

Раздел 5. Сквозные плоскостные конструкции из дерева и пластмасс.

5. Основные формы плоскостных сквозных конструкций. Их технико-экономические показатели.

Конструкции, состоящие из поясов и связывающих их решеток, называют сквозными. Пояса в сквозных деревянных конструкциях могут состоять из одного или нескольких ветвей, которые, в свою очередь, могут быть цельного или составного сечения.

Решетка состоит из отдельных стержней - раскосов и стоек. Применение решетки вместо сплошной стенки уменьшает расход материала на конструкцию. Однако в отличие от сплошных плоскостных конструкций в сквозных имеются узловые соединения элементов решетки между собой и с поясами, требующие специальных средств соединения.

Высокая стоимость клееной древесины и конструкций из них, а также необходимость мощной индустриальной базы для производства клееных деревянных конструкций делает целесообразным во многих случаях использование брусчатых сквозных конструкций со сравнительно большими сечениями брусев. Дощатые сквозные плоскостные конструкции наиболее пожароопасны. Кроме того, в них больше проявляется влияние пороков древесины на прочность элементов.

Различают два типа сквозных плоскостных конструкций (таб. 5.1), балочные и распорные. Основными применяемыми сквозными плоскостными деревянными конструкциями в покрытиях являются фермы.

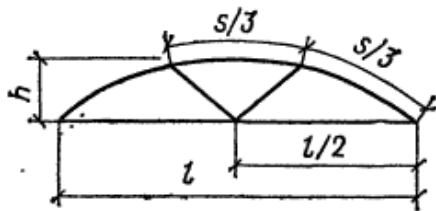
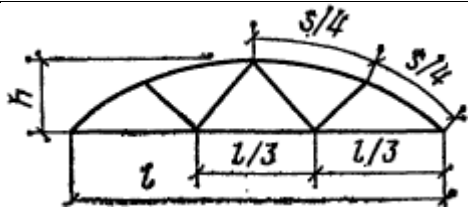
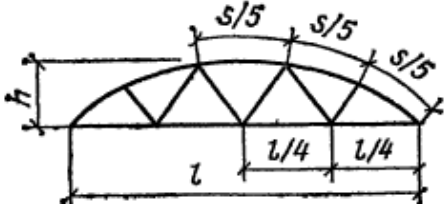
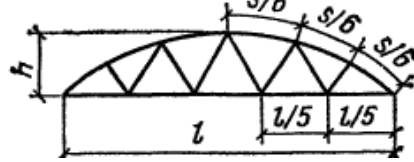
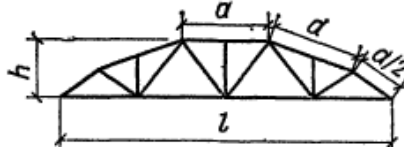
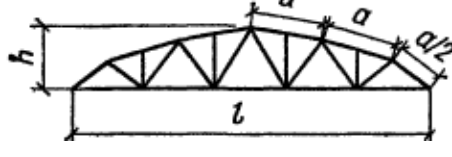
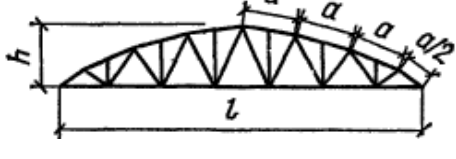
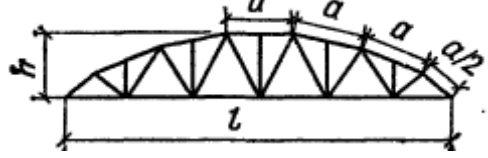
5.1 Фермы построечного и индустриального изготовления.

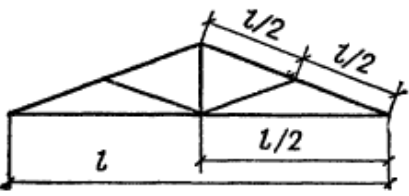
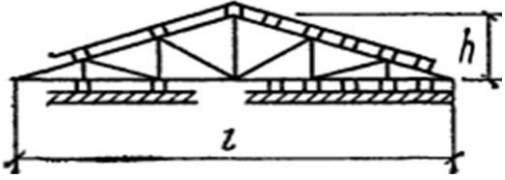
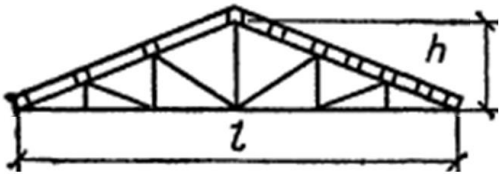
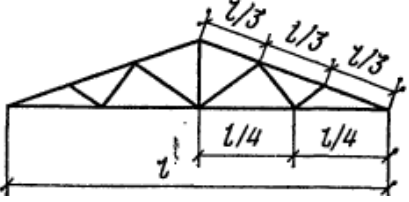
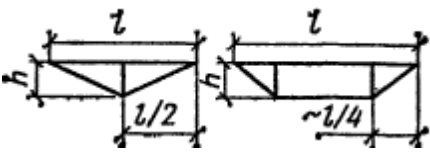
В современном строительстве наиболее широко применяют фермы сегментные с криволинейным клееным верхним поясом, многоугольные и треугольные. В некоторых случаях, например, для покрытия многопролетных промышленных зданий, рациональны трапециевидные, односкатные и двухскатные фермы. Фермы с разрезными и неразрезными поясами рассчитывают по деформированной схеме с учетом податливости

узловых соединений. Усилия в элементах ферм следует определять в предположении шарнирности узлов.

Таблица 5.1

Основные схемы плоскостных сквозных деревянных конструкций

Тип конструкции	Схема	Пролет м	$K_{с.в}$	K_m
Сегментные клееные фермы с металлическим нижним поясом		12	3	25
		24	3	25
		30	3-4	30
		36	4	30
Многоугольные брусчатые фермы с металлическим нижним поясом		12	3-4	30
		15	3-4	30
		18	3-4	30
		21-30	4-5	30

Треугольные четырех-панельные со сжатыми раскосами и металлическим поясом		Брусч. 9-12 Клеен. 12-24	4-5	30
Треугольные фермы из бревен ^[1] и брусев на лобовых врубках		10-20	5-6	20
Треугольные фермы из брусев на лобовых врубках с металлическим нижним поясом		10-18	3-4	35
Дощатые соединения на ^[1] металлических зубчатых пластинках		9-15	3	3-5
Шпренгельные системы		6-15	6-8	25

Предварительное определение нагрузки от собственного веса проектируемой несущей конструкции $q_{с.в}$ в зависимости от ее типа, пролета l , постоянной $q_{нос}^H$ и временной $q_{вр}^H$ нормативных нагрузок производят по формуле:

$$q_{с.в} = \frac{q_{нос}^H + q_{вр}^H}{\left(\frac{1000}{K_{с.в.} l}\right) - 1}$$

где $K_{св}$ - коэффициент собственного веса, который может быть найден по таблице 4.1.1. После окончания разработки проекта конструкции, включая и составление спецификации, определяют уточненное значение собственного

веса конструкции. Если собственный вес конструкции существенно превышает $q_{св}$, то может потребоваться пересчет конструкции.

Чем меньше собственный вес конструкций, тем меньше затраты материалов. Однако необходимо отметить, что минимум собственного веса конструкции не может быть принят в качестве критерия для выбора экономически наиболее эффективных конструктивных решений и типов конструкций.

При применении сквозных конструкций в обычных условиях целесообразно растянутые элементы делать металлическими. В фермах на растяжение работают обычно нижний пояс и подвески. Элементы сквозных конструкций, работающих на сжатие с изгибом, в частности верхние пояса ферм при внеузловом приложении поперечной нагрузки, выполняют из клееных элементов больших размеров поперечного сечения и значительной длины.

Внецентренное приложение продольных сил в верхнем поясе.

В верхнем поясе ферм, выполненном из прямолинейных элементов от действия внеузловой поперечной нагрузки, возникают значительные изгибающие моменты. Чтобы уменьшить сечение верхнего пояса, стремятся снизить действующие в них изгибающие моменты, создавая разгружающий момент обратного знака эксцентричным приложением нормальной силы. Для этого в узлах и стыках верхнего пояса упор элементов в узловые детали или (в стыках) одних в другие производят только нижней частью сечения. Эксцентриситет может быть различным. Нередко его определяют из условия равенства абсолютных значений момента в пролете от нагрузки в панели верхнего пояса, деленного на коэффициент ξ , и момента от эксцентриситета e :

$$\frac{M_q}{\xi} = M_N = N \cdot e$$

$$e = \frac{M_q}{N\xi}$$

По абсолютной величине эксцентриситет не должен превышать 1/4 высоты сечения пояса или опирание концов элементов верхнего пояса в узлах должно быть не менее половины сечения во избежание возможного разрушения от скалывания.

Кроме нагрузки от ограждающих конструкций покрытия фермы могут нести также нагрузку от чердачного перекрытия и подвесного потолка.

Последний применяют в случаях, когда по архитектурным и технологическим требованиям следует оградить объем перекрываемого помещения от конструкций кровли. Потолок следует подвешивать к узлам нижнего пояса, чтобы не вызывать изгибающих моментов в элементах нижнего пояса между узлами. Утеплитель, используемый в подвесном потолке, должен находиться ниже нижнего пояса на 15-20 см. В фермах с клееным верхним поясом возможна внеузловая подвеска к верхнему поясу. Основные прогоны подвесного потолка могут быть расположены вдоль здания под узлами нижнего пояса или поперек здания вдоль фермы под ее нижним поясом.

При подвесном потолке лучше принимать сближенное размещение ферм вдоль здания, располагая их на расстоянии менее 6 м, что позволяет выполнять прогоны подвесного потолка разрезными. Крепление подвесного потолка к фермам должно быть таким, чтобы имелась возможность его подтяжки как во время постройки, так и при эксплуатации. К примеру, рационально устройство подвесного потолка при треугольных фермах благодаря наличию в них растянутых металлических стоек, на которые передается нагрузка от подвесного потолка.

При действии на фермы только узловых нагрузок передача усилий от верхнего пояса на опорный башмак происходит через торец опорной панели, опиленной перпендикулярно оси верхнего пояса. Если же на опорную панель действует внеузловая поперечная нагрузка, то плоскость упора верхнего

пояса в нижний уже не нормальна к продольной оси верхнего пояса. В таком случае опорную пластину следует повернуть. Плоскость упора должна быть перпендикулярна к равнодействующей нормальной силы N и поперечной силы Q от местной нагрузки в панели опорного узла (рис. 5.1.1). Подобные повороты плоскости упора полезны во всех узлах, но усложняют изготовление ферм, поэтому их целесообразно делать только в опорных узлах.

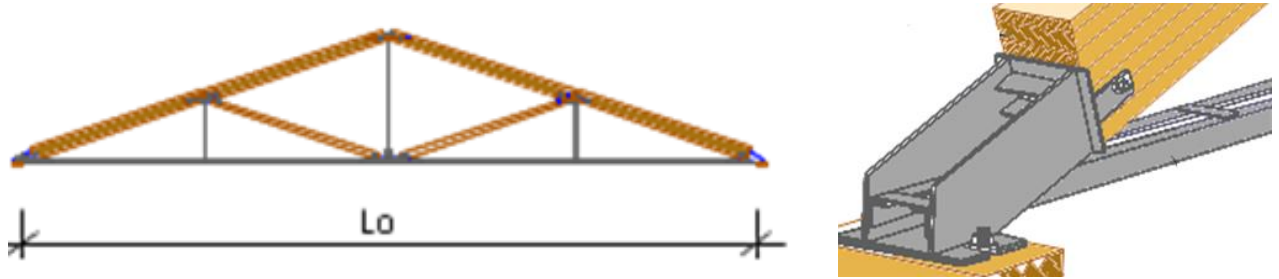


Рис.5.1.1. Поворот плоскости упора в опорном узле при наличии местной нагрузки в панели

Элементы решетки, ферм, сходящиеся в узле, следует центрировать за исключением некоторых типов ферм, например в фермах на нагелях, где для их расстановки требуется много места в узле, допускается внецентренное прикрепление решетки. Это вызывает в поясах изгибающие моменты, учитываемые в расчете, и увеличивающие сечение пояса. Изгибающий момент определяют как произведение равнодействующей усилий в узле на плечо этой равнодействующей или как сумму моментов, каждый из которых представляет собой произведение усилия во внецентренно прикрепляемом элементе на соответствующее плечо. Считается, что изгибающий момент воспринимается поясом, так как элементы решетки имеют сравнительно небольшую жесткость заземления.

