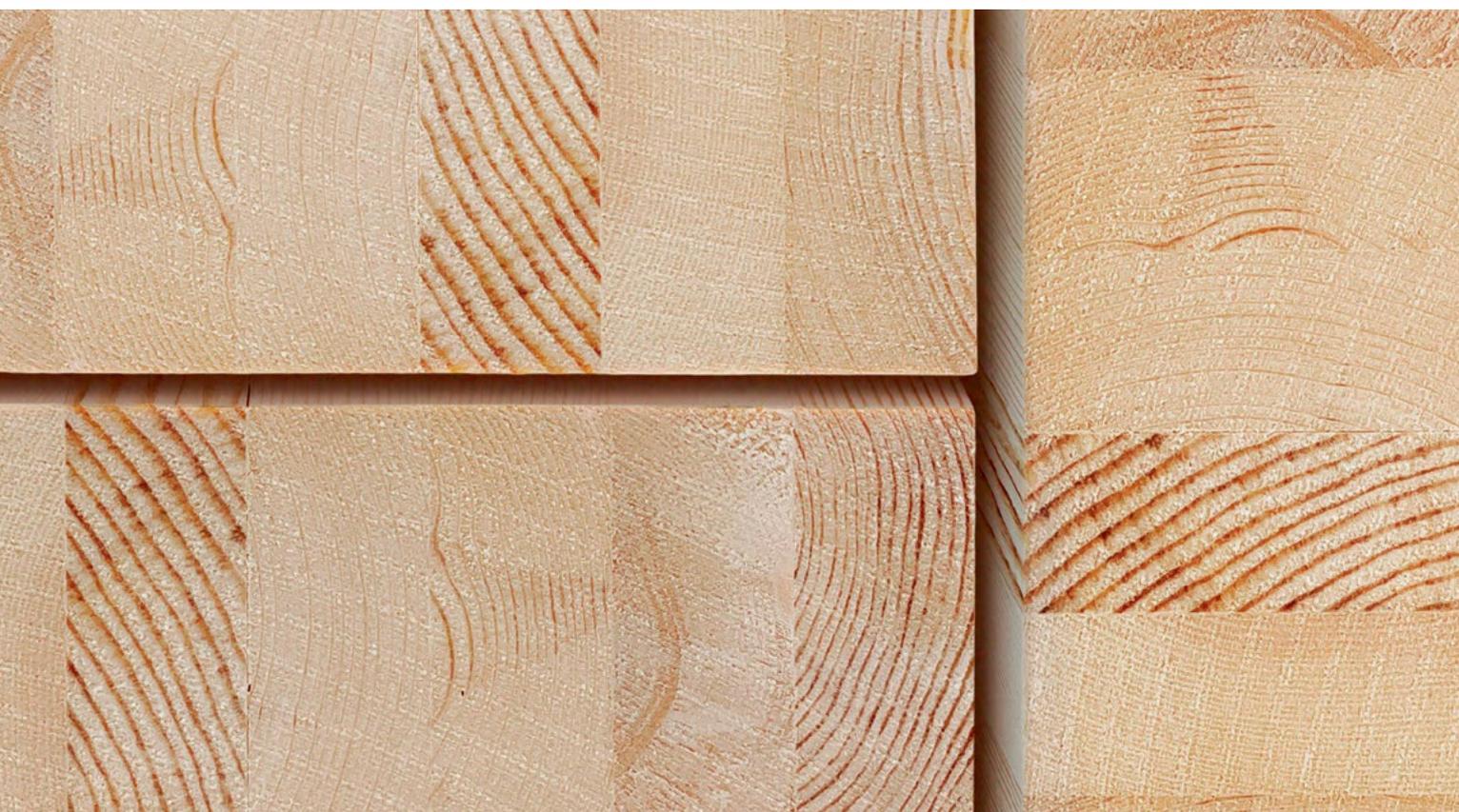


# Пособие по проектированию и применению конструкций из клееной древесины



Все имущественные права на «Пособие по проектированию и применению конструкций из клееной древесины компании ТехноНИКОЛЬ» принадлежат ООО «ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы».

Цитирование документа допускается только со ссылкой на настоящее Пособие.

Пособие не может быть полностью или частично воспроизведено, тиражировано или распространено без разрешения ООО «ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы».

При разработке нормативной и проектной документации рекомендуется использовать отпечатанные типографским способом экземпляры документа. Отпечатанное типографским способом пособие может быть получено у торговых партнеров компании, а также при обращении в службу технической поддержки компании ТехноНИКОЛЬ.

Горячая линия  
8 800 200 05 65  
Звонок по России бесплатный

E-mail: [rm@tn.ru](mailto:rm@tn.ru)

[www.TN.ru](http://www.TN.ru)

# Содержание

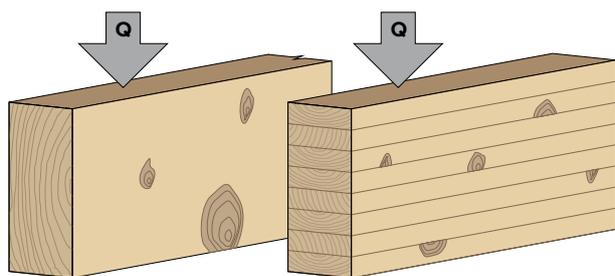
|   |           |
|---|-----------|
| <b>КЛЕЕННЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ</b> .....                                 | <b>4</b>  |
| Характеристики и преимущества .....                                       | 4         |
| Классификация деревянных конструкций .....                                | 5         |
| Сортамент клееных элементов .....   | 6         |
| Элементы двухслойные и трёхслойные (Duo/Trio) .....                       | 6         |
| Общие требования по обеспечению надёжности деревянных конструкций .....   | 7         |
| <b>ПЕРЕКРЫТИЯ И КРЫШИ</b> .....   | <b>8</b>  |
| Рекомендации по назначению предварительного сечения .....                 | 8         |
| Общие сведения .....  | 9         |
| Опираие на несущую конструкцию .....                                      | 11        |
| Способы усиления опорных площадок КДК .....                               | 11        |
| Опираие КДК на каменные стены .....                                       | 13        |
| Опираие КДК на стены из ячеистого газобетона .....                        | 14        |
| Пересечение наружной каменной стены и КДК .....                           | 15        |
| Опираие КДК в деревянных каркасных домах .....                            | 17        |
| Опираие КДК на деревянные колонны .....                                   | 19        |
| Примыкание к несущей конструкции .....                                    | 24        |
| Соединения на клеенных стержнях (резьбовых шпильках) .....                | 24        |
| Соединение с помощью коннекторов «Ласточкин хвост» .....                  | 28        |
| Соединение с помощью Т-образных металлических пластин и нагелей .....     | 29        |
| Соединения при помощи стальных перфорированных опор .....                 | 31        |
| Непосредственное примыкание дерево-дерево с помощью болтов .....          | 33        |
| Соединение с помощью закладных металлических пластин .....                | 34        |
| Соединения на Металлических Зубчатых Пластинах (МЗП) .....                | 36        |
| Опираие на мауэрлат .....   | 38        |
| Подрезки в балках из КД .....   | 39        |
| Отверстия в балках из КД .....  | 40        |
| <b>КОЛОННЫ</b> .....  | <b>41</b> |
| Регулируемые опоры .....  | 42        |
| Нерегулируемые опоры .....  | 42        |
| Нерегулируемые опоры, воспринимающие момент в одной плоскости .....       | 43        |
| Нерегулируемые опоры, воспринимающие момент в двух плоскостях .....       | 44        |
| Прочие узлы крепления колонн к бетонным основаниям .....                  | 44        |
| <b>ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ к конструкциям из древесины</b> . . . . | <b>45</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b> .....   | <b>49</b> |
| <b>Перечень нормативных документов</b> .....                              | <b>51</b> |



## КЛЕЕННЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

### Характеристики и преимущества

Клеёные деревянные элементы (далее КДЭ)—это строительный материал, получаемый путем склеивания нескольких слоев древесины (ламелей) при помощи специального клея под высоким давлением. Это позволяет получить брус без сквозных трещин и дефектов, который обладает повышенной прочностью и стабильностью.



Слоистая структура КДЭ способствует рассредоточению пороков, а, следовательно, повышению прочности вдоль волокон по сравнению с цельной древесиной при одинаковом качестве исходного материала.

Клееный брус используется в строительстве загородных домов, бань, беседок, и других сооружений, где требуется высокая надежность и долговечность. Он обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, легкостью монтажа и обработки, относительно малым весом и эстетичным внешним видом. Возможность комбинирования с конструкциями из других материалов (металл, железобетон) открывают практически неограниченные возможности проектирования.

КДЭ обрабатываются в соответствии с проектными решениями и спецификациями в заводских условиях на современных станках с ЧПУ. Высокая степень заводской готовности, достигаемая таким образом, и унифицированные типоразмеры элементов обеспечивают простоту сборки и обработки конструкций на строительной площадке.



## Классификация деревянных конструкций

Деревянные конструкции классифицируют по следующим основным признакам:

- функциональное назначение;
- условия эксплуатации;
- срок службы.

По функциональному назначению КДЭ подразделяют на классы с учетом уровня ответственности зданий и сооружений согласно ГОСТ 27751 и вида и пролета конструкций. При этом для различных элементов зданий применяют различные классы функционального назначения.

| Обозначение класса | Общая характеристика класса функционального назначения   |
|--------------------|--|
| 1                  | 1а Несущие конструкции с пролетами более 100 м; мачты и башни и многоэтажные здания высотой более 60 м.  |
|                    | 1б Несущие конструкции для зданий музеев, спортивно-зрелищных объектов и торговых предприятий с массовым пребыванием людей, а также сооружений с пролетами более 60 м для конструкций из КДК и 40 м—из цельной древесины и древесных материалов; мачт и башен высотой более 40 м и многоэтажные здания высотой более 28 м. |
| 2                  | 2а Несущие конструкции любых форм, не вошедшие в другие классы.  |
|                    | 2б Конструкции стен зданий и сооружений различного назначения, не вошедшие в 3-й класс. Конструкции покрытий и перекрытий пролётами не более 7,5 м. Конструкции зданий из ДПК до трёх этажей включительно.   |
|                    | 2в Конструкции стен зданий и сооружений различного назначения из клеёного бруса до трёх этажей включительно.   |
| 3                  | Конструкции теплиц, парников, мобильных зданий (сборно-разборные и контейнерного типа); складов временного содержания; бытовок вахтового персонала и других подобных сооружений с ограниченными сроками службы и пребывания в них людей.   |

Для коттеджного и малоэтажного строительства применяются КДЭ класса функционального назначения 2б, 2в и 3 во всех случаях, кроме конструкций покрытий и перекрытий пролётами более 7,5 метров для таких конструкций применяются КДЭ класса 2а.

КДЭ классов 1а, 1б и 2а не допускается применять в помещениях с относительной влажностью воздуха менее 45% при температуре не выше +35 °С.

КДЭ классов 2б, 2в и 3 допускается применять при относительной влажности воздуха не менее 30% с суммарным периодом меньшей влажности не дольше 3 недель в году.

Для зданий классов функционального назначения 1а, 1б и 2а не допускается заделка поясов, опорных и промежуточных узлов, концов элементов решетки ферм в толщу стен, совмещенных покрытий или чердачных перекрытий. Опорные части несущих конструкций (ферм, арок, балок и др.) при их размещении в гнездах каменных стен должны быть открыты.

Объекты с высоким уровнем ответственности, при проектировании и строительстве которых используют принципиально новые конструктивные решения, не прошедшие проверку в практике строительства и эксплуатации, должны быть отнесены к классу функционального назначения 1а.

Условия эксплуатации и срок службы деревянных конструкций учитываются при определении расчётных характеристик КДЭ применением понижающих коэффициентов в соответствии с СП 64.13330.



## Сортамент клееных элементов

| Высота сечения, мм | Ширина сечения, мм |           |           |
|--------------------|--------------------|-----------|-----------|
|                    | 90 (95)            | 140 (145) | 190 (195) |
| 80                 | +                  | -         | -         |
| 90                 | +                  | -         | -         |
| 120                | +                  | -         | -         |
| 140                | -                  | +         | -         |
| 160                | +                  | +         | -         |
| 190                | +                  | -         | +         |
| 200                | +                  | +         | +         |
| 240                | +                  | +         | +         |
| 280                | +                  | +         | +         |
| 320                | +                  | +         | +         |
| 360                | +                  | +         | +         |
| 400                | +                  | +         | +         |
| 440                | +                  | +         | +         |
| 480                | +                  | +         | +         |
| 520                | +                  | +         | +         |
| 560                | +                  | +         | +         |
| 600                | +                  | +         | +         |

### Примечания:

1. Стандартные клеёные элементы допускается применять в качестве самостоятельных конструкций или составных частей сложных конструкций классов функционального назначения 2а, 2б, 2в, 3 по ГОСТ 20850;
2. Стандартные клеёные элементы допускается применять для классов условий эксплуатации 1б (сухой), 2 (нормальный), 3 (влажный), 4 (мокрый) по ГОСТ 20850;
3. Стандартные клеёные элементы могут выпускаться с заданными классами прочности К20, К24, К26, К28 по ГОСТ 33081;
4. Стандартные клеёные элементы изготавливают визуального качества (ВК) или промышленного качества (ПК) по ГОСТ 20850;
5. Размеры сечений указаны для стандартных клеёных элементов класса ВК;
6. В скобках указана ширина сечения стандартных клеёных элементов класса ПК;
7. Допускается выполнять продольное деление конструкций по высоте сечения;
8. Длины стандартных клеёных элементов устанавливаются по требованию, но не более 12000 мм.

## Элементы двухслойные и трёхслойные (Duo/Trio)

Представляют собой клеёные элементы прямоугольного сечения без видимых клеевых швов с обеих сторон. Применяются в основном в жилых и общественных зданиях. 2-х слойные и 3-х слойные элементы промышленного качества (ПК) идеально подходят для использования в деревянных каркасах и панельных конструкциях, поскольку они, в отличие от обычной строительной древесины, не подвержены короблению.

| Наименование        | Ширина сечения, мм | Высота сечения, мм | Длина мм |
|---------------------|--------------------|--------------------|----------|
| Элемент 2-х слойный | 80                 | 80; 90; 140; 190   | до 12000 |
| Элемент 3-х слойный | 120                | 140; 190           | до 12000 |

## Общие требования по обеспечению надёжности деревянных конструкций

Конструкционные меры должны предусматривать:

- предохранение древесины конструкций от непосредственного увлажнения атмосферными осадками, грунтовыми и талыми водами, эксплуатационными и производственными водами;
- предохранение древесины конструкций от промерзания, капиллярного и конденсационного увлажнения;
- контролирование влажности древесины конструкций путем создания требуемого температурно-влажностного режима (естественная и принудительная вентиляция помещения, устройство в конструкциях и частях зданий осушающих продухов, аэраторов).

Несущие деревянные конструкции должны быть открытыми, хорошо проветриваемыми, по возможности доступными во всех частях для осмотра.

В отапливаемых зданиях и сооружениях несущие конструкции следует располагать так, чтобы они целиком находились либо в пределах отапливаемого помещения, либо вне его. Допускается при соответствующем обосновании располагать несущие деревянные клееные конструкции (балки, рамы, арки) частично внутри отапливаемого помещения, а частично снаружи. При этом конструкции должны иметь усиленную защиту в местах пересечений ограждающих конструкций (стен, перекрытий, покрытий) от увлажнения и биоразрушения.

Не допускается заделка поясов, опорных и промежуточных узлов, концов элементов решетки ферм в толщу стен, совмещенных покрытий или чердачных перекрытий. Опорные части несущих конструкций (ферм, арок, балок) при размещении их в гнездах каменных стен должны быть открыты. Запрещается заделывать наглухо зазоры между стенками гнезд и опорными частями конструкций кирпичом, раствором, герметизирующими материалами и т.п. В наружных каменных стенах отапливаемых зданий и сооружений, а также во внутренних стенах, разделяющих отапливаемые и неотапливаемые помещения, задние стенки гнезд следует утеплять во избежание их промерзания, в соответствии с теплотехническим расчетом.

Для несущих конструкций, имеющих на опорах металлические башмаки (фермы, арки и др.), опирание на наружные каменные стены отапливаемых зданий и сооружений с выделкой гнезд не допускается из-за опасности выпадения конденсата на металле. Такие конструкции следует опирать на железобетонные опоры (колонны), пилястры стен и другие опоры, выступающие внутрь помещения.

В местах опирания несущих конструкций на фундамент, каменные стены, пилястры, железобетонные колонны между древесиной конструкций и более теплопроводным материалом опоры следует вводить гидроизоляционные прокладки.

При эксплуатации конструкций в условиях, где возможно выпадение конденсата на металлических поверхностях, следует принимать меры по предохранению древесины от увлажнения в местах контакта с металлическими крепежными элементами (накладки, уголки, шайбы под болты и пр.). Для этого между древесиной и металлическим элементом следует вводить гидроизоляционный слой (мастику, прокладки из рулонных гидроизоляционных материалов, эластичные прокладки или уплотнительные ленты).

При расположении деревянных рам, арок и стоек (колонн) внутри помещений обрез опоры следует устраивать на такой высоте от уровня пола, чтобы в процессе эксплуатации исключалась возможность увлажнения опорного узла.

Опорные части и узловое соединения несущих конструкций, эксплуатируемые на открытом воздухе или в зданиях с повышенной влажностью, следует проектировать таким образом, чтобы концы элементов были, по возможности, хорошо проветриваемыми и имели минимальную площадь контакта с металлом. Следует избегать использования глухих металлических башмаков при опирании несущих конструкций на фундамент в коньковых узлах арок, рам и др.

При возможности, несущие конструкции следует располагать таким образом, чтобы они целиком находились либо в пределах отапливаемого помещения, либо вне его.



## ПЕРЕКРЫТИЯ И КРЫШИ

### Рекомендации по назначению предварительного сечения

Клеёные деревянные элементы могут использоваться в конструкциях наружных и внутренних стен, перегородок, межэтажных перекрытий, плоских и скатных крыш.

В первом приближении высоту несущих элементов перекрытий, стропил можно принимать в зависимости от предполагаемой нагрузки, длины пролёта и толщины элемента по следующей таблице. Окончательное сечение элемента необходимо определять по результатам расчёта по СП 64.13330.

| Ширина балки | Относительная высота балки ( $L/h$ ) при равномерно-распределённой нагрузке (кН/м) |        |        |        |      |        |        |      |       |        |       |       |       |
|--------------|--|--------|--------|--------|------|--------|--------|------|-------|--------|-------|-------|-------|
|              | 1  | 2      | 3      | 4      | 5    | 7      | 10     | 15   | 20    | 25     | 30    | 35    | 40    |
| 90 мм        | L/29   | L/22,5 | L/19,5 | L/17,5 | L/16 | L/14,5 | L/12   | L/10 | L/8,5 | L/7,5  | L/6,5 | L/5,5 | L/4,5 |
| 140 мм       | L/33   | L/26,5 | L/22,5 | L/20,5 | L/19 | L/16,5 | L/14,5 | L/12 | L/10  | L/9    | L/8,3 | L/7,5 | L/7   |
| 190 мм       | L/34   | L/27,5 | L/24   | L/21,5 | L/20 | L/18   | L/16   | L/14 | L/12  | L/10,5 | L/9,5 | L/9   | L/8,5 |

Примечания:

1. Здесь  $L$  – длина пролёта. Например, для перекрытия пролёта длиной 6 м с нагрузкой 5 кН/м подойдёт балка высотой  $6/20 = 0,3$  м при ширине 190 мм, или  $6/16 = 0,375$  м при ширине 90 мм.
2. При составлении таблицы применён коэффициент  $m_{дл} = 0,66$ .
3. Длины пролётов рассчитаны исходя из требований прочности и эстетико-психологических требований по предельно допустимому прогибу в центре пролёта.
4. Промежуточные величины следует определять интерполяцией.
5. Полученную высоту элемента округлять в большую сторону до ближайшего значения из сортамента.

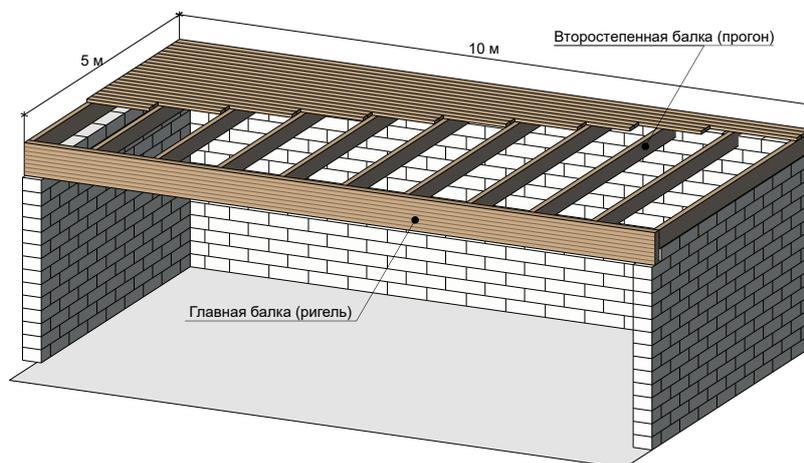
Более точный подбор и проверку сечения клееных балок можно произвести в специализированном калькуляторе на сайте [www.TN.ru](http://www.TN.ru).

## Общие сведения

Нормативная равномерно-распределённая нагрузка для перекрытий жилых зданий по СП 20.13330 составляет 1,5 кПа (см. приложение А), коэффициент надёжности по нагрузке принимается  $\gamma_f = 1,3$ . При расчёте балок, ригелей, плит, стен, колонн и фундаментов, воспринимающих нагрузки от одного перекрытия, нормативные значения нагрузок допускается снижать в зависимости от грузовой площади  $A$ ,  $\text{м}^2$  с которой передаются нагрузки на рассчитываемый элемент, умножением на коэффициент  $\varphi_1$  при площади  $A > 9 \text{ м}^2$ .

$$\varphi_1 = 0,4 + 0,6 / \sqrt{\frac{A}{9}}$$

Например, запроектирована антресоль размером 5×10 м. Балки перекрытия (прогоны) одним концом опираются на стену, другим – на главную балку (ригель). Подобрать сечения балок и ригеля.



