

Раздел 6. Обеспечение пространственной неизменяемости зданий и сооружений.

Общие положения.

Плоскостные конструкции (балки, арки, рамы, фермы и т. д.) предназначены для восприятия нагрузок, действующих в их плоскости (рис. 6.1).

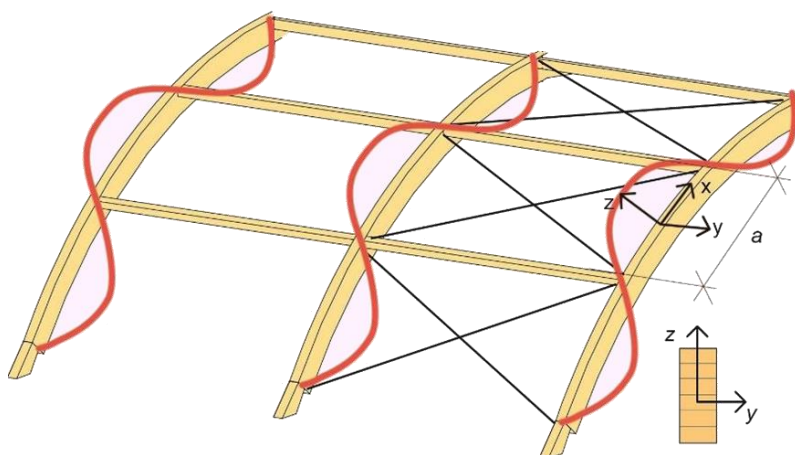


Рис. 6.1. Схема работы несущих конструкций покрытия

В зданиях или сооружениях различные плоскостные конструкции при взаимном соединении образуют пространственную конструкцию, которая должна обеспечить надежное восприятие внешних сил любого направления при любом сочетании их в соответствии с условиями эксплуатации. При этом передача усилий от одних частей сооружения на другие вплоть до его основания должна проходить без какого-либо нарушения пространственной неизменяемости, устойчивости, жесткости и прочности всей пространственной конструкции в целом и отдельных ее частей.

Способы обеспечения общей устойчивости здания:

- заземление деревянных стоек в фундаменте;
- применение подкосные и рамных систем, или арочных конструкции;
- ограждающие части здания в (щитовой настил под рулонную кровлю, клефанерной конструкции, щиты продольных стен;
- пространственные связи.

6.1 Способы обеспечения устойчивости.

Общая устойчивость остову деревянного здания может быть придана следующими способами, которые зависят от конструкции здания.

Каркасные деревянные здания с плоскими конструкциями в зависимости от особенностей узловых соединений элементов каркаса между собой и фундаментами можно разделить на три основных типа.

Первый способ.

Поперечная устойчивость здания обеспечивается защемлением в фундаментах плоских деревянных стоек, решетчатых или клееных. Защемление клееных стоек к фундаменту показано на рисунке 6.1.1.

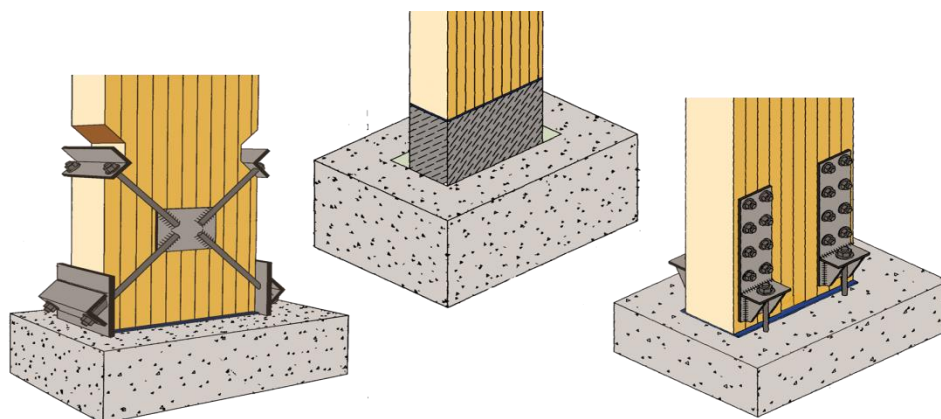


Рис 6.1.1. Узлы опирания стойки на фундамент

Анкерами служат стальные полосы, заделываемые в фундамент и рассчитываемые на максимальное отрывающее усилие N_a , определяемое при наименее выгоднейшем сочетании нагрузок. К анкерным полоскам приварены равнобокие уголки. В опорной части клееная стойка на длине l , определяемой по расчету на скалывание с прижимом, имеет увеличенную высоту сечения для образования наклонных площадок смятия под углом 30-45 градусов, на которые укладывают уголки. Такой каркас является устойчивым как в продольном, так и в поперечном направлении и не требует постановки связей при условии, что все элементы каркаса закреплены в узлах от взаимных смещений. Иногда в таких зданиях могут устанавливаться связи, препятствующие перекосу здания при возможной неравномерной осадке грунта, если такая осадка представляет опасность для здания.

Второй способ.

Поперечную устойчивость здания обеспечивают, применяя простейшие комбинированные и подкосные системы, рамные системы или арочные конструкции, передающие распор непосредственно на фундаменты. Продольная устойчивость здания может быть создана постановкой связей по продольным линиям стоек (рис. 6.1.2). Стеновые щиты при этом располагают с наружной стороны стоек.

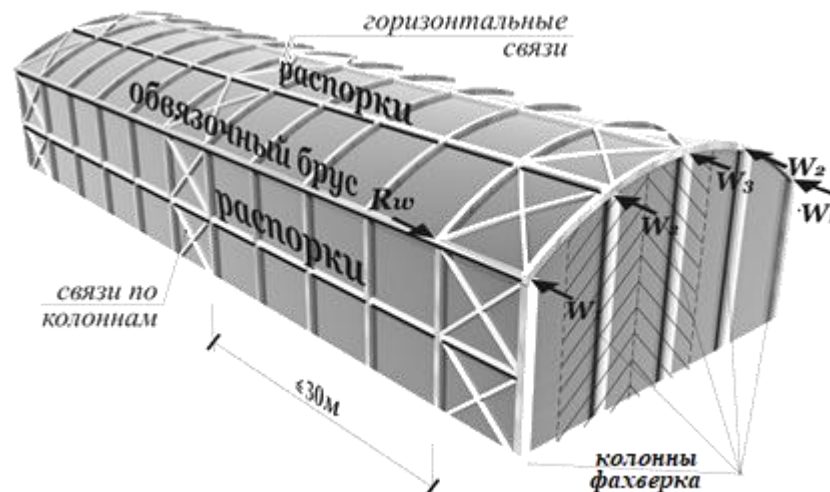


Рис 6.1.2. Схема каркасного здания с вертикальными и горизонтальными связями.

Связи различают по расположению:

- Горизонтальные - в виде связевых ферм, распорок или и дополнительной решётчатой системы;
- Вертикальные - в виде решетки по колоннам.

Связи подразделяют по расположению относительно каркаса здания:

Продольные связи - прогоны или продольные ребра плит покрытия.

Поперечные связи - в плоскости верхних граней стропильных конструкций.