При внецентренном прикреплении решетки в узле нижнего (рис. 5.1.2) пояса изгибающий момент равен алгебраической сумме:

$$M_{\text{экс}} = \Delta Ue = D_1 e_1 + D_2 e_2$$

где ΔU - разность усилий в соседних панелях нижнего пояса; D_1, D_2 - усилия во внецентренно прикрепленных раскосах; e_1, e_2 - соответствующие эксцентриситеты.

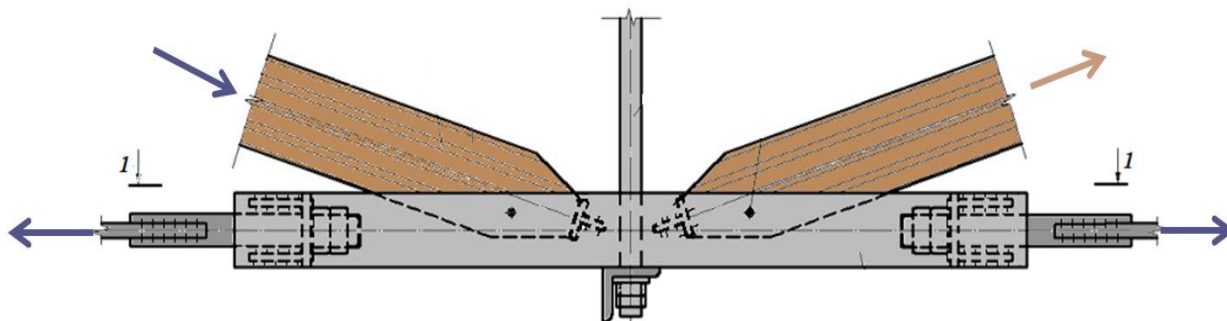


Рис.5.1.2. Учет внецентренного прикрепления решетки в узле нижнего пояса

При отсутствии стыка в панелях нижнего пояса, смежных с эксцентрично решенным узлом, можно считать, что момент распределяется между смежными панелями пояса поровну. При наличии стыка момент воспринимается одной панелью, не имеющей стыка.

Нижний пояс проверяют на внецентренное растяжение в узле. При внецентренном прикреплении решетки в коньковом узле верхнего пояса с восходящими раскосами при загрузении всего пролета моменты невелики и расчетным здесь является узловой момент при односторонней нагрузке, который может быть определен следующим образом (рис. 5.1.2).

Деформации сквозных конструкций.

Деформации (прогибы) сквозных конструкций являются следствием не только упругих деформаций элементов и соединений в узлах и стыках, но и рыхлых деформаций, например от неплотностей в соединениях при их изготовлении. Кроме того, с течением времени возникают деформации последствий, существенно увеличивающие общие деформации конструкций. Увеличение прогибов происходит преимущественно в первые два-три года эксплуатации, когда древесина еще не достигла равновесной влажности и когда покрытие в первый раз загружается полной нагрузкой. В последующие годы в нормально работающих конструкциях приращение

прогиба, как правило, невелико. Испытания металлодеревянных ферм кратковременной нагрузкой показали, что прогиб их под нормативной нагрузкой составляет 1/1000-1/1250, а перед разрушением 1/200-1/300 пролета.

В цельнодеревянных фермах прогибы обычно больше, чем в металлодеревянных, так как в них имеется большое число элементов и узлов, соответственно большее количество мест смятия, в особенности под углом и поперек к волокнам. Деревянный нижний пояс, имеющий стыки на податливых связях - нагелях, также способствует увеличению деформаций. Испытания показывают, что прогибы цельнодеревянных ферм под нормативной нагрузкой составляют 1/500 - 1/1000, а перед разрушением 1/125 - 1/200 пролета. В фермах с клееным нижним поясом при стыковании досок по длине с помощью зубчатого соединения прогибы будут меньше.

Во многих случаях может возникнуть необходимость определения прогибов сквозных деревянных конструкций расчетом (например при разработке ферм новых типов, в особенности, если они имеют небольшую высоту или новое конструктивное решение, а также при сравнении прогибов, определенных экспериментальным и теоретическим методами). Прогибы ферм могут быть вычислены по известной формуле строительной механики:

$$f = \frac{\sum N_1 N_p l}{EF}$$

где N_1 - усилие в элементах фермы от единичной силы, приложенной в том узле, в котором определяется прогиб фермы; N_p - усилие в элементах фермы от действующей на нее нагрузки; l - длина элемента; E - модуль упругости материала элементов фермы; F - площадь поперечного сечения элемента.

Суммируют по всем элементам фермы. В деревянных или металлодеревянных фермах прогиб, определенный по приведенной формуле будет занижен, так как в ней учитываются только упругие удлинения или укорочения материала элемента, но не принимаются во внимание

деформации в соединениях - в узлах ферм и в стыках элементов, учет которых обязателен, так как они значительно увеличивают прогиб.

В соединениях при полном использовании их расчетной несущей способности по нормам принимают следующие предельные деформации: при соединении на нагелях всех видов (в том числе и в стыках) 2 мм; в примыканиях деревянных элементов под прямым углом 3 мм. При неполном использовании расчетной несущей способности соединений значение деформации принимают пропорционально действующему на соединение усилию. Приведенные значения деформаций даны с учетом длительности действия нагрузки при условии качественного выполнения соединений.

При определении прогибов деформации в соединениях учитывают введением в последнюю формулу приведенной площади сечения элемента, определяемой из выражения:

$$F_{\text{прив}} = F / (1 + \frac{E}{N_p} \frac{F}{l} \sum \delta_{\text{сдв}})$$

где $\sum \delta_{\text{сдв}}$ - сумма узловых деформаций для данного стержня.

Таким образом, прогиб фермы с учетом деформаций соединений:

$$f = \frac{\sum N_1 N_p l}{E F_{\text{прив}}}$$

Для уменьшения видимого провисания ферм последним при изготовлении придают строительный подъем (обратный выгиб нижнего пояса), принимаемый 1/200 пролета, но не менее значения прогиба фермы. При соблюдении рекомендуемых нормами соотношений между высотой фермы и ее пролетом и при качественном изготовлении конструкции прогиб можно не вычислять, достаточно придать фермам строительный подъем указанной величины.

5.2 Шпренгельные системы.

Схемы простейших шпренгельных систем даны в таблице 5.2.1.

Схемы шпренгельных систем

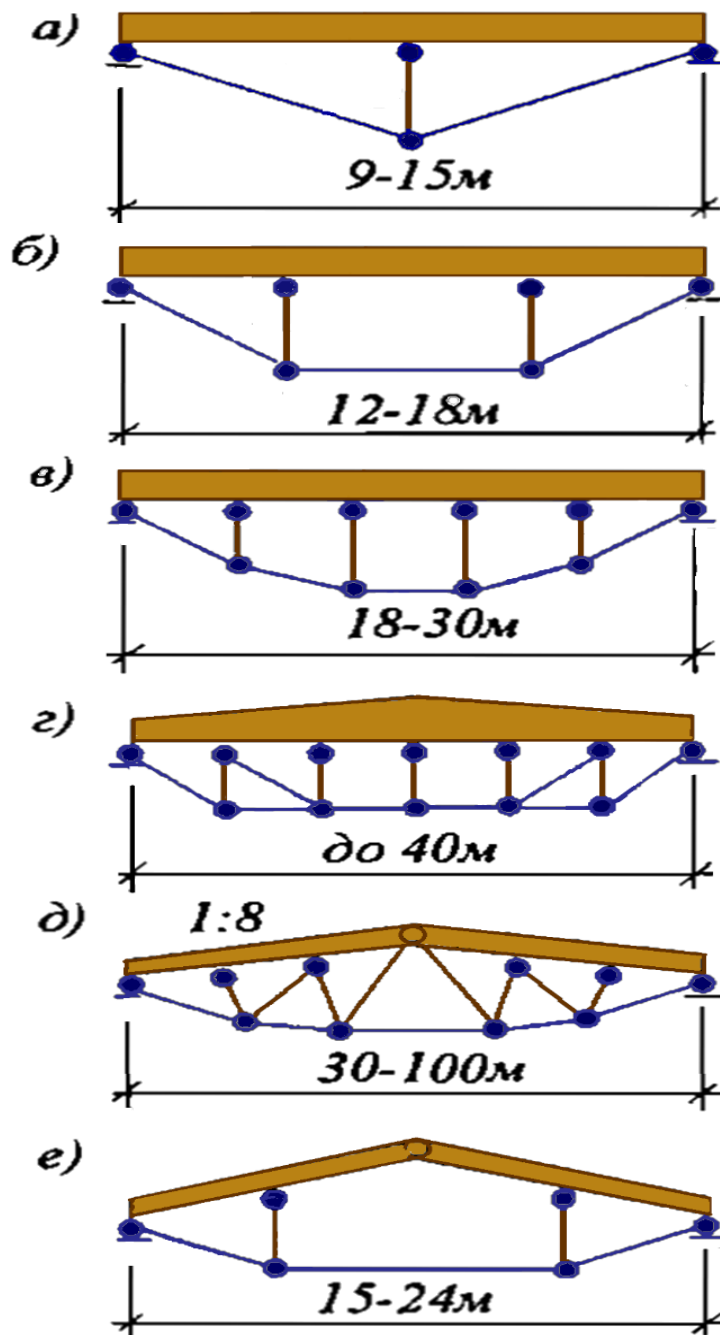


Рис. 5.2.1. Простейшие формы шпренгельных систем

Шпренгельными называются стержневые системы, состоящие из способных самостоятельно работать деревянных конструкций (рис. 5.2.1), которые, кроме того, содержат дополнительные элементы, предназначенные для уменьшения изгибающих моментов основных элементов, нагруженных внеузеловой нагрузкой. Шпренгельные системы статически неопределимы.

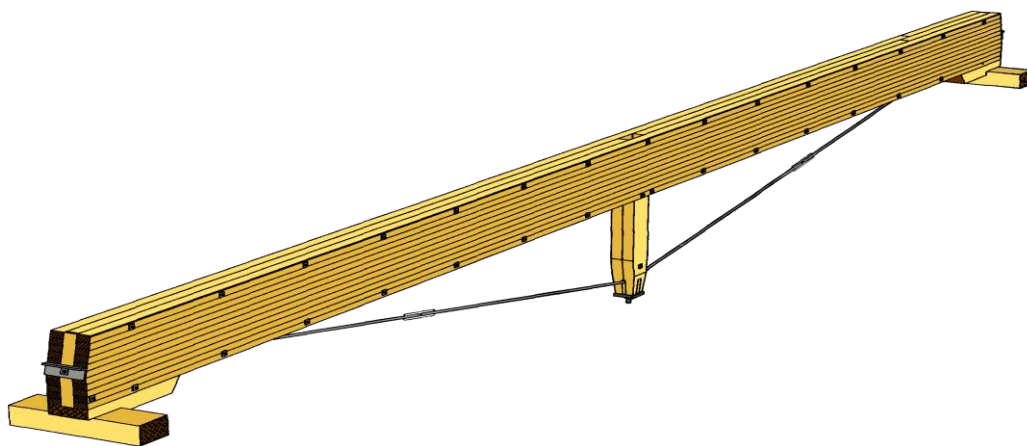


Рис. 5.2.2. Шпренгельная ферма

Верхний пояс шпренгельных систем выполняют из клееных деревянных блоков, брусев или бревен. Нижний пояс - из круглой стали или стальных профилей. Узлы нижнего пояса шпренгельных систем располагаются ниже отметки опорных узлов. Вследствие этого их нижние промежуточные узлы являются неустойчивыми и для устранения возможного выхода их из плоскости фермы осуществляют попарное закрепление конструкций вертикальными связями. Связи крепят к стойкам шпренгельных систем.

Расчет шпренгельных систем.

Усилия в стержнях системы вычисляют общими методами строительной механики. Сложные шпренгельные системы рассчитывают на ЭВМ.

Рассмотрим расчет шпренгельной балки (рис. 5.2.2) при двух возможных схемах ее работы: а) просадки на средней опоре нет и верхний пояс представляет собой неразрезную балку; в этом случае имеет место максимальный отрицательный момент на средней опоре; б) просадка средней опоры такова, что изгибающий момент на ней равен нулю, а верхний пояс представляет собой две однопролетные балки; в этом случае имеется максимальный положительный момент в пролете.

Расчет системы как неразрезной балки.

Для уменьшения расчетного изгибающего момента нормальную силу N нередко на крайних опорах прикладывают с эксцентриситетом e . Тогда изгибающий момент на средней опоре при равномерно распределенной нагрузке будет $M_0 = -ql^2/8 + Ne/2$.

