

ЛЕКЦИЯ 10 ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ. СОЕДИНЕНИЯ БЕХЗ СПЕЦИАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ

Цель лекции: освоение студентами компетенций по изучению способов соединений деревянных элементов и принципов их расчета

Вопросы к лекции:

10.1 Способы соединения деревянных элементов

10.2 Соединения без специальных связей

10.2.1 Конструктивные врубки

10.2.2 Лобовые упоры

10.2.3 Лобовые врубки

28. Способы соединения деревянных элементов. Классификация соединений по характеру работы, требования, предъявляемые к соединениям, принцип подробности.

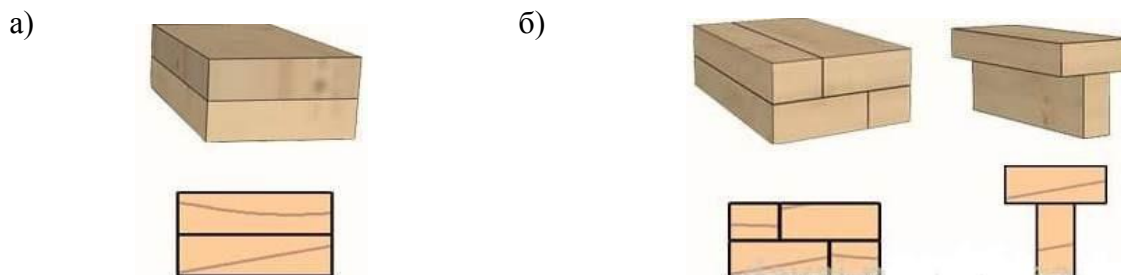
29. Соединения без специальных связей: конструктивные врубки, лобовые упоры и лобовые врубки, расчет соединений. Конструирование и расчет соединений на лобовой врубке.

10.1 Способы соединений деревянных конструкций

Размеры лесоматериалов (длина и сечения) ограничены, поэтому отдельно они могут быть применены только в виде стоек и балок невысокой несущей способности. Пиломатериалы имеют стандартную длину 1,0 – 6,5 м с градацией через каждые 0,25 м. Ширина пиломатериалов колеблется от 75 до 275 мм, толщина – от 16 до 250 мм.

Для создания конструкций больших пролетов или высоты необходимо соединять отдельные элементы. Соединения являются наиболее ответственными деталями, так как разрушение деревянных конструкций обычно начинается в них. При изготовлении многих соединений в элементах конструкций выполняют отверстия и врезки, ослабляющие их сечения, повышающие деформативность, в результате которой возникают повышенные прогибы деревянных конструкций.

Более широкая сторона пиломатериалов - пласть, а узкая – кромка. На рисунке 1.1 показаны соединения по пластям (10.1 а), по кромкам и пластям (10.1 б).



а – соединения по пласти, б - соединения по кромке и пласти.

Рисунок 10.1 – Соединения по пласти, по кромке и пласти.

На рисунке 10.2, 10.3 приведены способы соединения деревянных элементов.



Рисунок 10.2 – Способы соединений деревянных элементов.

Анизотропия строения, малая прочность древесины при скалывании, растяжении поперек волокон и смятии являются причиной большой сложности и многообразия соединений конструкций из дерева.

Сжатые деревянные элементы - усилия передаются непосредственно от элемента, к элементу, специальных рабочих связей не требуется, конструкции соединений сжатых деревянных элементов просты и надежны.

Растянутые деревянные элементы - опасность хрупкого разрушения древесины по ослабленным сечениям, скалывание и растяжение поперек волокон. Применение в соединениях растянутых элементов податливо работающих связей уменьшает опасность их хрупкого разрушения.

По характеру работы соединений деревянных конструкций связи подразделяются: **податливые и жесткие**.

Податливость – способность связей давать возможность соединяемым элементам сдвигаться друг относительно друга.

Деформации в податливых соединениях возникают в результате неплотностей, образующихся при изготовлении, от усушки и смятия древесины, особенно поперек волокон и изгиба связей. Величина этих деформаций при длительном действии расчетных нагрузок в соединениях, где древесина работает поперек волокон, принимается равной - 3,0 мм, а во всех других случаях— 1,5 — 2,0 мм.