В каркасных зданиях связи выполняют следующие функции:

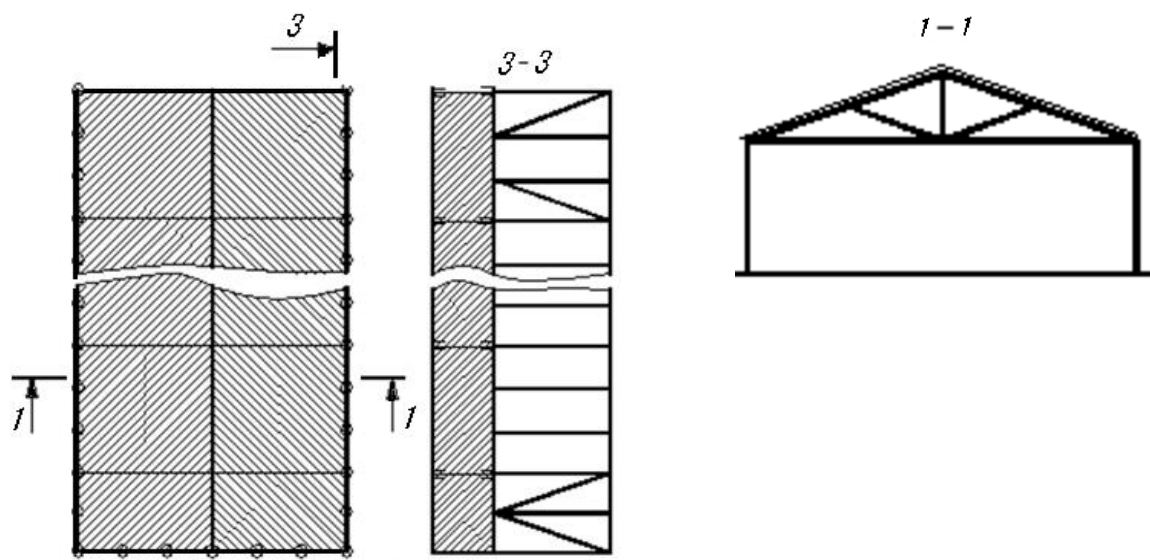
- создание геометрической неизменяемости сооружения;
- обеспечение устойчивости сжатых элементов путем уменьшения их расчетной длины (поясов стропильных ферм, колонн, ригелей);

- восприятие нагрузок, действующих из плоскости несущих конструкций (давление ветра, торможение крана), и передача их через другие элементы каркаса на фундаменты;
- перераспределение нагрузок между элементами каркаса (например, при торможении крана, действии случайных эксплуатационных нагрузок);
- фиксирование положения и обеспечение устойчивости конструкции во время монтажа.

Третий способ. Устойчивость каркасного здания при шарнирном опирании стоек на фундаменты и шарнирном примыкании их к элементам покрытия можно создать лишь в том случае, если конструктивные элементы покрытия и стен не только будут достаточно прочными, жесткими и устойчивыми для восприятия всех действующих на них нагрузок, но и создадут неизменяемые, жесткие и устойчивые диафрагмы, образуя тем самым неизменяемую, жесткую и устойчивую пространственную коробку.(рис. 6.1.3).

Для этого в плоскости покрытия можно использовать применяемый в качестве основы под рулонную кровлю щитовой настил, связанный гвоздями с прогонами, а в стенах могут быть использованы косые обшивки или специальные связи между стойками каркаса. Участие ограждающих частей здания в обеспечении его пространственной устойчивости возможно только при относительно малых размерах здания и требует проверки расчетом.

Устойчивость и жесткость зданий, собираемых из готовых щитов дощато-гвоздевой или клеефанерной конструкции заводского изготовления, перекося которых предотвращается устройством внутренних раскосов,



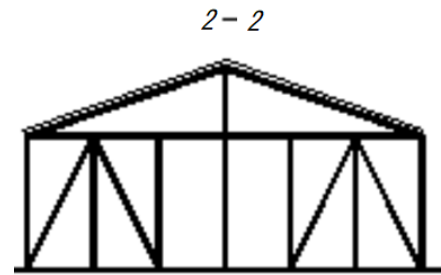


Рис 6.1.3. Схема каркасного здания при шарнирном опирании стоек на фундаменты и шарнирном примыкании к элементам кровельного покрытия

диагональной обшивкой или оклейкой фанерой, может быть обеспечена, как и в предыдущем случае, жесткой горизонтальной диафрагмой чердачного перекрытия или наклонным кровельным покрытием, надежно сопротивляющимся перекосу стен. Для этого необходимо, чтобы жесткость и устойчивость поперечных стен была достаточной для восприятия в своей плоскости горизонтальных сил от ветра, передающихся от продольных стен через горизонтальную диафрагму. При этом щиты продольных стен, непосредственно воспринимающих ветровую нагрузку, работают как однопролетная плита, опертая внизу на фундамент, а вверху на горизонтальную диафрагму. Щиты поперечных стен, параллельных направлению ветра, работают в своей плоскости на перекос и опрокидывание.

6.2 Обеспечение пространственной устойчивости плоскостных деревянных конструкций.

Пространственные крепления, воспринимающие ветровые усилия, в то же время служат для предупреждения выпучивания сжатого контура плоскостных деревянных конструкций.

6.2.1 Связи в покрытиях с деревянными плоскостными конструкциями.

В зданиях с несущими конструкциями из дерева для обеспечения пространственной жесткости и неизменяемости каркаса плоские несущие конструкции объединяют между собой в геометрически неизменяемый каркас при помощи связей.

Система связей зависит от вида несущих конструкций, величины перекрываемых пролетов, шага колонн, наличия прогонов, размеров сечения конструкций покрытия и других факторов. В зданиях с плоскостными конструкциями покрытий из ферм или балок система связей по покрытию включает горизонтальные поперечные связевые фермы и вертикальные связи.

Основные схемы связей и их расчет.

Конструктивные решения связевых горизонтальных ферм.

Конструктивная схема горизонтальных связей, характер их работы и материал определяются пролётом несущей конструкции, схемой расстановки стоек фахверка, количества панелей верхнего пояса ферм и распорок по аркам, шагом расстановки несущих конструкций и длиной связевого элемента.

Распорки между фермами ставятся в каждом узле, между арками в коньковом узле, а также в соответствии с расчётом арок на устойчивость из плоскости. Роль распорок могут выполнять прогоны покрытия. В качестве материала для связей могут использоваться доски, брус, а также тяжи и прокатные равнополочные уголки.

Связевые фермы могут иметь разнообразную решетку: крестовую, треугольную, раскосную, полураскосную, крестовую с дополнительными стойками и т.п. На рисунке 6.2.1.1 показаны схемы горизонтальных связей.

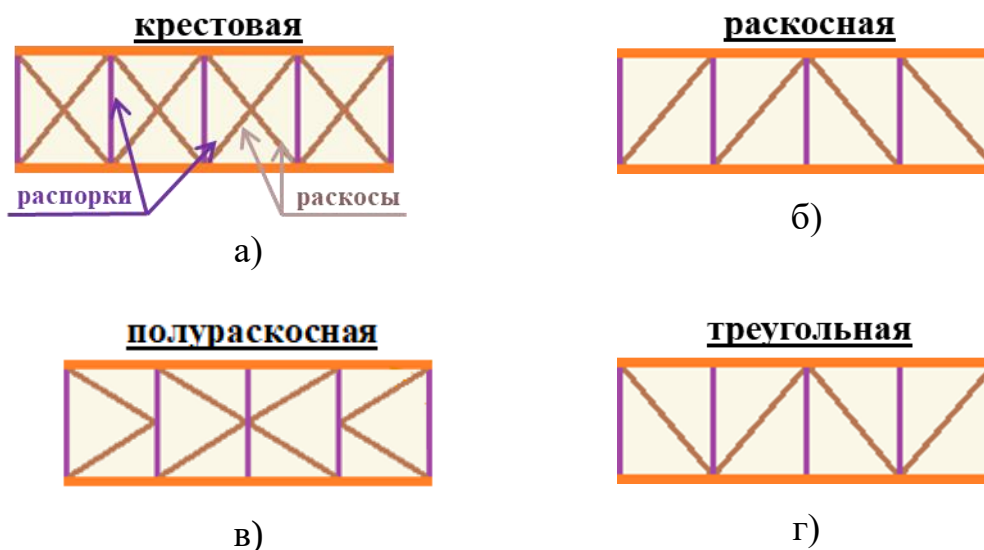


Рис. 6.2.1.1. Схемы решеток связевых ферм а) крестовая с дополнительными стойками, б) – раскосная, в) полураскосная. г) треугольная

Крестовые решетки выполняют из металлических тяжей с муфтами. Раскосные выполняются деревянными. При частом расположении прогонов (через 1,5 - 2 м) рекомендуется применять полураскосную решетку.

В покрытиях связи располагают в плоскости верхнего, а иногда и нижнего поясов ферм - так называемые горизонтальные связи, а также в некоторых случаях в плоскостях опорных или промежуточных стоек - так называемые поперечные или вертикальные связи.