Сжимающая нормальная сила в верхнем поясе:

$$N = \frac{1,25ql}{2 \sin \beta}$$

Растягивающее усилие в нижнем поясе - подпружной цепи:

$$U = \frac{1,25ql}{2 \sin \beta}$$

Сжимающее усилие в стойке (с учетом неразрезности верхнего пояса) $V=1,25ql$. Проверку сечения верхнего пояса проводят по формуле для сжато-изгибаемых стержней:

$$\frac{N}{F_p} + \frac{M_D}{W_p} \leq R_c$$

где $M_D = M / \xi$.

Расчетную гибкость стержня для определения коэффициента ξ подсчитывают по полной длине l .

Расчет системы при просадке средней опоры.

Расчетный момент в середине пролета l при равномерно распределенной нагрузке q и при наличии эксцентриситета e будет $M = \frac{ql^2}{8} - Ne$

Сжимающая сила в верхнем поясе $M = \frac{ql}{2 \tan \beta}$

Растягивающее усилие в нижнем поясе - подпружной цепи:

$$U_+ = \frac{ql}{2 \sin \beta}$$

Сжимающее усилие в стойке $V = ql$.

Сечение верхнего пояса проверяют так же, как и в предыдущем случае, по формуле для сжато-изгибаемых стержней. Расчетную гибкость для определения коэффициента ξ подсчитывают по длине l .

Как видно из приведенных выражений, максимальные нормальные силы в верхнем поясе, нижнем поясе и стойке получаются при работе верхнего пояса как неразрезной балки, т.е. при отсутствии просадки среднего узла.

Изгибающий момент следует рассчитывать для обоих рассмотренных случаев.

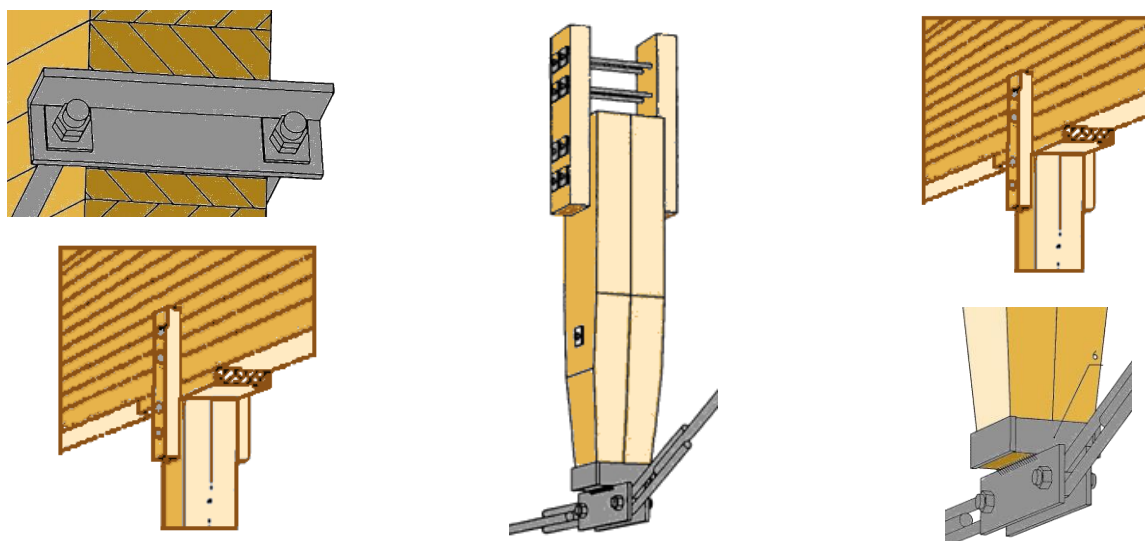
Для обеспечения надлежащей плотности соединений элементов шпренгельных систем осуществляют натяжение нижнего пояса, называемого подпружной цепью, которое достигается с помощью гаек в опорных узлах, или натяжной муфты, либо опусканием подпружной цепи вдоль стойки с помощью специальной серги (рис. 5.2.3). Такое устройство не требует больших усилий для натяжения цепи и удобно для подтягивания ее во время эксплуатации.

Простейшими шпренгельными системами перекрывают пролеты 9-15 м, сложными шпренгельными системами - до 40 м.

При эксплуатации деревянных конструкций встречается необходимость их усиления. Одним из возможных способов усиления деревянных балок и треугольных распорных систем является превращение их в шпренгельные системы.

Кроме шпренгельных систем в строительстве применяют треугольные фермы шпренгельного типа, по форме схожие со шпренгельными системами. Однако в отличие от шпренгельных систем в фермах шпренгельного типа все узлы решают шарнирно и такие фермы являются статически определимыми.

После подбора сечения верхнего и нижнего пояса необходимо рассчитать узлы соединения (рис. 5.2.3).



5.3 Треугольные фермы.

Треугольные фермы применяют, как правило, для кровель из материалов, требующих значительного уклона. Отношение высоты фермы в коньке к пролету принимают не менее: для цельнодеревянных ферм $1/5$, для ферм с металлическим нижним поясом $1/6$. Для ферм с металлическим нижним поясом и клееным верхним это отношение может быть снижено до $1/7$ пролета. При этом уклон верхнего пояса и кровли колеблется от $1:2,5$ до $1:4$. Схемы треугольных ферм приведены (таб. 5.3.1) схемы 9-12.

Верхний пояс фермы может быть выполнен из клееных блоков (клееная треугольная ферма) или из брусьев (брусчатая треугольная ферма). Нижний пояс рекомендуется делать металлическим из профильной или круглой стали. Преимущество последней состоит в том, что при равной массе она обладает большей огнестойкостью. Возможно применение и деревянного клееного или брусчатого нижнего пояса при условии выполнения его из тщательно отобранной древесины и хорошо отработанной склейки со стыкованием по длине на зубчатый шип.

Решетка в треугольных фермах для повышения индустриальности их изготовления должна состоять из минимального числа элементов. С этой целью рекомендуется применять четырехпанельные (по верхнему поясу) фермы с двумя сжатыми раскосами и соответственно с одной растянутой или двумя сжатыми стойками (рис. 5.3.1). Растянутые стойки обычно выполняют из круглой стали.

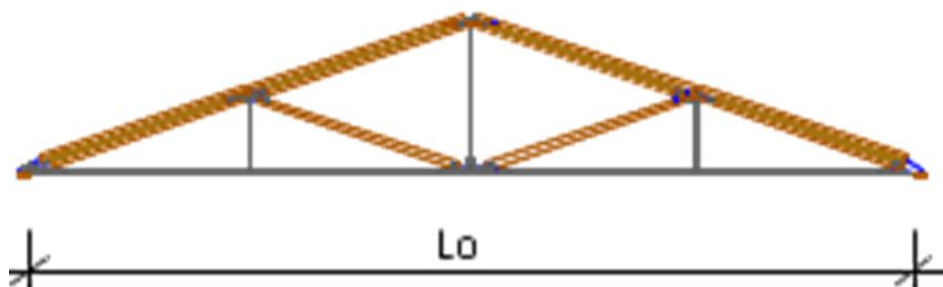




Рис. 5.3.1. Четырехпанельная ферма треугольного очертания

При применении брусчатых ферм более значительных пролетов приходится увеличивать число панелей верхнего пояса до шести и нижнего пояса до четырех, соединяя узлы верхнего и нижнего поясов треугольной решеткой с центральной растянутой стойкой.

Решение узлов в треугольных фермах зависит от принятого типа решетки. Для четырехпанельной фермы со сжатыми раскосами и центральной растянутой стойкой примыкание сжатых раскосов к верхнему и нижнему поясам может быть выполнено путем упора в специальные металлические башмаки непосредственно в верхний пояс с соответствующей его подрезкой или на узловых болтах с металлическим вкладышем (рис. 5.3.2). Треугольные фермы применяют также для подвесного потолка.

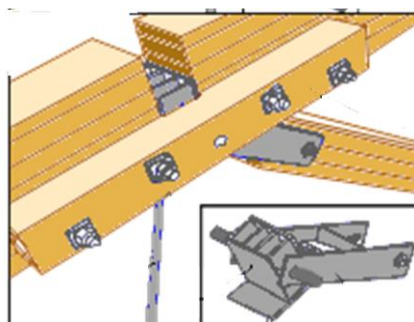


Рис. 5.3.2. Узел фермы треугольного очертания

Опорный узел помимо описанных решений с тем или иным типом металлического башмака может иметь другую конструкцию, где деревянный элемент верхнего пояса опиленной горизонтальной плоскостью

воспринимает опорную реакцию, а вертикальной - усилие от нижнего пояса с помощью шайбы и гайки (рис. 5.3.3).

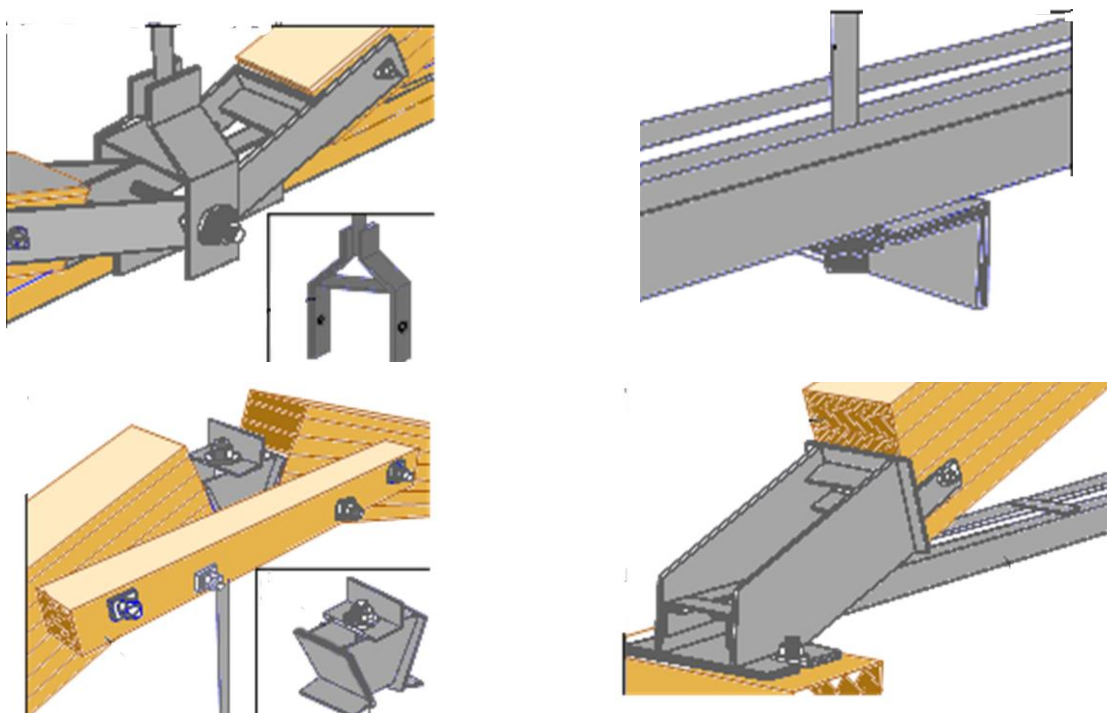


Рис. 5.3.3. Детали узлов треугольной брусчатой фермы ЦНИИСК с упором раскосов в металлические башмаки и со складывающимся при перевозке нижним поясом

Помимо ферм с металлическим нижним поясом (основное решение) в некоторых случаях могут быть применены фермы с деревянным нижним поясом, выполненным в виде клееного пакета в клееных фермах или из бруса в брусчатых фермах. Использование деревянных поясов из брусьев требует тщательного отбора лесоматериалов.

Расчет треугольных ферм.

Расчетные нормальные усилия в элементах треугольных ферм определяют обычным способом. Отличительной особенностью треугольных ферм является то, что при загрузке временной нагрузкой половины пролета решетка на незагруженной половине не работает. Поэтому расчетные усилия во всех элементах ферм получаются при снеговой нагрузке на всем пролете. Одностороннее загрузке снегом может понадобиться в том случае, когда надо рассчитать присоединение подушки в среднем узле нижнего пояса к самому поясу. Его рассчитывают на разность усилий в

соседних панелях нижнего пояса, имеющую место при односторонней снеговой нагрузке.

В большинстве случаев панели верхнего пояса помимо нормальных сил работают на изгиб от межузловой нагрузки и рассчитывают как сжато-изгибаемые стержни. Нормальную силу в верхнем поясе, как и в рассмотренных фермах, прикладывают с эксцентриситетом e . Если верхний пояс разрезной, то расчетный момент в панели:

$$M = M_0 - N_e$$

где M_0 - момент простой балки от данной нагрузки в середине пролета панели; N_e - обратный момент от нормальной силы, приложенной с эксцентриситетом.