Жесткие соединения – соединения, не обладающие податливостью. К жестким соединениям относятся клеевые соединения.

Все соединения деревянных конструкций являются податливыми, за исключением клеевых.

Основные требования, предъявляемые ко всем соединениям деревянных элементов: обеспечение в узлах и стыках **вязкости, дробности и плотности**.

Металлические соединения являются универсальными и широко используются при изготовлении деревянных конструкций.

По характеру работы все основные соединения деревянных конструкций подразделены на следующие группы:

а) соединения без специальных связей, требующих расчета, — упоры и врубки;

б) соединения со связями, работающими на сжатие — шпонки и колодки;

в) соединения со связями, работающими на изгиб — нагели-болты, штыри, гвозди, винты, деревянные пластинки;

г) соединения со связями, работающими на растяжение — болты, гвозди, винты и хомуты;

д) соединения со связями, работающими на сдвиг — клеевые швы.

Различают три группы соединений деревянных конструкций:

- **контактные соединения** (без использования рабочих механических связей: врубки и другие соединения «впритык»)

- **соединения с механическими связями** (нагельные: болтовые, гвоздевые; шпоночные, соединения на шайбах, нагельных пластинках и т.п.)

- **клеевые соединения** и соединения комбинированного типа.

Клеевые соединения, наиболее прогрессивные и технологичные, являются основными соединениями элементов при заводском изготовлении деревянных конструкций.

В большинстве соединений деревянных конструкций, кроме клеевых, в результате действия сжимающих усилий или начального обжима, между соединяемыми элементами возникают силы трения, которые уменьшают усилия в связях, в виду незначительности расчетом не учитываются.

Силы трения учитываются только при кратковременном действии сжатия:

- с коэффициентами трения по пласти - 0,2;

- с коэффициентами трения торца - 0,3;

- при дополнительных напряжениях коэффициент трения - 0,6.

10.2 Соединения без специальных связей

Соединения без специальных связей, подлежащих расчету – **«конструктивные врубки»**, **«лобовые упоры»** и **«лобовые врубки»**. В этих соединениях действуют незначительные усилия или усилия передаются непосредственно от одного элемента к другому.

10.2.1 «Конструктивные врубки» являются соединениями, в которых возникают усилия намного меньше их несущей способности, и они не нуждаются в расчете (рисунки 10.3 - 10.6). В деревянных конструкциях наибольшее применение находят конструктивные врубки: в **«четверть»**, **«в шпунт»**, **«в полдерева»** и **«косой прируб»**.

Соединение **«в четверть»** (рисунок 10.3) - сплачивание досок кромками по ширине, для чего в них вырезают односторонние пазы глубиной, несколько большей половины толщины, в которые входят образовавшиеся

выступы кромок соседних досок. Обшивки стен из досок, соединенных в четверть, препятствуют продуванию стен, проникновению атмосферных осадков.

Сосредоточенные нагрузки в таких обшивках распределяются на две соседние доски.



Рисунок 10.3 – Соединение «в четверть»

Соединение «в шпунт» (рисунок 10.4) представляет собой сплачивание досок или брусьев кромками, в одной из которых вырезаны двусторонние пазы, в другой - один средний паз (шпунт), равный примерно $h/3$ толщины, в который входит образовавшийся выступ (гребень) соседней доски. Настилы из досок, соединены в шпунт, препятствуют просыпанию засыпок, и сосредоточенные нагрузки на них распределяются на ряд соседних досок.

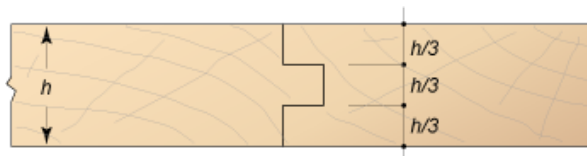


Рисунок 10.4 – Соединение «в шпунт»

Соединение «косой прируб» (рисунок 10.5) - продольное сращивание брусьев или бревен концами, в которых сделаны односторонние наклонные врезки длиной, равной удвоенной высоте сечения, с торцами, равными $0,15$ высоты сечения. Косые прирубы стягиваются конструктивными болтами и применяются для соединения прогонов и балок по длине.