Связи в плоскости верхнего пояса. Связи в плоскости верхнего пояса должны обеспечить неизменяемость сооружения, устойчивость сжатых поясов плоских ферм, а в случаях, когда торцовые стены не воспринимают давления ветра, связи должны принять на себя это давление и передать его на жесткие опоры.

Эти цели могут быть достигнуты путем надежного и прочного скрепления ферм с пространственно неподвижным, жестким в своей плоскости покрытием или перекрытием. Наибольшая жесткость покрытия в его плоскости обеспечивается применением двойного настила с перекрестным расположением досок как основы под рулонную кровлю. Благодаря сшивке гвоздями и расположению стыков настилов вразбежку такие покрытия образуют почти монолитную пространственно неизменяемую оболочку.

Настилы прикрепляют гвоздями к прогонам, которые в свою очередь должны быть надлежащим образом закреплены на верхнем поясе конструкции.

В покрытиях с одиночным настилом или обрешеткой, которые образуют с прогонами прямоугольную изменяемую систему, а также при сборном решении кровли жесткость покрытия не может быть использована. В этом случае при небольшой длине здания - до 30 м и жестких торцовых стенах, воспринимающих ветровую нагрузку, а также при наличии подвесного

потолка устойчивость ферм может быть обеспечена взаимно связанными по длине неразрезными прогонами.

В конструктивном отношении горизонтальные связи жесткости между фермами при покрытиях с одиночным настилом или обрешеткой можно осуществлять следующим образом.

а) Снизу к настилу, обрешетке или стропильным ногам подшивают косо расположенные доски, выполняющие роль раскосов.

б) Между прогонами по диагоналям укладывают специальные раскосы из брусев или досок, прикрепляемые непосредственно к верхним поясам ферм или прогонам гвоздями или болтами.

При частом расположении прогонов угол примыкания раскосов к прогонам выходит за пределы рекомендуемого значения угла в 30-60 градусов. Поэтому в таких случаях связи располагают непосредственно под прогонами и прикрепляют их снизу к прогонам гвоздями.

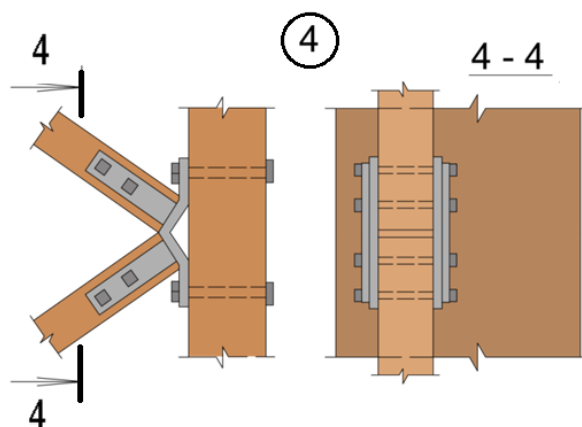
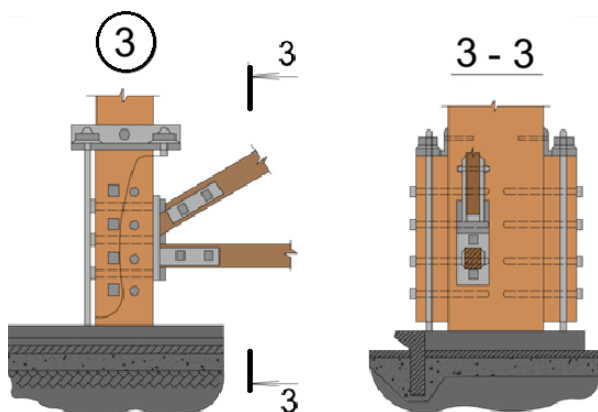
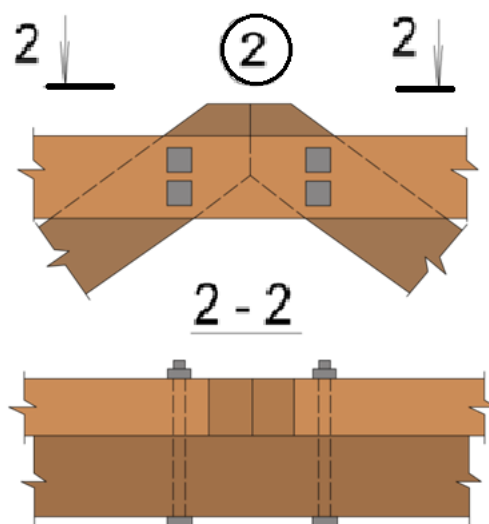
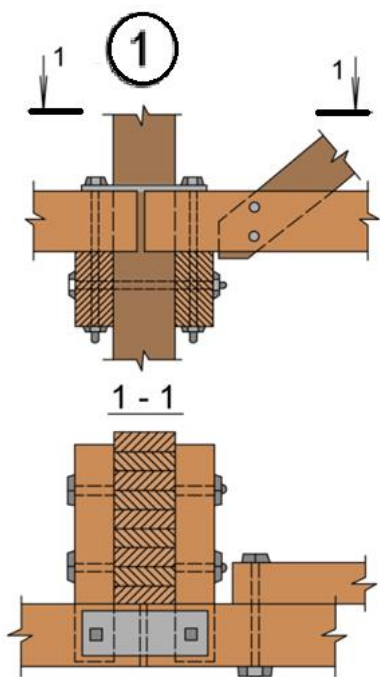
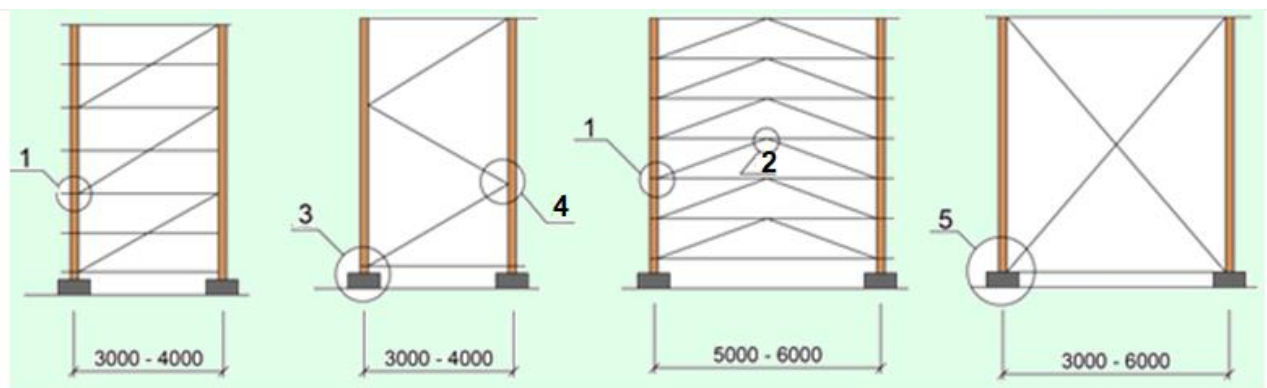
в) Устраивают поперечные полосы дополнительного косога настила у торцов и по длине здания не реже чем через четыре пролета. Ширину этих полос принимают равной расстоянию между фермами. Косой настил пришивают к стропильным ногам или укладывают сверху по одиночному рабочему настилу - обрешетке.

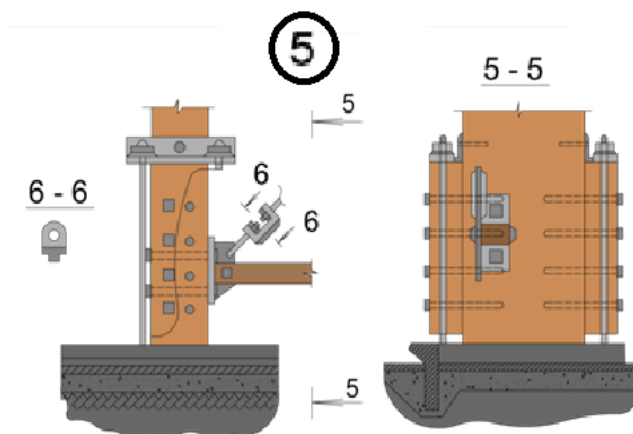
В арочных конструкциях помимо верхних (сжатых) поясов следует раскреплять и нижние сжатые пояса арок, а в некоторых рамных конструкциях - внутренний контур рамы, который может быть сжат на всей своей длине или на части ее, особенно при несимметричном приложении нагрузок. Нижние пояса раскрепляют (при пространственно устойчивом верхнем покрытии) устройством вертикальных связей. Учитывая деформации в соединениях связей, за расчетную длину сжатого нижнего пояса при проверке его устойчивости следует принимать расстояние между связями, увеличенное на 25%.