Если верхний пояс неразрезной, то расчет производят в двух предположениях: а) средняя опора не имеет просадки и верхний пояс работает как двухпролетная неразрезная балка; б) средняя опора просела на такую величину, что момент на ней стал равен нулю и, следовательно, верхний пояс работает как разрезная балка с пролетом, равным длине панели. Оба эти случая рассмотрены при расчете верхнего пояса шпренгельной системы и многоугольной брусчатой фермы.

Нижнего пояса перекрывают двумя накладками, обычно деревянными. Металлический нижний пояс рассчитывают на растяжение с учетом имеющихся ослаблений в узлах или стыках. Местная поперечная нагрузка, например от подвесного потолка, вызывающая изгибающие моменты в нижнем поясе, недопустима.

Деревянный нижний пояс рассчитывают на растяжение по площади нетто в стыках или узлах, где учитывают ослабления от нагелей.

Стыки деревянного брусчатого, ширина которых равна ширине пояса, а толщина вдвое меньше толщины пояса. Деревянный нижний пояс соединяют с металлическим опорным узлом, как указывалось, накладками из полосовой стали на глухих нагелях. В этом месте на растяжение проверяют деревянный пояс и металлические накладки.

Решетка. Расчет элементов решетки - раскосов и стоек в треугольных фермах ничем не отличается от их расчета в ранее рассмотренных типах ферм: сжатые элементы решетки рассчитывают на продольный изгиб, растянутые проверяют на растяжение с учетом имеющихся ослаблений.

Расчет узлов треугольных ферм связан с их конструкцией. В клееной ферме с неразрезным верхним поясом и металлическими узловыми вкладышами (рис. 5.3.4) конструкция узлов верхнего пояса аналогична конструкции подобных узлов в сегментных фермах (см. ниже).

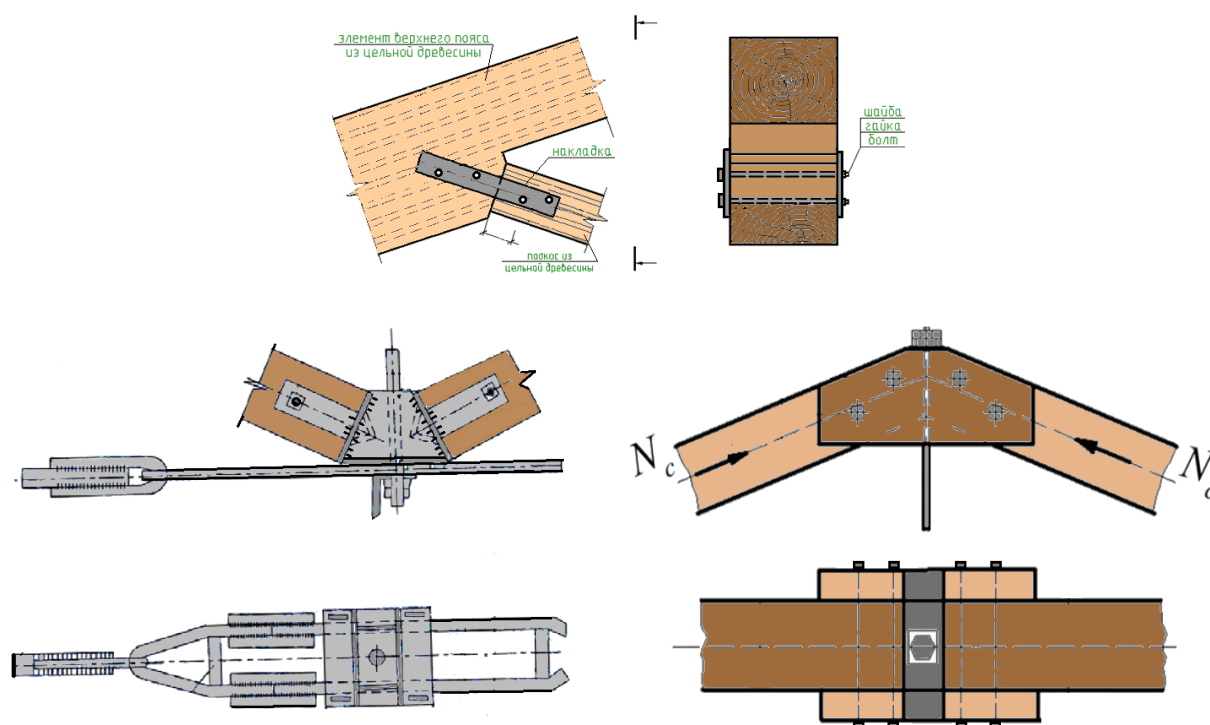


Рис. 5.3.4. Узлы клееной треугольной фермы с неразрезным верхним поясом

В клееной ферме с упором раскосов в верхний пояс (рис. 5.3.4) необходимо проверить смятие древесины в опорном и коньковом узлах, а также в месте упора раскоса в верхний пояс и в подушку среднего узла нижнего пояса. Во всех случаях расчетное сопротивление смятию берут с учетом угла между сжимающей силой и направлением волокон сминаемого элемента.

В брусчатой ферме (рис. 5.3.4), кроме того, требуется рассчитать присоединение к верхнему поясу металлического башмака, в который упирается раскос. Нагели (или гвозди), соединяющие башмак с верхним

поясом, рассчитывают на усилие, стремящееся сдвинуть башмак вдоль пояса. Таким усилием является составляющая усилий в раскосе по направлению верхнего пояса или, что то же, разность усилий в опорной и коньковой панелях верхнего пояса. Нагели или гвозди работают по схеме односрезного соединения.

5.4 Многоугольные брусчатые фермы.

Многоугольные брусчатые фермы относятся к металлодеревянным сборным конструкциям заводского изготовления (рис. 5.4.1).

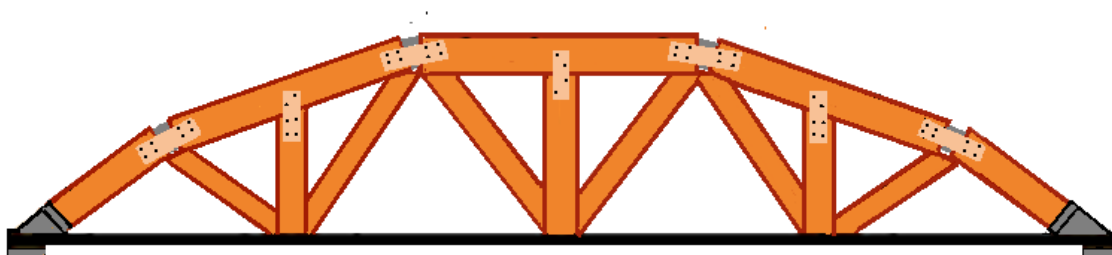


Рис. 5.4.1. Многоугольная брусчатая ферма системы ЦНИИСК

В этих фермах верхний пояс представляет собой многоугольник, вписанный в окружность или описанный около нее. Отношение высоты фермы к пролету принимают таким же, как в сегментных фермах, т.е. от $1/6$ до $1/7$. Нижний пояс делают, как правило, металлическим из профильной стали, решетку принимают треугольной со стойками. Длина панели верхнего пояса значительно меньше, чем в клееных сегментных фермах, так как несущая способность панели ограничена размерами поперечного сечения бруса и его длиной. Рекомендуемые схемы многоугольных ферм приведены в таблице 5.1, схемы 5-8. Как видно из этих схем, брус верхнего пояса перекрывает две панели и является двухпролетной неразрезной балкой, за исключением опорных панелей, имеющих вдвое меньшую длину.

Решение узлов в многоугольных фермах традиционно (рис.5.4.2).

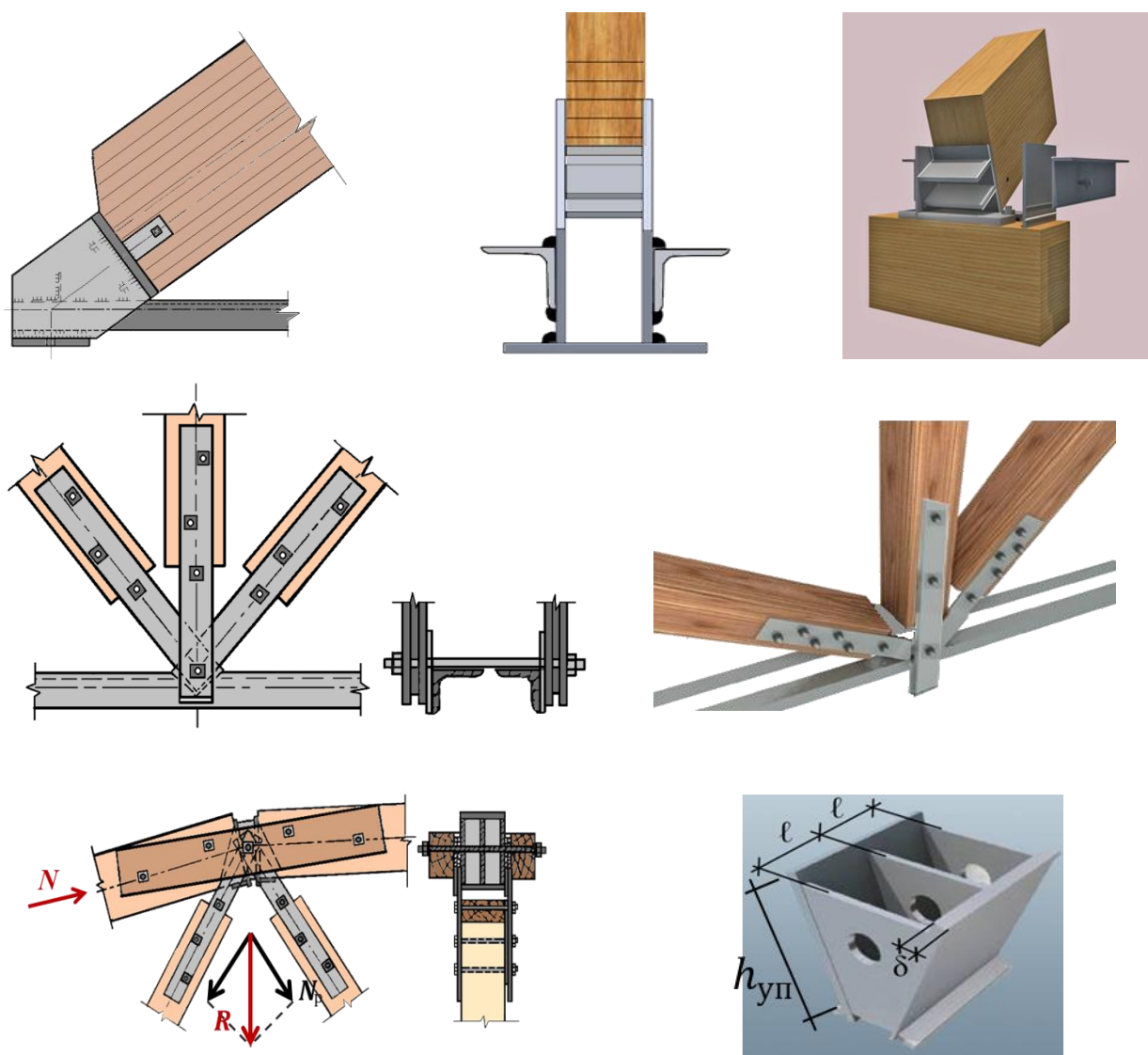


Рис. 5.4.2. Узлы многоугольной брусчатой фермы системы ЦНИИСК

Раскосы и стойки решетки имеют по концам металлические пластинки - наконечники, прикрепленные болтами к деревянному элементу и выполненные из полосовой стали, за исключением верхнего наконечника стойки, который делают из уголка. Применение здесь уголка необходимо потому, что в отличие от средней пластинки-наконечника стойки, которая зажата между пластинками раскосов в нижнем узле (что обеспечивает ей дополнительную устойчивость из плоскости), в верхнем узле пластинка - наконечник стойки была бы свободна в отношении продольного изгиба из плоскости и потому должна быть заменена наконечником из жесткого профиля. В целях унификации пластинки-наконечники для всех раскосов и

низа стойки имеют одну и ту же длину и одинаковую разбивку отверстий для болтов. Наконечники уголки для верха стойки также все одинаковы.

В узлы верхнего пояса, там, где находится его стык, закладывают металлические вкладыши. В центре проходит узловой болт, на который при сборке надевают пластинки-наконечники.