Равномерно-распределённая временная нагрузка составит

$$q = 1,5 \times 1,3 = 1,95 \text{ кПа.}$$

Добавляем постоянную нагрузку: вес покрытия ( $35 \text{ кг/м}^2$ ) и например, утеплителя ( $11 \text{ кг/м}^2$ )

$$q_n = 35 + 11 = 46 \text{ кг/м}^2 = 0,45 \text{ кН/м}^2.$$

(Собственный вес балок учтён в таблице ниже).

Нагрузка на прогон при шаге прогонов 1 м составит

$$q_p = (1,95 + 0,45) \text{ кН/м}^2 \times 1 \text{ м} = 2,4 \text{ кН/м.}$$

Для прогона длиной 5 м подбираем по таблице ниже сечение  $90 \times 240 \text{ мм}$  ( $q = 2,9 > 2,4 \text{ кН/м}$ ).

Грузовая площадь ригеля  $A = 5/2 \times 10 = 25 \text{ м}^2 > 9 \text{ м}^2$ . Исходя из предполагаемого использования перекрытия можем задействовать понижающий коэффициент

$$\varphi_1 = 0,4 + 0,6 / \sqrt{\frac{25}{9}} = 0,76.$$

Нагрузка на ригель составит  $q_p = A (q \times \varphi_1 + q_n) / L_p = 25 \times (1,95 \times 0,76 + 0,45) / 10 = 4,83 \text{ кН/м}$ .

По таблицам ниже выбираем для ригеля длиной 10 м сечение  $190 \times 520 \text{ мм}$  ( $q = 5,8 \text{ кН/м}$ ).

(В первом приближении можно подбирать сечение интерполяцией, для более точного расчёта сечения при нагрузках, не указанных в таблицах, воспользуйтесь калькулятором клеёных балок на сайте [www.TN.ru](http://www.TN.ru)).

Рассчитанные максимальные равномерно-распределённые нагрузки для клеёных деревянных балок в зависимости от длины пролёта и высоты сечения приведены в таблице ниже. Нагрузки рассчитаны исходя из требований прочности и эстетико-психологических требований по предельно допустимому прогибу в центре пролёта для режима нагружения «В» ( $m_{дл} = 0,66$ ) и 2 сорта древесины (класс К24) с учётом коэффициента надёжности и собственного веса балок.

| Длина пролёта $L$ , м |                 | 1   | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  | 11  | 12    | Максимальные величины по 1-й группе пред. состояний |                     |
|-----------------------|-----------------|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|---|---------------------|
| Прогиб $f_{max}$ , мм |                 | 8   | 15    | 20   | 24   | 27   | 30   | 33   | 37   | 40   | 43  | 45  | 48    | Скалы-<br>вающее<br>усилие                          | Момент<br>в пролёте |
| шири-<br>на, мм       | высо-<br>та, мм | Максимальные равномерно распределённые нагрузки $q$ , кН/м (при $m_{пл}=0.66$ , $\Pi m_f=1$ ) |       |      |      |      |      |      |      |      |     |     |       | $Q_{max}$ ,<br>кН                                   | $M_{max}$ ,<br>МПа  |
| 90                    | 80              | 9,6   | 2,3   | 0,6  |      |      |      |      |      |      |     |     |       | 7,7   | 1,2                 |
|                       | 90              | 12,1  | 3,0   | 0,9  |      |      |      |      |      |      |     |     |       | 8,7   | 1,5                 |
|                       | 120             | 21,6  | 5,4   | 2,1  | 0,8  |      |      |      |      |      |     |     |       | 11,6  | 2,7                 |
|                       | 160             | 30,7  | 9,6   | 4,2  | 1,9  | 0,8  |      |      |      |      |     |     |       | 15,4  | 4,8                 |
|                       | 190             | 36,5  | 13,5  | 6,0  | 3,1  | 1,4  | 0,7  |      |      |      |     |     |       | 18,3  | 6,8                 |
|                       | 200             | 38,4  | 15,0  | 6,6  | 3,6  | 1,7  | 0,9  |      |      |      |     |     |       | 19,3  | 7,5                 |
|                       | 240             | 46,1  | 21,6  | 9,5  | 5,3  | 2,9  | 1,5  | 0,9  |      |      |     |     |       | 23,1  | 10,8                |
|                       | 280             | 53,8  | 26,8  | 13,0 | 7,2  | 4,5  | 2,4  | 1,4  | 0,9  | 0,6  |     |     |       | 27,0  | 14,7                |
|                       | 320             | 61,5  | 30,7  | 17,0 | 9,5  | 6,0  | 3,6  | 2,1  | 1,3  | 0,9  | 0,6 |     |       | 30,8  | 19,3                |
|                       | 360             | 69,2  | 34,5  | 21,5 | 12,0 | 7,6  | 5,1  | 3,1  | 1,9  | 1,3  | 0,8 | 0,6 |       | 34,7  | 24,4                |
|                       | 400             | 76,9  | 38,3  | 25,5 | 14,9 | 9,5  | 6,5  | 4,2  | 2,7  | 1,8  | 1,2 | 0,8 | 0,6   | 38,5  | 30,1                |
|                       | 440             | 84,6  | 42,2  | 28,1 | 18,0 | 11,5 | 7,9  | 5,5  | 3,6  | 2,4  | 1,6 | 1,1 | 0,8   | 42,4  | 36,4                |
|                       | 480             | 92,2  | 46,0  | 30,6 | 21,5 | 13,7 | 9,4  | 6,9  | 4,6  | 3,1  | 2,1 | 1,5 | 1,1   | 46,2  | 43,3                |
|                       | 520             | 99,9  | 49,9  | 33,2 | 24,8 | 16,0 | 11,1 | 8,1  | 5,8  | 3,9  | 2,7 | 1,9 | 1,4   | 50,1  | 50,9                |
| 560                   | 107,6           | 53,7  | 35,7  | 26,7 | 18,6 | 12,9 | 9,4  | 7,1  | 4,9  | 3,4  | 2,4 | 1,8 | 53,9  | 59,0  |                     |
| 600                   | 115,3           | 57,5  | 38,3  | 28,6 | 21,4 | 14,8 | 10,8 | 8,2  | 6,0  | 4,2  | 3,0 | 2,2 | 57,8  | 67,7  |                     |
| 140                   | 140             | 41,9  | 11,4  | 5,0  | 1,9  | 0,9  |      |      |      |      |     |     |       | 21,0  | 5,7                 |
|                       | 160             | 47,8  | 14,9  | 6,5  | 2,9  | 1,3  | 0,6  |      |      |      |     |     |       | 24,0  | 7,5                 |
|                       | 200             | 59,8  | 23,3  | 10,3 | 5,6  | 2,6  | 1,3  | 0,7  |      |      |     |     |       | 30,0  | 11,7                |
|                       | 240             | 71,7  | 33,5  | 14,8 | 8,3  | 4,5  | 2,3  | 1,4  | 0,8  |      |     |     |       | 36,0  | 16,9                |
|                       | 280             | 83,7  | 41,8  | 20,2 | 11,3 | 7,1  | 3,7  | 2,2  | 1,4  | 0,9  | 0,6 |     |       | 41,9  | 22,9                |
|                       | 320             | 95,7  | 47,7  | 26,4 | 14,8 | 9,4  | 5,6  | 3,3  | 2,1  | 1,4  | 0,9 | 0,6 |       | 47,9  | 30,0                |
|                       | 360             | 107,6   | 53,7  | 33,5 | 18,7 | 11,9 | 7,9  | 4,7  | 3,0  | 2,0  | 1,3 | 0,9 | 0,6   | 53,9  | 37,9                |
|                       | 400             | 119,6   | 59,6  | 39,7 | 23,1 | 14,7 | 10,1 | 6,5  | 4,2  | 2,8  | 1,9 | 1,3 | 0,9   | 59,9  | 46,8                |
|                       | 440             | 131,5   | 65,6  | 43,6 | 28,0 | 17,8 | 12,3 | 8,6  | 5,5  | 3,7  | 2,5 | 1,8 | 1,2   | 65,9  | 56,6                |
|                       | 480             | 143,5   | 71,6  | 47,6 | 33,4 | 21,2 | 14,7 | 10,7 | 7,2  | 4,8  | 3,3 | 2,3 | 1,7   | 71,9  | 67,4                |
|                       | 520             | 155,4   | 77,5  | 51,6 | 38,6 | 25,0 | 17,2 | 12,6 | 9,1  | 6,1  | 4,2 | 3,0 | 2,2   | 77,9  | 79,1                |
| 560                   | 167,4           | 83,5  | 55,5  | 41,6 | 29,0 | 20,0 | 14,6 | 11,1 | 7,7  | 5,3  | 3,8 | 2,8 | 83,9  | 91,8  |                     |
| 600                   | 179,4           | 89,5  | 59,5  | 44,5 | 33,3 | 23,0 | 16,8 | 12,8 | 9,4  | 6,6  | 4,7 | 3,4 | 89,9  | 105,3   |                     |
| 190                   | 190             | 77,1  | 28,5  | 12,6 | 6,6  | 3,0  | 1,5  | 0,9  |      |      |     |     |       | 38,6  | 14,3                |
|                       | 200             | 81,1  | 31,6  | 13,9 | 7,6  | 3,5  | 1,8  | 1,0  | 0,6  |      |     |     |       | 40,7  | 15,9                |
|                       | 240             | 97,4  | 45,5  | 20,1 | 11,2 | 6,1  | 3,2  | 1,8  | 1,1  | 0,7  |     |     |       | 48,8  | 22,9                |
|                       | 280             | 113,6   | 56,7  | 27,4 | 15,3 | 9,6  | 5,1  | 3,0  | 1,9  | 1,2  | 0,8 |     |       | 56,9  | 31,1                |
|                       | 320             | 129,8   | 64,8  | 35,8 | 20,0 | 12,7 | 7,6  | 4,5  | 2,8  | 1,8  | 1,2 | 0,8 |       | 65,1  | 40,7                |
|                       | 360             | 146,1   | 72,9  | 45,4 | 25,4 | 16,1 | 10,7 | 6,4  | 4,1  | 2,7  | 1,8 | 1,2 | 0,8   | 73,2  | 51,5                |
|                       | 400             | 162,3   | 81,0  | 53,8 | 31,4 | 20,0 | 13,7 | 8,8  | 5,6  | 3,7  | 2,5 | 1,7 | 1,2   | 81,3  | 63,5                |
|                       | 440             | 178,5   | 89,0  | 59,2 | 38,0 | 24,2 | 16,7 | 11,7 | 7,5  | 5,0  | 3,4 | 2,4 | 1,7   | 89,5  | 76,9                |
|                       | 480             | 194,7   | 97,1  | 64,6 | 45,3 | 28,8 | 19,9 | 14,5 | 9,7  | 6,5  | 4,5 | 3,2 | 2,3   | 97,6  | 91,5                |
|                       | 520             | 211,0   | 105,2 | 70,0 | 52,4 | 33,9 | 23,4 | 17,0 | 12,3 | 8,3  | 5,8 | 4,1 | 3,0   | 105,7   | 107,4               |
|                       | 560             | 227,2   | 113,3 | 75,4 | 56,4 | 39,3 | 27,2 | 19,8 | 15,0 | 10,4 | 7,2 | 5,2 | 3,7   | 113,9   | 124,5               |
| 600                   | 243,4           | 121,4   | 80,8  | 60,4 | 45,2 | 31,2 | 22,8 | 17,3 | 12,7 | 8,9  | 6,4 | 4,7 | 122,0 | 143,0   |                     |

Для более точных расчётов воспользуйтесь калькулятором клееных балок на сайте [www.TN.ru](http://www.TN.ru)

## Опираие на несущую конструкцию

В общем случае опираие клееных деревянных балок непосредственно на несущую конструкцию требует расчёта площадки опираия на смятие древесины.

Минимальная длина площадки опираия из условий смятия древесины при разной ширине балки и разных нагрузках на узел в миллиметрах приведена в таблице:

| Ширина балки,<br><i>b</i> , мм | Минимальная длина опорной площадки $L_{оп}$ , мм, при нагрузке на узел $Q$ |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                | 10 кН  | 20 кН | 30 кН | 40 кН | 50 кН | 60 кН | 70 кН | 80 кН | 90 кН | 100 кН |
| 90                             | 44   | 87    | 130   | 173   | 216   | 259   | 302   | 345   | 388   | 431    |
| 140                            | 28   | 56    | 83    | 111   | 139   | 166   | 194   | 222   | 249   | 277    |
| 190                            | 21   | 41    | 62    | 82    | 102   | 123   | 143   | 164   | 184   | 204    |

Более точно длину опорной площадки можно вычислить по формуле

$$L_{оп} = Q / (R_{см} \times b),$$

где  $Q$  – вертикальная нагрузка на узел, кН;  $b$  – ширина балки, мм;  $R_{см} = 2580$  кПа – прочность КД на смятие для режима нагружения «В» ( $m_{дл} = 0,66$ ) и 2 сорта древесины (класс К24).

## Способы усиления опорных площадок КДК

В случаях, когда невозможно обеспечить требуемую длину площадки опираия по условию смятия древесины, используется усиление опорной площадки клееной деревянной балки вклеиванием поперечных стальных стержней (по СП 64.13330) или вкручиванием винтов (по СП 299.1325800). Такое решение позволяет распределить сжимающие усилия от кромки элемента по всей его высоте.

### Вклеенные и клеевинченые стержни

Несущая способность вклеенных поперечных стержней с резьбой по всей длине из стали А400 в опорном узле, работающих на сжатие, приведена в таблице:

| Диаметр стержня | Глубина вклейки | Несущая способность стержней, кН вклеенных / клеевинченых |       |                 |         |
|-----------------|-----------------|---|-------|-----------------|---------|
|                 |                 | 1 ряд стержней  |       | 2 ряда стержней |         |
|                 |                 | 2 шт  | 3 шт  | 2 шт            | 3 шт    |
| 8               | 240             | 33/34   | 42/42 | 56/56           | 83/84   |
| 10              | 300             | 49/53   | 61/66 | 82/88           | 123/132 |
| 12              | 360             | 67/76   | 84/95 | 113/127         | 170/190 |

При расстановке стержней необходимо соблюдать следующие минимальные расстояния:

$S_1$  – от торца вдоль волокон – минимум 100 мм;

$S_2$  –  $2d$ , но не менее 30 мм;

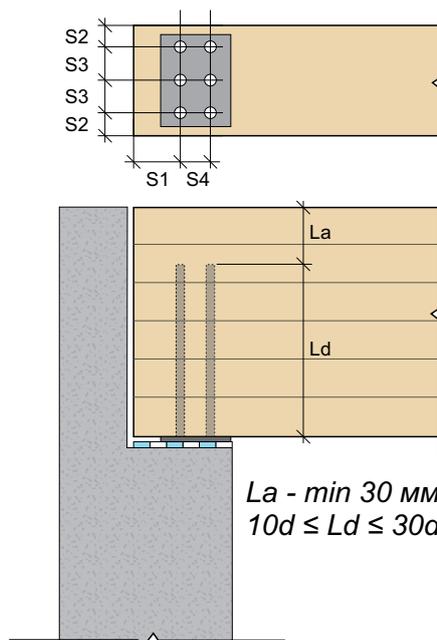
$S_3$  –  $2d$ ;

$S_4$  –  $7,5d$ ;

$L_d$  – не менее  $10d$  и не более  $30d$ ;

$L_a$  – не менее 30 мм;

Несущая способность вклеенных стержней рассчитана без учёта опорной площадки.



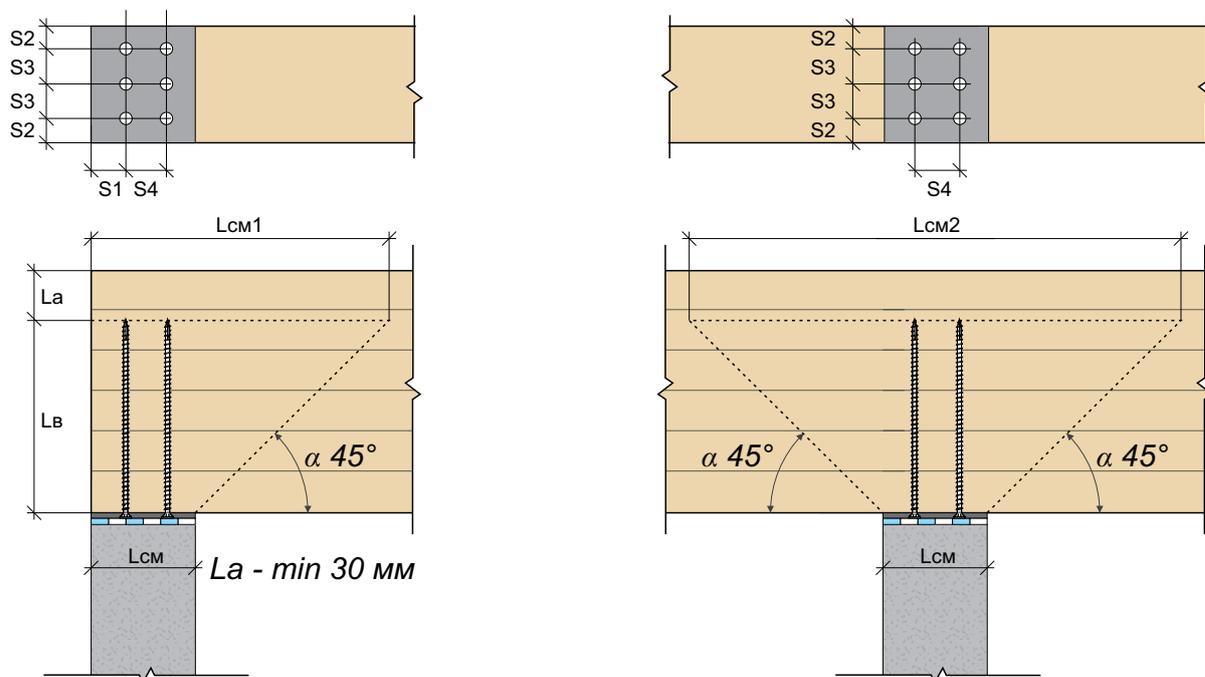
## Вкрученные винты

Несущая способность вкрученных винтов из углеродистой стали с полной резьбой, вычисленная по СП 299.1325800 для балки шириной 140 мм приведена в таблице ниже:

| Диаметр резьбы | Длина винта | Несущая способность при количестве винтов в ряду, кН |      |               |       |               |       |
|----------------|-------------|--|------|---------------|-------|---------------|-------|
|                |             | 1 ряд винтов   |      | 2 ряда винтов |       | 3 ряда винтов |       |
| $d$ , мм       | $l$ , мм    | 2 шт   | 3 шт | 2 шт          | 3 шт  | 2 шт          | 3 шт  |
| 6              | 200         | 17,6   | 20,5 | 36,4          | 41,9  | 55,0          | 62,9  |
| 8              | 300         | 29,6   | 36,3 | 60,1          | 72,6  | 90,0          | 107,9 |
| 10             | 300         | 34,8   | 42,1 | 70,9          | 84,7  | 106,4         | 126,1 |
| 12             | 400         | 45,4   | 55,8 | 92,0          | 111,5 | 137,5         | 165,6 |

Расчёт произведён при следующих условиях: плотность древесины принята  $500 \text{ кг/м}^3$ , режим нагружения «В», ширина опорной пластины 140 мм, длина опорной пластины  $l_n = S_4 + 5d$ , расстояние между винтами вдоль волокон  $S_4 = 6d$ , расстояние от торца элемента  $S_1 = 10d$ . При расчёте вкрученных винтов сжатие древесины под опорной пластиной учитывается.

Например, для балки шириной 140 мм и нагрузки 70 кН на узел необходима длина опорной площадки 200 мм. Используя 2 ряда вкрученных винтов  $\varnothing 8$  мм по 3 штуки в ряд длиной 300 мм можно сократить длину опорной площадки до 88 мм (при соблюдении расстояния  $S_1 = 80$  мм).



При расстановке винтов необходимо соблюдать минимальные расстояния, указанные в таблице

|                                     | Обозначение | Расстояние при диаметре винта, мм |                 |                  |                  |
|-------------------------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
|                                     |             | $\varnothing 6$                   | $\varnothing 8$ | $\varnothing 10$ | $\varnothing 12$ |
| От торца элемента до оси винта, мм  | $S_1 = 10d$ | 60                                | 80              | 100              | 120              |
| От кромки элемента до оси винта, мм | $S_2 = 3d$  | 18                                | 24              | 30               | 36               |
| Между винтами поперёк волокон, мм   | $S_3 = 5d$  | 30                                | 40              | 50               | 60               |
| Между винтами вдоль волокон, мм     | $S_4 = 6d$  | 36                                | 48              | 60               | 72               |

Установку винтов в узловых соединениях КДЭ диаметром  $d$  6 мм и плотностью древесины не более  $500 \text{ кг/м}^3$  осуществляют без предварительного сверления монтажных отверстий. В тех случаях, когда  $d > 6$  мм, винты устанавливают в предварительно просверленные монтажные отверстия. Диаметр монтажных отверстий для нарезанной части винта принимают  $0,7d$ .

## ОпираНИЕ КДК на каменные стены

Основные способы опирания на каменные стены разделяются на два вида: с глухой заделкой торцов и с открытой. Рекомендуется использовать варианты с открытой заделкой. При глухой заделке запрещается заделывать зазоры между стенками гнезд и деревянными элементами кирпичом, раствором, герметизирующими материалами.

Минимальная глубина заделки клееных балок в каменные стены 9 см.

Торец балки скашивают под углом 85–75°, затем конец балки, включая торец, обрабатывают трудновываемым антисептиком на длину, превышающую длину заделки на 15–20 см. Торец балки должен быть защищён особенно тщательно, поскольку он наиболее подвержен гниению.

Затем обработанные поверхности балки, заделываемые в стену (кроме торца), защищают от увлажнения отсечной гидроизоляцией ТЕХНОНИКОЛЬ или универсальной лентой-герметиком NICOBAND. Допускается защищать поверхности балок битумными мастиками AquaMast.

Если балки размещаются в толще перекрытий, то гидроизоляционный бандаж должен выступать из гнезда в сторону помещения примерно на 50 мм.