Конструктивные решения вертикальных связей.

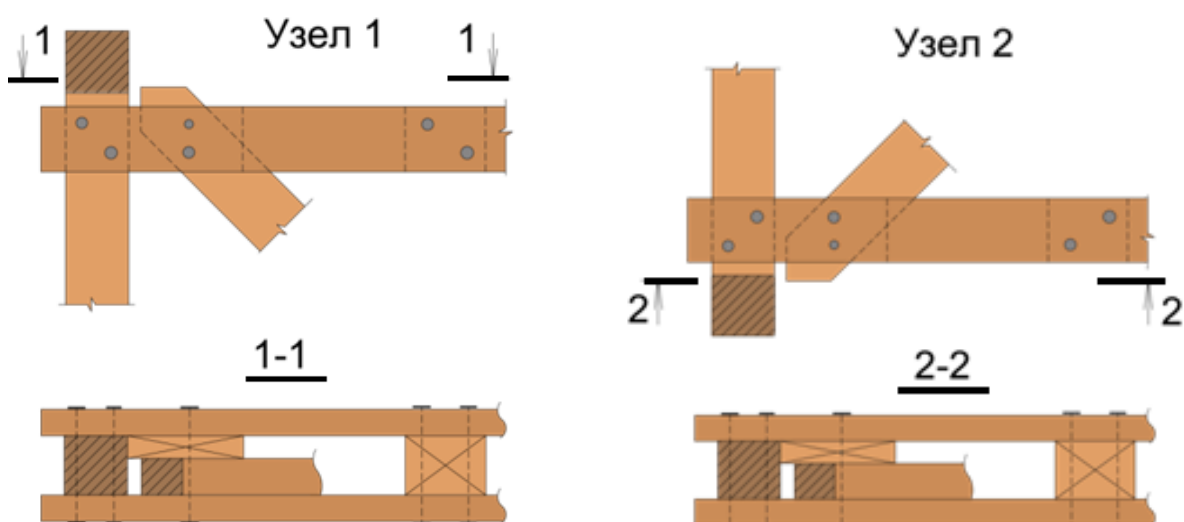
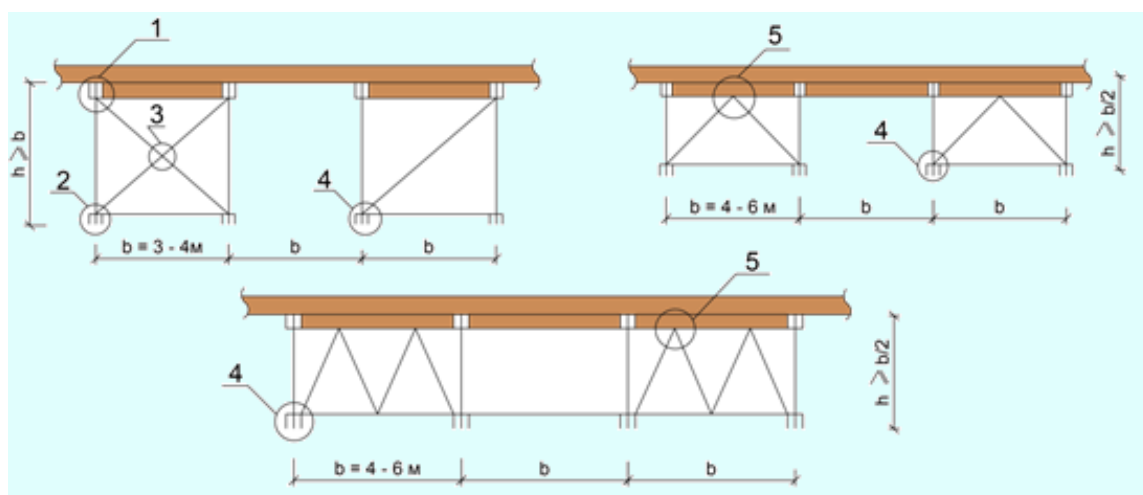
Вертикальные связи, расположенные в плоскости стен, выполняют (рис. 6.2.1.2) либо металлическими крестовыми в виде тяжей с муфтами, либо из цельной или клееной древесины.

а)





б)