Узловой вкладыш имеет клиновидную форму в соответствии с переломом верхнего пояса в месте узла. Стойки к верхнему поясу (стойки сжаты) присоединяют также с помощью пластинок, но так как пояс в этом месте не имеет стыка, то узловые пластинки-наконечники надевают на болт, вставляемый в проушины пластинок, которая передает усилия от стойки на верхний пояс (рис. 5.4.2). Пластинку-наконечник заранее скрепляют с брусом верхнего пояса расчетным количеством гвоздей или болтов. Стыки верхнего пояса перекрывают жесткими деревянными накладками на болтах.

Конструкция узлов нижнего пояса несколько отличается от таковой в сегментных фермах. Учитывая, что здесь длина элементов решетки и расчетные усилия в них меньше, можно допустить внецентренное (с небольшим эксцентриситетом) прикрепление элементов решетки в узлах к нижнему поясу, как это показано на рисунке 5.4.2, что упрощает решение узла. Стык нижнего пояса выполняют в любом удобном месте. Он перекрывается или уголками, или пластинками из полосовой стали. Опорный узел может быть решен так же, как в сегментных фермах.

Расчет фермы.

Нормальные усилия в элементах многоугольных ферм определяют обычным образом. Многоугольные фермы близки по очертанию сегментным, и расчетные усилия в раскосах и стойках получаются небольшими при загрузке снеговой нагрузкой всего пролета.

Верхний пояс в многоугольных фермах выполняют из брусев, длина которых вдвое превышает длину панели. Таким образом, брус верхнего пояса представляет собой двухпролетную балку со средней опорой на стойке решетки. Если нагрузка приложена не только в узлах, но и между ними

(обычный случай), то на средней опоре возникает изгибающий момент, значение которого зависит от просадки опоры, т.е. от просадки бруса верхнего пояса на стойке. Значение этой просадки в общем случае не известно - оно зависит от точности сборки фермы, качества древесины и пр. Поэтому в расчете рассматривают два крайних случая: 1) средняя опора не имеет просадки, и брус верхнего пояса представляет собой двухпролетную неразрезную балку (рис. 5.4.3); 2) средняя опора имеет такую просадку, что изгибающий момент на средней опоре равен нулю, и брус верхнего пояса представляет собой, следовательно, разрезную балку с пролетом, равным длине панели.

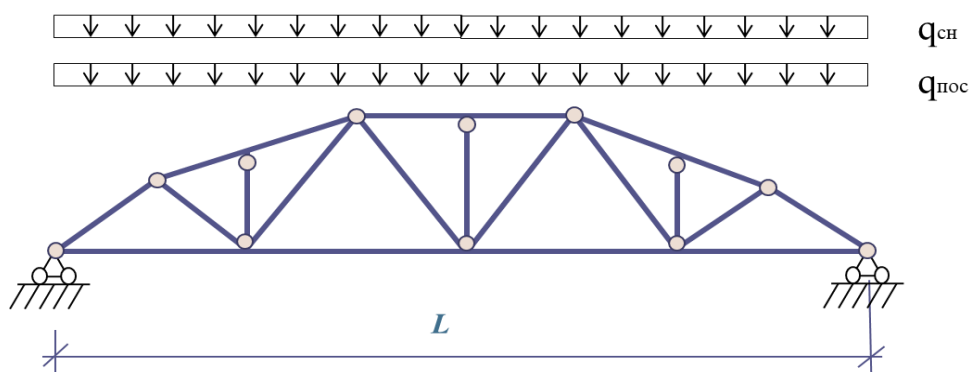


Рис 5.4.3. Расчетная схема

Для уменьшения расчетных изгибающих моментов от межузловой нагрузки в верхнем поясе искусственно создают изгибающий момент обратного знака, для чего в промежуточных узлах верхнего пояса фермы применяют внецентренное стыкование брусьев, осуществляя упор только нижних частей поперечного сечения брусьев. Тот же прием применяют и в опорных узлах. С учетом сказанного верхний пояс, являющийся в любом варианте сжато-изгибаемым стержнем, рассчитывают следующим образом.

Расчет рядовой панели верхнего пояса ведут как двухпролетной неразрезной балки. Момент на средней опоре при равномерно распределенной нагрузке:

$$M_q = \frac{q l^2}{8}$$

Нормальная сила N приложена на крайней опоре с эксцентриситетом e , тогда:

$$M_N = N \cdot e$$

Момент на средней опоре:

$$M_N = 0,5N \cdot e$$

так как эпюра моментов проходит через фокусную точку, находящуюся на расстоянии $1/3l$ от средней опоры.

Расчетный момент на средней опоре (рис. 5.4.3):

$$M = M_q - M_N = -\frac{q l^2}{8} + 0,5N \cdot e$$

Внецентренное приложение силы N уменьшило расчетный момент. Положительный момент в половине длины панели:

$$M_q = \frac{q l^2}{16} - \frac{N \cdot e}{4}$$

Расчетным моментом обычно является момент на средней опоре. Проверка сечения на сжатие с изгибом:

$$\frac{N}{F_p} + \frac{M_d}{W_p} \leq R_c$$

где $M_d = M/\xi$.

Коэффициент ξ определяют при гибкости верхнего пояса, подсчитанной по полной длине панели, что идет в запас прочности, так как при неразрезном верхнем поясе возможно определение гибкости по длине между нулевыми точками эпюры моментов.

Рядовую панель верхнего пояса рассчитывают как разрезную балку с пролетом, равным длине панели. Момент посередине длины панели от поперечной нагрузки при равномерно распределенной нагрузке:

$$M_q = \frac{q l^2}{8}$$

где l - проекция длины панели.

Момент от эксцентричного приложения нормальной силы:

$$M_N = N \cdot e$$

Расчетный момент:

$$M = M_q - M_N = \frac{q l^2}{8} - N \cdot e$$

Проверку сечения производят на сжатие с изгибом:

$$\frac{N}{F_p} + \frac{M_D}{W_p} \leq R_c^p$$

Раскосы прикрепляют с небольшим эксцентриситетом, равным расстоянию от центра узлового болта до оси уголка пояса (рис. 5.4.2). Изгибающий момент в нижнем поясе при этом равен произведению разности усилий в соседних панелях нижнего пояса на значение эксцентриситета. Разность усилий определяют при временной нагрузке (снеговой) на всем пролете, на левой и правой половинах фермы. Для всех трех случаев подсчитывают изгибающий момент и растягивающее усилие и проверяют напряжение в нижнем поясе по формуле сложного сопротивления как для растянуто-изгибаемого стального стержня, рассчитываемого согласно СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции». Сжатые элементы решетки проверяют на продольный изгиб, а растянутые - на растяжение по площади нетто с учетом ослаблений.

5.5 Фермы сегментного очертания с клееным верхним поясом.

Верхний пояс клееных сегментных ферм очерчен по дуге и разбит на панели крупных размеров. В современном строительстве применяют главным образом металлодеревянные сегментные фермы с клееным верхним поясом и с прямолинейным нижним поясом из профильной или круглой стали (рис. 5.5.1). Пролеты клееных ферм рекомендуется принимать до 36 м.

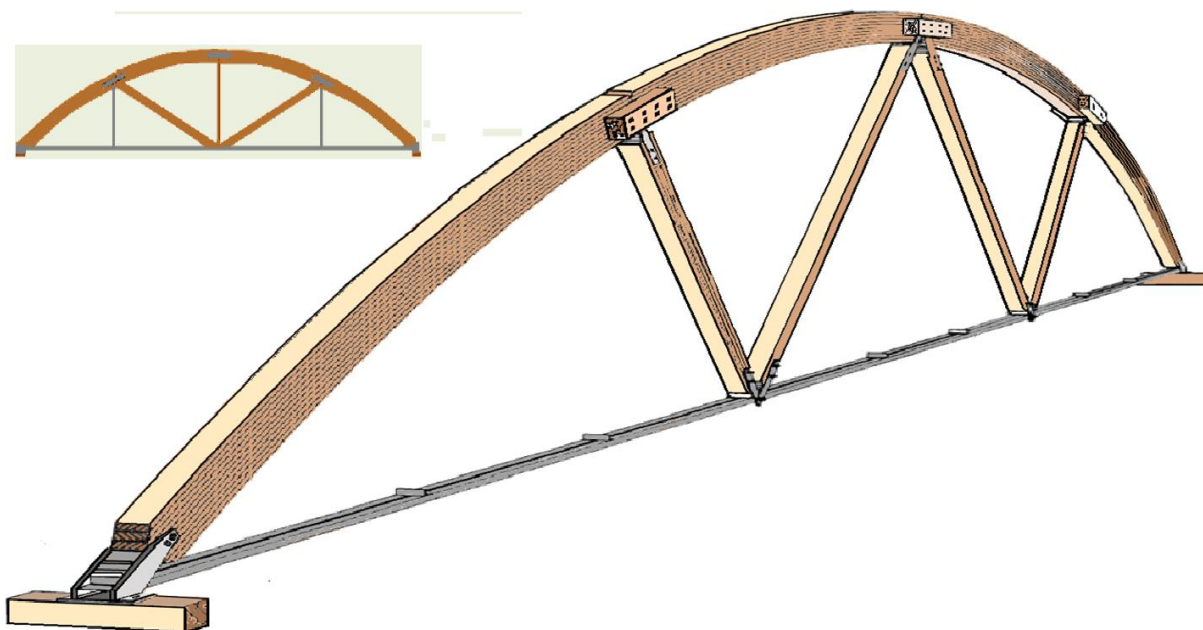


Рис. 5.5.1. Фермы сегментного очертания с клееным верхним поясом

Сегментные фермы можно изготовлять и значительно больших пролетов, а при обеспечении надлежащего контроля за качеством нижние пояса выполнять клееными деревянными. Отношение высоты ферм к пролету рекомендуется принимать не менее $1/6$ в случае прямолинейного клееного и не менее $1/7$ в случае металлического нижнего пояса.

Верхний пояс сегментных ферм можно изготовлять неразрезным на весь пролет, однако в некоторых случаях это невозможно осуществить по условиям транспортирования или заводской технологии. Тогда верхний пояс может быть изготовлен неразрезным на его половину или состоящим из отдельных блоков, соединяемых в узлах. Стыки гнутоклееных блоков выполняют непосредственным упором торцов или через сварные вкладыши в узлах, закрепленных от выхода из плоскости фермы.

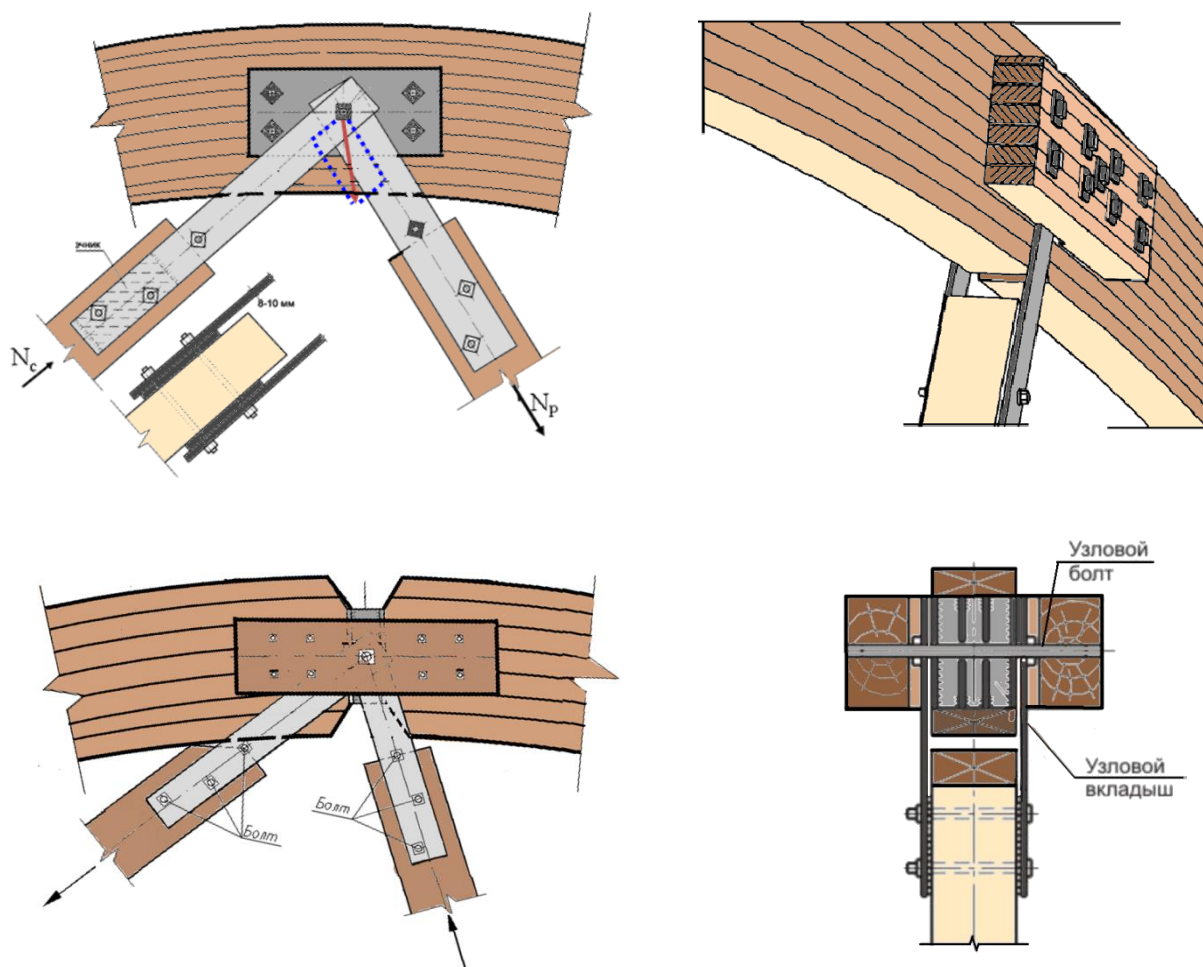
Верхний пояс представляет собой пакет, склеенный из досок плашмя, имеющий прямоугольное сечение шириной b и высотой h . Поясам сегментных ферм следует придавать строительный подъем $1/200$ пролета.