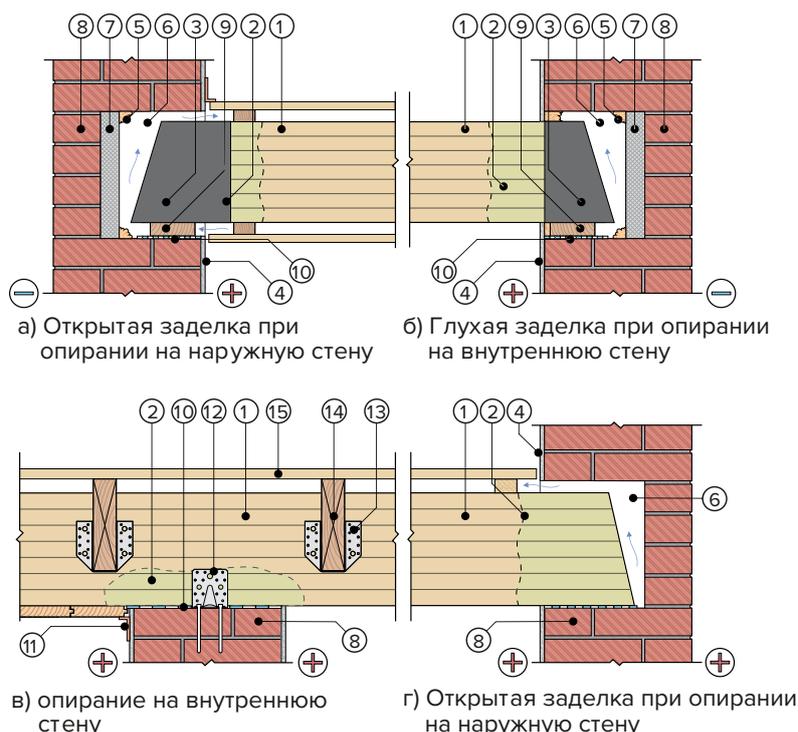
При размещении балок с выходом в интерьер помещения—бандаж не должен выступать за плоскость стены.

Антисептированный и гидроизолированный конец балки устанавливают в гнездо каменной стены так, чтобы между торцом и балки и стенкой гнезда оставался зазор не менее 30 мм.

При устройстве гнезда в наружной стене заднюю стенку гнезда тщательно теплоизолируют экструзионным пенополистиролом ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO, приклеивая его на клей-пену ТЕХНОНИКОЛЬ PROFESSIONAL для пенополистирола. Использовать для утепления минераловатные плиты не рекомендуется.

При устройстве узла опирания на внутренние каменные стены теплоизоляция гнезда и гидроизоляция балки не требуется. Балки могут опираться либо на деревянные прокладки, либо непосредственно на стену через слой гидроизоляции.

- 1 - Клееная балка;
- 2 - Антисептированная часть балки;
- 3 - Мастика битумная ТЕХНОНИКОЛЬ AquaMast;
- 4 - Внутренняя отделка;
- 5 - Монтажная пена;
- 6 - Воздушный зазор 30 мм;
- 7 - Экструзионный полистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO;
- 8 - Несущая стена из кирпича;
- 9 - Деревянная антисептированная подкладка;
- 10 - Отсечная гидроизоляция ТЕХНОНИКОЛЬ;
- 11 - Декоративный плинтус (галтель);
- 12 - Металлический уголок;
- 13 - Перфорированная опора бруса;
- 14 - Прогон из доски 50×200 мм;
- 15 - Доска пола.



## Опираение КДК на стены из ячеистого газобетона

Общие указания по устройству узла со стороны КДК такие же, как и для каменных стен. Со стороны газобетонной стены необходим расчёт кладки на смятие.

Минимальная глубина опирания балок на стены из газобетонных блоков не должна быть менее 120 мм. Рекомендуется опирание на всю ширину блока.

Расчётное сопротивление кладки на местное смятие газобетонных блоков шириной 200 мм при опирании на всю ширину блока приведено в таблице (кН):

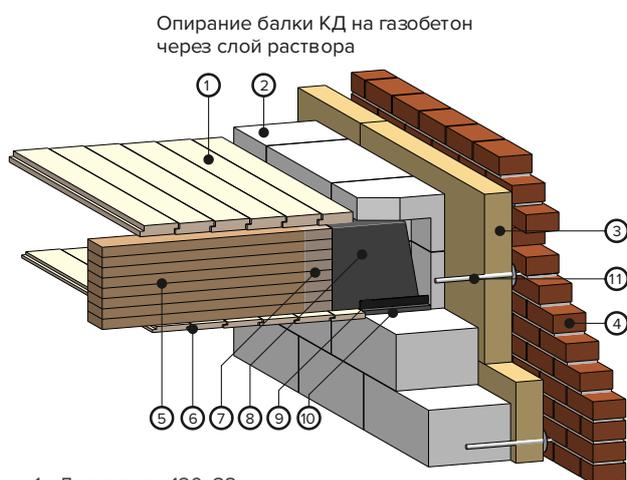
| Ширина опирания балки, мм | Класс газобетона по прочности на сжатие |      |       |       |
|---------------------------|---|------|-------|-------|
|                           | В 1.5                                   | В 2  | В 2.5 | В 3.5 |
| 90                        | 5,4                                     | 8,1  | 10,2  | 11,5  |
| 140                       | 8,4                                     | 12,6 | 15,9  | 20,1  |
| 190                       | 11,4                                    | 17,1 | 21,6  | 27,3  |

**Примечание** – при местной нагрузке от балок, прогонов, перемычек и т.д. работающих на изгиб, учитываемая в расчёте глубина опоры принимается не более 200 мм.

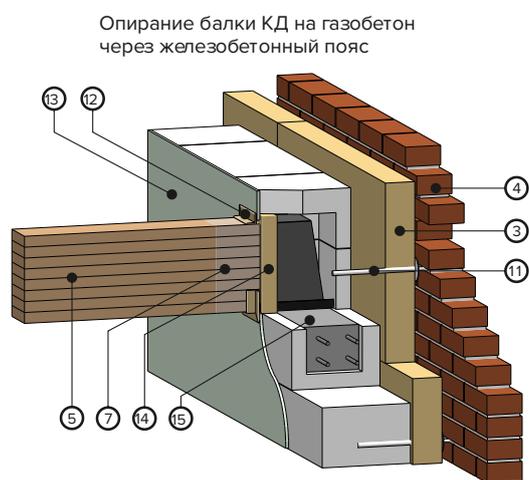
Под опорными участками элементов, передающих местные нагрузки на кладку, следует предусматривать слой раствора толщиной не более 15 мм.

Если прочность кладки на сосредоточенные нагрузки недостаточна, то возможно её повышение (но не более, чем на 50%) путём устройства распределительных бетонных плит (подушек), которые должны иметь толщину не менее 60 мм и класс бетона по прочности на сжатие не менее В10 с косвенным армированием не менее 0,3%.

При опирании балок перекрытия на железобетонный армопояс расчёт прочности газобетона не требуется.



- 1 - Доска пола 120×38 мм
- 2 - Блок газобетонный В3,5
- 3 - Каменная вата Технолайт Оптима
- 4 - Облицовочный кирпич
- 5 - Клееная деревянная балка КДК 140×280 мм
- 6 - Доска потолка 120×20 мм
- 7 - Антисептированная часть балки
- 8 - Мастика битумная AquaMast



- 9 - Отсечная гидроизоляция Технониколь
- 10 - Слой раствора толщиной 15 мм
- 11 - Гибкая базальтопластиковая связь с фиксатором зазора
- 12 - Декоративный нащельник
- 13 - Декоративная штукатурка
- 14 - Заполнение монтажной пеной
- 15 - Железобетонный армирующий пояс

## Пересечение наружной каменной стены и КДК

Несущие КДК, пересекающие наружное стеновое ограждение отапливаемых зданий, должны иметь сплошное прямоугольное сечение. Конструкции составного сечения, включающие по ширине два и более элементов, должны быть сплочены между собой без зазоров по всей длине в зоне пересечения ограждения.

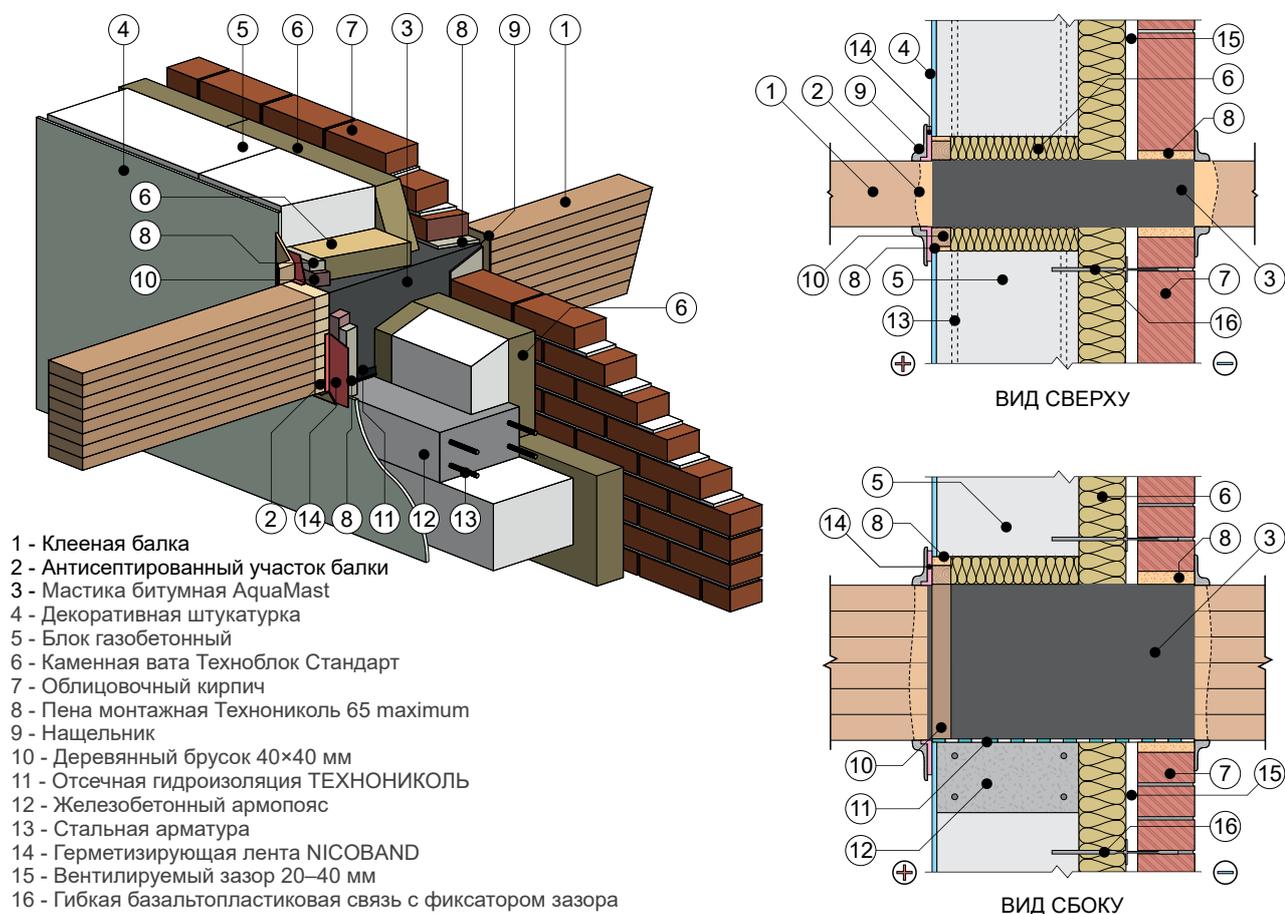
Боковые поверхности конструкции в зоне пересечения стенового ограждения должны иметь усиленную защиту от возможного увлажнения конденсационной влагой и биоразрушения. Зазоры между наружной частью стеновых ограждений и деревянных несущих конструкций необходимо утеплить и герметизировать.

Свод правил СП 64.13330 предусматривает два основных способа таких пересечений:

- с закрытыми утеплителем зазорами;
- с вентилируемыми с внутренней стороны помещения зазорами.

### Способ 1. С закрытыми утеплителем зазорами

Утепление зазоров между балкой и стенками ниши производят плитным минераловатным утеплителем Техноколь РОКЛАЙТ или аналогичным. Использовать жёсткие материалы (пенопласт и т.п.) не рекомендуется. Утеплитель укладывают, не доводя до внутренней плоскости стены на 40 мм, затем устанавливают антисептированные бруски сечением 40×40 мм для крепления нащельников. Оставшиеся зазоры заполняют монтажной пеной, после чего шов гидроизолируют со внутренней стороны помещения самоклеющейся битумно-полимерной лентой NICOBAND.



Этот способ рекомендуется для зданий с сухим и нормальным влажностным режимом.

Другой вариант этого способа—утепление зазоров между балкой и стенками ниши с помощью пенополиуретана. Для небольших объёмов можно использовать монтажную пену ТЕХНОНИКОЛЬ MASTER40, которая обладает максимальным первичным расширением. После удаления излишков затвердевшей пены зазор герметизируют со стороны помещения самоклеящейся герметизирующей лентой Технониколь Альфабэнд 60 и закрывают нащельником.

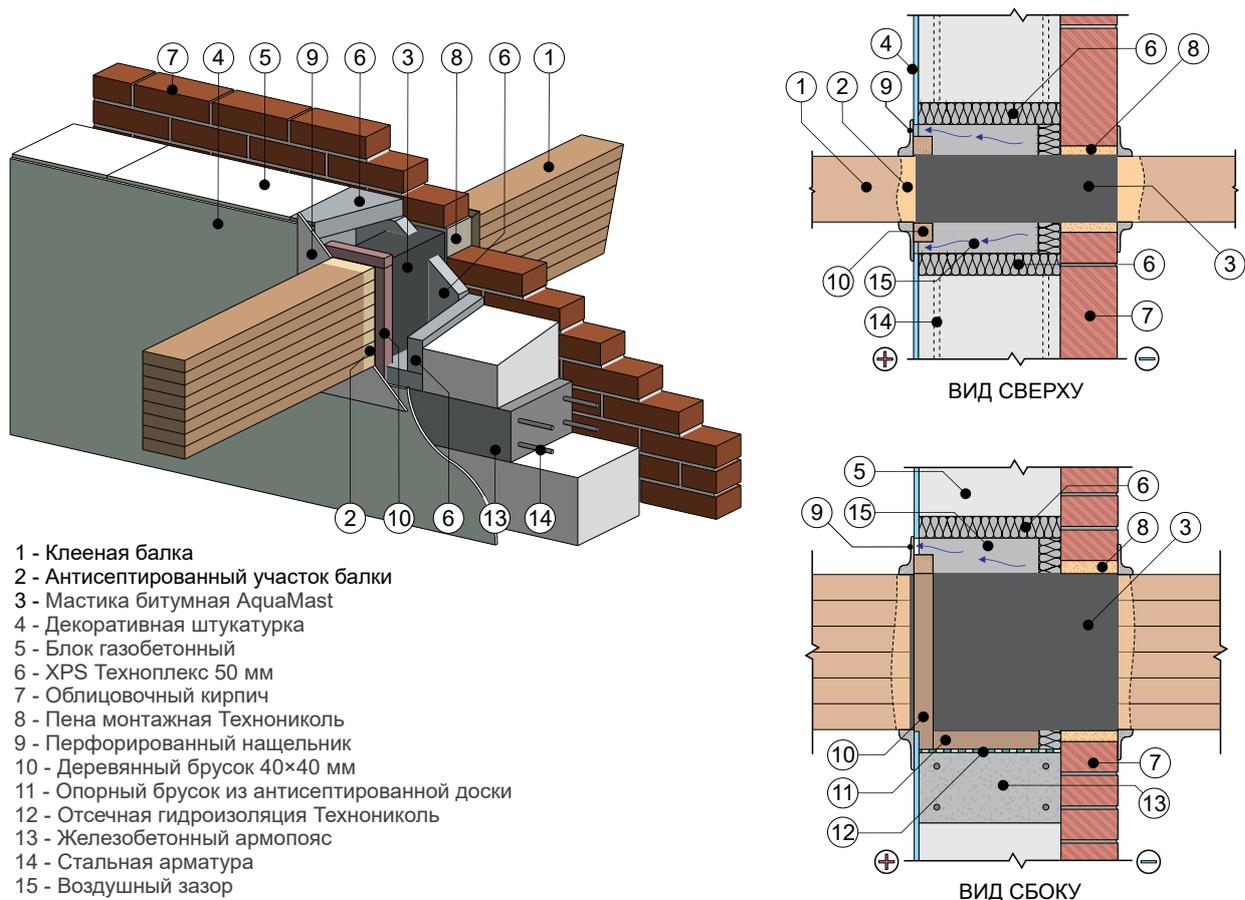
Этот вариант рекомендуется для зданий с сухим, нормальным и влажным режимами.

## Способ 2. С вентилируемыми зазорами

Зазоры между стенками ниши и балки остаются открытыми со стороны помещения. Балка устанавливается в нишу на подкладочный антисептированный брусок, под которым кладётся отсечная гидроизоляция Технониколь. Балка имеет зазоры шириной 20–30 мм с наружной стороны, а со стороны помещения не менее 100 мм. С наружной стороны зазоры заполняются монтажной пеной полностью. С внутренней стороны нишу утепляют XPS на полиуретановый клей-пену ТЕХНОНИКОЛЬ PROFESSIONAL. Зазор закрывают нащельником с перфорацией.

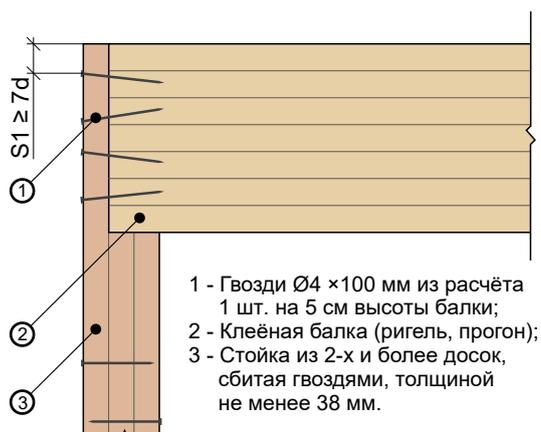
Этот способ рекомендуется для зданий с сухим и нормальным влажностным режимом и позволяет легко контролировать состояние узла в толще массивных стен.

Несущие КДК могут иметь сечение, состоящее из двух и более элементов, которые сплавляют между собой с помощью металлических стержней. При проектировании конструкций, пересекающих наружные стены отапливаемых зданий, стержни рекомендуется располагать вне зоны пересечения стены.





## Опираие КДК в деревянных каркасных домах



В каркасных деревянных домах клеёные элементы часто используют в качестве перемычек над оконными и дверными проёмами («хедеры», ригели), перемычек над гаражными воротами и т.п. Классическая схема опирания перемычек—на торец одной из досок сдвоенной стойки. Клеёные элементы применяются при больших пролётах и значительных нагрузках, поэтому для таких узлов необходимы усиленные стойки.

Предельная нагрузка (кН) на стойку высотой 3 м в зависимости от сечения и количества сбитых на гвозди в один составной элемент досок приведена в таблице:

| При ширине доски 140 мм | Предельная нагрузка (кН) при количестве досок, шт |      |      |      |      |
|-------------------------|---|------|------|------|------|
| Толщина доски, мм       | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 38                      | 8,5   | 13,7 | 18,2 | 22,4 | 26,5 |
| 45                      | 12,9  | 20,0 | 26,2 | 32,0 | 37,8 |
| 50                      | 16,2  | 25,3 | 32,8 | 39,9 | 47,0 |

**Примечания:** критическим фактором в расчёте стоек является их гибкость, а не прочность на сжатие, отсюда важным моментом является гвоздевое соединение стоек и горизонтальные связи за счёт обшивки стен.

1. Количество досок в таблице включает неразрезную доску стойки (не только опорные доски непосредственно под клеёным элементом). Например, на картинке выше – 3 доски.

2. Расчёт для досок шириной 140 мм производился при условии сплачивания досок гвоздями диаметром 4 мм с шагом 500 мм по 3 гвоздя в ряд.

3. Расчёт для досок шириной 190 мм производился при условии сплачивания досок гвоздями  $\varnothing 4$  мм с шагом 400 мм по 4 гвоздя в ряд.

4. При расчётах таблиц были учтены минимальные опорные площадки КДК по условию смятия древесины; режим длительности нагружения «В», сорт 2.

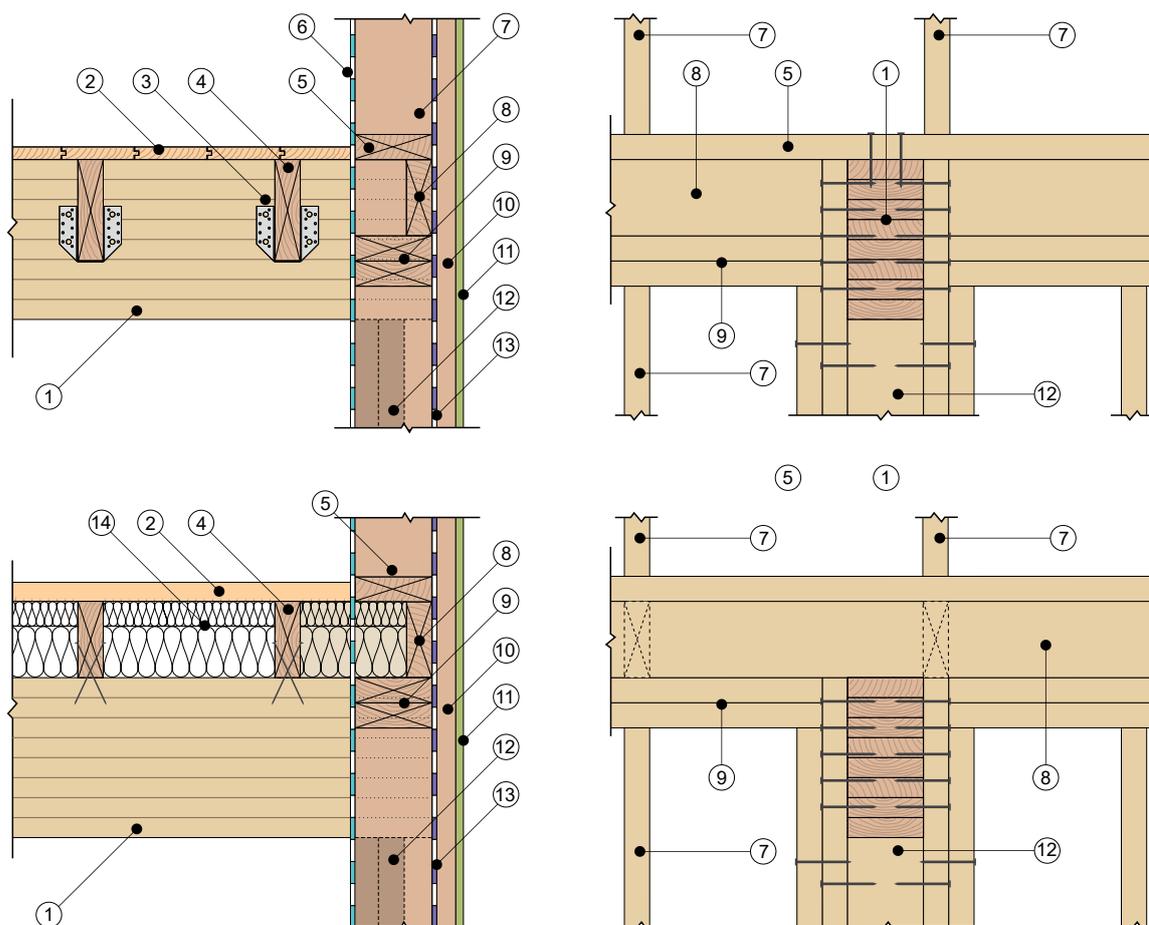
5. При обшивке каркаса и стойки плитным жёстким материалом несущая способность стойки по условию устойчивости повышается примерно на 25–45%.

