

Лекция №10

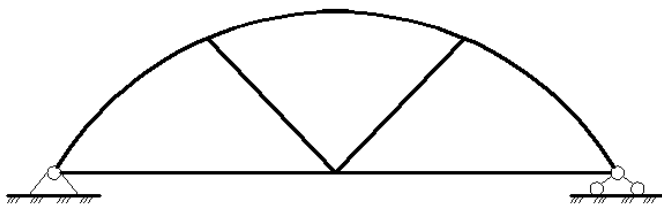
Плоские сквозные конструкции. Фермы - основные виды и расчет

Сквозными несущими деревянными конструкциями называются такие, в которых пояса соединены друг с другом не сплошной стенкой из досок или фанеры (как в плоских сплошных конструкциях), а решеткой, состоящей из отдельных стержней – раскосов и стоек.

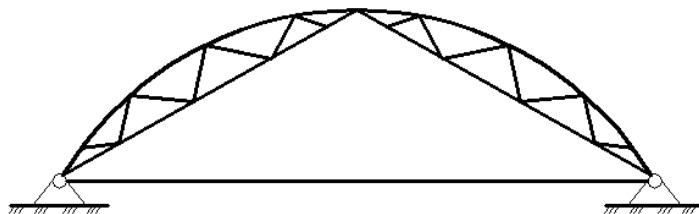
Применение решетки вместо сплошной стенки уменьшает расход материала на конструкцию, особенно при больших пролетах. В то же время сквозные конструкции имеют большое количество узлов в местах соединения решетки с поясами, что значительно усложняет изготовление таких конструкций. Поэтому выбор типа конструкций - сплошной или сквозной производится на основе технико-экономических данных с учетом назначения помещения.

Сквозные конструкции бывают:

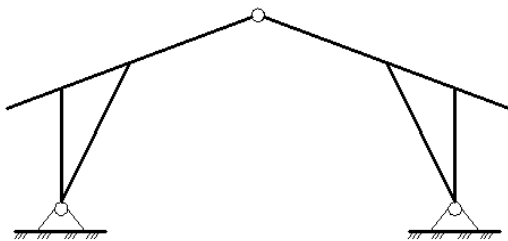
- 1) балочные (фермы);
- 2) распорные (арки и рамы);
- 3) решетчатые стойки.



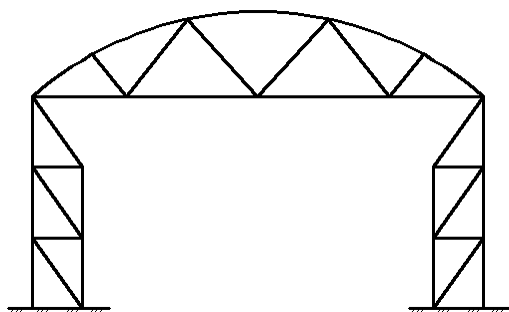
ферма



сквозная арка



рама с подкосами



решетчатая стойка

О сквозных распорных конструкциях и о решетчатых стойках говорилось в предыдущих лекциях. Сегодня мы займемся изучением основного вида сквозных конструкций - ферм. Фермы применяют, как правило, в статически определимых схемах в отношении как опорных закреплений, так и решения решетки.

В зависимости от конструктивных особенностей, связанных с методом изготовления, фермы подразделяют на фермы заводского (из клееных элементов) и построечного изготовления (из цельных элементов)

Наибольшее распространение в строительстве получили фермы заводского изготовления. К ним относятся металлодеревянные фермы, верхний пояс и сжатые стержни решетки которых выполнены из клееной древесины, а нижний пояс и растянутые стержни решетки - из стали.

Преимущества клееной древесины позволяют применять в случае необходимости, например, в условиях агрессивных сред, не только стальной, но и деревянный нижний пояс.

По очертанию фермы подразделяются на:

1. Треугольные;
2. Трапециевидные;
3. Многоугольные (чаще пятиугольные);
4. Сегментные.