Элементы решетки сегментных ферм изготовляют либо из брусьев, либо из клееной древесины. В сквозных конструкциях наибольшие трудности вызывает решение узлов. Чем меньше элементов сходится в узле и чем

меньше усилия в этих элементах, тем проще конструкция узлов. В этом отношении сегментные фермы являются выгодной конструкцией, так как в ней применяется треугольная решетка и в узлах сходится не более двух элементов, которые центрируют в этих узлах. Очертание верхнего пояса близко к кривой давления от нагрузки, равномерно распределенной по всему пролету, и усилия в решетке сравнительно малы. Число панелей верхнего и нижнего пояса, а следовательно, и число раскосов зависит от размера пролета. Следует стремиться использовать минимальное число панелей и принимать длину панелей верхнего пояса не менее 6 м. В таблице 5.1 на схемах 1-4 показаны сегментные фермы для пролетов 12 - 36 м.

Фермы пролетом до 24 м включительно желательно полностью изготавливать на заводе и доставлять на место установки в готовом виде.

Конструкция узлов верхнего пояса различна при разрезном и неразрезном поясе (рис. 5.5.2).



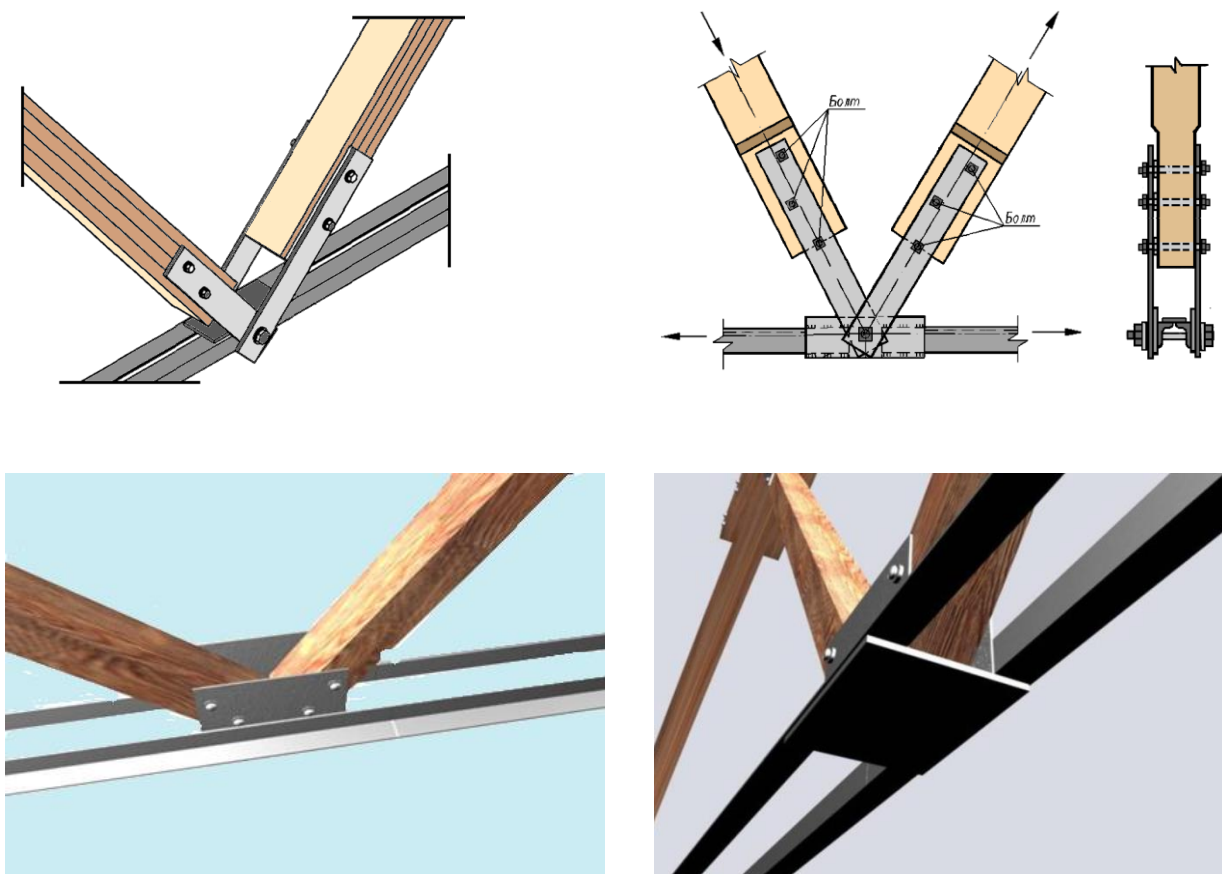


Рис. 5.5.2. Конструкции узлов клееных сегментных ферм с разрезным и неразрезным верхним поясом

В обоих случаях к концам раскосов прикрепляют на болтах металлические пластинки-наконечники, имеющие в свободном конце отверстие для узлового болта.

При разрезном верхнем поясе в его стыке помещают металлический вкладыш (рис. 5.5.2), зажатый между сходящимися в узле торцами элементов верхнего пояса. Узловой болт расположен в центре вкладыша. Усилия от раскосов через пластинки-наконечники воспринимаются узловым болтом, который передает их равнодействующую на металлический вкладыш, а последний - на верхний пояс. Стык верхнего пояса перекрывается деревянными накладками на болтах. Работа узлового болта в металле с последующим распределением усилия по большой поверхности соприкосновения вкладыша с торцами верхнего пояса, отсутствие скалывания, шарнирность в присоединении элементов решетки и простота сборки - положительные особенности данного решения узла. Передача усилия в

стыках и узлах вдоль волокон древесины уменьшает вредное влияние усушки на деформацию ферм.

Узел разрезного верхнего пояса может не иметь металлического вкладыша. В этом случае торцы панелей верхнего пояса упираются один в другой. Стык перекрывается парными деревянными накладками на болтах. Между панелями верхнего пояса и парными накладками в специально выбранных в накладках пазах помещают наконечники раскосов, выполненные из полосовой стали. Наконечники крепят к верхнему поясу и к парным накладкам узловым болтом, который в расчете обычно рассматривают как трехсрезный болт.

В случае сегментных ферм с неразрезным верхним поясом рекомендуется нижний пояс разбивать на панели одинаковой длины. Верхний пояс таких ферм следует разбивать так, чтобы первые от узла панели не превышали 0,7 длины остальных панелей одинаковой длины.

При неразрезном верхнем поясе конструкция его узлов несколько меняется, хотя основной принцип решения остается неизменным (рис. 5.5.2). Узловой болт проходит через отверстие в металлических пластинках - накладках, прикрепленных к верхнему поясу с обеих сторон в месте узла с помощью стальных нагелей.

Элементы решетки к верхнему поясу обычно прикрепляют с помощью стальных пластинок-наконечников. Последние соединяются с элементами решетки глухими стальными нагелями. В этом случае отверстия в металлических пластинках - наконечниках могут быть просверлены заранее. При использовании сквозных нагелей отверстия для них надо одновременно сверлить в металлических пластинках-наконечниках и в деревянном верхнем поясе, что вызывает известные затруднения. При раздельном сверлении отверстия в металле и дереве могут не совпадать. Раскосы неразрезного верхнего пояса имеют такую же конструкцию, как и разрезного.

Как и при разрезном верхнем поясе, равнодействующая усилий сходящихся в данном узле раскосов передается металлическими

пластинками-наконечниками на узловой болт, от него на узловые металлические накладки, а от них рассредоточено металлическими нагелями на верхний пояс. Нагели эти работают под углом к волокнам верхнего пояса, что должно учитываться в расчете.

Некоторые возможные варианты конструктивного решения промежуточных узлов нижнего пояса приведены на рисунке 5.5.2. В первом варианте промежуточного узла нижнего пояса к профильным элементам пояса приварены вертикальные фасонки из полосовой стали. Раскосы размещают между фасонками и прикрепляют к ним монтажными болтами или глухими нагелями. Все элементы ферм в узле центрируют.

Во втором варианте промежуточного узла нижнего пояса сверху к профильным элементам пояса приваривают узловую шпильку с резьбой по обоим концам для крепления пластинок-наконечников раскосов.

Из рассмотренных вариантов промежуточных узлов нижнего пояса предпочтителен вариант с применением узловой шпильки, в котором наилучшим образом создается шарнирность в узле, а также удобство сборки.

Опорные узлы сегментных клееных ферм имеют следующие варианты:

1-й торец клееного верхнего пояса упирается в упорный элемент (упорная пластинка из листовой стали, усиленная ребрами жесткости или швеллер) сварного башмака (рис. 5.5.3).

2-ой - боковые фасонки сварного башмака передают усилия на опорную плиту. К боковым фасонкам приваривают снаружи или внутри башмака стальные элементы нижнего пояса. Верхний пояс соединяют со сварным башмаком болтом (глухарями), причем болт (глухари) пропускают либо через боковые фасонки, либо через приваренные к упорной плите специально предназначенные для этой цели накладки из листовой стали;

3-й - нижний конец клееного верхнего пояса обрезают так, чтобы создать горизонтальную плоскость для опирания фермы и вертикальную плоскость для упора в сварной элемент, состоящий из упорного элемента и

боковых фасонки. Боковые фасонки глухарями крепят к верхнему поясу. К ним, в свою очередь, приваривают стальные элементы нижнего пояса.

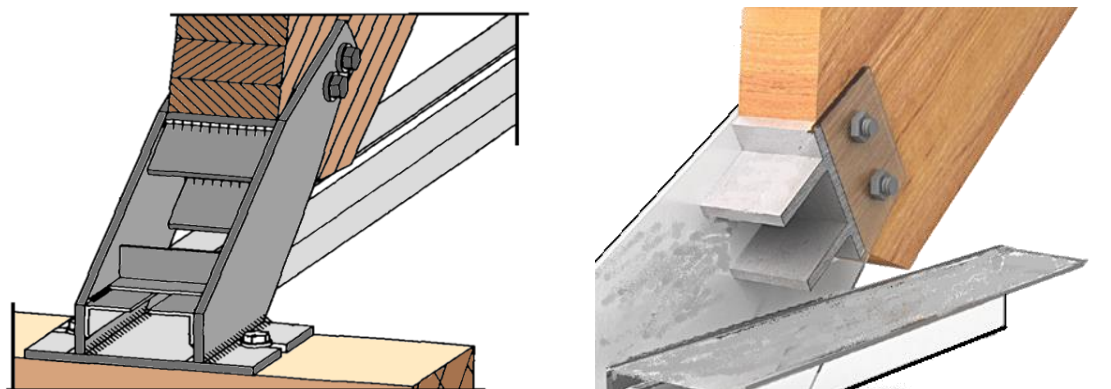


Рис. 5.5.3. Конструкция опорного узла сегментных фермы

В опорных узлах обоих вариантов, где сходятся элементы, имеющие большие усилия, должно быть осуществлено строгое центрирование всех элементов. Центром узла является точка пересечения усилий в верхнем и нижнем поясах и опорной реакции.

Сбор нагрузок на конструкцию включает постоянную и временную - снеговую - нагрузки. При этом схемы и значения снеговых нагрузок определяются сегментным очертанием конструкции (рис. 5.5.4).