Рекомендуется использовать в качестве стоек элементы из клеёной древесины. Такие элементы выдерживают значительно более высокие нагрузки при меньшем общем сечении:

| Ширина клеёной стойки, мм | Предельная нагрузка, кН, при толщине стойки из КД (высота 3м) |       |        |
|---------------------------|---|-------|--------|
|                           | 80 мм   | 90 мм | 140 мм |
| 140                       | 39 кН   | 55 кН | 176 кН |
| 190                       | 53 кН   | 75 кН | 239 кН |

Длина площадки опирания прогонов и балок, прибываемых по торцам к обвязочным балкам на деревянных элементах каркаса стен по СП 31-105 должна быть не менее 38 мм.

Варианты опирания клеёной балки в каркасной стене дома:



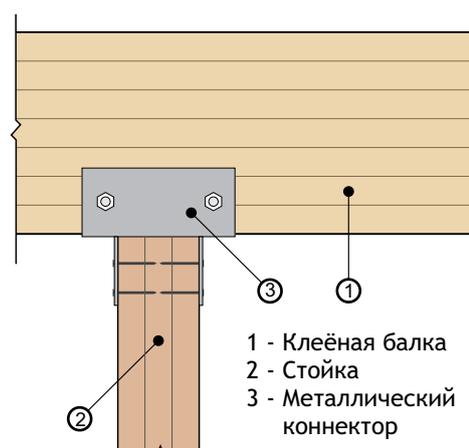
- 1 - Клеёная балка
- 2 - Доска пола
- 3 - Опора бруса 50 мм
- 4 - Прогон 50×200 мм или 50×150 мм
- 5 - Нижняя обвязка каркасной стены
- 6 - Пароизоляционная мембрана ТЕХНОНИКОЛЬ АЛЬФА БАРЬЕР 1.0
- 7 - Стойка каркасной стены

- 8 - Лобовая доска
- 9 - Двойная верхняя обвязка стены
- 10 - Брусок вент. зазора 50×50 мм
- 11 - Наружная отделка
- 12 - Сдвоенная стойка под КДК
- 13 - Диффузионная мембрана ТЕХНОНИКОЛЬ АЛЬФА ВЕНТ ТПУ 150
- 14 - Шумоизоляция ТЕХНОАКУСТИК



## Опираие КДК на деревянные колонны

Большие клееные элементы в деревянных домах нередко опирают не только по краям, но и на внутренние стены и колонны, создавая тем самым многопролётные неразрезные конструкции, которые позволяют уменьшить прогиб клееных элементов в пролётах до 2х раз по сравнению с отдельными балками такого же сечения. При этом в схеме двухпролётных балок, например, на центральную опору может приходиться до 70% всей нагрузки, воспринимаемой балкой. При конструировании таких узлов необходимо совместить устойчивость колонны и прочность балки на местное смятие.



Расчётные предельные нагрузки ( $q_{\max}$ , кН/м) на двухпролётную балку шириной сечения 140 мм (при  $m_{\text{дл}} = 0,66$ ,  $\Pi m_i = 1$ ), реакция центральной опоры ( $R_B$ , кН) при максимальной нагрузке  $q$  и пролётах равной длины, и минимальная площадь центральной опоры ( $F_{B, \min}$ , см<sup>2</sup>) из условия смятия древесины балки.

| Пролёты, м | высота $h$ , мм                 | 200   | 240   | 280   | 320   | 360   | 400   | 440   | 480   | 520   | 560   | 600   |
|------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3+3        | $q_{\max}$ , кН/м               | 10,26 | 14,82 | 20,20 | 26,41 | 33,45 | 41,34 | 50,05 | 59,59 | 67,15 | 77,92 | 89,47 |
|            | $R_B$ , кН                      | 38,5  | 55,6  | 75,7  | 99,0  | 125,4 | 155,0 | 187,7 | 223,5 | 251,8 | 292,2 | 335,5 |
|            | $F_{B, \min}$ , см <sup>2</sup> | 150   | 216   | 294   | 384   | 486   | 601   | 727   | 866   | 976   | 1132  | 1300  |
| 4+4        | $q_{\max}$ , кН/м               | 5,71  | 8,26  | 11,27 | 14,76 | 18,71 | 23,13 | 28,02 | 33,37 | 37,61 | 43,66 | 50,15 |
|            | $R_B$ , кН                      | 28,6  | 41,3  | 56,3  | 73,8  | 93,6  | 115,6 | 140,1 | 166,9 | 188,1 | 218,3 | 250,7 |
|            | $F_{B, \min}$ , см <sup>2</sup> | 111   | 160   | 219   | 286   | 363   | 448   | 543   | 647   | 729   | 846   | 971   |
| 5+5        | $q_{\max}$ , кН/м               | 3,60  | 5,23  | 7,15  | 9,36  | 11,88 | 14,71 | 17,82 | 21,24 | 23,94 | 27,80 | 31,94 |
|            | $R_B$ , кН                      | 22,5  | 32,7  | 44,7  | 58,5  | 74,3  | 91,9  | 111,4 | 132,8 | 149,6 | 173,7 | 199,6 |
|            | $F_{B, \min}$ , см <sup>2</sup> | 88    | 127   | 173   | 227   | 288   | 356   | 432   | 515   | 580   | 673   | 773   |
| 6+6        | $q_{\max}$ , кН/м               | 2,46  | 3,58  | 4,90  | 6,43  | 8,17  | 10,13 | 12,28 | 14,65 | 16,51 | 19,19 | 22,06 |
|            | $R_B$ , кН                      | 18,5  | 26,8  | 36,7  | 48,2  | 61,3  | 75,9  | 92,1  | 109,9 | 123,8 | 143,9 | 165,4 |
|            | $F_{B, \min}$ , см <sup>2</sup> | 72    | 104   | 143   | 187   | 238   | 295   | 357   | 426   | 480   | 558   | 641   |

Иногда прочность и устойчивость колонны оказывается выше прочности площадки смятия балки. В этом случае увеличивают сечение колонны, либо используют коннекторы с увеличенной площадью опирания, либо вклеивают поперечные стальные

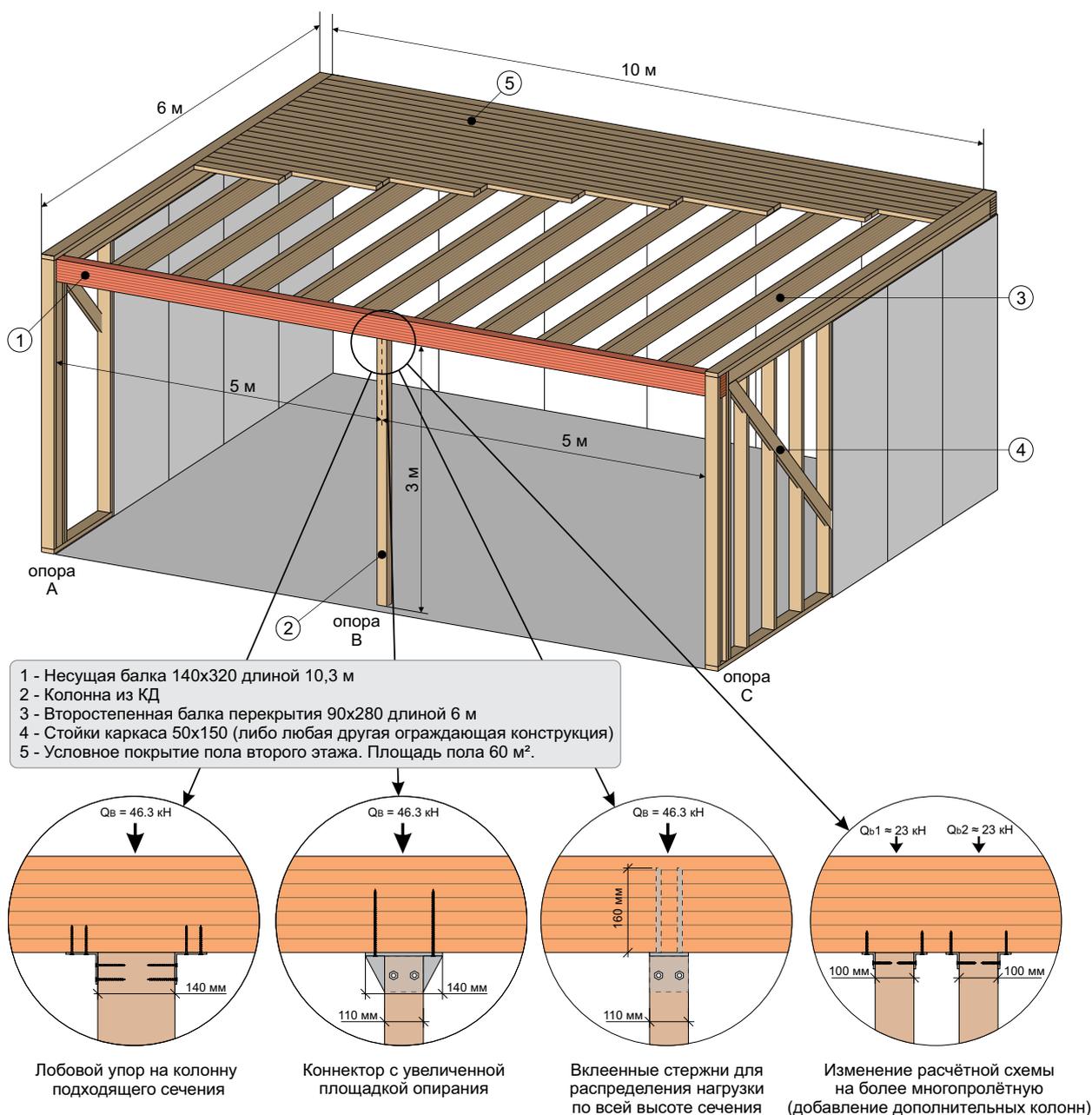
стержни, которые будут распределять нагрузку с нижней кромки элемента по всей его высоте, либо применяют другие способы.

В таблице приведены расчётные предельные равномерно-распределённые нагрузки ( $q_{max}$ , кН/м) на двухпролётную балку шириной 140 мм с равными пролётами по 3, 4, 5 и 6 метров; расчётные реакции центральных опор ( $R_B$ , кН) при максимальной нагрузке  $q$  и соответствующая минимальная площадь опоры ( $F_{B,min}$ , см<sup>2</sup>), рассчитанная из условия смятия древесины балки, которую можно использовать, как минимальную площадь сечения колонны.

Прочность и устойчивость самой колонны зависит не только от сечения, но и от рабочей высоты и способа её закрепления, и рассчитывается отдельно.

Для расчётов пролётов разной длины, произвольных нагрузок и необходимых площадок опирания воспользуйтесь специализированным калькулятором на сайте [www.TN.ru](http://www.TN.ru).

### Пример:



На рисунке изображено перекрытие антресоли или мезонина площадью 60 м. над залом. По ширине перекрытие выполнено из клеёных балок сечением 90 × 280 мм длиной 6 м с шагом 1 м. Эти (второстепенные) балки опираются одним краем на стену, вторым – на несущий ригель из клееной балки длиной 10 м с опорой посередине на колонну из древесины. Нагрузка на перекрытие стандартная для жилых помещений 1,5 кПа + вес второстепенных балок и конструкции пола 0,4 кПа, коэффициент надёжности  $\gamma_f$  по нагрузке принят 1,3. Итого, расчётная нагрузка  $q_p = 2,47$  кПа. Грузовая площадь  $A_{гр}$  главной балки составляет 30 м<sup>2</sup>, условно равномерно-распределённая нагрузка на главную балку

$$q = A_{гр} \times q_p / L = 7,41 \text{ кН/м.}$$

По таблице выше для пролётов 5+5 м и нагрузки 7,41 кН/м выбираем подходящее сечение балки – 140 × 320 мм. Так же по таблице видно, что реакция опоры при нагрузке 9,36 составляет 58,5 кН, а площадь опоры 227 см<sup>2</sup>. Для нашего случая  $R_B = 7,41 \times 58,5 / 9,36 = 46,3$  кН – величина нагрузки для расчёта колонны.

Достаточным по прочности и устойчивости сечением колонны высотой 3 метра будет сечение 110 × 110 мм ( $F = 121$  см<sup>2</sup>). Однако, минимальная площадь опоры для нашего примера  $F_{B, \min} = 7,41 \times 227 / 9,36 = 180$  см<sup>2</sup>. Таким образом, минимальный размер сечения колонны составляет  $\sqrt{180} = 13,4$  см. По сортаменту КДК выбираем сечение 140 × 140 мм.

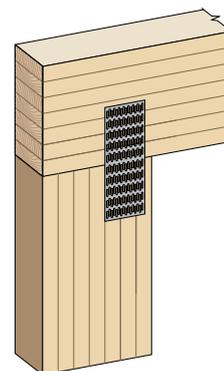
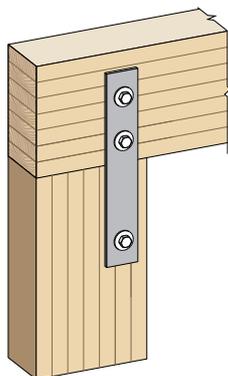
Для правильной реализации таких узлов есть несколько решений:

- увеличивать сечение колонны до требуемого, если это возможно;
- использовать коннекторы с увеличенной опорной площадкой;
- усиливать сжатую зону вклеенными стержнями или вкрученными полнорезьбовыми саморезами для распределения нагрузки от сжатой кромки по всей высоте балки (см. раздел «Способы усиления опорных площадок»). В данном примере можно вклеить два стержня диаметром 12 мм или вкрутить 3 винта с полной резьбой  $\varnothing$  8 мм длиной 160 мм.
- изменить расчётную схему на более многопролётную (установка большего количества колонн).

## Типовые варианты опирания балки на колонну

### МЗП или гвоздевые пластины

Запрессовываются по обе стороны соединения симметрично, подходят для малых и умеренных нагрузок. Пластины следует располагать как можно ближе к внутреннему краю колонны, чтобы не препятствовать изменению угла наклона балки вследствие прогиба.

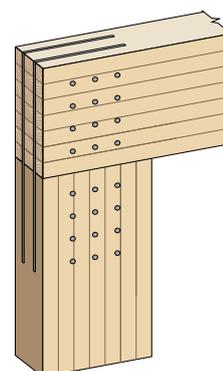
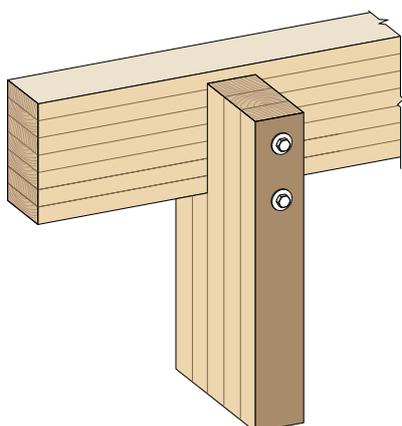


### Стальная пластина с болтами

Болтовые соединения с плоской стальной полосой по обе стороны соединения, так же как и МЗП, просты и эффективны и подходят как для малых, так и высоких нагрузок. Толщина металла выбирается из стандартных номиналов от 5 до 10 мм и выше, но не менее 0,3 диаметра болта. Верхнее отверстие в пластине должно быть овальным для учёта деформаций при изменении влажности.

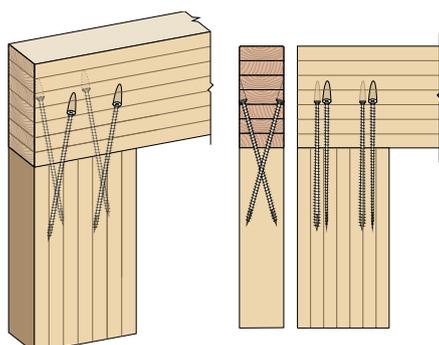
### Закладная стальная пластина

В прорези деревянных элементов заводится стальная пластина толщиной от 5 до 10 мм и фиксируется стальными нагелями. Такое соединение полностью скрыто и с точки зрения пожарной безопасности является одним из самых надёжных. Нагели можно утопить в балку и закрыть деревянными заглушками, что дополнительно повысит огнестойкость и внешний вид соединения.



### Лобовой упор в паз

Соединение очень простое и надёжное. Паз в колонне обычно делают равным ширине горизонтальной балки, и скрепляют болтами с шайбами.



Для небольших горизонтальных и вертикальных нагрузок также можно использовать крепление с помощью стальных перфорированных уголков или винтов, вкрученных под углом.

Все крепления должны быть спроектированы так, чтобы не препятствовать повороту балки на опоре в результате прогиба, в противном случае возможно раскалывание балки или срез крепежа.





## ПРИМЫКАНИЕ К НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

### Соединения на клеенных стержнях (резьбовых шпильках)

Соединения на клеенных стержнях являются универсальным видом соединений. Клеенные стержни используют:

- для устройства узловых сопряжений элементов плоских и пространственных конструкций (опорных узлов, поясов и решётки в фермах, ключевых шарниров в арках, рамах и т.п.);
- устройства жёстких равнопрочных стыков сборных изгибаемых, растянутых, сжато-изгибаемых, растянуто-изгибаемых элементов (балок, арок, ферм, рам и т.п.);
- анкеровки закладных деталей, воспринимающих усилия разных направлений;
- восприятия нормальных сжимающих усилий поперёк и под углом к волокнам в опорных зонах и местах приложения сосредоточенных нагрузок;
- узловых соединений, воспринимающих сдвиг;
- локализации главных растягивающих напряжений в приопорных зонах клееных деревянных конструкций и в окрестностях больших сосредоточенных нагрузок.

### Соединения на клеенных стержнях вдоль волокон

Резьбовые шпильки заделываются в торец балки на глубину не менее 10 и не более 30 диаметров нагеля на клей по ГОСТ 33122. Соединение на клеенных вдоль волокон нагелях в основном используется для соединений с металлическими элементами конструкций и опорными площадками коннекторов с продольными силами, где прочность нагеля и клеевого соединения наиболее эффективны. Соединения, работающие на срез с нагелями, клееными в торец применять не рекомендуется.

Минимальное количество нагелей—2 шт. Минимальный диаметр—12 мм.

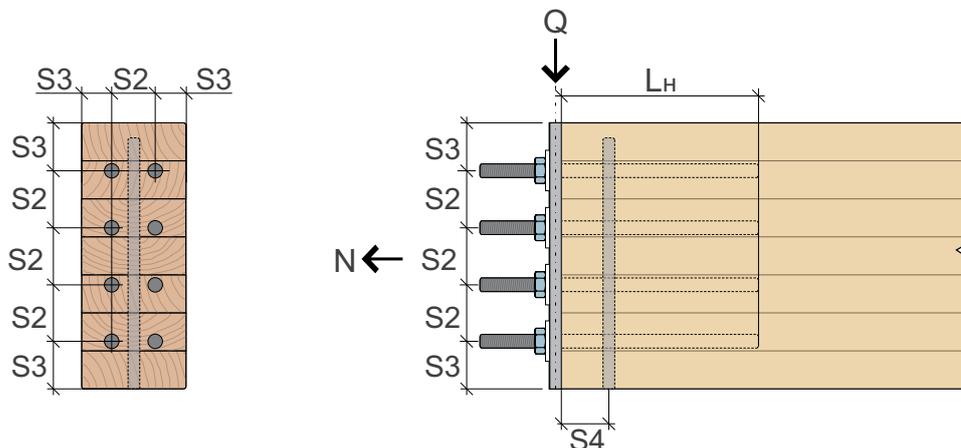
Расчитанные максимальные поперечные и продольные нагрузки на один клеенный нагель из стали А400 ( $R_{ин} 375$  МПа) с резьбой на всю длину приведены в таблице:

| Направление силы                                     | Диаметр нагеля |      |      |
|--|----------------|------|------|
|  | Ø12            | Ø16  | Ø20  |
| Глубина клейки стержня, мм                           | 240            | 320  | 400  |
| Прочность на выдёргивание или продавливание $N$ , кН | 17,8           | 30,6 | 46,6 |
| То-же для клеевинтовых стержней $N$ , кН             | 17,2           | 30,6 | 47,8 |
| Прочность на срез $Q$ , кН                           | 5,3            | 6,2  | 7,1  |

Расчёт проведён для режима нагружения «В» и 2 сорта древесины.