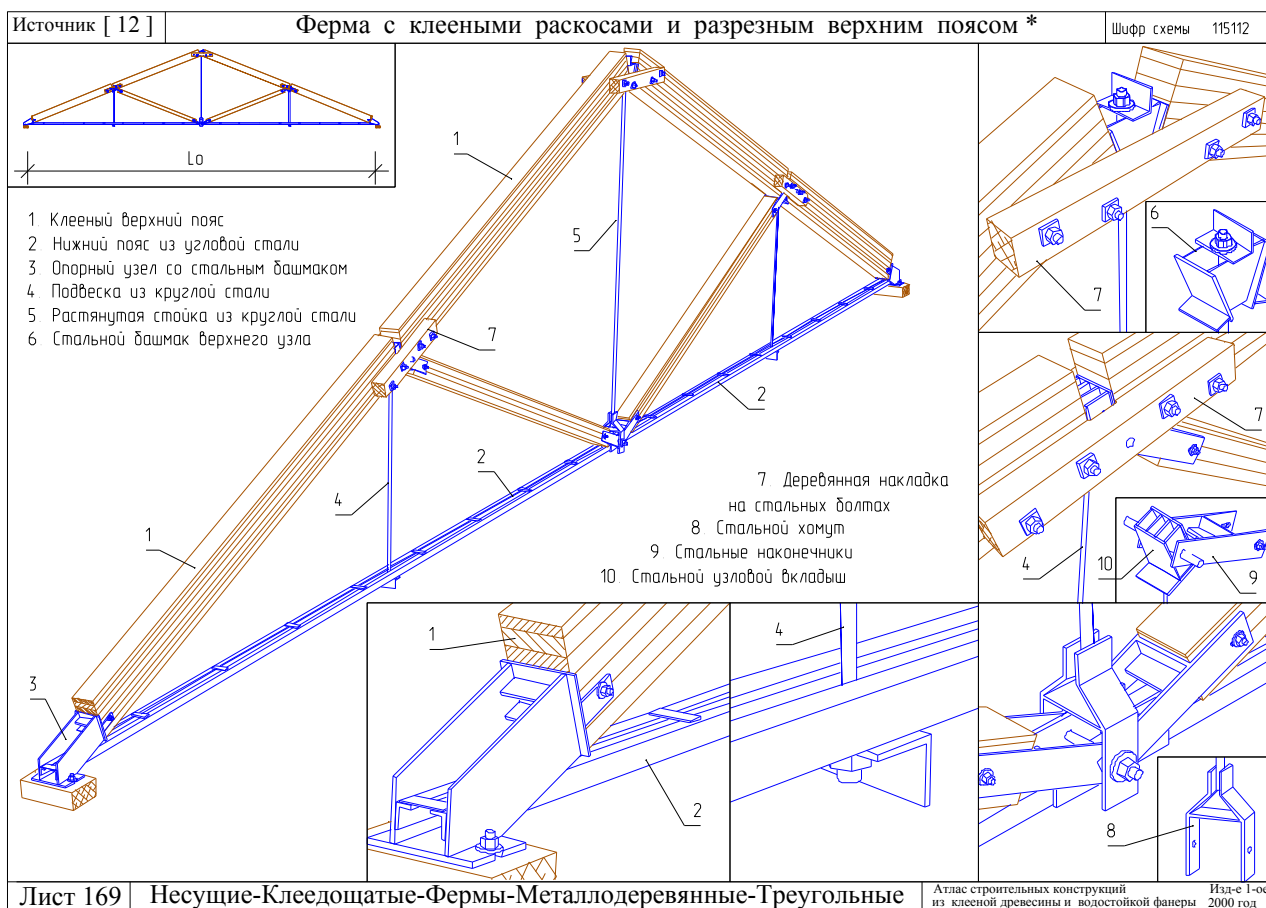


Рисунок 1 – Треугольная металлодеревянная ферма

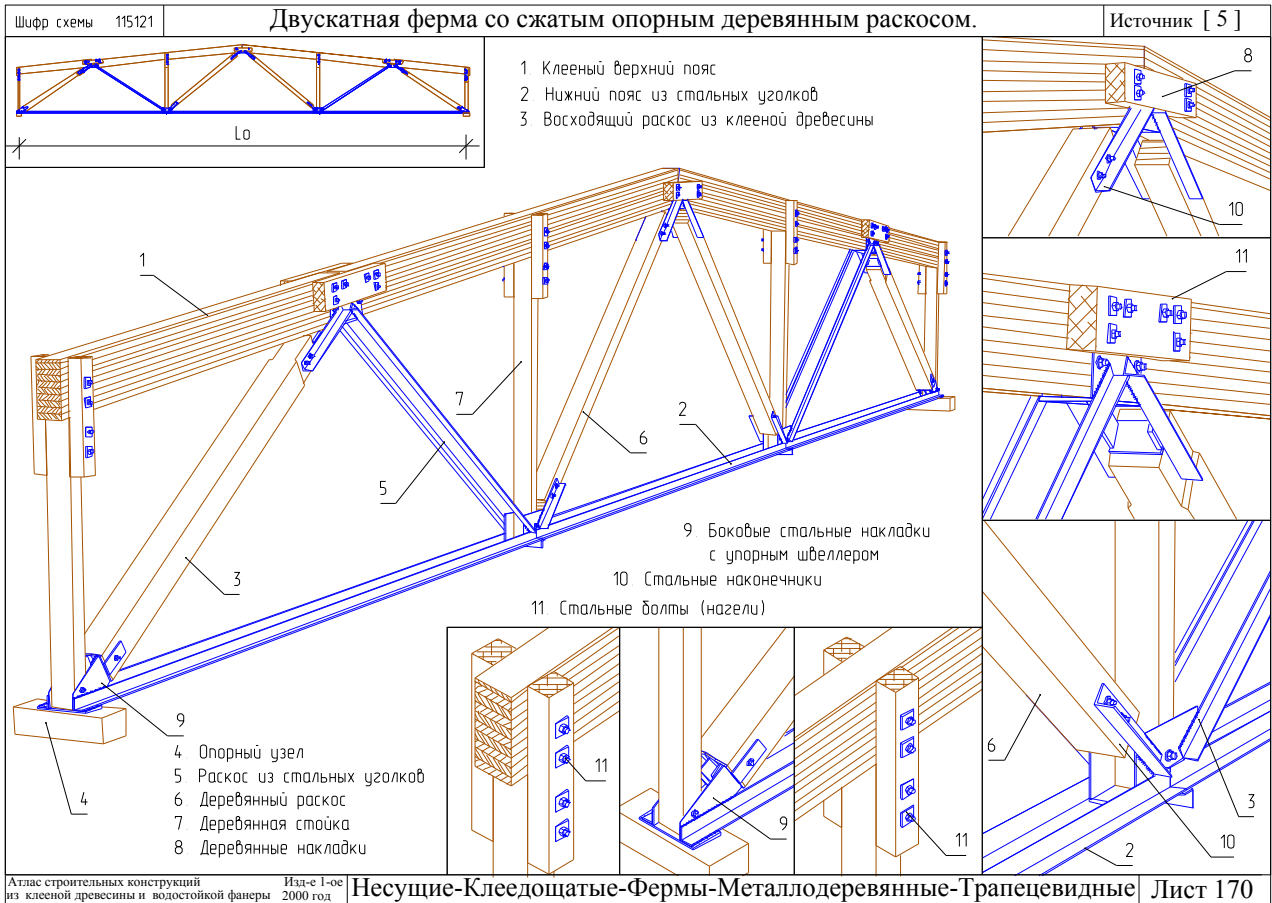


Рисунок 2 – Пятиугольная металлодеревянная ферма

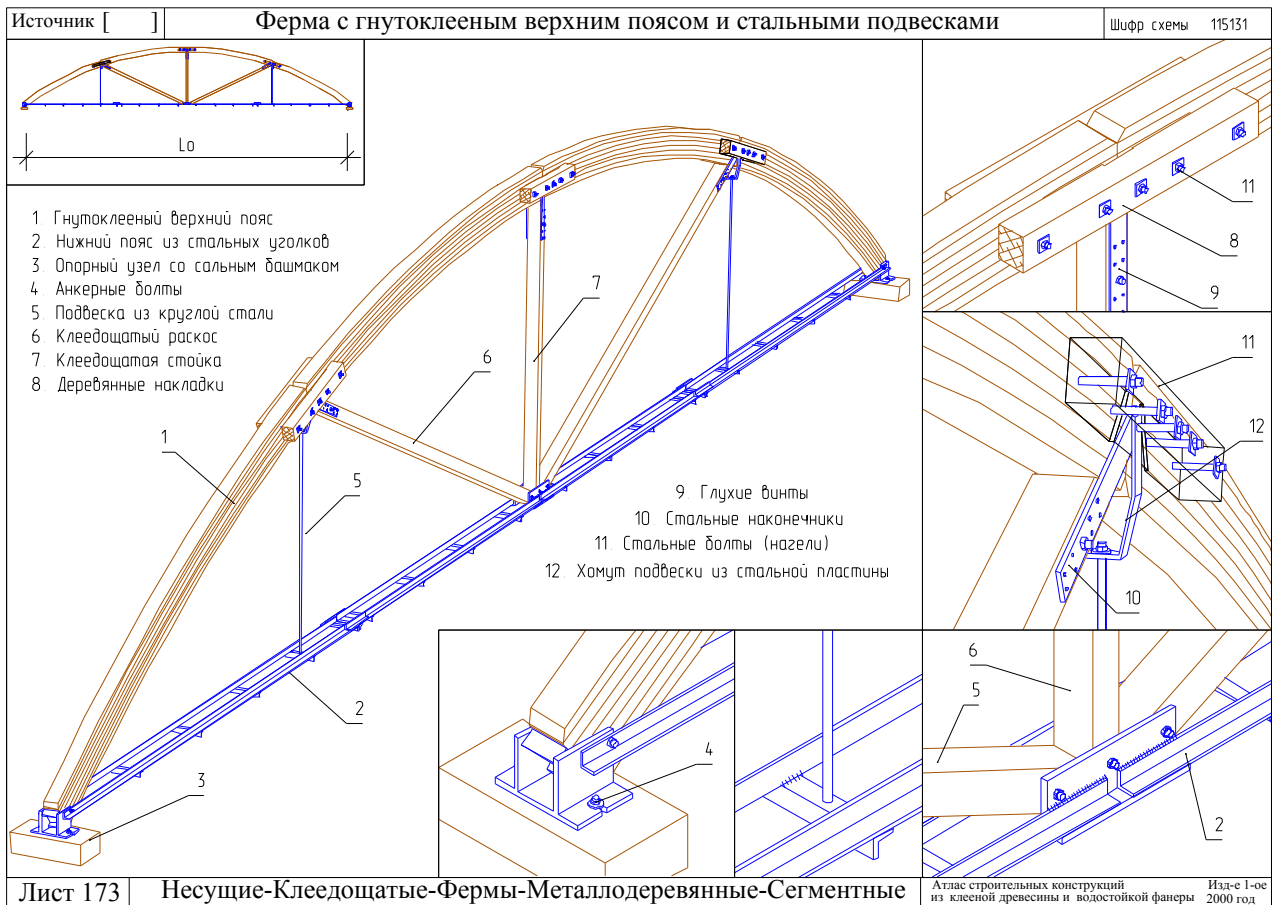


Рисунок 3 – Сегментная металлодеревянная ферма

С целью уменьшения величины изгибающего момента передача сжимающего усилия в узлах верхнего пояса из прямолинейных элементов осуществляется с эксцентриситетом, как в арках. Первую панель нижнего пояса, в котором отсутствуют усилия, может быть деревянной, а опорный нисходящий раскос, воспринимающий большое растягивающее усилие - стальным, как и среднюю панель нижнего пояса. Трапециевидная односкатная ферма имеет аналогичное конструктивное решение.

Могут применяться так же фермы с параллельными поясами.

Треугольные клееные фермы могут иметь верхний пояс из двух клееных панелей разной длины, более длинной и мощной является первая от опоры панель. Из клееной древесины выполняются также два раскоса. Нижний пояс и растянутый тяж принимаются стальными. Панели верхнего пояса в узлах стыкуют с эксцентриситетом.