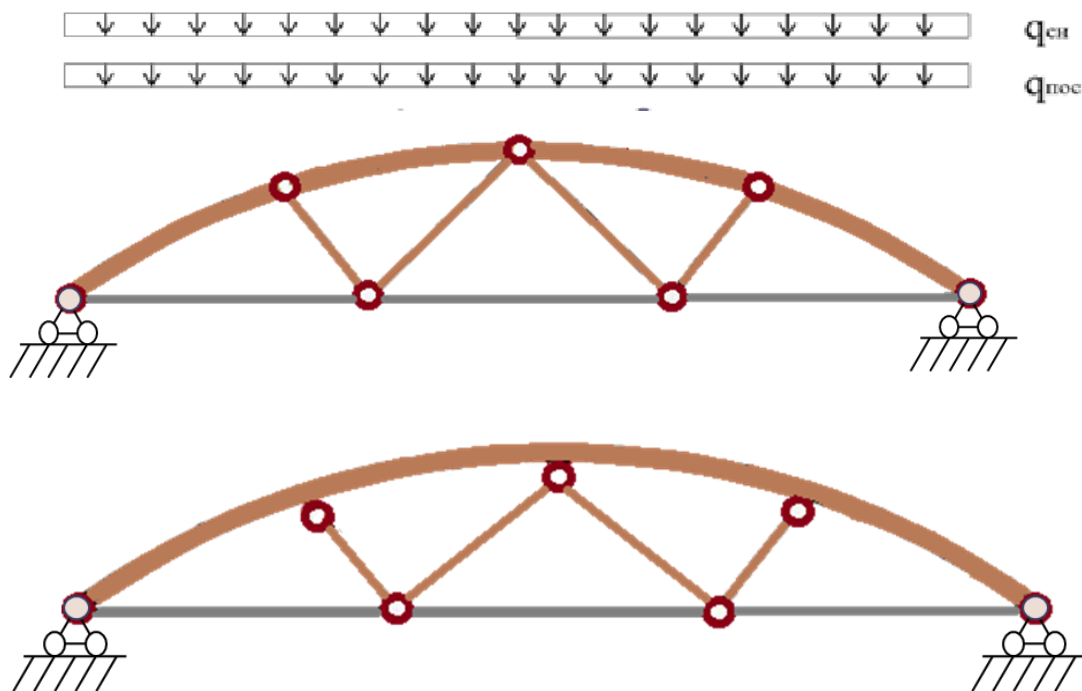


Рис. 5.5.4. Расчетные схемы ферм сегментного очертания с разрезным и неразрезным верхним поясом

Расчет клееных сегментных ферм начинают с определения продольных усилий в элементах ферм от узловой расчетной нагрузки. Криволинейный верхний пояс заменяют при этом прямолинейным - узлы верхнего пояса соединяют прямыми линиями-хордами, исходя при этом из предположения шарнирности узлов. Комбинированием полученных усилий определяют максимальные расчетные продольные усилия.

Вследствие криволинейности верхнего пояса и расположения нагрузки между узлами он работает как сжато-изгибаемый стержень. Принятое сечение проверяют по формуле:

$$\frac{N}{F_p} + \frac{M_D}{W_p} \leq R_c^p$$

где $M_D = \frac{M}{\xi}$.

Расчетный момент M в панели верхнего пояса вычисляют как сумму моментов от поперечной нагрузки M_0 и момента M_N от продольной силы N , возникающего за счет выгиба панели:

$$M = M_0 \pm M_N$$

В фермах с неразрезным верхним поясом моменты в нем от действия поперечной нагрузки M_0 определяют как для многопролетной неразрезной балки с равными или неравными пролетами. Моменты M_0 можно находить с использованием соответствующих справочников или решением уравнений трех моментов. Моменты M_N от продольных сил, возникающие вследствие выгиба панелей верхнего пояса, определяют исходя из предположения, что каждая панель представляет собой однопролетную балку, причем крайние панели, расположенные у опор фермы, рассматривают как однопролетные балки, шарнирно опертые с одного конца и с жестко закрепленным другим концом, а средние панели - как однопролетные балки с жестко закрепленными концами (рис. 5.5.5).

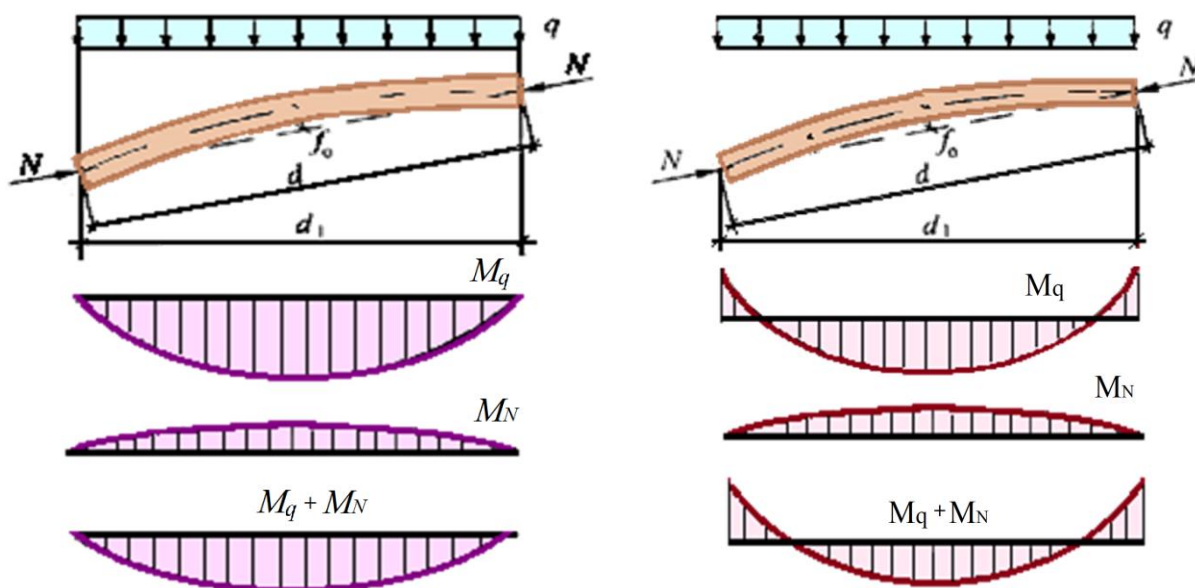


Рис. 5.5.5. Расчетная схема рядовой панели верхнего пояса сегментной фермы с разрезным и неразрезным верхним поясом

Металлический нижний пояс проверяют на растяжение по площади нетто, т.е. с учетом ослаблений от отверстий для узловых болтов.

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \leq 1$$

В случае эксцентричного крепления решетки в узлах нижнего пояса необходимо в расчетах учесть влияние возникающего при этом дополнительного изгибающего момента в нижнем поясе. Сжатые раскосы рассчитывают на продольный изгиб с расчетной длиной, равной длине раскоса между центрами узлов фермы; растянутые - на растяжение с учетом имеющихся ослаблений.

Металлические пластинки-наконечники рассчитывают на продольный изгиб. Их расчетную длину принимают равной расстоянию от узлового болта до ближайшего болта в пластинке. Для уменьшения продольного изгиба пластинок-наконечников их стягивают дополнительным болтом, который ставят у торца деревянной части раскоса со стороны пояса.

Узловой болт, на который надевают пластинки-наконечники раскосов, рассчитывают на восприятие равнодействующей усилий сходящихся в узле

раскосов. Проверке подлежит прочность болта на изгиб, срез, сжатие и смятие древесины в нагельном гнезде.

После выбора сечения элементов необходимо рассчитать узлы представленные выше.

5.6 Линзообразные фермы.

Особенности проектирования линзообразных ферм на клеенных связях.

Линзообразные фермы выполняют из ДК с криволинейным поясом. Фермы могут быть деревянными и металлодеревянными. Высота фермы в середине пролета: $(1/9) L < H < (1/6) Z$. Рекомендуемые пролеты таких ферм составляют от 18 до 100 м.

Сборные линзообразные фермы могут состоять из нескольких отпавочных марок. Расположение укрупнительных узлов следует определять транспортными и технологическими требованиями. В нижнем поясе следует располагать минимально возможное количество стыков (рис. 5.6.1).



Рис. 5.6.1. Линзообразная ферма

Фермы могут иметь жесткие узлы сопряжения как в опорных узлах, так и при необходимости, по длине поясов.

Элементы решетки следует располагать под углом от 30° до 60° к вертикали. Крепление решетки к поясам следует осуществлять при помощи нагелей или на клеенных стержнях.

Опорные узлы линзообразных ферм являются наиболее нагруженными и ответственными. При жестком сопряжении поясов их следует проектировать

на наклонно вклеенных стержнях (рис. 5.6.2). Необходимое число вклеенных стержней определяют расчетным путем.

Расчет фермы необходимо осуществлять с учетом следующих особенностей:

а) усилия в поясах следует определять из условия их неразрезности; следует учитывать изгибающие моменты, возникающие в опорных узлах, выполненных на наклонно вклеенных связях;

б) усилия в решетке допускается определять из условия шарнирных узлов сопряжения ее элементов с поясами.

Опорные узлы линзообразных ферм являются наиболее нагруженными и ответственными. При жестком сопряжении поясов их следует проектировать на наклонно вклеенных стержнях.

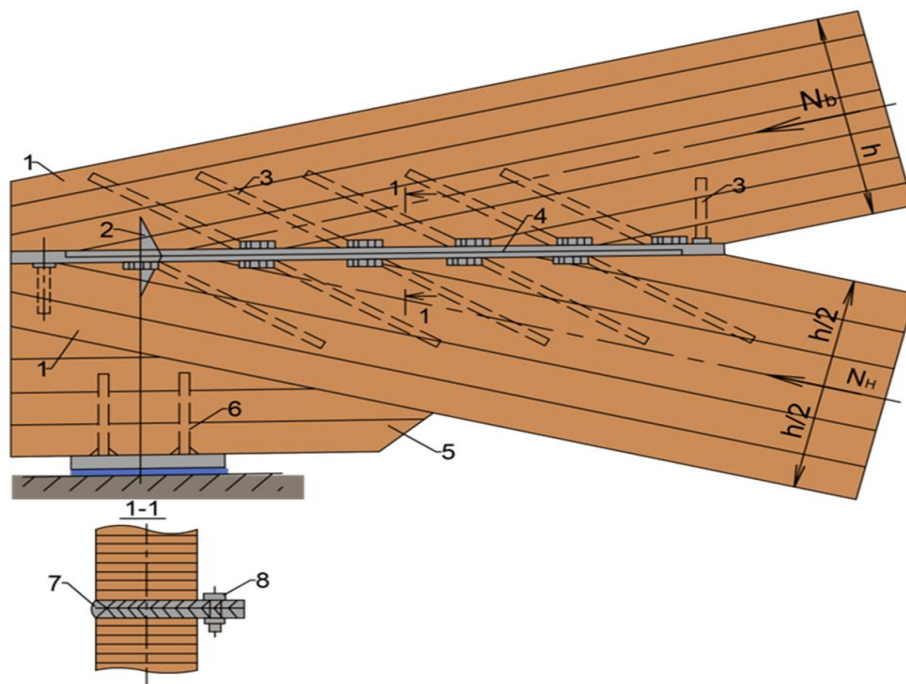


Рис. 5.6.2. Схема опорного узла линзообразной фермы

Число вклеенных стержней n_c определяют по формуле:

$$n_c = \frac{N_c}{T k_{cp} \cos \alpha}$$

где N_c - усилие сдвига по плоскости сплачивания верхнего и нижнего поясов;

T - несущая способность вклеенного стержня; α - угол наклона стержней к

плоскости сплачивания, назначаемый в пределах от 30^0 до 50^0 ; $k_{c.p}$ - коэффициент совместимости работы вклеенных связей.

Несущая способность вклеенного стержня:

$$T = R^A \pi d_1 l_p k_c k_{\Pi} m_d m_{дл} \Pi_{mi}$$

где R^A - расчетное сопротивление древесины выдергиванию или продавливанию вклеенного стержня, МПа, принимаемое равным 6,8 МПа; d_1 - диаметр отверстия, м; l_p - расчетная длина стержня, м

$$l_p = l - l_o \leq 30d$$

где l - длина заделываемой части, м; $l_o=3d$ - глубина возможного снижения прочности клеевой прослойки при сварке; для стержней без сварки $l_o=0$; d - диаметр вклеиваемого стержня, м; k_c - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения напряжений сдвига в зависимости от длины заделываемой части стержня, который следует определять по формуле:

$$k_c = 1,2 - 0,02 \frac{l_p}{d}$$

k_{Π} - коэффициент, зависящий от знака нормальных напряжений вдоль волокон в зоне установки стержней; m_d - коэффициент, учитывающий зависимость расчетного сопротивления от диаметра стержня $m_d=(1.12-0.1)d$.