Расстояние между осями цилиндрических нагелей, вклеенных вдоль волокон древесины, следует принимать не менее:

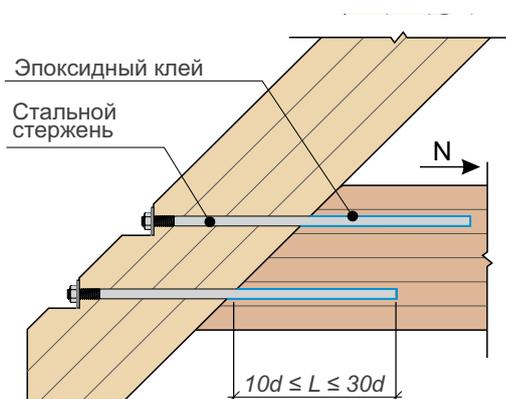
| Расстояние              | $L_H$            | S2     | S3              | S4               |
|-------------------------|------------------|--------|-----------------|------------------|
| Диаметр нагеля $d$ , мм | $12,5d \leq 30d$ | $3,5d$ | $3d \geq 30$ мм | $5d \geq 100$ мм |
| 12                      | 150...360        | 42     | 36              | 60               |
| 16                      | 200...480        | 56     | 48              | 80               |
| 20                      | 250...600        | 70     | 60              | 100              |
| 24                      | 300...720        | 84     | 72              | 100              |



Торцевые нагельные соединения в конструкциях перекрытий пролётами более 7,5 м необходимо применять с усилением армированием вклеенными стержнями или винтами с резьбой по всей длине. Расчёт поперечного армирования производят с учётом того, что оно воспринимает всё растягивающее усилие  $Q$ .

Несущая способность одного **поперечно вклеенного** стержня или вкрученного полнорезьбового винта в зависимости от глубины вклейки и диаметра приведены в таблице.

| Глубина вклейки стержня                 | Несущая способность одного стержня вклеенного / клеевинченного, кН |             |             |
|---|--|-------------|-------------|
|   | 200 мм   | 300 мм      | 400 мм      |
| Шпилька $\varnothing$ 12 мм             | 28,4 / 26,2  | 34,4 / 35,8 | 34,9 / 37,3 |
| Шпилька $\varnothing$ 16 мм             | 38,4 / 35,0  | 50,0 / 49,2 | 56,6 / 61,1 |
| Шпилька $\varnothing$ 20 мм             | 47,3 / 43,0  | 63,9 / 61,3 | 75,7 / 77,5 |
| Винт полнорезьбовой $\varnothing$ 6 мм  | 4,01   | 4,73        | —           |
| Винт полнорезьбовой $\varnothing$ 8 мм  | 6,21   | 9,04        | 9,07        |
| Винт полнорезьбовой $\varnothing$ 10 мм | 6,80   | 9,95        | 12,74       |

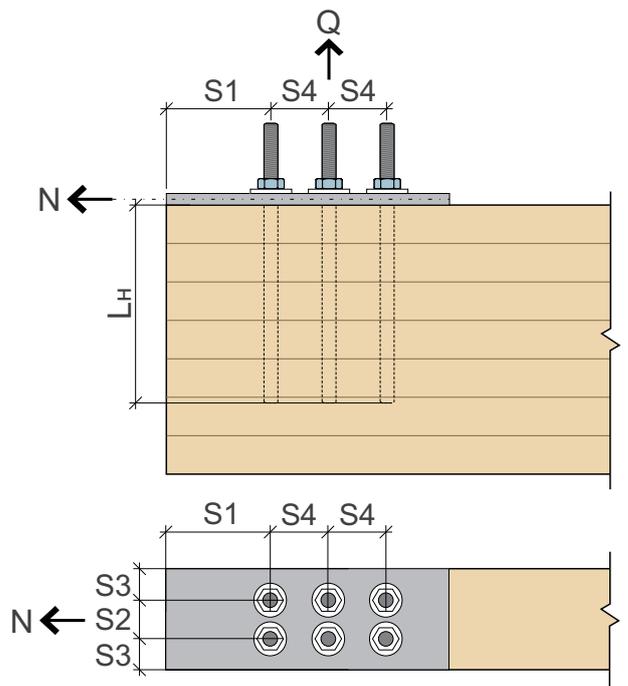


## Соединения на клеенных стержнях поперёк волокон

Такое соединение отличается от предыдущего только направлением вклейки стержней. Однако, само такое соединение обладает повышенной прочностью как в работе на срез, так и на выдёргивание или продавливание.

Вклеенные поперёк волокон стержни могут использоваться для усиления опорных участков балок, в случаях, когда недостаточно площадки опирания по расчёту на смятие древесины; для сплачивания нескольких элементов КД; для монтажа различных коннекторов и т.п.

Для вклейки стержней с нарезанной резьбой сверлят отверстие на 2 мм больше наружного диаметра стержня. Для клеевинтовых стержней – отверстие равно диаметру вкручиваемого стержня.



| Направление силы                      | Несущая способность, кН<br>при диаметре нагеля из стали А400 |        |        |
|---------------------------------------|--|--------|--------|
|                                       | Ø12  | Ø16    | Ø20    |
| Глубина вклейки стержня, мм           | 200 мм   | 300 мм | 400 мм |
| Прочность на выдёргивание Q, кН       | 28,4   | 50,0   | 75,7   |
| То же для клеевинтовых стержней Q, кН | 26,2   | 49,2   | 77,5   |
| Прочность на продавливание Q, кН      | 30,2   | 53,2   | 80,6   |
| То же для клеевинтовых стержней Q, кН | 27,9   | 52,3   | 82,4   |
| Прочность на срез N, кН               | 9,8  | 17,7   | 27,7   |

При определении числа вклеенных стержней, независимо от их ориентации в теле балки, необходимо учитывать коэффициент их совместной работы  $k_{c,p}$ :

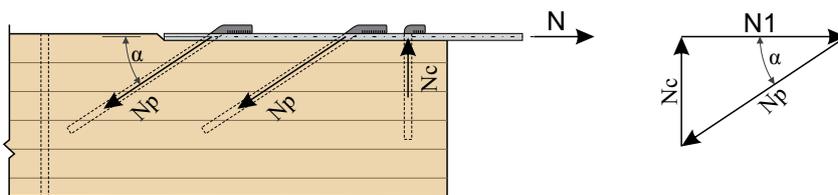
- при 1 наклонном стержне с одной стороны стыка и на одной грани  $k_{c,p} = 1$ ;
- при 2 наклонных стержнях  $k_{c,p} = 0,9$ ;
- при большем количестве стержней  $k_{c,p} = 0,75$ .

## Соединения на клеенных стержнях под углом к плоскости сдвига

Наиболее универсальными являются анкеры V-образной формы, которые представляют собой комбинацию как минимум из 2 стержней, вклеенных наклонно по отношению к направлению волокон древесины и образующих между собой внутренний угол.

В растянутых стыках или в растянутых зонах стыков допускается применять соединения на стержнях, наклонно вклеенных в одном направлении, работающих на выдергивание и присоединенных на сварке к стальным пластинам, передающим на древесину усилия сжатия, возникающие от разложения усилий растяжения в наклонных стержнях. Работа наклонных стержней на продавливание (сжатие) в таких узлах не допускается.

Например, в схеме на рисунке один наклонно вклеенный стержень под углом  $30^\circ$  диаметром 12 мм на глубину 240 мм обеспечивает прочность  $N = 18,5$  кН, в то время как вклеенный вдоль волокон такой же стержень – 16 кН.



Работа наклонного вклеенного стержня в соединении, работающем на сдвиг, растянутого при наличии контакта по плоскости сплачивания.  
 $N$  - усилие сдвига,  $N_c$  - усилие сжатия,  $N_p$  - усилие растяжения,  
 $N_1$  - усилие сдвига, приходящееся на один наклонно вклеенный стержень,  
 $\alpha$  - угол наклона стержней.

Принципиальные конструктивные схемы соединений в узлах и стыках элементов для различных напряженно-деформированных состояний, а также методика их расчёта приведены в СП 382.1325800.

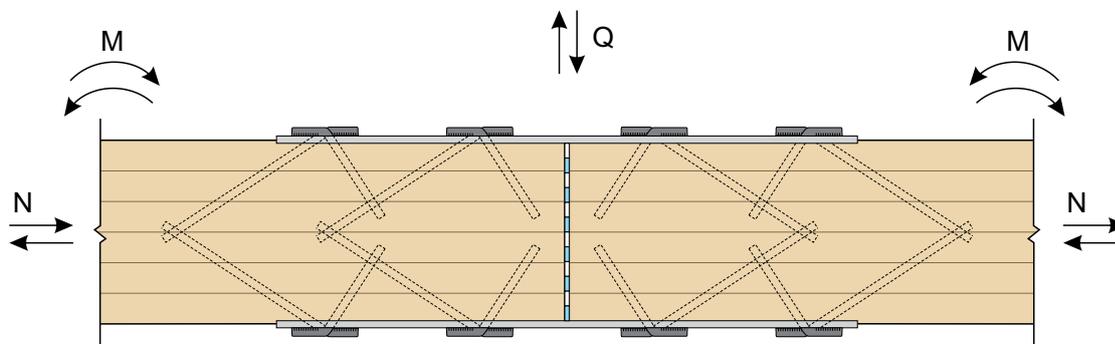


Схема симметричного универсального жесткого стыка элементов из клееной древесины высотой до 600 мм

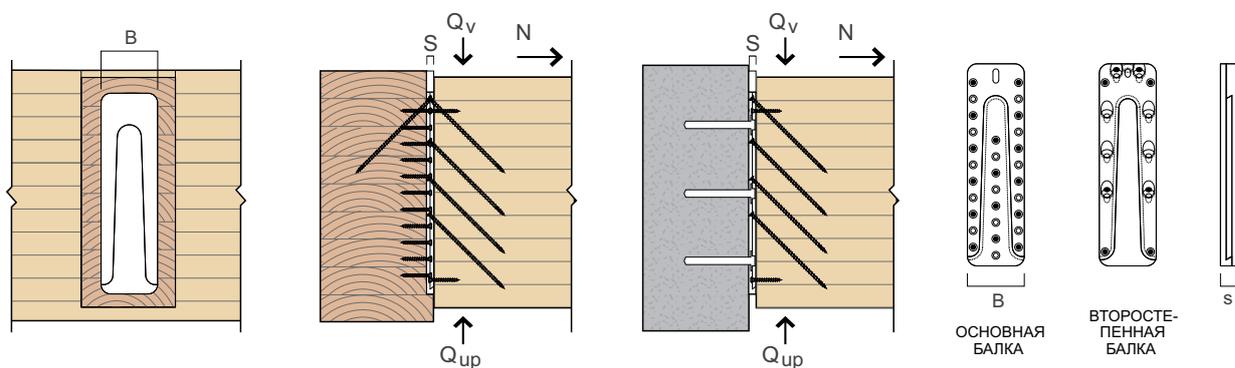


## Соединение с помощью коннекторов «Ласточкин хвост»

Соединители «Ласточкин хвост» являются блочной вставкой, установленной с помощью винтов на строительной площадке. Вставки бывают различных размеров и способны выдерживать до 150 кН благодаря расположению винтов под углом 45° к направлению волокон. Детали соединения устанавливаются таким образом, что после монтажа они полностью скрыты в элементах из древесины, поэтому практически незаметны и защищены от огня, обладают высокой несущей способностью и технологичностью.

Применяются такие коннекторы как для соединений с деревянным основанием, так и для соединений с бетонным основанием.

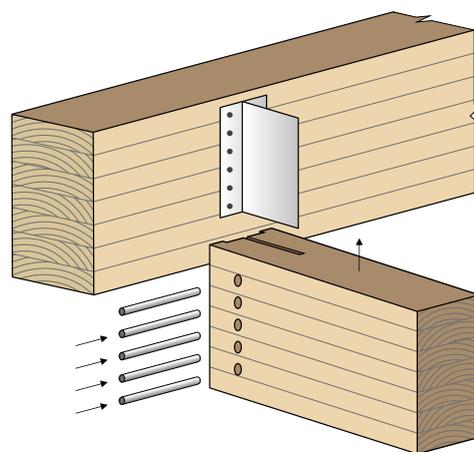
Реализацию конкретных узлов и их прочностные характеристики можно получить у производителя коннекторов.





## Соединение с помощью Т-образных металлических пластин и нагелей

Соединения на металлических Т-образных пластинах и нагелях производится при помощи пластины, которая заводится в паз конструкции и закрепляется нагелями. Соединение подходит для перпендикулярных соединений и соединений под углом (стропила, раскосы, элементы ферм и т.п.). Такие соединения допускается применять в тех случаях, когда обеспечена необходимая плотность постановки нагелей. Соединение обладает очень высокой несущей способностью и технологичностью. Может быть полностью скрыто в толще балки и защищено от огня.



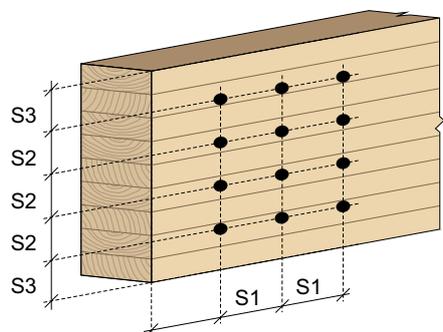
Толщина пластины из стали С255, достаточная для восприятия нагрузки до 100 кН–6 мм.

Максимальная нагрузка на узел исходя из несущей способности древесины скалыванию поперёк волокон под действием нагельного соединения и максимальное количество нагелей в один ряд из стали С235 для балок высотой от 140 до 600 мм представлены в таблице:

| Максимальная несущая способность узла по несущей способности древесины скалыванию поперёк волокон под действием нагельного соединения, (при расстоянии от нижней грани балки до оси нижнего нагеля 48 мм), $T_d$ , кН, при высоте балки, мм: |            |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| высота балки, мм   |            | 140  | 160  | 200  | 240  | 280  | 320  | 360  | 400  | 440  | 480  | 520  | 560  | 600  |
| ширина балки   | 140 мм     | 11,9   | 14,0 | 18,2 | 22,4 | 26,6 | 30,8 | 35,0 | 39,2 | 43,4 | 47,6 | 51,8 | 56,0 | 60,2 |
|  | 190 мм     | 16,1   | 19,0 | 24,7 | 30,5 | 36,2 | 41,9 | 47,6 | 53,2 | 58,9 | 64,6 | 70,3 | 76,0 | 81,7 |
| Диаметр нагеля, мм   |            | Максимальное количество нагелей из стали С235 в 1 ряд при соблюдении минимальных расстояний ( $S_2=3,5d$ ) и их несущая способность из условия изгиба нагеля, $T_n$ , кН |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 10   | штук       | 3  | 3    | 4    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 14   | 15   | 16   |
|  | $T_n$ , кН | 13,8   | 13,8 | 18,3 | 27,5 | 32,1 | 36,7 | 41,3 | 45,8 | 50,4 | 55,0 | 64,2 | 68,8 | 73,4 |
| 12   | штук       | 2  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   |
|  | $T_n$ , кН | 12,2   | 12,2 | 18,2 | 24,3 | 30,4 | 36,5 | 42,5 | 48,6 | 54,7 | 60,8 | 66,8 | 72,9 | 79,0 |
| 16   | штук       | 1  | 2    | 2    | 3    | 4    | 4    | 5    | 6    | 7    | 7    | 8    | 9    | 9    |
|  | $T_n$ , кН | 10,4   | 20,8 | 20,8 | 31,2 | 41,6 | 41,6 | 52,0 | 62,5 | 72,9 | 72,9 | 83,3 | 93,7 | 93,7 |
| 20   | штук       | 1  | 1    | 2    | 2    | 3    | 3    | 4    | 4    | 5    | 6    | 6    | 7    | 7    |
|  | $T_n$ , кН | 15,2   | 15,2 | 30,3 | 30,3 | 45,5 | 45,5 | 60,7 | 60,7 | 75,8 | 91,0 | 91,0 | 106  | 106  |

**Примечание** – Расчётная нагрузка, это минимальная из величин прочности древесины и несущей способности нагелей.

**Пример.** Для балки 140×520 мм максимальная прочность по скалыванию составляет 79 кН, но в нагельном узле максимальная прочность ниже – 58 кН. Однако, такая прочность перекрывает весь диапазон расчётных длин балки по прогибу выше 3 м (к балке менее 3 м можно приложить такую нагрузку, что 58 кН может оказаться недостаточно). Для реализации такого узла понадобится 6 нагелей диаметром 16 мм или 10 нагелей диаметром 12 мм из стали А400.



При расстановке нагелей необходимо соблюдать следующие минимальные расстояния согласно СП 64.13330:

| Диаметр нагеля, мм | 10 | 12 | 16  | 20  |
|--------------------|----|----|-----|-----|
| $S1 = 7d$ , мм     | 70 | 84 | 112 | 140 |
| $S2 = 3,5d$ , мм   | 35 | 42 | 56  | 70  |
| $S3 = 3d$ , мм     | 30 | 36 | 48  | 60  |

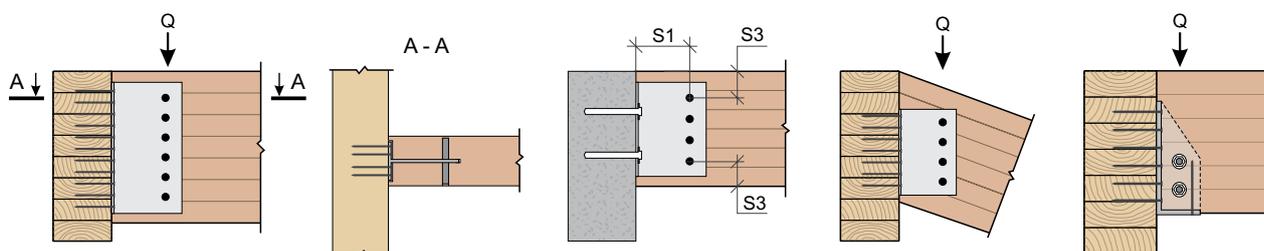
Соединение Т-образной пластины с главной балкой, или другим основанием может производиться гвоздями, шурупами, болтами или анкерами для бетона.

Крепление к основной несущей балке гвоздями  $\varnothing 4$  мм длиной не менее 60 мм рассчитывают исходя из прочности гвоздя на условный срез 0,8 кН. Крепление шурупами для перфорированного крепежа  $\varnothing 5 \times 70$  мм – 1,25 кН.

Количество крепёжных изделий в соединении с несущей конструкцией в зависимости от нагрузки приведено в таблице:

| Вид крепежа                                   | Количество крепежа, шт. в зависимости от нагрузки на узел Q, кН |   |     |    |    |    |    |    |    |    |     |
|---|---|---|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|   | 2.5   | 5 | 7.5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 70 | 100 |
| Гвоздь $\varnothing 4 \times 60$ , шт.        | 4   | 8 | 10  | 14 | 20 | 26 | 38 | 50 | 64 | 88 | 126 |
| Шуруп $\varnothing 5 \times 70$ , шт.         | 2   | 4 | 6   | 8  | 12 | 16 | 24 | 32 | 40 | 56 | 80  |
| Болт М12, шт.                                 | 2   | 2 | 2   | 2  | 4  | 4  | 6  | 8  | 8  | 12 | 16  |
| Болт М16, шт.                                 | 2   | 2 | 2   | 2  | 2  | 4  | 4  | 6  | 6  | 10 | 12  |
| Хим. анкер $\varnothing 8 \times 110^1$ , шт. | 2   | 2 | 2   | 4  | 4  | 4  | 6  | 8  | 8  | 12 | –   |

**Примечание** – 1 – для примера приведён химический анкер фирмы Rothoblaas VIN-FIX PRO  $\varnothing 8 \times 110$ .



Ограничением в использовании таких коннекторов является прочность древесины на растяжение поперёк волокон в нагельном гнезде. Для решения этой проблемы могут быть использованы коннекторы, имеющие дополнительную опорную площадку, либо вкрученные или вклеенные поперечные стержни в зоне нагелей.

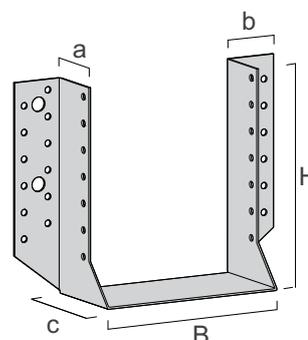


## Соединения при помощи стальных перфорированных опор

Соединения на металлических перфорированных опорах являются одними из самых простых и универсальных соединений и подходят для соединения деревянных элементов как между собой, так и с бетонными основаниями. Существуют варианты как с открытым крепежом к опоре, так и с закрытым крепежом.

Соединение является видимым, и не огнеупорным.  
Толщина стали обычно составляет от 1,8 до 2,5 мм.

Предельная нагрузка на узел из стальных перфорированных опор ограничивается прочностью самой стали. Если неизвестны параметры конкретного изделия, то по умолчанию подразумевается сталь С255.