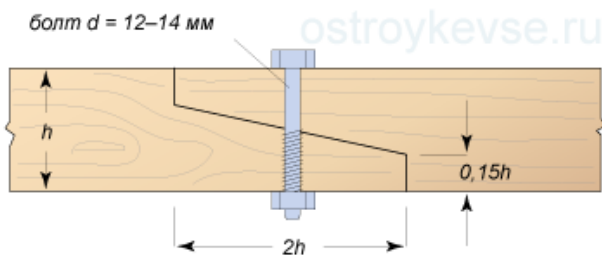


Рисунок 10.5 – Соединение «косой прируб».

Соединение «врубка в полдерева» (рисунок 10.6) представляет собой соединение концов брусьев или бревен с врезками до половины толщины под углом в одной плоскости, стянутых конструктивным болтом. Так соединяются, например, концы стропильных ног в коньке крыши.

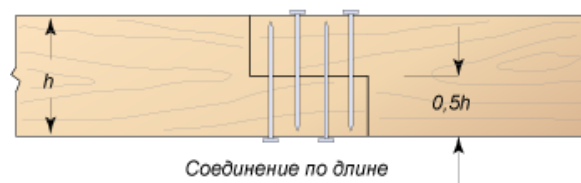
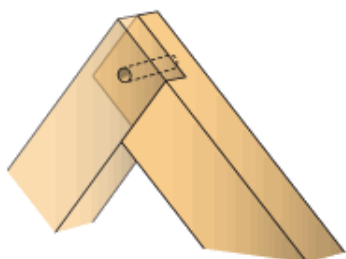


Рисунок 10.6 – Соединение «врубка в полдерева».

10.2.2 «Лобовые упоры» (рисунки 10.7 – 10.9) являются наиболее простыми и надежными соединениями, применяемыми в большинстве видов деревянных конструкций для крепления сжатых стержней, работают и

рассчитываются на смятие, возникающее в них от действия сжимающих усилий. На растяжение они работать не могут.

Лобовые упоры бывают **продольными, поперечными и наклонными**.

Соединение «**продольный лобовой упор**» (рисунок 10.7) - соединение обрезанного под прямым углом конца сжатого стержня с опорой или торца другого стержня в сжатом стыке.

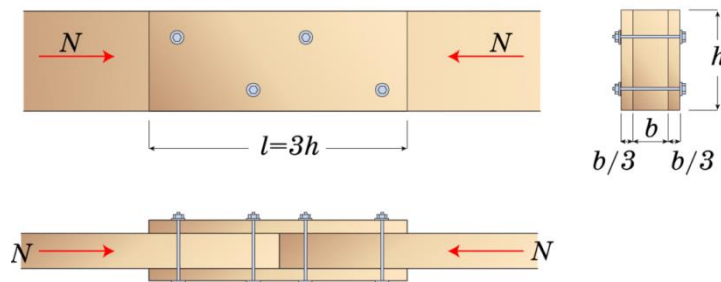


Рисунок 10.7 – Соединение «продольный лобовой упор».

Соединение перекрывается конструктивно установленными двусторонними накладками толщиной не менее $\frac{1}{3}$ толщины стержней и длиной не менее трех высот сечений на болтах. В продольном лобовом упоре древесина работает на смятие вдоль волокон и имеет наиболее высокое расчетное сопротивление.

Соединение «**поперечный лобовой упор**» - это соединение двух стержней под прямым углом, когда торец сжатого стержня упирается в пластъ другого и закрепляется конструктивными накладками на болтах (рисунок 10.8). Так, соединяются стойки с верхними и нижними элементами каркаса. В соединении древесина торца работает на смятие вдоль волокон, а древесина пласти - поперек волокон и нуждается в расчете.