Сегментные клееные фермы komponуются с таким расчетом, чтобы дуга верхнего пояса была из криволинейных элементов одинаковой длины. Все узлы, включая узлы верхнего пояса, центрируют по осям элементов. Верхний пояс такой фермы может быть разрезным или неразрезным. Благодаря криволинейному очертанию верхнего пояса создается обратный выгиб по отношению к оси изгиба пояса под действием внешней нагрузки, поэтому эта ферма имеет мало нагруженную решетку, что упрощает конструкцию ее элементов и узлов.

К фермам построечного изготовления относятся фермы, элементы которых выполнены из цельных не клееных бревен, брусьев или досок с узловыми соединениями на нагелях (болтах, гвоздях) или на лобовых врубках. Растянутые элементы решетки и нижний пояс фермы часто делается стальными.

По очертанию фермы построечного изготовления могут быть треугольными и многоугольными.

Фермы из центральных элементов со стальным нижним поясом при треугольном очертании позволяет просто организовывать плоскую скатную кровлю. В этих фермах верхний пояс и раскосы делают из брусьев, а центральную растянутую стойку - из круглой стали.

При многоугольном очертании, приближающемся к очертанию эпюры моментов в простой балке, усилия в панелях верхнего пояса мало меняются от эпюры к середине пролета и в элементах решетки возникают небольшие усилия. Это дает возможность создавать как верхний пояс, так и элементы решетки из древесины и только нижний растянутый пояс делается из профильной стали.

Недостатком такой фермы является небольшое число узлов.

Фермы на лобовых врубках имеют треугольное или пятиугольное очертание.

Схема решетки в этих фермах такова, что деревянные раскосы оказываются сжатыми, а металлические стойки - растянутыми. Это позволяет крепить сжатые раскосы к поясам с помощью лобовых врубок, воспринимающих только сжимающие усилия а растянутые стойки (тяжи) делать из круглой стали. Тяжи на одном конце снабжены резьбой и гайкой, что обеспечивает возможность уплотнения узлов при сборке.

В пятиугольных фермах вблизи середины пролета при односторонней снеговой нагрузке раскосы могут получать растягивающие усилия и выключаться из работы.

Для сохранения геометрической неизменяемости решетку фермы снабжают дополнительными компенсирующими нисходящими раскосами.

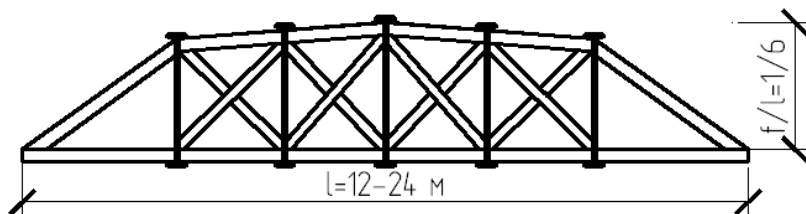


Рисунок 4 – Пятиугольная ферма из брусьев или бревен на лобовых врубках.