Максимальная нагрузка на опоры из стали С255 ( $R_{ин} = 255$  МПа) наиболее распространённых размеров приведена в таблице, кН:

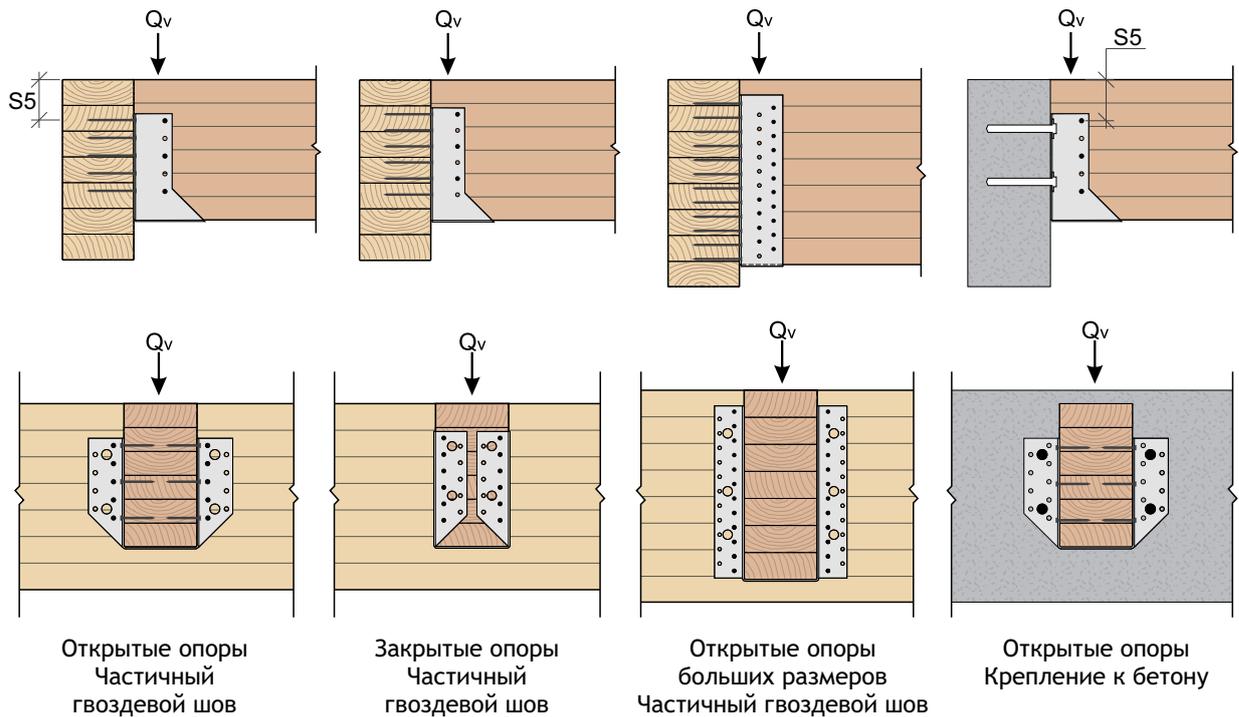
| Толщина стали, мм | Максимальная нагрузка, кН,<br>при сечении [минимальное из c, (a+b)] |       |       |       |       |        |
|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|--------|
|                   | 60 мм   | 65 мм | 76 мм | 80 мм | 85 мм | 100 мм |
| 2 мм              | 22,9  | 25,5  | 31,1  | 33,1  | 35,7  | 43,3   |
| 2,5 мм            | 28,6  | 31,8  | 38,8  | 41,4  | 44,6  | 54,2   |

Перфорация на опорах делается с шагом 20 мм обычно в два ряда. Максимальный размер опоры по высоте  $H = 240$  мм. Таким образом максимальный гвоздевой шов ограничен 46 гвоздями со стороны основной балки. Минимально необходимое количество крепежа для разных нагрузок приведено в таблице:

| Вид крепежа                     | Нагрузка на узел, Q, кН |   |     |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------|-------------------------|---|-----|----|----|----|----|----|----|
|                                 | 2,5                     | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Крепёж к основной несущей балке |                         |   |     |    |    |    |    |    |    |
| гвоздь Ø4 × 60, шт.             | 4                       | 8 | 12  | 16 | 24 | 32 | 48 | 62 | 78 |
| шуруп Ø5 × 70, шт.              | 4                       | 6 | 8   | 10 | 16 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Крепёж к второстепенной балке   |                         |   |     |    |    |    |    |    |    |
| гвоздь Ø4 × 60, шт.             | 4                       | 4 | 4   | 6  | 8  | 10 | 18 | 24 | 30 |
| шуруп Ø5 × 50, шт.              | 2                       | 4 | 4   | 6  | 6  | 8  | 12 | 14 | 16 |

Расчёт сделан для режима нагружения «В» ( $m_{дл} = 0,66$ ).

При использовании частичного гвоздевого шва на основной балке гвозди вбиваются в ближайший к второстепенной балке ряд отверстий, а на второстепенной балке – в крайний ряд, как указано на рисунках ниже.



Расстояние  $S5 \geq 5d$ . Высота коннектора не должна быть меньше  $h/1,5$ , где  $h$  – высота второстепенной балки.

Кроме гвоздей допускается использование специальных шурупов для перфорированного крепежа, обеспечивающих плотную посадку в отверстиях опоры и увеличенную прочность на срез. Выпускаются шурупы диаметром  $\varnothing 5$  мм длиной 50 и 70 мм.

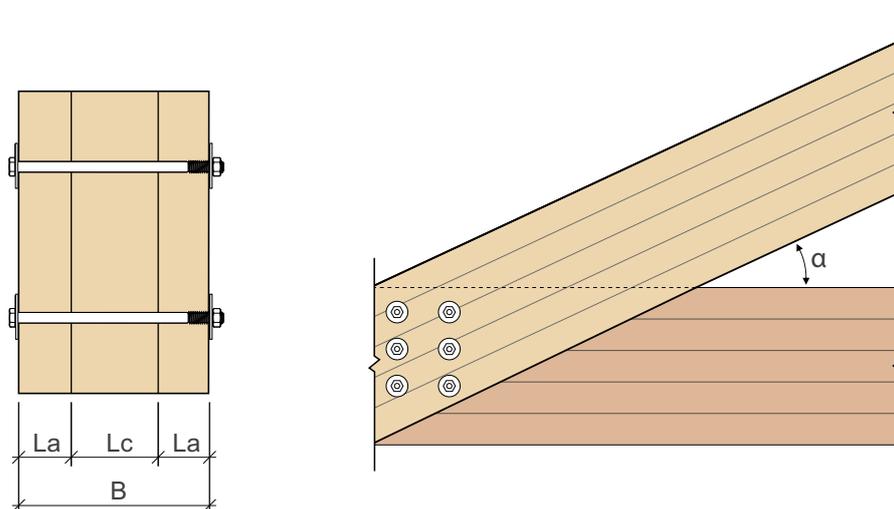
Крепление опоры к бетону может осуществляться различными методами. Для примера приведена прочность распорных анкеров для высоких нагрузок фирмы Rotoblaas.

| Величина       | Анкер М8 | Анкер М10 | Анкер М12 | Анкер М16 |
|----------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Растяжение, кН | 9        | 16        | 25        | 35        |
| Сдвиг, кН      | 11       | 17,4      | 25,3      | 47,1      |



## Непосредственное примыкание дерево-дерево с помощью болтов

Простым и универсальным видом соединений является непосредственное соединение дерево-дерево с помощью болтов. Прочность соединения зависит от самого нагеля, и угла приложения нагрузки относительно направления волокон древесины.



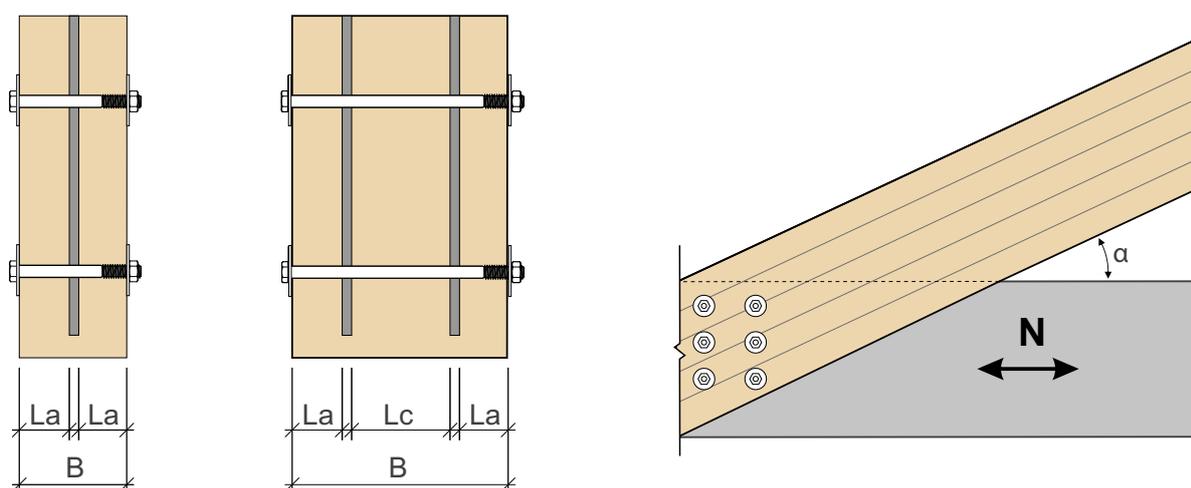
Нагрузка на 1 болт класса прочности 6.8 в зависимости от угла приложения силы и ширины скрепляемых деревянных элементов для симметричного узла из трёх элементов приведена в таблице:

| Диаметр болта, мм | Ширина балок |            | Прочность соединения для одного болта, кН |               |               |               |               |
|-------------------|--------------|------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                   | $L_a$ , мм   | $L_c$ , мм | $R, 0^\circ$                              | $R, 30^\circ$ | $R, 45^\circ$ | $R, 60^\circ$ | $R, 90^\circ$ |
| 12                | 90           | 90         | 9,25                                      | 9,00          | 8,50          | 8,01          | 7,45          |
|                   |              | 190        | 9,25                                      | 9,00          | 8,52          | 8,01          | 7,71          |
| 16                | 90           | 90         | 14,26                                     | 12,89         | 11,34         | 9,92          | 9,31          |
|                   |              | 190        | 15,85                                     | 15,07         | 14,13         | 13,22         | 12,81         |
|                   | 190          | 190        | 16,42                                     | 15,62         | 14,65         | 13,70         | 13,27         |
| 20                | 90           | 90         | 17,88                                     | 16,12         | 13,85         | 11,60         | 9,94          |
|                   |              | 190        | 22,44                                     | 21,31         | 19,75         | 18,08         | 15,91         |
|                   | 190          | 190        | 25,70                                     | 24,41         | 22,62         | 20,70         | 19,17         |

При устройстве соединения необходимо соблюдать минимально допустимые расстояния расстановки нагелей. Количество нагелей в соединении должно быть не менее 2 штук.

## Соединение с помощью закладных металлических пластин

Одним из самых универсальных видов соединений является соединение дерево-металл-дерево с помощью болтов или нагелей. Такой узел позволяет соединять деревянные элементы под любым углом, легко реализуется, достаточно скрыт от огня и имеет хорошие прочностные характеристики. В зависимости от нагрузок и толщины клееного элемента применяют от одной до трёх параллельных пластин в соединении. Рекомендуемая толщина металлической пластины – не менее 5 мм.



Предельная нагрузка на один болт класса прочности 4.8 и одну закладную пластину толщиной 5 мм для разных условий приведена в таблице:

| Диаметр болта | Балка |            | Прочность соединения для одного болта, кН |        |        |        |        |
|---------------|-------|------------|---|--------|--------|--------|--------|
|               | B, мм | $L_a$ , мм | R, 0°                                     | R, 30° | R, 45° | R, 60° | R, 90° |
| 12            | 90    | 42         | 7,7                                       | 7,5    | 6,8    | 6      | 5,6    |
| 16            |       |            | 10,6                                      | 9,6    | 8,5    | 7,4    | 7,0    |
| 20            |       |            | 13,3                                      | 12     | 10,3   | 8,7    | 7,4    |
| 12            | 140   | 67         | 7,7                                       | 7,5    | 7,1    | 6,7    | 6,5    |
| 16            |       |            | 13,7                                      | 13,1   | 12,3   | 11,5   | 11,1   |
| 20            |       |            | 21,2                                      | 19,2   | 16,5   | 13,8   | 11,8   |
| 12            | 190   | 92         | 7,7                                       | 7,5    | 7,1    | 6,7    | 6,5    |
| 16            |       |            | 13,7                                      | 13,1   | 12,3   | 11,5   | 11,1   |
| 20            |       |            | 21,5                                      | 20,4   | 18,9   | 17,3   | 16,0   |

Расчёт сделан для режима нагружения «B» ( $m_{дл} = 0,66$ ).

При устройстве соединения необходимо соблюдать минимально допустимые расстояния расстановки нагелей. Количество нагелей в соединении должно быть не менее 2 штук.

Предельная нагрузка на один болт класса прочности 4.8 (повышение класса прочности болта в этом случае не приводит к повышению прочности узла, так как прочность соединения здесь ограничивается прочностью древесины на смятие) и две закладных пластины толщиной 5 мм для разных углов приложения нагрузки приведена в таблице:

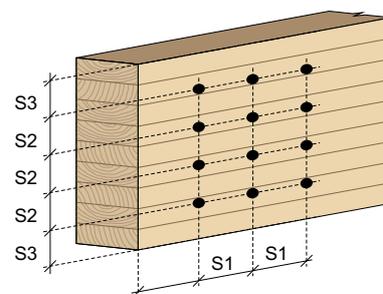
| Диаметр болта | Балка |                     |       | Прочность соединения для одного болта, кН |        |        |        |        |
|---------------|-------|---------------------|-------|---|--------|--------|--------|--------|
|               | B, мм | L <sub>а</sub> , мм | R, 0° | R, 30°                                    | R, 45° | R, 60° | R, 90° | R, 90° |
| 12            | 140   | 35                  | 58    | 13,3                                      | 12,6   | 11,3   | 10,0   | 9,3    |
| 16            | 190   | 49                  | 80    | 17,7                                      | 16,0   | 14,1   | 12,3   | 11,6   |
| 20            | 140   | 35                  | 58    | 22,2                                      | 20,1   | 17,2   | 14,4   | 12,4   |
| 12            | 190   | 49                  | 80    | 15,5                                      | 15,1   | 14,3   | 13,4   | 12,9   |
| 16            | 140   | 35                  | 58    | 24,8                                      | 22,5   | 19,8   | 17,3   | 16,2   |
| 20            | 190   | 49                  | 80    | 31,0                                      | 28,1   | 24,1   | 20,2   | 17,3   |

Расчёт сделан для режима нагружения «В» ( $m_{дл} = 0,66$ ).

В соединениях на цилиндрических нагелях должно быть поставлено не менее 3 стяжных болтов с каждой стороны стыка (СП 64.13330 п. 9.11).

При расстановке нагелей необходимо соблюдать следующие минимальные расстояния согласно СП 64.13330:

| Диаметр нагеля, мм | 10 | 12 | 16  | 20  |
|--------------------|----|----|-----|-----|
| S1 = 7d, мм        | 70 | 84 | 112 | 140 |
| S2 = 3,5d, мм      | 35 | 42 | 56  | 70  |
| S3 = 3d, мм        | 30 | 36 | 48  | 60  |





## Соединения на Металлических Зубчатых Пластинах (МЗП)

МЗП часто используют в узлах рам, ферм и других деревянных большепролётных конструкций, в том числе из клееной древесины. МЗП представляют собой стальную пластину толщиной 1–2 мм на одной стороне которых после выштамповки получают зубья различной формы и длины. Высота зубьев рекомендуется не более 12-кратной толщины пластины. МЗП устанавливаются попарно с обеих сторон соединяемых элементов таким образом, чтобы ряды зубьев МЗП располагались вдоль направления волокон, присоединяемого деревянного элемента, в котором действуют наибольшие усилия. Изготовление конструкции должно производиться с помощью прессов, ручная запрессовка МЗП не рекомендуется.

Площадь соединения на каждом элементе (с одной стороны) должна быть для конструкции пролетом до 12 м не менее 50 см<sup>2</sup>, а для конструкций пролетом до 18 м – не менее 75 см<sup>2</sup>. Минимальное расстояние от плоскости соединения элементов должно быть не менее 60 мм. МЗП следует располагать таким образом, чтобы расстояния от боковых кромок деревянных элементов до крайних зубьев были не менее 10 мм.

Наиболее распространённым типом МЗП является МЗП-1,2 и МЗП-2 (по толщине применяемой стали). Пластины МЗП-1,2 имеют размеры: длина 160–340 мм и ширина 80–140 мм с длиной зубьев 14,8 мм, а пластины МЗП-2 соответственно: длина 160–400 мм и ширина 80–200 мм с длиной зубьев 23,5 мм.

Расчётная несущая способность соединений на МЗП толщиной 1,2 и 2 мм приведена в таблице:

| Обозначение  | Напряженное состояние соединения   | Характерный угол $\beta$ , $\alpha$ , $\gamma$ | Расчетная несущая способность соединений с пластинами типа, МПа |       |
|--|--|--|---|-------|
|  |  |  | МЗП-1,2   | МЗП-2 |
| $R$ , МПа, рабочей площади соединения              | Смятие древесины и изгиб зубьев при углах между направлением волокон и действующим усилием $\beta$       | 0–15   | 0,8   | 0,8   |
|  |  | 30   | 0,7   | 0,7   |
|  |  | 45   | 0,6   | 0,6   |
|  |  | 60   | 0,5   | 0,5   |
|  |  | 75–90  | 0,4   | 0,4   |
| $R_p$ , кН/м, ширины рабочего сечения пластины     | Растяжение пластины при величине угла между продольной осью пластин и действующим усилием $\alpha$       | 0–15   | 115   | 200   |
|  |  | 45–90  | 35  | 65    |
| $R_{ср}$ , кН/м, длины срезаемого сечения пластины | Срез пластины при величине угла между продольной осью пластины и направлением срезающего усилия $\gamma$ | 0  | 35  | 65    |
|  |  | 45   | 50  | 95    |
|  |  | 90   | 35  | 65    |

Несущую способность соединения на металлических зубчатых пластинах по условиям смятия древесины и изгиба зубьев при растяжении, сдвиге и сжатии, определяют по формуле:

$$N_c = 2 \times R \times F_p,$$

где  $R$  – расчетная несущая способность по таблице;  $F_p$  – расчетная площадь поверхности МЗП с одной стороны стыка, определяемая за вычетом площадей участков пластины в виде полос шириной 10 мм, примыкающих к линиям сопряжения элементов.

Несущую способность металлических зубчатых пластин при растяжении находят по формуле:

$$N_p = 2 \times b \times R_p,$$

где  $b$  – размер пластины в направлении, перпендикулярном направлению усилия, без учёта перфорации;  $R_p$  – расчетная несущая способность пластины на растяжение по таблице выше.

Несущую способность металлических зубчатых пластин при срезе определяют по формуле:

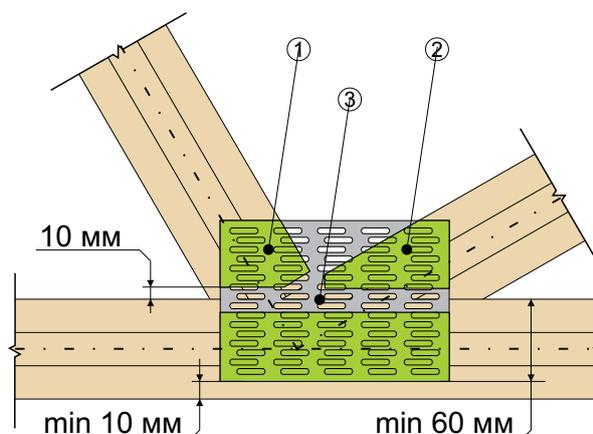
$$Q_{cp} = 2 \times l_{cp} \times R_{cp},$$

где  $l_{cp}$  – длина среза пластины без учета ослаблений;  $R_{cp}$  – расчетная несущая способность пластины на срез, определяемая по таблице выше.

Учет эксцентриситета приложения к МЗП равнодействующей усилия при расчете опорных узлов треугольных ферм и арок осуществляется снижением расчетной несущей способности соединения умножением на коэффициент  $k$ , определяемый в зависимости от уклона стропил.

| Уклон верхнего пояса | 0° | 15°  | 18° | 22° | 25°   | >25° |
|----------------------|----|------|-----|-----|-------|------|
| Коэффициент $k$      | 1  | 0,85 | 0,8 | 0,7 | 0,675 | 0,65 |

- 1 – Площадь соединения на каждом элементе должна быть не менее 50 см<sup>2</sup> для конструкций пролётом до 12 м;
- 2 – Площадь соединения на каждом элементе должна быть не менее 70 см<sup>2</sup> для конструкций пролётом до 18 м;
- 3 – Расчётная площадь поверхности МЗП на стыкуемых элементах определяется за вычетом площадей участков пластины в виде полос шириной 10 мм, примыкающих к линиям сопряжения элементов.

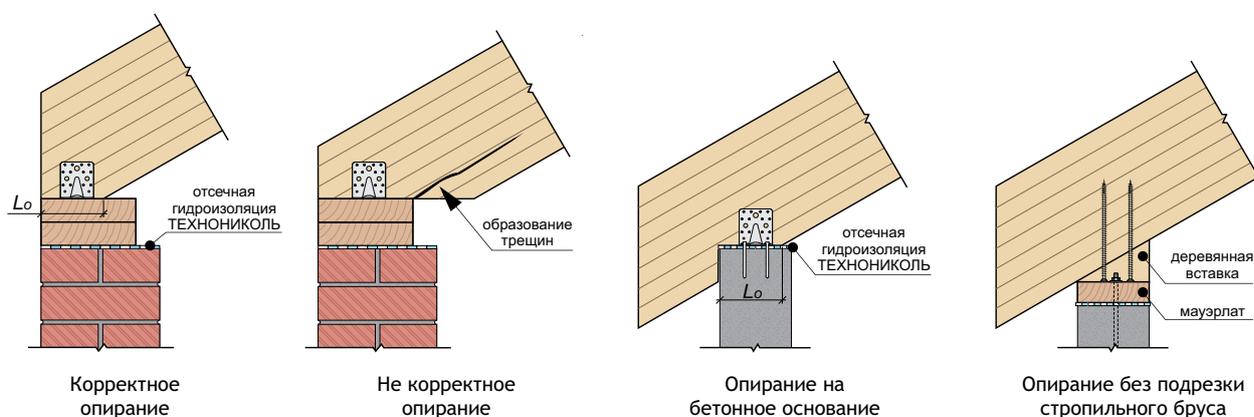


## Опираение на мауэрлат

Опираение стропильных ног из деревянных клееных элементов реализуется по тем же правилам, что и опираение балок перекрытия с той лишь разницей, что опорная площадка на стропильной ноге расположена под меньшим углом к волокнам и обладает большей несущей способностью на смятие. При этом, если стропильная нога опирается на деревянный мауэрлат (или любой другой деревянный элемент), то площадка смятия должна быть не менее минимально необходимой из условия смятия этого мауэрлата (элемента).

Минимальная длина площадки опираения на деревянный мауэрлат для стропильных ног из клееных деревянных элементов разной ширины в зависимости от нагрузки на узел  $L_o$ , см:

| Ширина балки, мм | $R_{см}, b$ кН/см.п. | Формула (при $m_{дл} = 0,66$ ) | Минимальная ширина площадки опираения $L_o$ , см, при $Q$ |       |       |       |       |        |
|------------------|----------------------|--------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|--------|
|                  |                      |                                | 10 кН   | 15 кН | 20 кН | 50 кН | 75 кН | 100 кН |
| 90               | 2,32                 | $R_{см} = 2,58$ МПа            | 4,4   | 6,5   | 8,7   | 21,6  | 32,3  | 43,1   |
| 140              | 3,62                 | $R_{см} b = b / R_{см}$        | 2,8   | 4,2   | 5,6   | 13,9  | 20,8  | 27,7   |
| 190              | 4,91                 | $L_o = Q / R_{см}, b$          | 2,1   | 3,1   | 4,1   | 10,2  | 15,3  | 20,4   |



Опираение стропильной ноги необходимо реализовывать от нижней кромки (на нижнюю часть сечения). Не допускается опириение на среднюю часть сечения (см. рис.).