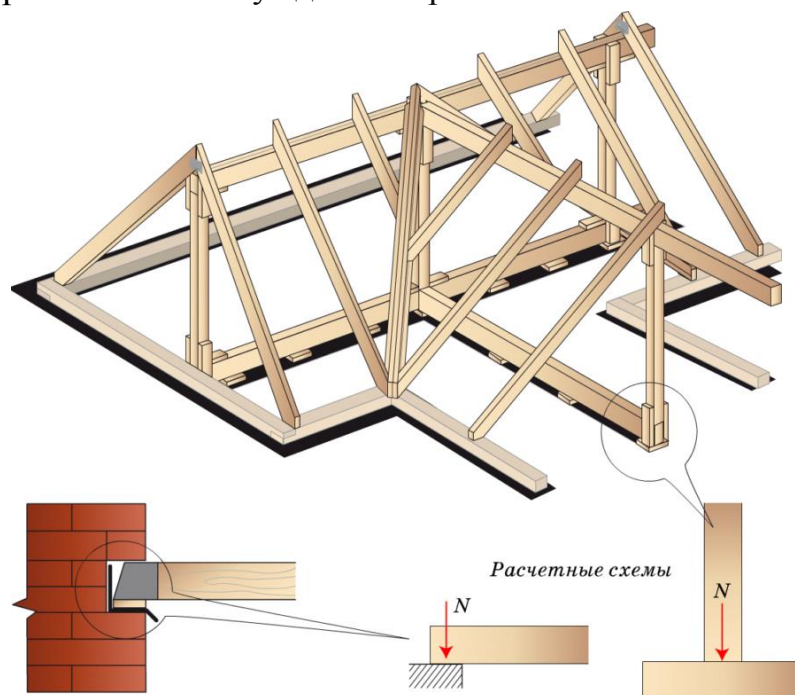


Рисунок 10.8 – Соединение «поперечный лобовой упор».

Прочность стыка проверяется только для пласти элемента, в который упирается торец другого.

Расчетное сопротивление древесины местному сжатию и смятию поперек волокон на части длины, $R_{см.90}$, (при длине ненагруженных участков не менее длины площади смятия и толщины элемента), определяется по формуле:

$$R_{см.90} = R_{см.90} + \left(1 + \frac{8}{(\ell_{см} + 1,2)} \right), \quad (10.1)$$

где $R_{см.90}$ - расчетное сопротивление древесины сжатию и смятию по всей поверхности поперек волокон, равное 1,8МПа;

$\ell_{см}$ - длина площадки смятия вдоль волокон древесины, см.

Расчетное сопротивление древесины на сжатие и смятие под углом, α , к направлению волокон занимает промежуточное положение между значениями прочности древесины на смятие вдоль и поперек волокон определяется по формуле:

$$R_{см.\alpha} = \frac{R_{см}}{1 + \left(\frac{R_{см}}{R_{см.90}} - 1 \right) \cdot \sin^3 \alpha}. \quad (10.2)$$

Расчет прочности элементов на сжатие и смятие поперек волокон производится по формуле:

$$\sigma_{см.90} = \frac{N_{см}}{F_{см}} \leq R_{см.90}, \quad (10.3)$$

где $N_{см}$ - расчетная сжимающая (сминающая) сила;

$F_{см}$ - расчетная площадь сжатия (смятия);

$R_{см.90}$ - расчетное сопротивление древесины сжатию и смятию поперек волокон;

Соединение «*наклонный лобовой упор*» представляет собой соединение двух сжатых стержней под углом меньше прямого. При этом конец одного из них образуется под прямым углом. Так, например, соединяются подкосы с ригелями в подкосных конструкциях (рисунок 10.9).