Расчет ферм.

Порядок расчета ферм такой же, как и порядок расчета плоских несущих деревянных конструкций:

- 1) статический расчет;
- 2) подбор сечения элементов фермы;
- 3) расчет узлов.

Расчету ферм предшествует сбор нагрузок. Нагрузки, действующие на ферму, складываются из постоянных (от собственной массы фермы и ограждающих конструкций покрытия) и временной (чаще всего только от снега).

Статический расчет фермы сводится к определению усилий от внешних нагрузок в элементах фермы. Для всех стержней определяется значение продольной силы N , а для верхнего пояса еще и изгибающий момент M .

Определение усилий в стержнях можно производить графически или аналитически. При этом в схемах сегментных ферм криволинейные оси панелей верхнего пояса на участках между соседними узлами заменяют хордами, стягивающими эти дуги.

Усилия определяют отдельно:

- 1) для случая загрузки снеговой равномерно распределенной нагрузкой на половине пролета;
- 2) для случая загрузки снеговой нагрузкой на всем пролете;
- 3) для случая загрузки постоянной нагрузкой (собственный вес фермы и вес ограждающих конструкций покрытия) на всем пролете фермы.

Целесообразно сначала определить усилие от единичной нагрузки, а затем, умножив на величины фактических нагрузок, получить истинные значения усилий в стержнях.

При вычислении усилий в средних раскосах учитывают два случая: когда раскос сжат и когда растянут.

Расчетные усилия в стержнях определяются при следующих двух комбинациях нагрузок:

- 1) Равномерно распределенная постоянная нагрузка на всем пролете, временная (снег) - на половине пролета фермы.
- 2) Равномерно распределенная постоянная и временная нагрузки на всем пролете фермы.

Подбор сечений элементов фермы.

Ширина сечения элементов фермы определяется по предельному значению гибкости. Для элементов ферм установлены следующие предельные значения гибкостей ($\lambda_{пр}$):

- для верхнего пояса $\lambda_{пр}=120$;
- для элементов решетки $\lambda_{пр}=150$;
- для нижнего пояса из стали $\lambda_{пр}=400$.

Ширину сечения верхнего пояса и элементов решетки целесообразно назначать по значению радиуса инерции.

$$r = \frac{l}{\lambda_{пр}}, \text{ где } l - \text{ расчетная длина стержня фермы}$$
$$b_{min} = \frac{r}{0,29}$$

Высоту сечения верхнего пояса определяют, пользуясь приближенной формулой для момента сопротивления:

$$W = \frac{M_{MAX}}{0,8R_H}$$

Момент сопротивления с другой стороны равен:

$$W = \frac{b \times h^2}{6}$$

Отсюда по известным b и W находят h .

После подбора сечений элементов фермы, выполняют проверку их прочности.

Сжатые элементы ферм проверяют на устойчивость по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \times F_{расч}} \leq R_c$$

φ – коэффициент продольного изгиба, принимаемый по СНиП;

R_c – расчетное сопротивление древесины сжатию.

Растянутые деревянные элементы проверяют на прочность по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F_{нт}} \leq R_p$$

стальные по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F \times m} \leq R$$

где m – коэффициент условия работы (если пояс состоит из двух элементов, то $m=0,85$).

В случае, когда верхний пояс нагружен межузловой нагрузкой, его проверяют, как сжато – изогнутый элемент на прочность по формуле:

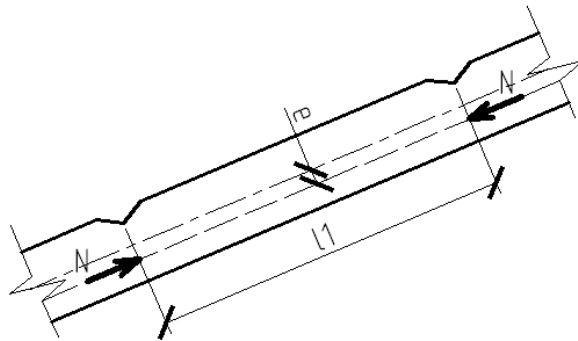
$$\sigma = \frac{N}{F_{расч}} + \frac{M_d}{W_{расч}} \leq R_c$$

$$M_d = \frac{\xi}{M}$$

Изгибающий момент M , вызванный наличием межузловой равномерно распределенной нагрузки, определяется по балочным формулам:

$$M = \frac{q \times l^2}{8}$$

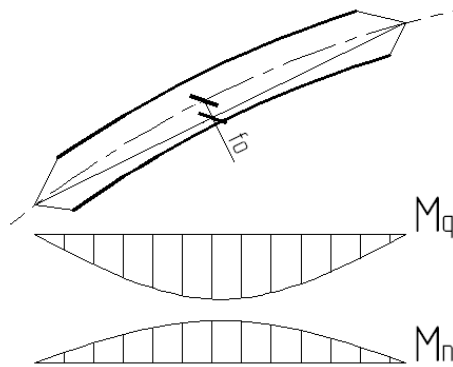
Значение изгибающего момента M_q может быть уменьшено за счет разгружающего момента M_n , создаваемого путем эксцентричного приложения продольной сжимающей силы N .