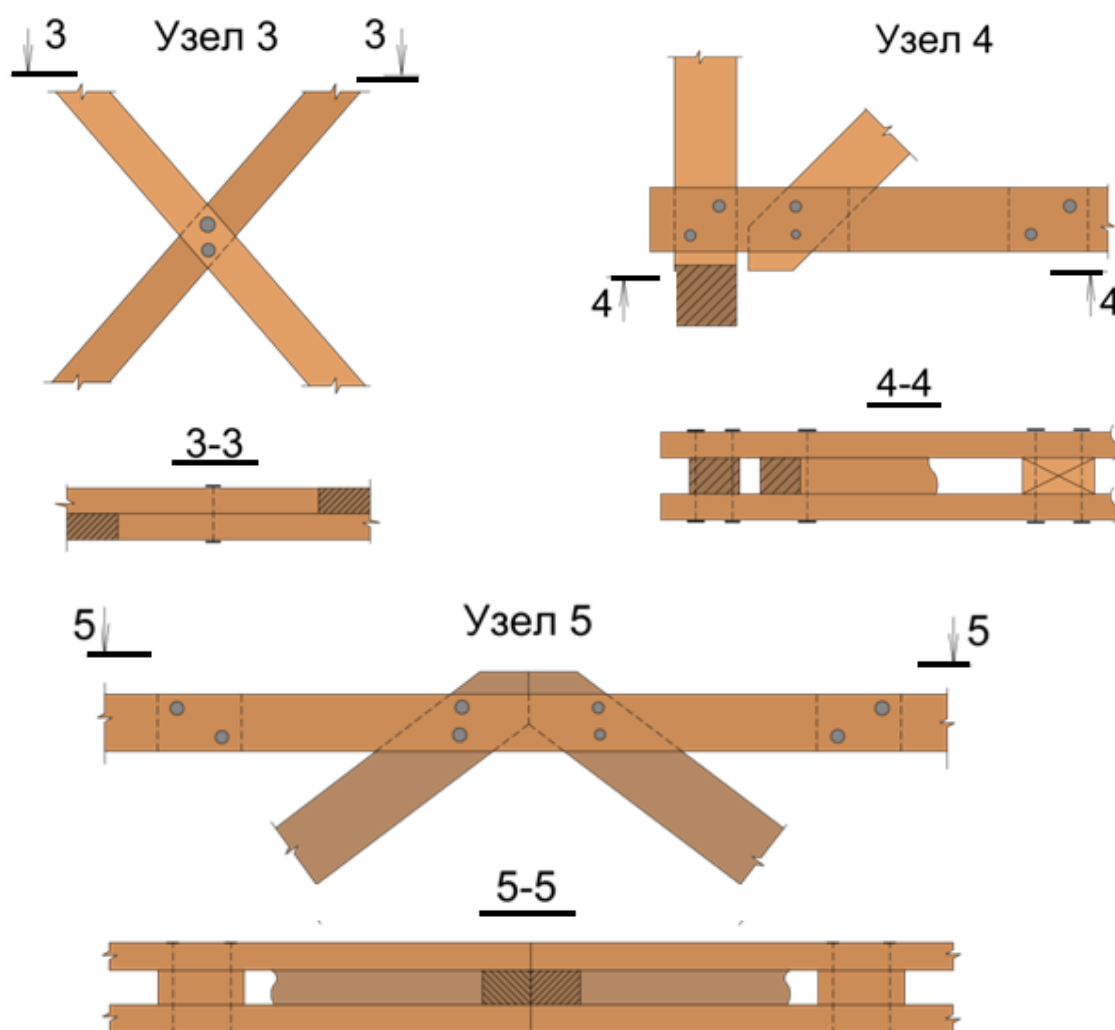


Рис. 6.2.1.2. Схемы и узлы вертикальных связей между а) колоннами б) фермами

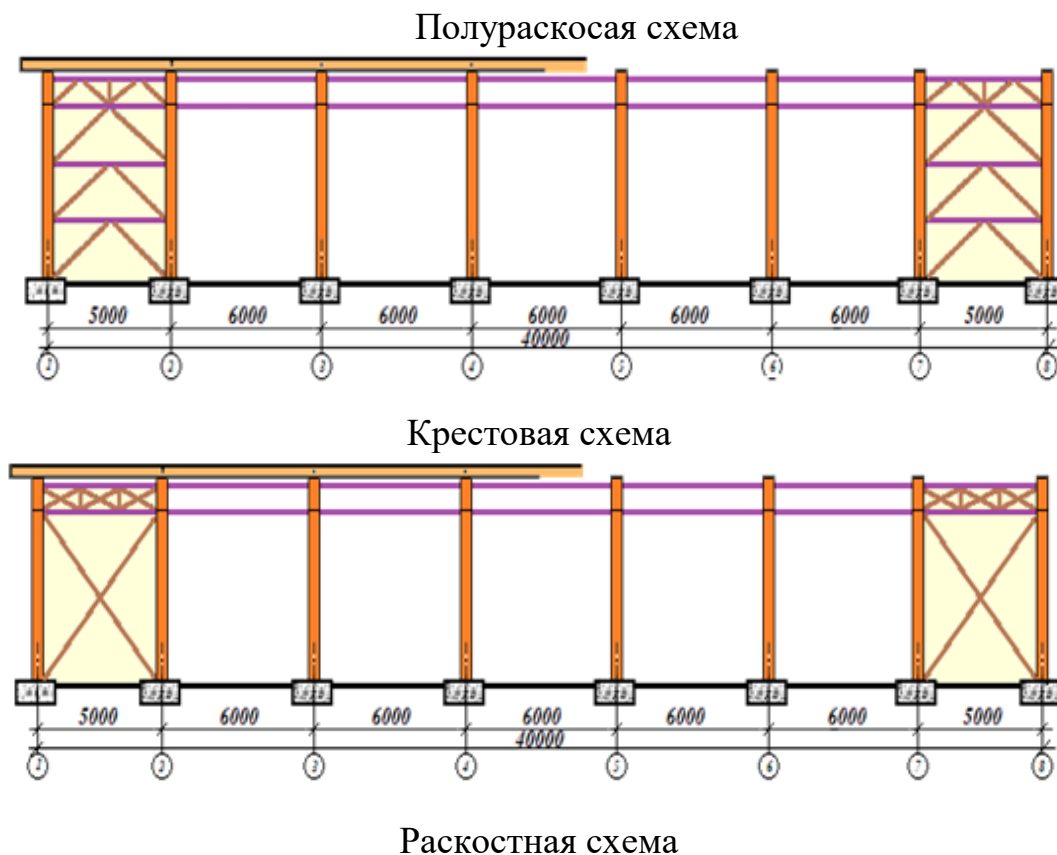
Помимо связей в плоскостях верхних и нижних поясов ферм, в ряде случаев необходимы дополнительные поперечные вертикальные связи жесткости, соединяющие отдельные узловые точки несущей конструкции. Поперечные связи жесткости ставят в следующих случаях:

а) в крайних двух торцовых фермах ставят поперечные связи при передаче ветровой нагрузки на нижние пояса этих ферм, а также и в промежуточных фермах при наличии передаваемых на нижний пояс усилий, направление которых не совпадает с плоскостью конструкции, например, тормозная сила при подвеске к фермам электроталей и т.п. Поперечные связи обеспечивают вертикальное положение ферм под действием горизонтальной опрокидывающей фермы нагрузки, перераспределяют эту нагрузку на верхние связи жесткости в плоскости покрытия.

б) в покрытиях по трапециевидным фермам или балкам с перекрестной стенкой ставят поперечные связи при опирании ферм на несущие кирпичные стены с большими световыми проемами или на колонны, а также при недостаточно жестких обшивных стальных чердаках и т.п. В этом случае поперечные связи ставят в плоскости опорных стоек, причем поперечные связи обеспечивают передачу горизонтальных реакций связей жесткости или перекрестных настилов покрытия на стены или другие ниже расположенные конструкции;

в) в фермах с надстройками поперечные связи ставят для обеспечения пространственной неизменяемости надстроек. Связи располагают между стойками надстроек и ставят либо в каждом узле верхнего пояса, либо через узел.

На рисунке 6.2.1.3 показана схема установки вертикальных связей по длине здания.





Крестовая схема

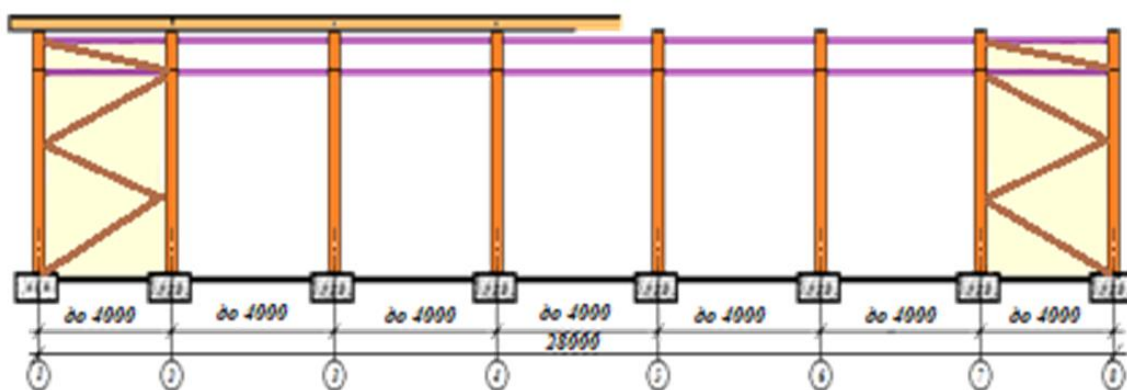


Рис. 6.2.1.3. Схемы установки вертикальных связей по длине здания

Вертикальные связи не следует делать непрерывными по всей длине здания, так как при обрушении по какой-либо причине одной из несущих конструкций она перегрузит через связи соседние конструкции, что может привести к последовательному обрушению всего покрытия.

Расчет элементов связей жесткости.

Связи рассчитывают на усилия, направленные перпендикулярно плоскости раскрепляемой конструкции. Связи жесткости в крайних пролетах, воспринимающие при отсутствии жестких торцовых стен ветровую нагрузку, рассчитывают как обычные балочные фермы, расположенные в одной горизонтальной плоскости, на давление ветра, приложенное в узлах этих ферм. Пояса ферм жесткости, являющиеся одновременно поясами несущих конструкций, а также стойки ферм жесткости, являющиеся прогонами ферм, несущими основную нагрузку от веса крыши и снега, рассчитывают с учетом действия ветровых нагрузок.

Если давление ветра воспринимается торцовыми стенами, то сечения раскосов ферм жесткости назначают конструктивно. При этом предельная гибкость сжатых элементов связей (раскосов и прогонов) не должна превосходить 200.

Расчет элементов вертикальных связей производят или на фактическую нагрузку (тормозные усилия) или на условное усилие, равное 2% от величины максимального сжимающего усилия в поясе основной фермы и действующее в каждой точке закреплении системы. При незначительной величине этих сил сечения элементов поперечных связей подбирают конструктивно, исходя из предельной гибкости, не превышающей 200.

Сжатый пояс основной конструкции проверяют на устойчивость из плоскости системы на участках между связями.

Система связей зависит от вида несущих конструкций, величины перекрываемых пролетов, шага колонн, наличия прогонов, размеров сечения конструкций покрытия и других факторов.

При пролетах не более 18 м вертикальные связи достаточно располагать в середине пролета в торцах здания, а также по длине через 25-30 м. При пролетах, превышающих 18 м, вертикальные связи устанавливают в плоскости опор стропильных конструкций или в четвертях (третях) пролета. Иногда для удобства монтажа фермы или балки соединяют вертикальными связями попарно.