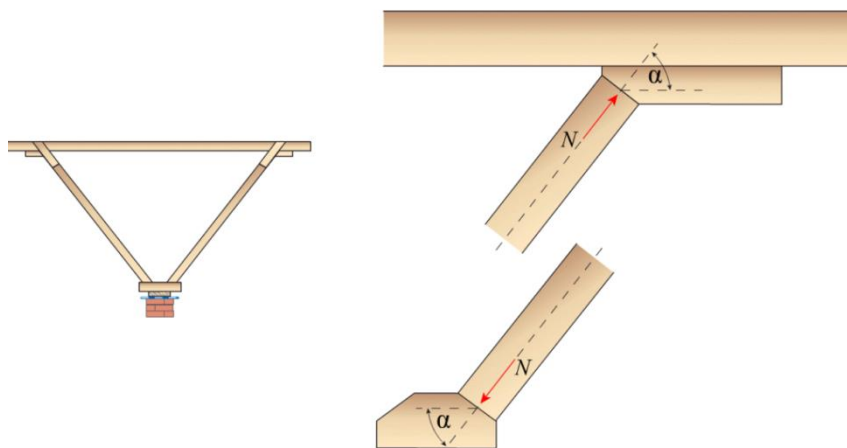


Рисунок 10.9 – Соединение «наклонный лобовой упор».

В этом соединении площадь, где смятие происходит под углом к волокнам древесины, имеет меньшее сопротивление смятию и должна быть проверена по прочности при общем смятии под углом по формулам (10.1, 10.2, 10.3).

10.2.3 Лобовые врубки - лобовая врубка с одним зубом, лобовая врубка с двумя зубьями.

Лобовая врубка с одним зубом является простым в изготовлении соединением двух стержней углом (рисунок 10.10 а). Она применяется главным образом для соединения стержней малопролетных ферм и подкосных систем в узлах при их построочном изготовлении, причем один из врубаемый, должен быть обязательно сжат. Примером лобовой врубки является опорный узел треугольной брусчатой малопролетной фермы.

Врубаемый стержень верхнего пояса фермы частью обрезанного под прямым углом и срезанного снизу конца «зубом» вводится во врезку в стержне нижнего пояса и упирается в ее рабочую поверхность. Узкий клиновидный зазор исключает нежелательное сжатие нерабочих поверхностей врубки.

Глубину врубки, $h_{вр}$, принимают не более $h/4$ в промежуточных узлах сквозных конструкций и не более $1/3h$ в остальных случаях; расстояние от вершины до конца нижнего пояса, $l_{ск}$, не менее $1,5h$ (h - высота сечения) для получения достаточных площадей растяжения и скалывания. При этом глубина врубки, $h_{вр}$, в брусках должна быть не менее 2,0 см, а в круглых лесоматериалах — не менее 3,0 см.

Врубка должна быть центрирована по осям опоры, верхнего пояса и ослабленного врубкой сечения нижнего пояса, для того чтобы в этом сечении не возникло кроме растяжения еще и изгиба от эксцентриситета растягивающего усилия.

Врубка стягивается дополнительно наклонным болтом, перпендикулярным верхнему поясу и называемым аварийным. **Аварийный болт** препятствует расхождению стержней в процессе монтажа фермы в случае возникновения в верхнем поясе растяжения. При разрушении врубки от скалывания, болт включается в работу и предотвращает опасность внезапного обрушения фермы.

Опорная подбалка, прибываемая гвоздями, предохраняет нижний пояс от местного смятия на опоре и необходимости устройства в нем ослабляющей его врезки для шайбы аварийного болта.

Лобовая врубка работает и рассчитывается на смятие от действия сжимающего усилия во врубаемом стержне, N , и скалывание от действия горизонтальной проекции этого усилия, T , равного растягивающему усилию в нижнем поясе фермы.

Расчет врубки на смятие выполняется по формуле:

$$N = F_{см} \cdot R_{см.а}, \quad (10.4)$$

где N — расчетное сжимающее усилие, приложенное к наклонному элементу;

$F_{см}$ – площадка смятия, определяемая по формуле:

$$F_{см} = \frac{bh_{ep}}{\cos \alpha}, \quad (10.5)$$

где b — ширина поперечного сечения растянутого элемента;

$R_{см.а}$ — определяется по формуле (10.2), в которой величина $R_{слю90}$ — определяется для лобовых врубок с учетом коэффициента условий работы.