Суммарный изгибающий момент в середине пролета l , в этом случае вычисляется по формуле

$$M = M_q - M_n, \text{ где } M_n = N \cdot e$$

В сегментных фермах эксцентриситет силы N получается за счет кривизны оси панели верхнего пояса.



Продольная сила, направленная по хорде дуги создает разгружающий изгибающий момент

$$M_n = N \cdot f_0$$

Значение f_0 можно вычислить по формуле:

$$f_0 = \frac{l_0^2}{8r_0}$$

l_0 - длина хорды;

r_0 - радиус дуги, по которой очерчен верхний пояс.

Для неразрезного верхнего пояса изгибающие моменты в крайней от опоры панели будут равны:

- в середине пролета $M'_{\text{пр.}} = \frac{q \times l^2}{14} - 0,64 \times N \times f$

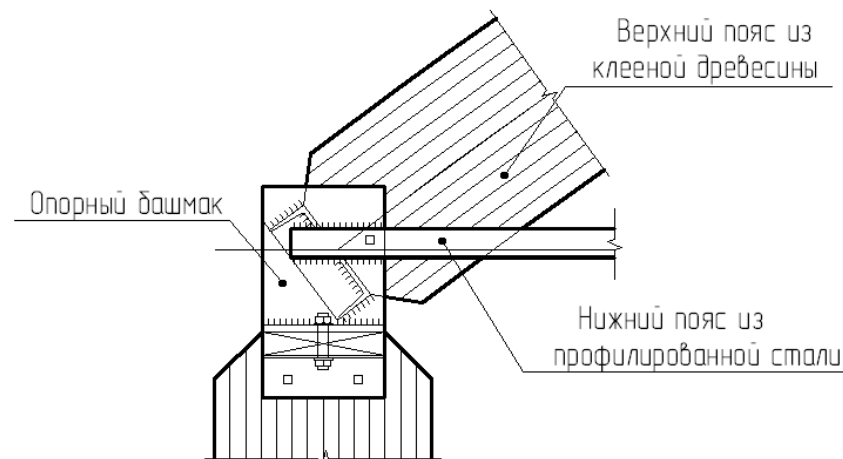
- на опоре $M'_{\text{оп.}} = -\frac{q \times l^2}{10} + 0,72 \times N \times f$

Прогибы ферм при соблюдении требований по отношению стрелы подъема и длины пролета (f/l) не проверяют, так как эти соотношения обеспечивают требуемую жесткость ферм.

Для предотвращения нежелательных последствий, вызванных перемещениями узлов и прогибов нижнего пояса, возникающих все же в процессе эксплуатации, фермы проектируют со строительным подъемом ($\sim \frac{1}{200 \times l}$). При вычислении усилий строительный подъем не принимают во внимание.

Расчет и конструирование узлов ферм.

Опорные узлы ферм из дощатоклееных элементов, осуществляют путем упора крайней панели верхнего пояса в стальной опорный башмак, к которому приварены стальные элементы нижнего пояса.



Опорный узел проверяется на смятие по площадке смятия $F_{\text{см}}$ по формуле:

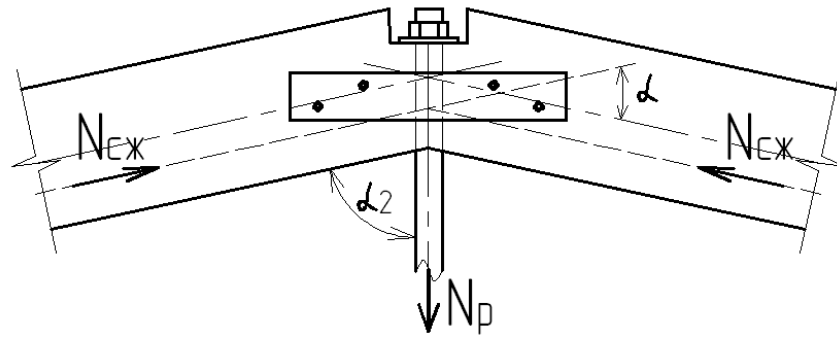
$$\sigma = \frac{N}{F_{\text{см}}} \leq R_{\text{см}}$$

Стальная опорная диафрагма рассчитывается на изгиб.