В зданиях с подвесным подъемно-транспортным оборудованием следует устанавливать также горизонтальные поперечные связевые фермы в плоскости нижних поясов стропильных конструкций. Их также рекомендуется размещать в торцах здания и через 25-30 м по длине.

В зданиях с каркасом из трехшарнирных рам или арок деревянные прогоны покрытий и стен, а также продольные ребра кровельных и стеновых панелей выполняют роль распорок и являются элементами связей. Однако существующие способы их крепления к несущим конструкциям (на болтах, штырях, гвоздях и др.) позволяют получать только шарнирное соединение.

Для обеспечения продольной устойчивости таких зданий две смежные арки или рамы с помощью связей соединяют в жесткий пространственный блок.

Варианты обеспечения пространственной жесткости в зданиях с плоскостными деревянными несущими конструкциями

Стальные крестовые связи по аркам кругового очертания

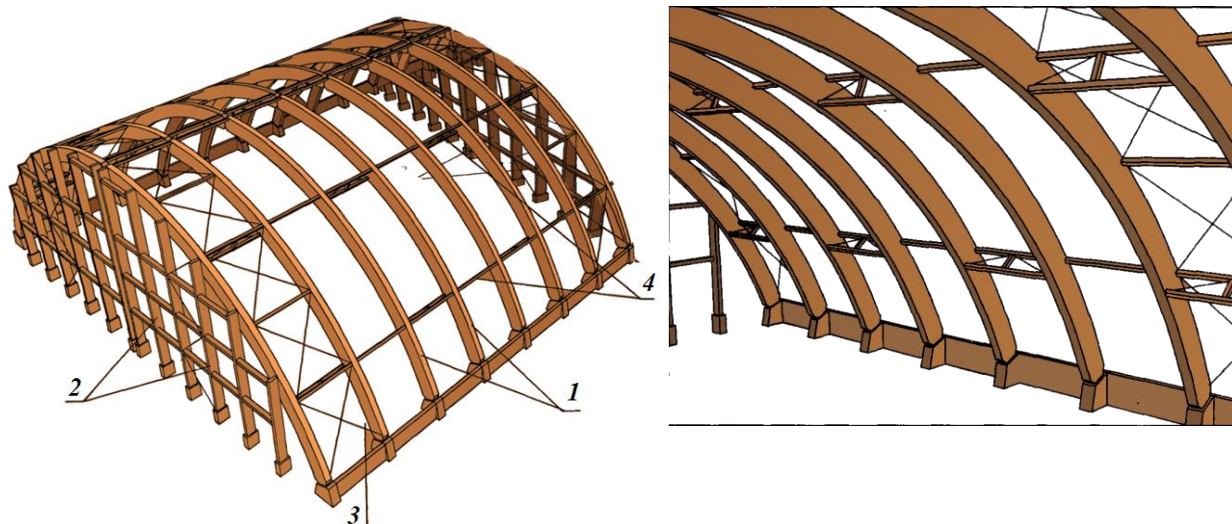


Рис.6.2.1.4. 1 - 3-хшарнирная арка; 2 - стойки торцевого фахверка с горизонтальными перекладинами; 3 - крестовая связь из тяжелой круглой стали; 4 - деревянные распорки по наружному контуру арок

Деревянные связи в здании с арками кругового очертания малых пролетов.

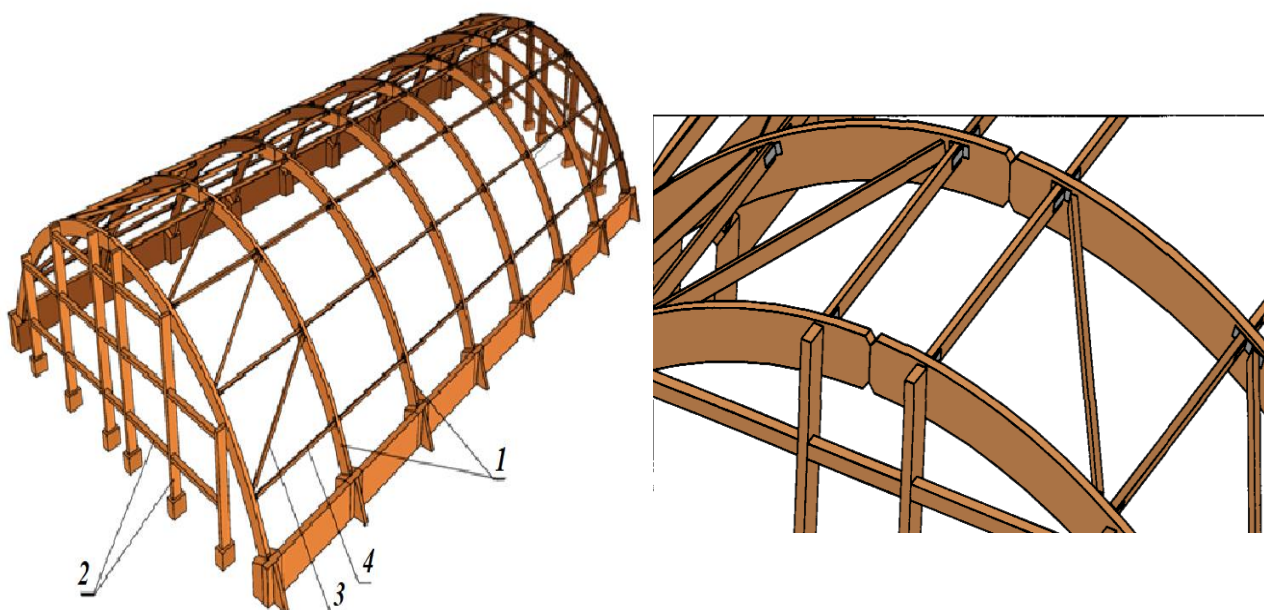


Рис.6.2.1.5. 1 - 3-хшарнирная арка; 2 - стойки торцевого фахверка с горизонтальными перекладинами; 3 - деревянный раскос связевой решетки, 4 - деревянные распорки по наружному контуру арок

Система с прогонами и деревянными полураскосными связями

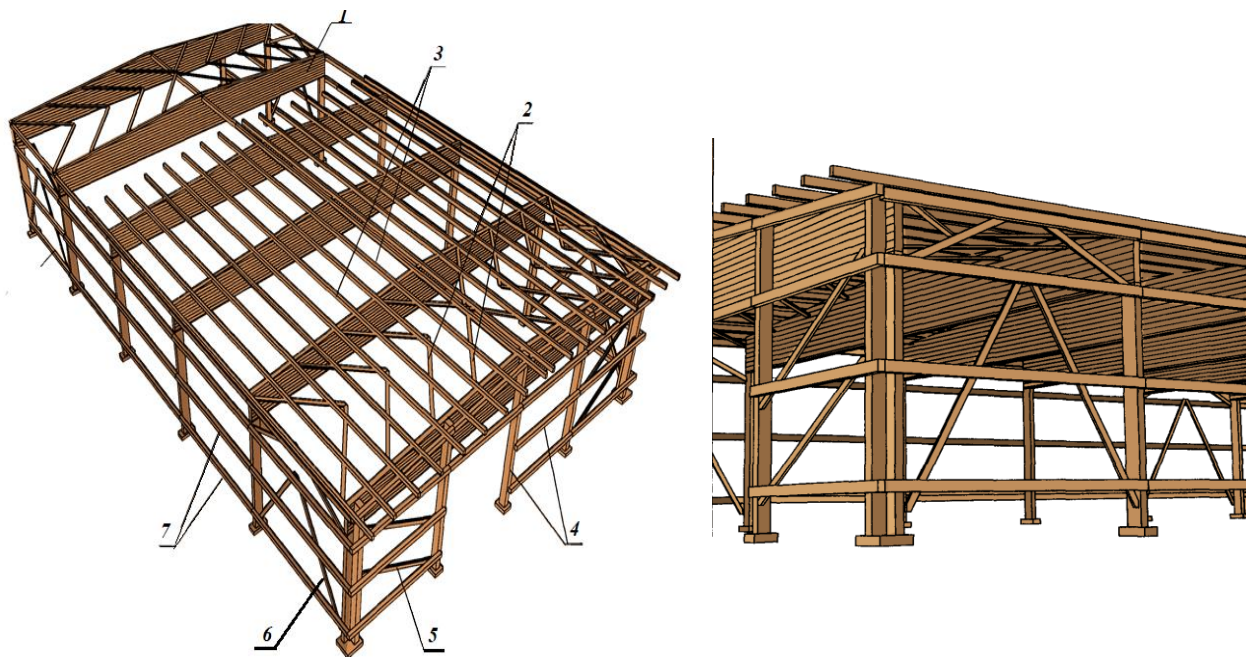


Рис.6.2.1.6. 1 - стоечно-балочная рама, 2 - полураскосная дощатая связь, подшитая к прогонам снизу, 3 - прогоны покрытия по несущим балкам, 4 - стойки торцового фахверка с горизонтальными перекладинами, 5 - дощатый раскос по стойкам фахверка, 6 - полураскосная дощатая связь по обвязочным брусам, 7 - обвязочные брусья по стойкам