При опириении на каменное или стальное основание необходимо предусмотреть отсечную гидроизоляцию между бетоном и древесиной. Минимальная длина площадки опираения  $L_o$  зависит от угла наклона стропильной ноги, её ширины и нагрузки на узел и для некоторых сочетаний приведена в таблице ниже (в миллиметрах):

|                     |  | угол | 10 кН | 20 кН | 35 кН | 50 кН | 75 кН |                     |  | угол | 20 кН | 35 кН | 50 кН | 75 кН | 100 кН |
|---------------------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|--|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Ширина балки 90 мм  |  | 0    | 48    | 96    | 167   | 239   | 359   | Ширина балки 190 мм |  | 0    | 45    | 79    | 113   | 170   | 226    |
|                     |  | 20   | 41    | 82    | 144   | 206   | 309   |                     |  | 20   | 39    | 68    | 98    | 146   | 195    |
|                     |  | 30   | 34    | 68    | 120   | 171   | 257   |                     |  | 30   | 32    | 57    | 81    | 122   | 162    |
|                     |  | 45   | 23    | 46    | 80    | 114   | 171   |                     |  | 45   | 22    | 38    | 54    | 81    | 108    |
|                     |  | 60   | 15    | 28    | 49    | 70    | 104   |                     |  | 60   | 13    | 23    | 33    | 49    | 66     |
| Ширина балки 140 мм |  | 0    | 61    | 108   | 154   | 230   | 307   |                     |  |      |       |       |       |       |        |
|                     |  | 20   | 53    | 93    | 132   | 199   | 265   |                     |  |      |       |       |       |       |        |
|                     |  | 30   | 44    | 77    | 110   | 165   | 220   |                     |  |      |       |       |       |       |        |
|                     |  | 45   | 29    | 51    | 73    | 110   | 146   |                     |  |      |       |       |       |       |        |
|                     |  | 60   | 18    | 31    | 45    | 67    | 89    |                     |  |      |       |       |       |       |        |

## Подрезы в балках из КД

Иногда возникает необходимость в подрезке балки возле опоры с целью уменьшения строительной высоты, для размещения трасс коммуникаций или других причин. Необходимо учитывать, что любое сверление или надрезы, выполняемые в крайних растянутых участках, влияют на прочность балки и надёжность её эксплуатации.

Во-первых, такие модификации уменьшают сечение балки. Во-вторых, они удаляют древесное волокно из ламелей, имеющих наибольшую прочность. Кроме того, такие места являются концентраторами напряжений, которые могут стать причиной аварийного обрушения.

В данных рекомендациях предполагается, что балки представляют собой простые пролеты, подвергающиеся равномерно-распределённым нагрузкам, со сжатой стороной вверху. В типичной деревянной конструкции нагрузки на пол или крышу, переносимые клееной балкой, считаются равномерно-распределёнными.

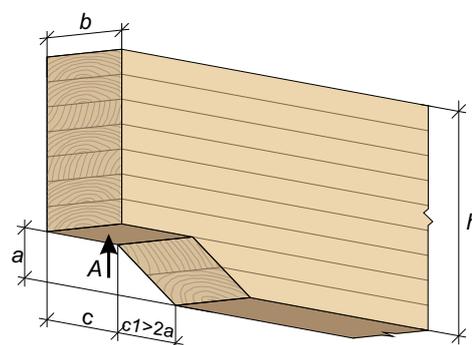
По возможности следует избегать подрезок на клееных элементах, подверженных поперечному изгибу. Подрезки на клееной балке со стороны растяжения не допускаются, за исключением концевых опор, и то только при определенных условиях. Надрез на изгибаемом элементе со стороны растяжения приводит к снижению прочности, вызванному концентрацией напряжений, развивающихся вокруг надреза, а также к уменьшению площади, сопротивляющейся силам изгиба и сдвига. Такие надрезы вызывают растягивающие напряжения, перпендикулярные волокнам, которые в сочетании с горизонтальными сдвиговыми силами могут вызвать раскалывание вдоль волокон, обычно начиная с внутреннего угла надреза. Концентрацию напряжений можно уменьшить, используя скошенную конфигурацию подрезок вместо подрезок с прямыми углами.

Подрезка на опоре в растянутой зоне деревянных изгибаемых элементов глубиной  $a \leq 0,25 \times h$  допускается при условии:

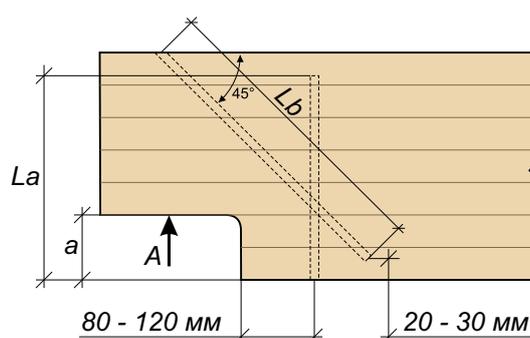
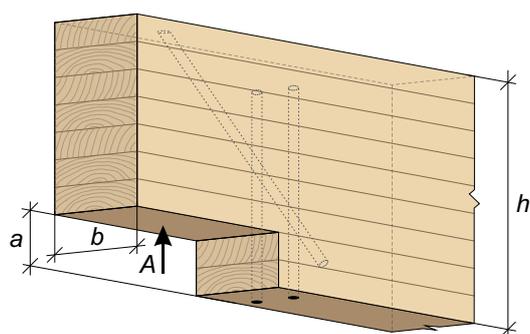
$$A/(b \times h) < 0,4 \text{ МПа,}$$

где  $b$  и  $h$  – ширина и высота балки;  $A$  – опорная реакция от расчётной нагрузки.

Длина опорной площадки подрезки  $c$  должна быть не больше высоты сечения  $h$ , а длина скошенной части подрезки  $c_1$  не менее двух глубин  $a$ .



В том случае, если невозможно выполнить скошенную подрезку или её глубина превышает  $0,25 h$ , необходимо усиление зоны подрезки вклеиванием поперечных и наклонных стержней или установкой стяжных винтов с полной резьбой, чтобы противостоять тенденции к расколу в надрезе. Также рекомендуется скруглить квадратный угол выреза радиусом примерно 13 мм, чтобы уменьшить концентрацию напряжений в этих областях.



Длина поперечных стержней должна удовлетворять условию  $2a \leq L_o \leq 0,7h$ . Длина наклонного стержня, вклеенного под углом  $45^\circ$ :  $L_b = h/\sin 45^\circ - 35$ .

Диаметр вклеенных стержней при сочетании максимальной нагрузки на балку и предельно допустимой глубины подрезки  $a = 0,25h$  в зависимости от высоты балки приведён в таблице:

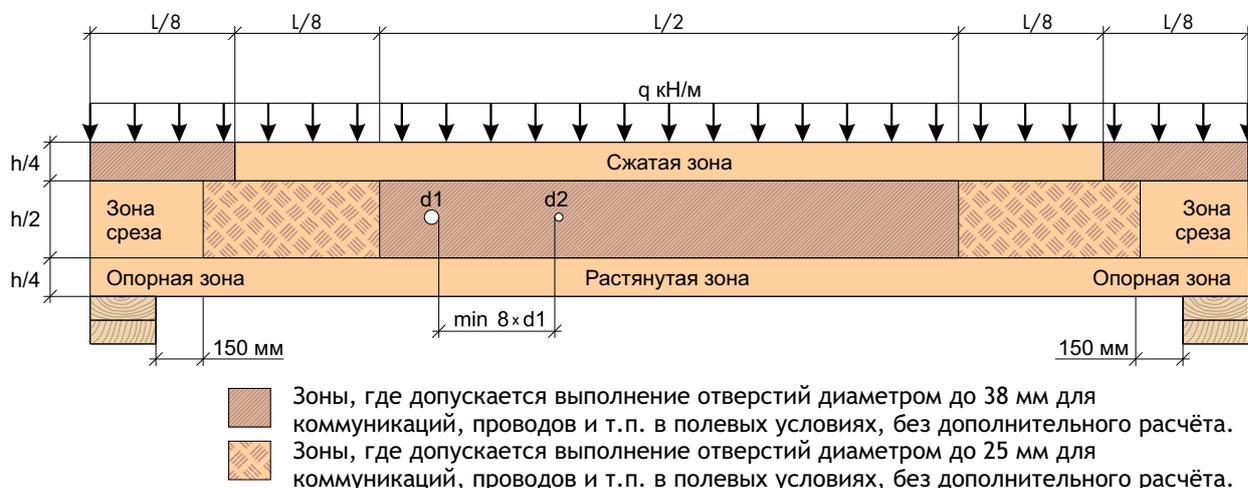
| Ширина балки $b$ , мм | Диаметр вклеенных стержней при высоте балки $h$ , мм |        |         |         |
|-----------------------|--|--------|---------|---------|
|                       | Ø 6 мм   | Ø 8 мм | Ø 12 мм | Ø 16 мм |
| 140                   | ≤ 500  | ≤ 625  | ≤ 710   | 750     |
| 190                   | ≤ 460  | ≤ 585  | ≤ 665   | 710     |

Расчёт произведён для 2-х поперечных и одном наклонном стержне класса прочности 3.6 ( $R_{ин} = 330$  МПа), и предельных скалывающих усилий на балку в зоне опирания при режиме нагружения «В» ( $m_{дл} = 0,66$ ) при величине сопротивления выдёргиванию  $R_a = 6,8$  МПа по методике СП 64.13330.

В случае необходимости подрезки в верхней части балки в зоне опирания (например, для прокладки труб и коммуникаций), необходимо проверить прочность балки на скалывание по уменьшенному сечению.

## Отверстия в балках из КД

Как и подрезки, отверстия в клеёном бруске удаляют древесное волокно, тем самым уменьшая площадь сечения балки в месте расположения отверстий и создавая концентрацию напряжений. Эти эффекты вызывают снижение прочности балки в зоне сверления. Следовательно, горизонтальные отверстия в клеёной древесине ограничены по размеру и расположению. Ниже показаны зоны равномерно нагруженной свободно опертой балки, где допускается возможность сверления отверстий без дополнительных расчётов.



Диаметр отверстий не должен превышать 38 мм, при высоте балки не менее 190 мм.

Минимальное расстояние между краями отверстий должно быть не менее 8 диаметров наибольшего соседнего отверстия. При этом максимальное количество отверстий не должно превышать  $L/1,5$ , где  $L$  – длина балки. Например, для балки длиной 6 м:  $6/1,5 = 4$  отверстия.

Отверстия могут быть использованы для прокладки труб, электрических кабелей и других небольших и лёгких материалов.

Сверление вертикальных отверстий в клеёных балках следует по возможности избегать, так как такие отверстия значительно снижают прочность балки. Сверление отверстий большего диаметра требует отдельного расчёта жёсткости и прочности.



## КОЛОННЫ

### Общие сведения

В зданиях с несущими деревянными конструкциями покрытия индустриального изготовления (балки, фермы), опорными конструкциями являются стены и колонны. Чаще применяются клееные деревянные колонны. Реже составные из брусьев. Высота сечения наружных колонн  $h=1/16-1/12$  длины колонн, а ширина  $b=h/4-h/2$ . Для внутренних колонн допускается квадратное сечение.

Колонны из клееной древесины обладают стабильной геометрией, не подвержены короблению, кручению и растрескиванию. При достаточно высокой несущей способности их свободная высота ограничена естественной гибкостью древесины. Тем не менее, при организации горизонтальных связей можно реализовывать в клееной древесине любую высоту.

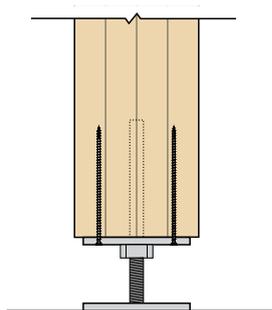
В таблице представлена величина нагрузок центрально сжатых КДЭ при двух шарнирно закреплённых концах и лобовом приложении нагрузки, и при защемлённой опоре и шарнирно закреплённым верхним концом:

| Сечение колонны, мм |     | Шарнирно закреплённые концы |  |      |     |     | Опора защемлена  |  |     |     |     |
|---------------------|-----|-----------------------------|--|------|-----|-----|------------------|--|-----|-----|-----|
|                     |     | Макс. высота                | Максимальная нагрузка, кН при высоте колонны |      |     |     | Макс. высота     | Максимальная нагрузка, кН при высоте колонны |     |     |     |
| $b$                 | $h$ | $L_{\max}^1$ , м            | 3 м  | 4 м  | 5 м | 6 м | $L_{\max}^1$ , м | 3 м  | 4 м | 5 м | 6 м |
| 90                  | 90  | 3,12                        | 22,8   |      |     |     | 3,9              | 35,7   |     |     |     |
| 140                 | 120 | 4,16                        | 84,2   | 47,4 |     |     | 5,20             | 129  | 74  | 47  | 33  |
| 140                 | 140 | 4,85                        | 133  | 75,2 |     |     | 6,06             | 176  | 117 | 75  | 52  |
| 190                 | 195 | 6,58                        | 353  | 262  | 167 | 116 | 8,23             | 393  | 338 | 292 | 182 |
| 190                 | 500 | 6,58                        | 906  | 671  | 430 | 298 | 8,23             | 1000   | 866 | 672 | 466 |

Лобовой упор можно использовать в соединениях колонн с деревянными элементами, для соединений колонн с бетонным основанием или узлов на открытом воздухе используют металлические коннекторы. Для закрепления колонн, опор шарнирных рам к бетонным основаниям могут применяться узлы с жёстким защемлением с помощью анкерных болтов или специальных коннекторов.

Ассортимент коннекторов очень разнообразен; их можно разделить на Регулируемые и Нерегулируемые. Нерегулируемые коннекторы могут в свою очередь воспринимать моменты в одной или двух плоскостях, либо только вертикальные усилия. Регулируемые—воспринимают только вертикальные нагрузки.

## Регулируемые опоры



В простейшем случае опора представляет собой резьбовую шпильку и гайку, приваренные к двум стальным пластинам толщиной не менее 6 мм. Данное соединение воспринимает только вертикальную нагрузку. Примерная вертикальная нагрузка на такую регулируемую опору в зависимости от диаметра резьбовой шпильки, кН, приведена в таблице:

| Диаметр шпильки, мм | Вертикальная нагрузка |
|---------------------|-----------------------|
| 16                  | 23,3 кН               |
| 20                  | 41,9 кН               |
| 24                  | 50,7 кН               |

Материал шпильки и гайки—нержавеющая сталь А2, пластины—углеродистая сталь с цинкованием.

## Нерегулируемые опоры

В узлах с повышенными нагрузками и колоннами больших сечений используют опоры из оцинкованных труб, на торцы которых приварены стальные пластины толщиной 12–16 мм. Выпускают такие коннекторы высотой до 300 мм, что позволяет минимизировать контакт древесины с водой и грунтом при использовании на открытом воздухе. Несущая способность таких коннекторов ограничена прочностью самой древесины.





## Нерегулируемые опоры, воспринимающие момент в одной плоскости

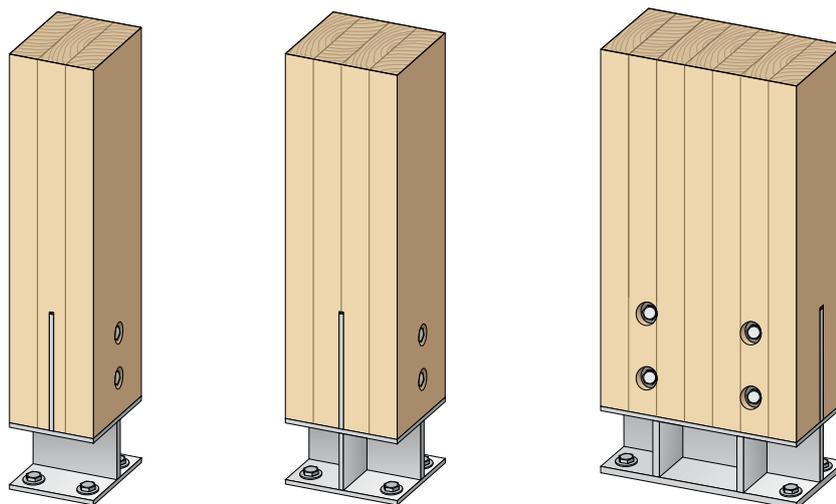
T-образная опора из оцинкованной углеродистой стали позволяет выполнить скрытое соединение, воспринимающее момент в плоскости пластины. Толщину пластины выбирают не менее 8 мм.

Прочность нагельного соединения в зависимости от количества нагелей из стали А400 для колонны сечением 140×140 мм приведена в таблице:

| Количество нагелей, шт. | 2    | 4    | 6    | 8     | 10    | 12    |
|-------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Нагель 12 мм. Q, кН     | 13,8 | 27,7 | 41,6 | 55,4  | 69,3  | 83,1  |
| Нагель 16 мм. Q, кН     | 24,6 | 49,3 | 73,9 | 98,5  | 123,2 | 147,8 |
| Нагель 20 мм. Q, кН     | 31,1 | 62,2 | 93,2 | 124,3 | 155,4 | 186,5 |

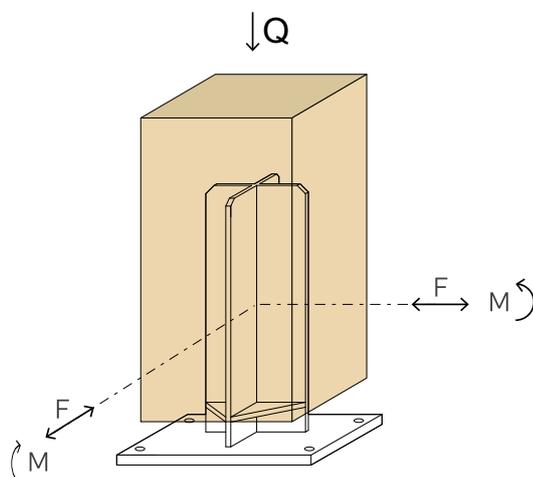
Расчёт сделан для режима нагружения «В» и 3 класса эксплуатации ( $m_{дл} = 0,66$ ;  $m_в = 0,9$ )

При повышенной вертикальной составляющей нагрузки такие опоры изготавливают с дополнительной опорной площадкой. Нагели в таких опорах воспринимают только изгибающий момент, а несущая способность на сжатие ограничена прочностью древесины.



## Нерегулируемые опоры, воспринимающие момент в двух плоскостях

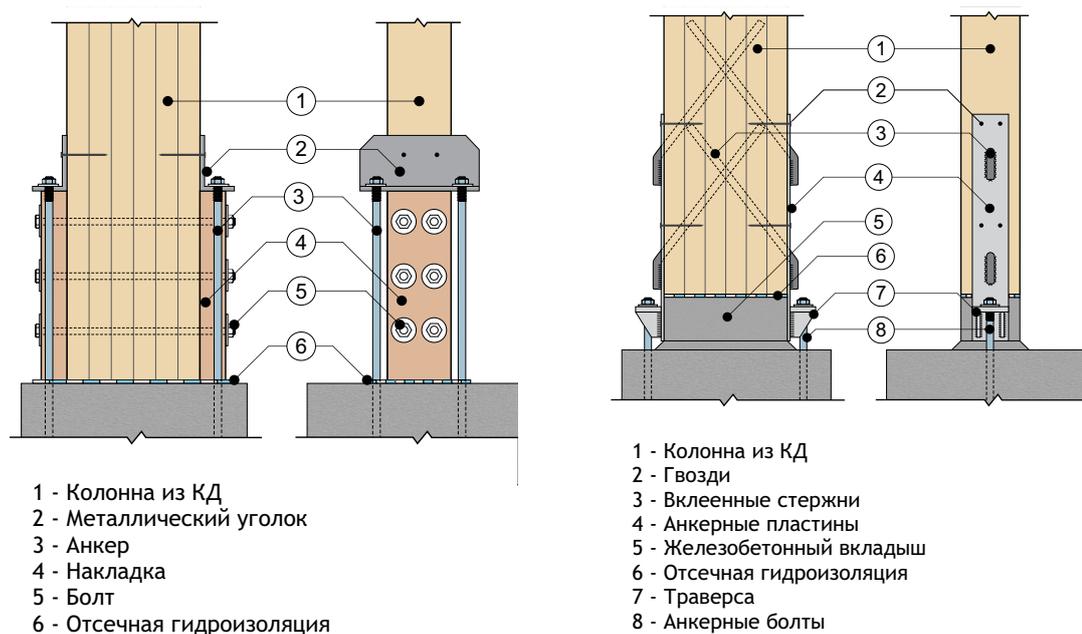
Крестовидная опора из оцинкованной углеродистой стали позволяет выполнить полностью скрытое соединение, воспринимающее изгибающие моменты в двух плоскостях, что даёт возможность строить навесы или беседки, которые не нуждаются в ветровых связях, оставаясь открытыми со всех сторон. Расчётные характеристики таких опор зависят от толщины стали, геометрических размеров и следует уточнять у производителей опор.



## Прочие узлы крепления колонн к бетонным основаниям

В зданиях с несущими деревянными опорными конструкциями колонны, жестко закрепленные в фундаментах и шарнирно соединенные с ригелем, образуют поперечную раму каркаса здания. На раму действует система вертикальных и горизонтальных (ветровая нагрузка) нагрузок. При действии горизонтальных нагрузок колонны, соединенные с ригелем, работают совместно, а в основании колонн возникает изгибающий момент.

Реализация таких узлов требует индивидуального расчёта в каждом случае. Общий вид некоторых узлов приведен на следующих рис.



## ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Древесина – горючий материал, который горит медленно: в условиях пожара происходит уменьшение площади полезного сечения, но часть, не затронутая огнем, сохраняет прочность.