Узлы верхнего пояса.

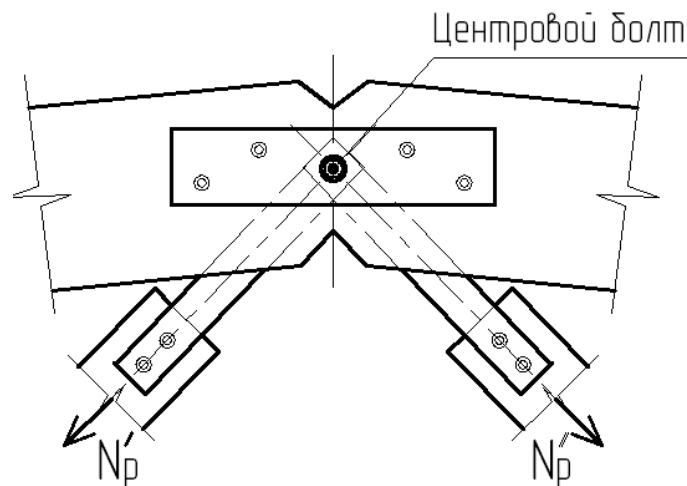
Средний коньковый узел треугольной фермы решается в виде наклонного лобового упора, перекрытого деревянными или металлическими накладками на болтах.

Растянутая стойка в виде стального тяжа с нарезкой на конце пропускается через отверстие, проходящее через центр узла, и закрепляется гайкой на шайбе.



Расчетом этого узла проверяется напряжение смятия под углом $\alpha 2$ к волокнам в лобовом упоре и на смятие под углом $\alpha 2$ под шайбой стойки. Поперечная сила в узле воспринимается накладкой с болтами.

Узлы верхнего пояса сегментных ферм решаются с помощью стальных накладок – наконечников, соединенных с раскосами болтами и прикрепленных к болту, проходящему через центр узла.

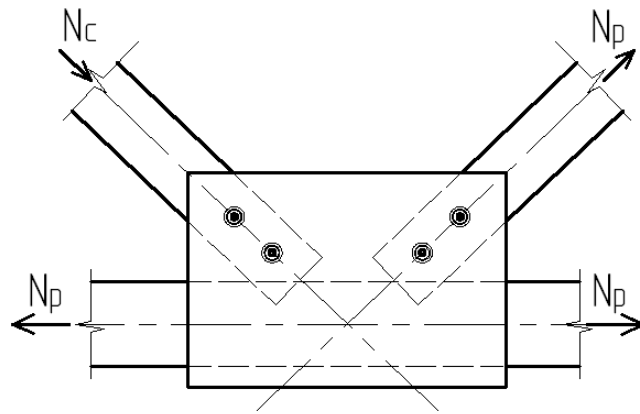


Центровой болт рассчитывают на восприятие равнодействующей силы от продольных сил в раскосах.

Расчетом также определяется количество болтов в наконечниках и напряжение смятия торцов верхнего пояса. Промежуточные узлы примыкания стоек и раскосов к верхнему поясу решаются аналогичным образом.

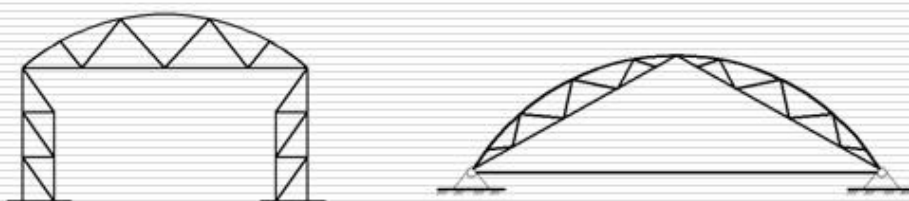
Узлы нижнего пояса металлодеревянных ферм выполняются с помощью двух фасонок, приваренных к поясу. К фасонкам болтами крепятся деревянные раскосы.

Болты рассчитываются на максимальные усилия в раскосах.



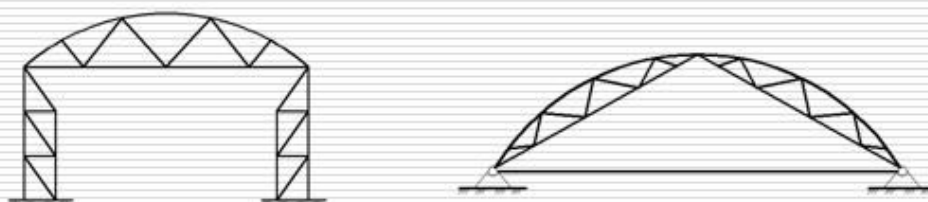
Узлы ферм из цельных элементов на лобовых врубках решаются и рассчитываются по правилам конструирования и расчета соединений на врубках (на смятие и скалывание).