Связевая система с плитами и металлическими крестовыми связями

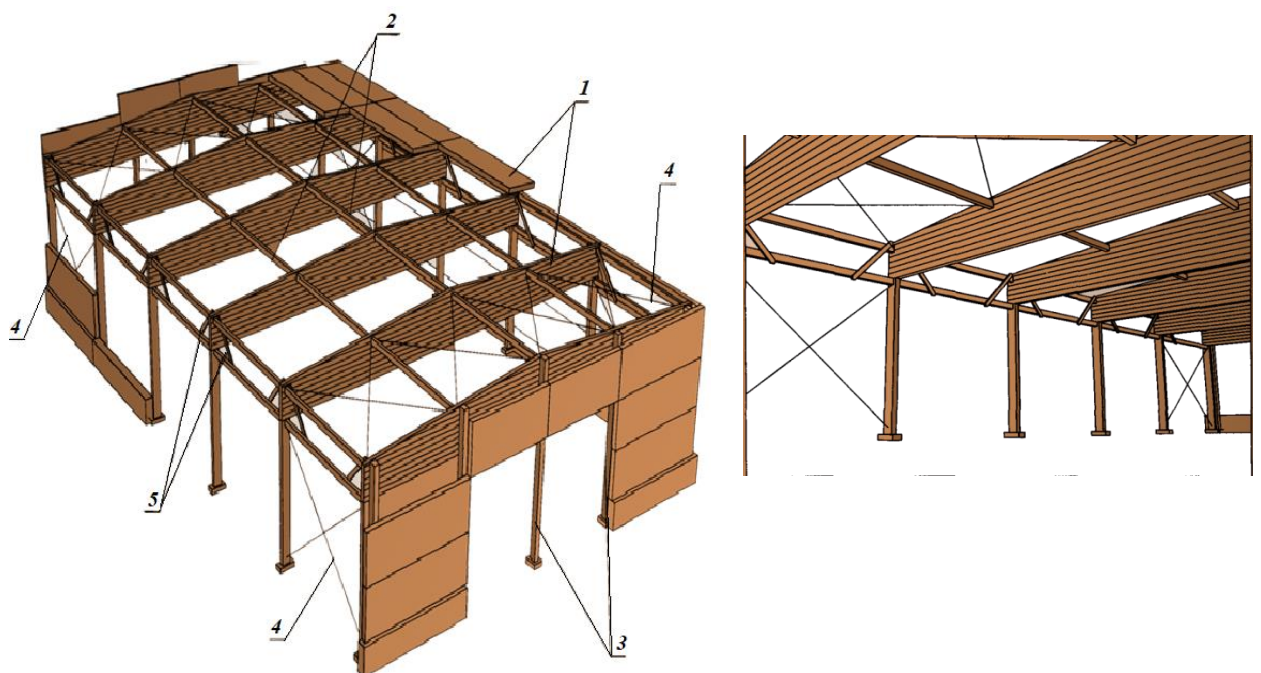


Рис.6.2.1.7. 1 - стоечно-балочная система с панелями ограждения, 2 - деревянные распорки скатных связей, 3 - стойки торцового фахверка, 4 - стальные тяжи крестовых связей, 5 - дощатый связевой подкос

В зданиях с кирпичными или железобетонными торцовыми стенами, способными воспринимать ветровые на (рис. 6.2.1.8 и 6.2.1.9). В некоторых случаях основные несущие конструкции в торцах здания не ставятся, тогда нагрузка от покрытия тоже передается на стойки фахверка (несущий фахверк).

Раскосные деревянные связи в здании из трехшарнирных гнутоклееных рам с кирпичными торцовыми стенами

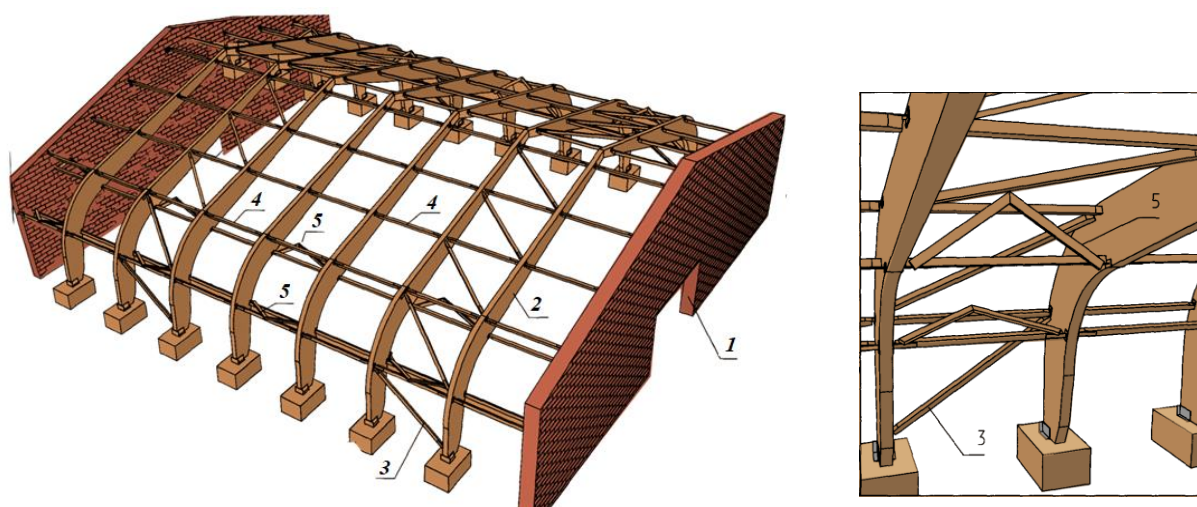


Рис.6.2.1.8. 1 - торцовая кирпичная стена, 2 - 3-х шарнирная дощатоклееная рама 3- деревянный раскос связей по скату, 4 - деревянные распорки (стойки связевой решетки), 5 - дощатые наклонные связи (раскосная решетка)

Раскосные деревянные связи в здании из трехшарнирных рам из прямолинейных элементов с кирпичными торцовыми стенами

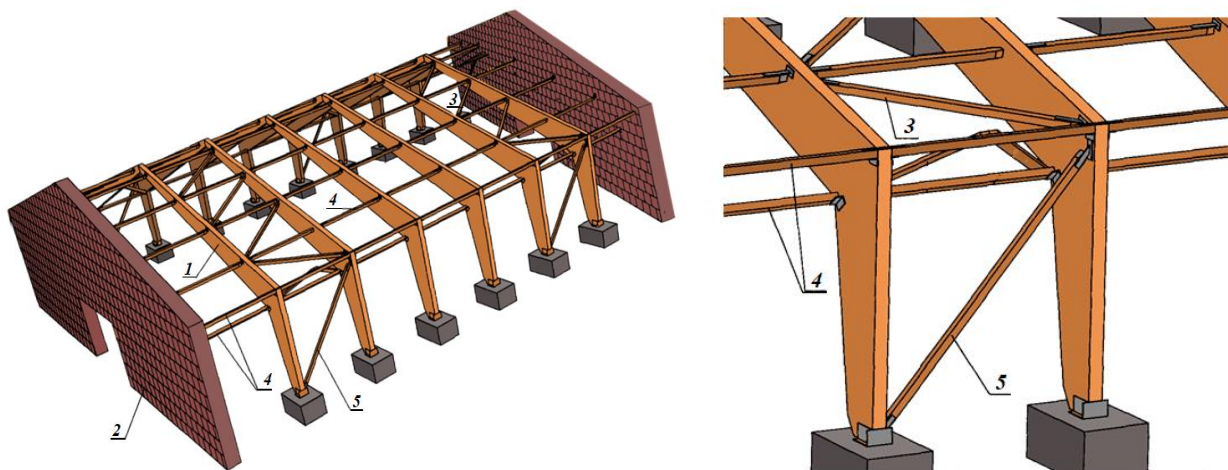


Рис.6.2.1.9. 1 - 3-х шарнирная дощатоклееная рама, 2 - торцовая кирпичная стена, 3 - деревянные распорки, 4 - деревянный раскос по стойке, 5 - дощатые раскосы по распоркам

Примеры соединения элементов связей.