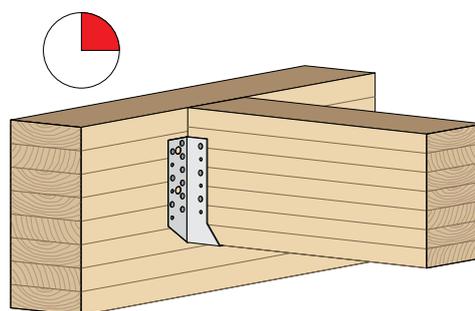
Одним из наиболее ответственных этапов проектирования и строительства ДК является организация соединений их элементов посредством механических связей, чаще всего металлических. Это требует реализации специальных мероприятий по защите таких крепежных элементов. Один из способов повышения огнестойкости таких соединений – использование скрытых соединений, в которых металлические детали погружены в древесину и не находятся под прямым воздействием огня в условиях пожара определенное время.

### Незащищённое, видимое соединение

Металлический соединительный элемент, непосредственно подвергающийся внешнему воздействию огня, имеет очень ограниченную прочность вследствие снижения механических свойств под действием высоких температур. (обычно  $R15 = 15$  минут)

Кроме того, сокращение площади сечения вследствие обугливания вызывает уменьшение глубины погружения крепежа в древесину.

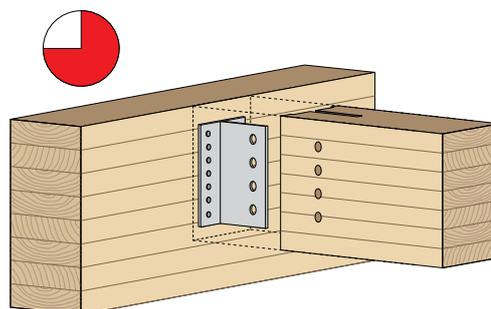
прим. R15



### Защищённое, скрытое соединение

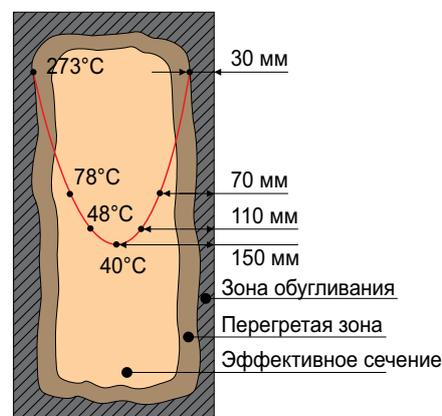
Металлический соединительный элемент полностью встраивается в древесину и таким образом защищается и изолируется от огня. Он не подвергается снижению прочности и сохраняет неизменными механические свойства в течение всего требуемого времени. (прим.  $R45 = 45$  минут)

прим. R45



Основными закономерностями, используемыми при расчете пределов огнестойкости деревянных конструкций, являются:

- температура начала обугливания древесины, которая составляет  $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- время достижения этой температуры на поверхности древесины после начала стандартного теплового воздействия пожара;
- условная скорость обугливания (скорость перемещения фронта обугливания), включающая влияние угловых закруглений, которую для древесины хвойных пород следует принимать постоянной, равной  $0,7\text{ мм/мин}$ ;
- снижение температуры древесины по гиперболическому закону за фронтом обугливания;
- толщина слоя перегретой древесины за фронтом обугливания составляет  $7\text{ мм}$ .



Распределение температуры по сечению клееного деревянного элемента после 45 мин горения при температуре  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$



- Время достижения температуры обугливания на поверхности:
- для незащищенной древесины и древесных материалов—4 мин;
- для древесины, защищенной пропиточными антипиренами—4 мин;
- для древесины и древесных материалов, защищенных вспучивающимися огнезащитными составами, обеспечивающими класс пожарной опасности К0(15), К0(30) или К0(45)—15, 30 и 45 мин соответственно.

При определении огнестойкости соединений на клеенных стержнях, вследствие неравномерного распределения температур, расстояние от границы обугливания до клееного шва между древесиной и клееным стержнем в зоне расчетной глубины вклеивания к моменту времени, соответствующему требуемому пределу огнестойкости, должно быть не менее 20 мм.

Расчётное сопротивление древесины в условиях пожара вычисляют для режима нагружения «К» (Совместное действие постоянной и кратковременной снеговой нагрузок в условиях пожара) с применением коэффициента  $m_{дл} = 0,8$  (вместо наиболее часто применяемого  $m_{дл} = 0,66$ ) и пониженным коэффициентом надёжности по материалу. Таким образом, для специфических условий пожара расчётные характеристики КД выше, чем при нормальной эксплуатации.

| Характеристика             | Нормативное значение для ДК класса К24 (2 сорт) | Нормальный режим  |             | Условие пожара   |             |
|----------------------------|---|---|-------------|--|-------------|
|                            |   | Расчётное значение ДК при $m_{дл} = 0,66$ и $\gamma_{мл} = 0,9$ |             | Расчётное значение ДК при $m_{дл} = 0,8$ и $\gamma_{мл} = 0,9$ |             |
|                            | $R_n$ , МПа                                     | $\gamma_m$  | $R_n$ , МПа | $\gamma_m$   | $R_n$ , МПа |
| Прочность при изгибе       | 24  | 1,2   | 11,88       | 0,86   | 20,07       |
| Растяжение вдоль волокон   | 15  | 1,25  | 7,13        | 0,81   | 13,41       |
| Растяжение поперёк волокон | 0,15  | 1,4   | 0,06        | 0,74   | 0,15        |
| Сжатие вдоль волокон       | 23  | 1,15  | 11,88       | 0,88   | 18,78       |
| Сжатие поперёк волокон     | 2,7   | 1,15  | 1,39        | 0,88   | 2,20        |
| Смятие поперёк волокон     | 4,5   | 1,15  | 2,32        | 0,88   | 3,67        |
| Скалывание вдоль волокон   | 3,2   | 1,25  | 1,52        | 0,81   | 2,86        |
| Скалывание поперёк волокон | 1,05  | 1,25  | 0,50        | 0,81   | 0,94        |

Расчет на прочность в условиях пожара выполняют по методу эффективного сечения, уменьшенного с учетом обугливания, включая влияние угловых закруглений, и перегретого слоя древесины.

Повышение предела огнестойкости деревянных элементов конструкции и узлов их соединения достигается путем увеличения размеров их сечения, применения средств огнезащиты или теплоизолирующих материалов и облицовок, в том числе из пиломатериалов.

Например, балка сечением 190×520 мм, эксплуатируемая с максимальными расчётными нагрузками при  $m_{дл} = 0,66$  в условиях пожара будет обеспечивать несущую способность в течение примерно 30 минут, потеряв при этом 34% площади сечения.

Обшивка деревянной балки слоем гипсокартона толщиной 12,5 мм прибавит ещё 10 минут.

Обеспечение требуемой огнестойкости металлических элементов конструкции и узлов соединения элементов конструкции, выполненных с применением металлических закладных деталей, может быть достигнуто аналогичными средствами, при этом температура металла в местах соприкосновения с древесиной, во избежание ее возгорания к моменту времени, соответствующему требуемому пределу огнестойкости, не должна превышать 270 °С. Примерная потеря прочности при воздействии огня на балку с 4-х сторон в течение 45 минут.

| Характеристика                | Ширина балки $b$ , мм<br>при высоте 500 мм |      | Высота балки $h$ , мм<br>при ширине 190 |      |      |
|-------------------------------|--|------|---|------|------|
|                               | 140  | 190  | 250                                     | 500  | 750  |
| Скалывающее усилие $Q_{\max}$ | -28%                                       | -5%  | -22%                                    | -5%  | -1%  |
| Предельный момент $M_{\max}$  | -46%                                       | -28% | -52%                                    | -28% | -19% |
| Расчётная площадь сечения $S$ | -62%                                       | -50% | -59%                                    | -50% | -47% |

Под воздействием огня дерево сохраняет свою прочность более длительный период времени, чем металл. Незащищенные металлы быстро теряют прочность и внезапно разрушаются. Напротив, древесина теряет прочность медленно и только по мере потери материала из-за обугливания поверхности.

Средняя температура пожара в здании колеблется от 700° до 900 °С. Сталь резко ослабевает, когда ее температура поднимается выше 230 °С, сохраняя только 10% своей прочности при температуре около 750 °С.

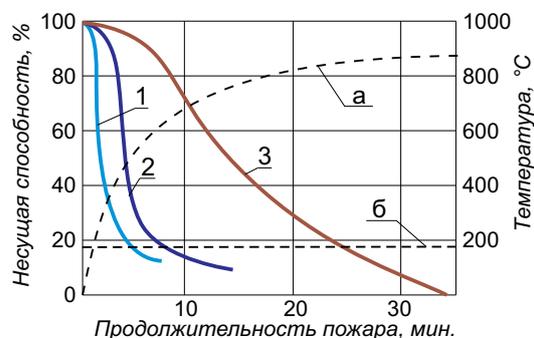


График несущей способности различных конструкций при пожаре:  
1 – алюминиевой; 2 – стальной; 3 – деревянной;  
а – кривая подъема температуры;  
б – аварийный уровень несущей способности

Как правило, древесина не воспламеняется, пока не достигнет температуры около 270 °С. При возгорании древесины при воздействии огня обычно образуется обугливание со скоростью 0,7 мм в минуту. Уголь естественным образом изолирует древесину и повышает уровень температуры, которую она может выдержать. Таким образом, при 30-минутном пожаре только 19 мм каждой открытой поверхности клееной древесины теряется в результате обугливания, оставляя большую часть исходного поперечного сечения нетронутой.

Время, соответствующее пределу огнестойкости по предельному состоянию R деревянного элемента или конструкции, определяется суммированием времени до начала обугливания  $t_c$  и времени от начала обугливания до наступления предельного состояния конструкции  $t_{cr}$  при пожаре. Время до начала обугливания в зависимости от способов огнезащиты приведено ниже:

| Способ огнезащиты   | Время до начала обугливания $t_c$ |
|---|-----------------------------------|
| Без огнезащиты и при обработке антипиренами                           | 4 мин                             |
| Вспучивающиеся покрытия (4 слоя ВПД или 2 слоя ОФП-9)                 | 8 мин                             |
| Гипсокартонный лист по ГОСТ 6266–89 толщиной 10 мм                    | 11 мин                            |
| Гипсокартонный лист по ГОСТ 6266–89 толщиной 12,5 мм                  | 14 мин                            |
| Асбестоцементноперлитовый плоский лист толщиной 10–12 мм              | 15 мин                            |
| Полужесткая минераловатная плита толщиной 50 мм ГОСТ 9573–89          | 30 мин                            |
| Штукатурка песчано-цементная по металлической сетке толщиной 20–25 мм | 30 мин                            |

Соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков приведены в таблице:

| Степень огнестойкости здания | Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее |                        |                         |                                |                       |                   |                          |
|------------------------------|---|------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|
|                              | Несущие элементы здания                                 | Наружные несущие стены | Перекрытия междуэтажные | Элементы бесчердачных покрытий |                       | Лестничные клетки |                          |
|                              |   |                        |                         | Настилы                        | Фермы, балки, прогоны | Внутренние стены  | Марши и площадки лестниц |
| I                            | R120  | E30                    | REI 60                  | RE30                           | R30                   | REI 120           | R60                      |
| II                           | R90   | E15                    | REI 45                  | RE15                           | R15                   | REI 90            | R60                      |
| III                          | R45   | E15                    | REI 45                  | RE15                           | R15                   | REI 60            | R45                      |
| IV                           | R45   | E15                    | REI 15                  | RE15                           | R15                   | REI 45            | R15                      |
| V                            | Не нормируется  |                        |                         |                                |                       |                   |                          |

Индекс «R» – потеря несущей способности вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций;

Индекс «E» – потеря целостности в результате образования в конструкциях сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя;

Индекс «I» – потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных для данной конструкции значений.

Например, предел огнестойкости «RE 30» означает, что конструкция должна иметь каждый из установленных для нее пределов огнестойкости (по потере несущей способности или потере целостности) не менее 30 минут.

**Перевод кН (килоНьютоны) в кгс (килограмм силы) и обратно**

Величина килограмм-сила равна силе, которая сообщает покоящейся массе в 1 кг, ускорение, равное нормальному ускорению свободного падения  $g$  (9,80665 м/с<sup>2</sup>). Является единицей силы в устаревшей системе единиц МКГСС (от Метр, КилоГрамм-Сила, Секунда).

Килограмм-сила приблизительно равна силе, с которой тело массой один килограмм давит на весы на поверхности Земли (приблизительно, потому что вес немного зависит от гравитационных аномалий и от географической широты, от которой зависит возникающая из-за вращения Земли центробежная сила).

Килограмм-сила удобна тем, что её величина с достаточной на практике точностью равна весу тела массой в 1 кг, поэтому легко представить, например, что такое сила 5 кгс. Однако, эта величина считается устаревшей и относится к внесистемным единицам. Её использование не рекомендовано, хотя и не запрещено к использованию.

|   |   |
|---|---|
| $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} / g = 1 \text{ кг} / 9,80665 \approx 0,1 \text{ кгс}$   | $1 \text{ кгс} = 1 \text{ Н} \times 9,80665 \approx 9,8 \text{ Н}$  |
| $1 \text{ кН} = 1000 \text{ Н} = 1000 \text{ кг} / 9,80665 \approx 100 \text{ кгс}$ | $10 \text{ кгс} \approx 10 \text{ Н} \times 9,8 = 98 \text{ Н} = 0,098 \text{ кН} \approx 0,1 \text{ кН}$ |
| $10 \text{ кН} \approx 10 \text{ т} / 9,8 = 1020 \text{ кгс} \approx 1 \text{ тс}$  | $100 \text{ кгс} \approx 100 \text{ Н} \times 9,8 \approx 1 \text{ кН}$                                   |
| $100 \text{ кН} \approx 100 \text{ т} / 9,8 = 10,2 \text{ тс}$                      | $1000 \text{ кгс} = 1 \text{ тс} \approx 1 \text{ кН} \times 9,8 \approx 10 \text{ кН}$                   |
| $100 \text{ кН} \approx 100 \text{ кН} \times 102 = 10,2 \text{ тс}$                | $1000 \text{ кгс} \approx 1000 \text{ кгс} / 102 \approx 10 \text{ кН}$                                   |

Для упрощённого понимания 1 килоньютон (кН) можно представлять как 1 центнер-сила (цс) в соотношении 1 : 1. Например,  $57 \text{ кН} \approx 57 \text{ цс} = 5700 \text{ кгс}$ .

**Перевод МПа (МегаПаскаль) в кгс/м<sup>2</sup> и обратно**

Величина Паскаль—единица измерения давления в международной системе СИ, Паскаль равен давлению, вызываемому силой в один Ньютон, равномерно распределённой по площади 1 м<sup>2</sup>:  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2 = 0,1 \text{ кгс/м}^2$ . В строительном контексте используются кратные величины—кПа ( $10^3 \text{ Па}$ ) и МПа ( $10^6 \text{ Па}$ ).

Например: нормативное значение нагрузок на перекрытие в жилых зданиях  $1,5 \text{ кПа} = 1,5 \text{ кН/м}^2 \approx 153 \text{ кгс/м}^2$ . Нормативное сопротивление древесины 1 сорта сжатию вдоль волокон  $21 \text{ МПа} = 21000 \text{ кН/м}^2 = 21 \text{ Н/мм}^2 \approx 210 \text{ кгс/см}^2 \approx 2,1 \text{ кгс/мм}^2$ .

**Единицы системы СИ**

$$1 \text{ кПа} = 1 \text{ кН/м}^2 = 0,1 \text{ Н/см}^2$$

$$10 \text{ кПа} = 10 \text{ кН/м}^2 = 1 \text{ Н/см}^2$$

$$1 \text{ МПа} = 1000 \text{ кН/м}^2 = 1 \text{ Н/мм}^2$$

$$10 \text{ МПа} = 10 \text{ кН/см}^2 = 10 \text{ Н/мм}^2$$

**Единицы системы МКГСС**

$$\approx 102 \text{ кгс/м}^2 = 0,01 \text{ кгс/см}^2$$

$$\approx 1 \text{ тс/м}^2 = 0,1 \text{ кгс/см}^2$$

$$\approx 102 \text{ тс/м}^2 = 10 \text{ кгс/м}^2 = 0,1 \text{ кгс/мм}^2$$

$$\approx 1020 \text{ тс/м}^2 = 102 \text{ кгс/см}^2 = 1 \text{ кгс/мм}^2$$

## Некоторые значения снеговых и эксплуатационных нагрузок

В контексте коттеджного и малоэтажного строительства приведены некоторые значения равномерно-распределённых нагрузок.

### Снеговые нагрузки

Нормативное значение веса снегового покрова  $S_g$  на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли принимается в зависимости от снегового района для территории Российской Федерации по данным таблицы:

| Снеговые районы                   | I       | II       | III      | IV       | V        | VI       | VII      | VIII     |
|-----------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $S_g$ , кПа (кгс/м <sup>2</sup> ) | 0,5(50) | 1,0(100) | 1,5(150) | 2,0(200) | 2,5(250) | 3,0(300) | 3,5(350) | 4,0(400) |

### Эксплуатационные нагрузки с учётом коэффициента надёжности по нагрузке

| Помещения зданий и сооружений  | Значения равномерно-распределённых нагрузок  |
|--|--|
| Квартиры жилых зданий; спальня помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов; жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц; палаты больниц и санаториев; террасы; покрытия на участках, используемых для отдыха;   | $P = 1,5 \text{ кПа} \times \gamma_m$<br>$P = 1,95 \text{ кПа}$<br>$P \approx 200 \text{ кгс/м}^2$ |
| Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений; офисы, классные помещения учреждений просвещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) промышленных предприятий и общественных зданий и сооружений; кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, лаборатории учреждений просвещения, науки; помещения электронно-вычислительных машин; кухни общественных зданий; помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т.п.); технические этажи жилых и общественных зданий высотой менее 75 м; подвальные помещения; | $P = 2 \text{ кПа} \times \gamma_m$<br>$P = 2,4 \text{ кПа}$<br>$P \approx 250 \text{ кгс/м}^2$    |
| Залы обеденные (в кафе, ресторанах, столовых и т.п.); вестибюли, фойе, коридоры, лестницы, примыкающие к помещениям, указанным выше.   | $P = 3 \text{ кПа} \times \gamma_m$<br>$P = 3,6 \text{ кПа}$<br>$P \approx 370 \text{ кгс/м}^2$    |

При расчете балок, ригелей, плит, стен, колонн и фундаментов, воспринимающих нагрузки от одного перекрытия зданий и сооружений, указанных в таблице выше, нормативные значения нагрузок ( $P$ ) допускается снижать в зависимости от грузовой площади  $A$ , м<sup>2</sup>, с которой передаются нагрузки на рассчитываемый элемент, умножением на коэффициент  $\varphi_1$ :

$$\varphi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{A}}$$

При определении усилий для расчета колонн, стен и фундаментов, воспринимающих нагрузки от двух перекрытий и более, полные нормативные значения нагрузок, указанных в таблице, допускается снижать умножением на коэффициент сочетания  $\varphi_2$ :

$$\varphi_2 = 0,4 + \frac{\varphi_1 - 0,4}{\sqrt{n}}$$

где  $n$  – общее число перекрытий, нагрузки от которых учитываются при расчете рассматриваемого сечения колонны, стены, фундамента.

## Расчётные характеристики КДЭ

Расчётные величины прочности КДЭ, используемые во всех расчётах (таблицах) этого документа получены по формуле:

$$R_p = R_n \cdot m_{дл} \cdot m_T \cdot m_B \cdot m_a \cdot m_{cc} \cdot m_{см} \cdot m_{сл} / \gamma_m,$$

- где  $R_n$  – нормативные характеристики клеёной древесины, см. таблицу ниже;  
 $m_{дл} = 0,66$  – коэффициент длительности нагружения для режима «В»;  
 $m_T = 1$  – коэффициент температуры эксплуатации (до + 35 °С);  
 $m_B = 1$  – коэффициент эксплуатационной влажности (< 12%);  
 $m_a = 1$  – коэффициент снижения прочности при глубокой пропитке антипиренами;  
 $m_{cc} = 1$  – коэффициент срока службы (до 50 лет);  
 $m_{см} = 1$  – коэффициент для  $R_{см}$  в зависимости от режима длительности;  
 $m_{сл} = 0,95$  – коэффициент слоя для толщины ламели 42 мм;  
 $\gamma_m = 1,2$  – коэффициент надёжности по материалу для  $R_n$ ;  
 $\gamma_m = 1,25$  – коэффициент надёжности по материалу для  $R_{ск}$ ;  
 $\gamma_m = 1,4$  – коэффициент надёжности по материалу для  $R_p$ ;  
 $\gamma_m = 1,15$  – коэффициент надёжности по материалу для  $R_{см}$ ,  $R_{см} 90$ .

Нормативные характеристики клеёной древесины из древесины сосны, ели приведены в таблице ниже (СП 64.13330 Приложение В):

| Вид напряжённого состояния  | Нормативное сопротивление элементов классов / сортов $R_n$ , МПа |         |         |
|-----------------------------|--|---------|---------|
|                             | K26 / 1  | K24 / 2 | K16 / 3 |
| Изгиб при нагружении кромки | 26   | 24      | 16      |
| Изгиб при нагружении пласти | 30   | 27      | 20      |
| Сжатие вдоль волокон        | 25   | 23      | 15      |
| Растяжение вдоль волокон    | 20   | 15      | –       |
| Скалывание вдоль волокон    | 3,6  | 3,2     | 3,2     |

## ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07–85\* Нагрузки и воздействия» (5 изм).

СП 31–105–2002 Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом.

СП 64.13330.2017 «СНиП II-25–80 Деревянные конструкции» (4 изменения).

СП 299.1325800.2017 Конструкции деревянные с узлами на винтах. Правила проектирования (2 изменения).

СП 352.1325800.2017 «Здания жилые одноквартирные с деревянным каркасом. Правила проектирования и строительства» (1 изм).

СП 382.1325800.2017 «Конструкции деревянные клееные на клеенных стержнях. Методы расчета» (2 изменения).

СП 451.1325800.2019 Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования.

СП 452.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования».

СП 515.1325800.2022 Здания из клееного деревянного бруса. Правила проектирования и строительства.

СП 516.1325800.2022 «Здания из деревянных срубных конструкций. Правила проектирования и строительства».