Расчет врубки на скалывание выполняется по формуле:

$$N = R_{ск.ср} \cdot F_{ск} \cdot \cos \alpha, \quad (10.6)$$

где $F_{ск}$ — расчетная площадь поперечного сечения площадки скалывания, определяемая по формуле

$$F_{ск} = b \cdot l_{ск}, \quad (10.7)$$

где $l_{ск}$ — расчетная длина площадки скалывания, принимаемая по величине не более $10 h_{вр}$;

$R_{ск.ср}$ — расчетное среднее по длине площадки скалывания сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон, определяемое для лобовых врубок по формуле:

$$R_{ск}^{ср} = \frac{R_{ск}}{1 + \beta \left(\frac{l_{ск}}{e} \right)}, \quad (10.8)$$

где $R_{ск}$ - расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон при расчете по максимальному напряжению, $R_{ск} = 2,1$ МПа:

$l_{ск}$ - расчетная длина площадки скалывания, принимаемая не более 10 глубин врезки в элемент, отношение, $l_{ск}/e$ должно быть не менее 3 ;

e - плечо сил скалывания, см.:

- для элементов с несимметричной врезкой, например, в лобовых врубках, $e = 0,5h$;

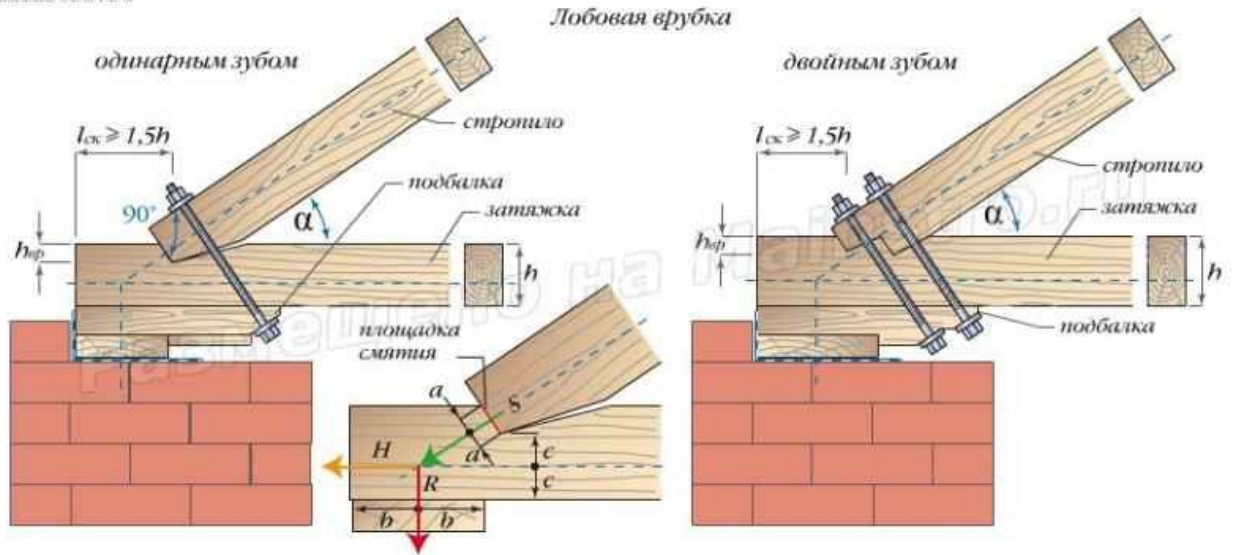
- при расчете симметрично загруженных элементов с симметричной врезкой $e = 0,25h$; h - полная высота поперечного сечения элемента;

β - коэффициент, зависящий от вида скалывания древесины:

- при одностороннем скалывании $\beta = 0,25$;

- при двухстороннем скалывании $\beta = 0,125$.

Лобовая врубка с двумя зубьями отличается тем, что сжатый стержень врубается в другой двумя зубьями, в результате чего во врубке образуется две площади смятия и скалывания (рисунок 10.10 б). Эта врубка является более сложной, трудоемкой и требует повышенной точности изготовления для обеспечения совместной работы всех рабочих площадей. Такая врубка применяется в некоторых случаях для соединения стержней под углом 45° и более.



а - лобовая врубка с одним зубом, б - лобовая врубка с двумя зубьями
 Рисунок 10.10 – Соединения «лобовые врубки».