаций (упругие) исчезает сразу, другая часть (эластичные) - постепенно, а остаточные деформации остаются. Если же нагрузка превысила определенный предел, то деформации в деревянном элементе возрастают до разрушения образца.

Влажностью древесины называется отношение массы влаги, содержащейся в данном объеме древесины, к массе абсолютно сухой древесины, выраженное в процентах.

Зависимость прочности древесины на сжатие от влажности: увеличение влажности от 0 до 30 % приводит к снижению прочности и модуля упругости; повышение влажности выше 30 % не оказывает существенного влияния на прочность.

Сушкой древесины называется процесс удаления влаги из древесины путем испарения. Используются три способа сушки пиломатериалов: естественная (атмосферная), искусственная (камерная) и комбинированная (атмосферная + камерная).

Сушка древесины - важнейший этап в процессе изготовления деревянных конструкций. Неравномерная сушка приводит к деформациям деревянных элементов, появлению радиальных и продольных усушечных трещин. Чем медленнее идет процесс сушки, тем меньше внутренние напряжения, возникающие за счет изменения размеров деревянного элемента, и меньше вероятность появления дефектов. Пиломатериалы для изготовления несущих КДК рекомендуется сушить в две стадии: 1) естественная сушка до влажности 25...30%, 2) камерная сушка при мягких режимах до стандартной влажности 12%.

# Влияние пороков древесины

Пороками древесины называются изменения внешнего вида древесины, нарушающие правильность ее строения, целостности ее тканей, клеточных оболочек и другие недостатки отдельных участков древесины, снижающие ее качество и ограничивающие возможность ее использования. Согласно ГОСТ 214081\* «Видимые пороки древесины», пороки подразделяются на группы, виды и разновидности.

Основные группы пороков: сучки, трещины; пороки формы ствола; пороки строения древесины; химические окраски; грибные поражения; биологические повреждения; инородные включения, механические повреждения и пороки обработки; покоробленности.

Пороки снижают прочность древесины: в меньшей степени при работе древесины на сжатие, смятие и изгиб, и в большей степени при работе древесины на растяжение и скалывание. Существенно влияют на прочность древесины следующие группы пороков.

Сучки - части ветвей, заключенные в древесине ствола. Они нарушают однородность строения древесины, вызывают образование местных косослоев, затрудняют механическую обработку древесины.

Пороки формы ствола: сбежистость - изменение диаметра по длине ствола дерева более чем на 0,8 см на 1 м длины ствола; закомелистость - резкое увеличение диаметра комлевой части ствола; овальность; наросты; кривизна.

Пороки строения древесины: наклон волокон (косослой) - отклонение волокон древесины от продольной оси ствола дерева; крень (местная, сплошная) - изменение строения древесины, выражающееся в увеличении ширины поздней зоны годичных слоев; свилеватость (волнистая, путанная) - извилистое или путаное расположение волокон древесины; сердцевина; двойная сердцевина; засмолок и др.

В зависимости от наличия, количества и месторасположения тех или иных пороков в древесине, пиломатериалы подразделяются на сорта. Согласно СНиП «Деревянные конструкции» для несущих элементов деревянных конструкций должна применяться древесина 1, 2 и 3-го сортов с учетом указаний приложения №1. Для деревянных конструкций, кроме требований ГОСТ 8486-86\*Е на пиломатериалы хвойных пород и ГОСТ 9463-88\* на лесоматериалы круглые хвойных пород, предъявляются дополнительные требования по ширине годичных слоев (не более 5 мм), содержанию в них поздней древесины (не менее 20%) и недопустимости сердцевины.

В нормах учитывается также, что в брусках имеется меньше перерезанных при распиловке волокон, чем в досках, а в бревнах их нет, поэтому для таких элементов расчетные сопротивления повышены. Кроме того, прочность при изгибе, при прочих равных условиях, зависит от формы поперечного сечения элементов и отношения  $h/b$  - для элементов прямоугольного сечения. На изгиб работают многие конструктивные элементы: балки, настилы. Изгибаемые элементы работают надежно и предупреждают об опасности обрушения заранее большими прогибами.



# Влияние угла между усилием и направлением волокон древесины

Древесина обладает ярко выраженной анизотропией строения: при изменении угла между направлением действующего усилия и направлением волокон древесины от 0 до 90° расчетное сопротивление древесины на сжатие и смятие по всей поверхности уменьшается примерно в 7 раз, например для 2-го сорта, с 13 до 1,8МПа.

- Влияние температуры

На основе многочисленных испытаний установлено, что прочность древесины зависит и от температуры. С повышением температуры от 20 до 50°C предел прочности снижается в среднем (в %): при сжатии - на 20...30; при растяжении - на 12...15. С повышением температуры также понижается и модуль упругости.

При отрицательных температурах предел прочности на сжатие при любой влажности несколько повышается за счет включения в работу замерзшей воды. Однако древесина при этом становится хрупкой и ее прочность на раскалывание снижается.