Соединение элементов связей с основной несущей конструкцией выполняется различными вариантами. На рисунке 6.2.1.10-6.2.1.141 показаны основные решения узлов соединения связей с основной несущей конструкцией:

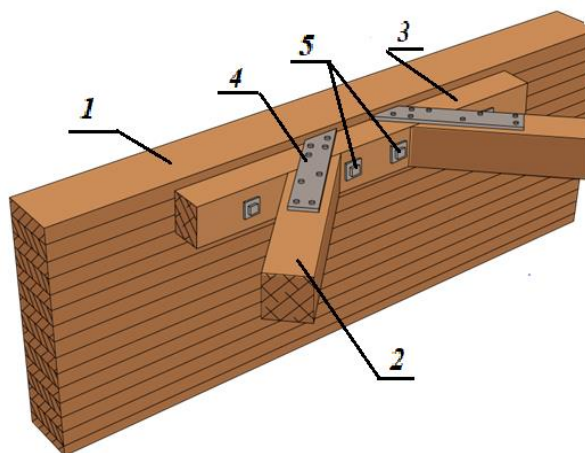


Рис. 6.2.1.10. Крепление деревянных раскосов с помощью стальных полос и деревянной прибоины

1 - основная несущая конструкция, 2 - брусчатый раскос связевой решетки, 3 - прибоина из деревянного бруса на глухих нагелях, 4 - стальные пластины с дюбелями, 5 - глухие нагели (глухари) с квадратными шайбами

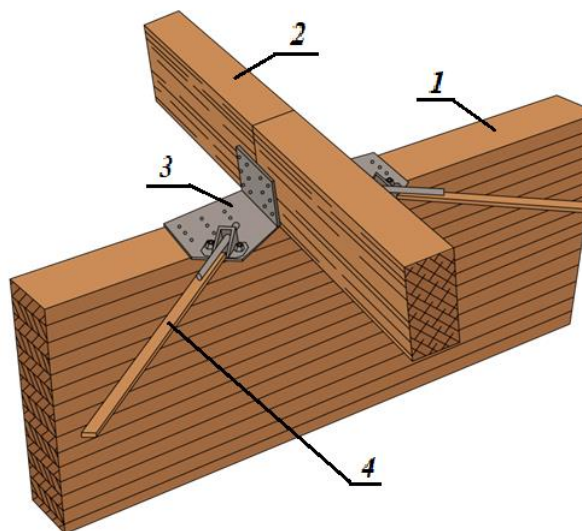


Рис. 6.2.1.11. Крепление связей с деревянными прогоном и тяжами из полосовой стали

1 - основная клееная конструкция (балка), 2 - разрезной прогон, служащий распоркой связевой решетки, 3 - стальная пластина на дюбелях или гвоздях, 4 - тяж-раскос связевой решетки из полосовой стали

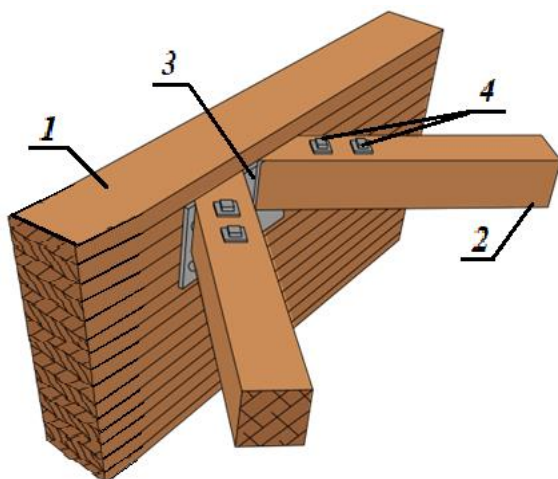


Рис. 6.2.1.12. Крепление деревянных раскосов связей с помощью металлических полок

1 - основная несущая конструкция, 2 - брусчатый раскос связевой решетки, 3 - стальной сварной башмак с горизонтальными полками, 4 - сквозные болты с квадратными шайбами со стороны древесины

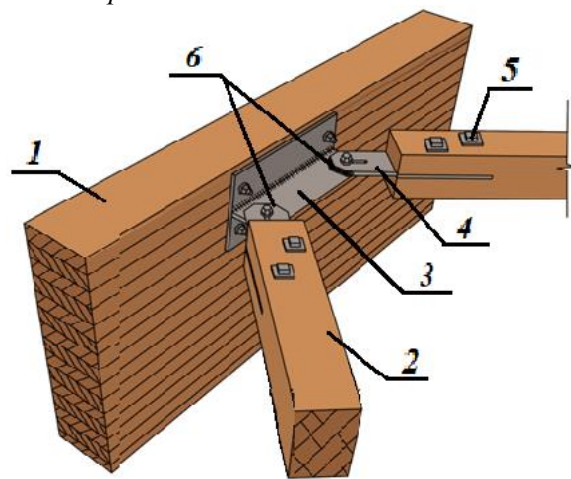


Рис. 6.2.1.13. Крепление деревянных раскосов связей с помощью металлических прокладок

1 - основная несущая конструкция, 2 - брусчатый раскос с пропилами на концах, 3 - стальной сварной башмак с горизонтальными полками, 4 - стальные наконечники, вставленные в пропилы раскосов, 5 - сквозные болты с квадратными шайбами со стороны древесины 6 - монтажная сварка после выверки конструкции в проектное положение

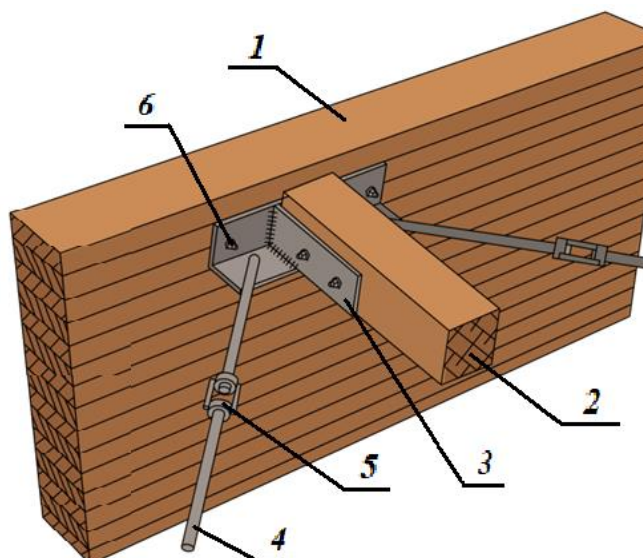


Рис. 6.2.1.14. Крепление связей с деревянной распоркой и тяжами из круглой стали
 1 - основная клееная конструкция (балка), 2 - примыкающая деревянная распорка связевой решетки, 3 - стальной сварной башмак с отверстиями в полках, 4 - тяж-раскос из круглой стали, 5 - натяжная муфта, 6 - сквозные болты с квадратными шайбами со стороны древесины

Выбор того или иного вида связей зависит от конструктивных особенностей каркаса здания и вида несущих конструкций.