При равномерной расстановке связей $k_{c.p}$ равен 0,8, при расстановке не менее 30 % крайних к опоре связей в виде 2 вклеенных стержней по ширине сечения $k_{c.p}$ равен 0,85.

Площадку сплачивания верхнего и нижнего поясов следует проверять на смятие под углом γ к волокнам по формуле:

$$\frac{(N \sin \beta + Q \cos \beta)}{bl_c} + \frac{N_c \operatorname{tg} \alpha}{n_c b S_1 k_{c.p.}} \leq R_{см,\gamma}^p$$

где N и Q - продольная и поперечная силы в верхнем поясе в зоне сплачивания; β - угол наклона оси верхнего пояса в зоне сплачивания к плоскости сплачивания; b - ширина сечения фермы; S_1 - шаг вклеенных

связей; $R_{см,\gamma}^p$ - расчетное сопротивление древесины смятию под углом γ к волокнам, определяемое по формуле:

$$R_{см,\gamma}^A = \frac{R_{см}^A}{1 + \left(\frac{R_{см}^A}{R_{см90}^A} - 1 \right) \sin^3 \gamma}$$

где γ – больший из углов наклона плоскости сплачивания к волокнам верхнего и нижнего поясов.

Если условие не выполнено, следует увеличить шаг связей или усилить древесину стержнями, вклеенными перпендикулярно плоскости сплачивания.

Шаг вклеенных стержней усиления, S_{1y} следует определять по формуле:

$$S_{1y} = \frac{T}{b(\Pi_{см,\gamma} - R_{см,\gamma})}$$

где T - несущая способность вклеенного стержня усиления (см. выше).

Сборные фермы могут состоять из нескольких отправочных марок. Расположение укрупнительных узлов следует определять транспортными и технологическими требованиями. В нижнем поясе следует располагать минимально возможное количество стыков.

Стыки верхнего пояса следует конструировать с передачей осевых усилий на торцы элементов посредством полимербетона, обеспечивающего равномерное распределение напряжений по высоте поперечного сечения.

5.7 Дощатые фермы и рамы с соединениями на металлических зубчатых пластинах.

В современном строительстве находят применение дощатые фермы различного очертания (треугольные, многоугольные, односкатные и т.д.) и рамы с соединениями на металлических зубчатых пластинах (МЗП), зубцы которых работают как нагели. Пояса и решетки как ферм, так и рам изготавливают из досок (древесина сосны или ели 1-го и 2-го сортов по ГОСТ 24454) длиной от 2-6,5 м и шириной от 100-200 мм. Пролеты ферм составляют до 18 м. Узловые соединения ферм осуществляют на пластинках с выштампованными зубьями, которые при заводском изготовлении ферм

впрессовывают с двух сторон узла одновременно во все сходящиеся в нем деревянные элементы одинаковой толщины.

В зависимости от усилий сечения деревянных элементов применяют пластины соответствующих типоразмеров. Сборку дощатых конструкций производят на автоматизированных установках. Дощатые фермы и рамы с металлическими зубчатыми пластинами устанавливают в покрытиях с малым шагом (до 1 м). Монтаж ферм рекомендуется осуществлять блочным способом.

К достоинствам дощатых ферм и рам с металлическими зубчатыми пластинками следует отнести: малую массу, низкую стоимость, простоту монтажа. Недостаток этих конструкций - малая огнестойкость.

Особенности проектирования дощатых ферм с соединениями в узлах на металлических зубчатых пластинах/

Расчетная схема дощатых ферм (рис. 5.7.1) с соединениями в узлах на МЗП предполагает шарнирное закрепление элементов решетки к неразрезным поясам. Стыкование досок поясов по длине - шарнирное, вне зоны узлов крепления решетки.

Высоту ферм рекомендуется принимать не менее $1/5$ пролета. При меньшей высоте ферм расчет необходимо выполнять с учетом линейной податливости стержней в узлах. При этом в расчете следует учитывать, что при усилиях, соответствующих расчетной несущей способности соединений, деформации стержней в узлах составляют 1,5 мм.

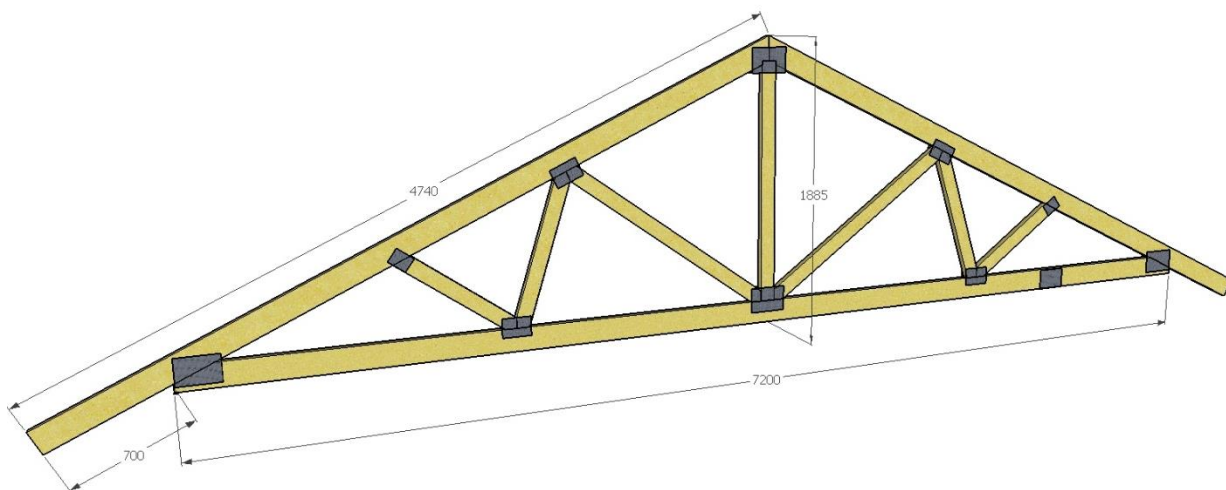


Рис. 5.7.1. Конструкция фермы треугольного очертания с узлами на МЗП

Пояса ферм рассчитывают как сжато-изгибаемые и растянуто-изгибаемые элементы. Элементы решетки допускается рассматривать как центрально-сжатые и центрально-растянутые. Ослабление сечения гнездами от зубьев МЗП не учитывают.

Расчетная несущая способность соединений на МЗП зависит от типа пластин с заданной геометрией зубьев.

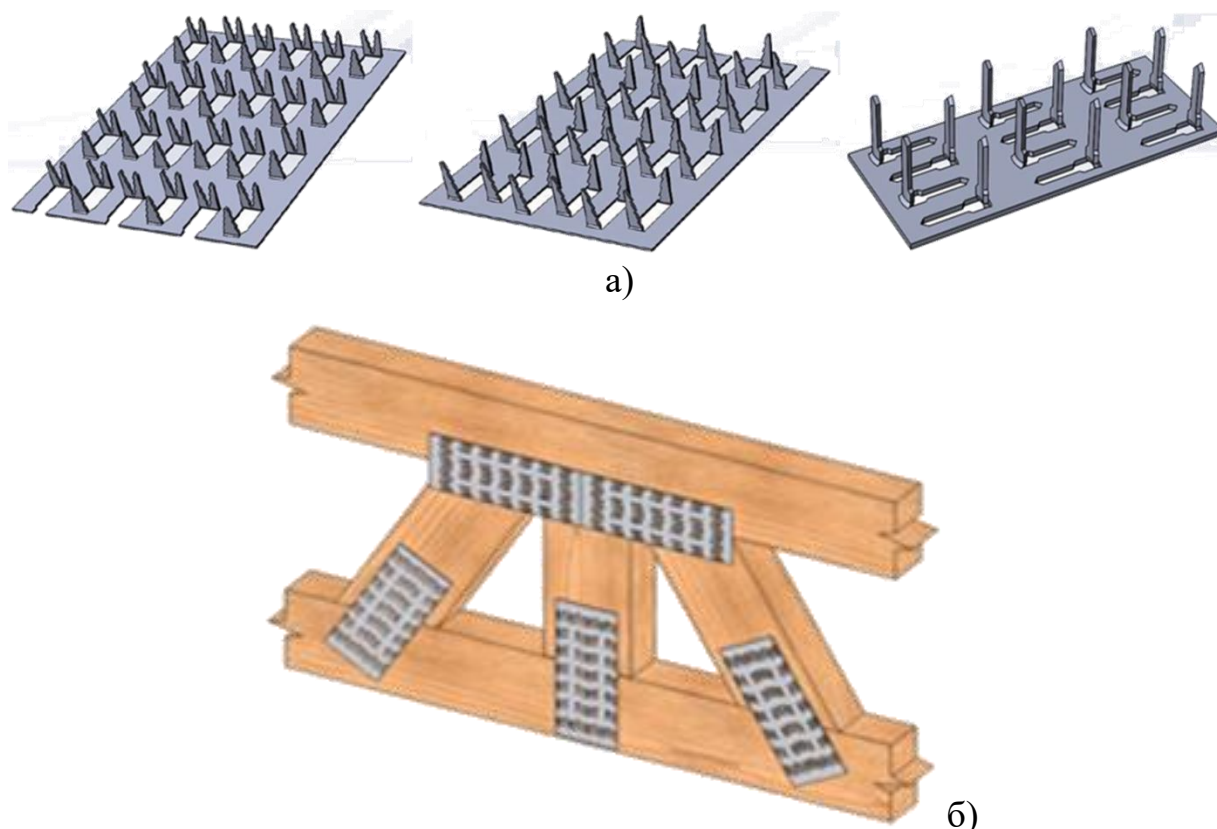


Рис. 5.7.2. Соединения на металлических зубчатых пластинах (МЗП): а - металлические зубчатые пластины (МЗП); б - узел дощатой фермы на МЗП

Высота зубьев рекомендуется не более 12-кратной толщины пластины. Толщина стальной пластины составляет от 1 до 2 мм. Расчетную несущую способность соединений R определяют по результатам испытаний образцов с конкретными типами МЗП на 1 см^2 поверхности пластины, в зависимости от угла наклона оси пластины к действующему усилию α и от угла наклона оси пластины к направлению волокон древесины β .

Вследствие различной перфорации пластин при выштамповке зубьев разной формы расчетные характеристики МЗП при растяжении R_p и срезе

R_{cp} при различном направлении усилия к оси пластин определяют по результатам испытаний образцов.

Условие прочности соединений:

$$N \leq R F$$

где N - нормальное усилие в стержне; R - расчетная несущая способность соединения на 1 см²; F - расчетная площадь поверхности МЗП с одной стороны стыка, определяемая за вычетом площадей участков пластин в виде полос шириной 10 мм, примыкающих к линиям сопряжения элементов фермы.

Условие прочности МЗП при растяжении:

$$N_p = 2R_p \cdot b$$

где R_p - расчетная несущая способность пластины на растяжение; b - размер пластины в направлении, перпендикулярном направлению усилия, без учета перфорации.

Условие прочности МЗП при срезе:

$$Q = 2R_{cp} \cdot l_{cp}$$

где Q - сдвигающее усилие в узле; R_{cp} - расчетная несущая способность пластины на срез; l_{cp} - длина среза сечения пластины без учета перфорации.

При совместном действии на пластину усилий среза и растяжения должно быть выполнено условие:

$$\left(\frac{N_p}{2bR_p} \right)^2 + \left(\frac{Q_{cp}}{2l_{cp}R_{cp}} \right)^2 \leq 1$$

5.7 Указания по проектированию деревянных ферм.

В СП 64.13330.2017 даны следующие указания по проектированию деревометаллических ферм.

Расчет ферм с разрезными и неразрезными поясами следует производить по деформированной схеме с учетом податливости узловых соединений. В фермах с неразрезными поясами осевые усилия в элементах и перемещения

допускается определять в предположении шарнирных узлов.

Фермы следует проектировать со строительным подъемом не менее $1/200$ пролета, осуществляемым в клееных конструкциях путем выгиба по верхнему и нижнему поясам.

Расчетную длину сжатых элементов ферм при их расчете на устойчивость в плоскости фермы следует принимать равной расстоянию между центрами узлов, а из плоскости - между точками их закрепления из плоскости.

Элементы решетки ферм следует центрировать в узлах. В случае нецентрированных узлов ферм следует учитывать возникающие в элементах изгибающие моменты. Стыки сжатых поясов ферм следует располагать в узлах или вблизи узлов, закрепленных от выхода из плоскости ферм.

Фермы могут быть сборными из древесины или металлодеревянными. В металлодеревянных фермах растянутый нижний пояс выполняют из стали. Детали решетки выполняют из стали или древесины.