-
- ❑ Сквозными называются конструкции у которых пояса соединены друг с другом не сплошной стенкой, а решеткой.
 - ❑ Решетка состоит из отдельных стержней – раскосов и стоек.
 - ❑ Применение решетки уменьшает расход материала.
 - ❑ Большое количество узлов в местах соединения решетки с поясами значительно усложняет изготовление.



2(54)

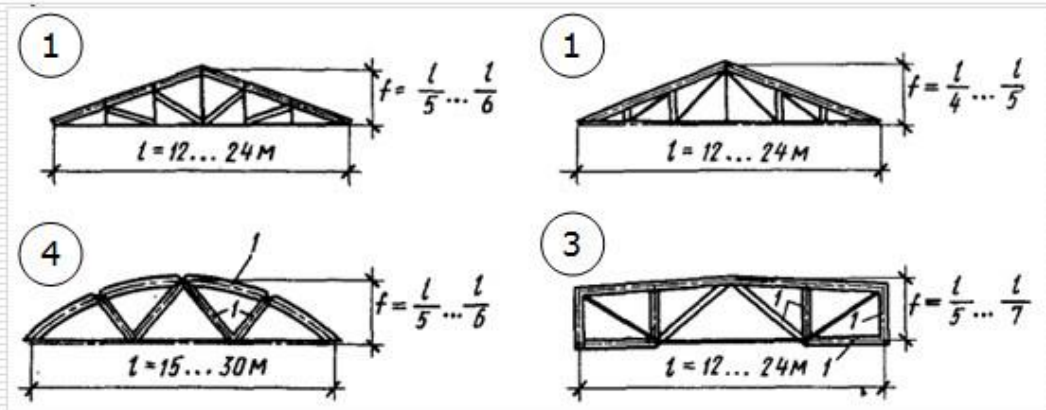
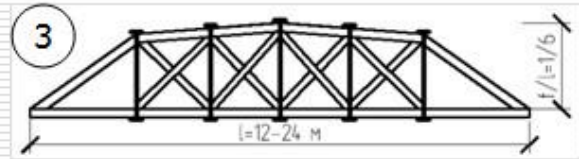
-
- ❑ Сквозные конструкции подразделяются:
 - 1) балочные (фермы);
 - 2) распорные (арки и рамы);
 - 3) решетчатые стойки.
 - ❑ Основной вид сквозных конструкций - фермы.



3(54)

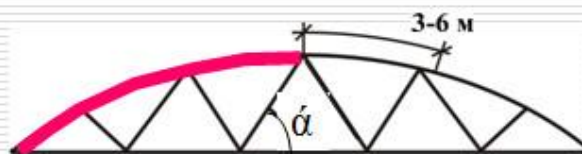
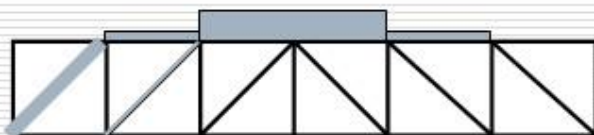
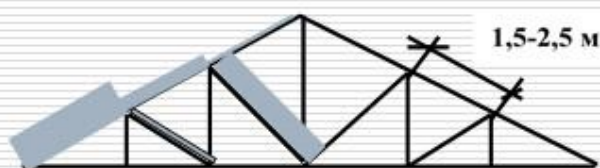
7.1 Фермы

- Классификация ферм.
- 1) По очертанию поясов фермы подразделяются на:
 - 1) треугольные;
 - 2) прямоугольные;
 - 3) трапециевидные;
 - 4) многоугольные;



4(54)

Очертание пояса оказывает существенное влияние на характер распределения усилий в элементах ферм

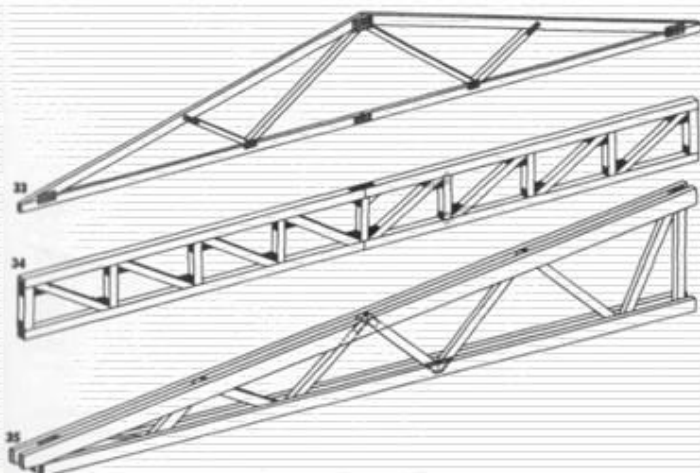


α от 30 до 60°

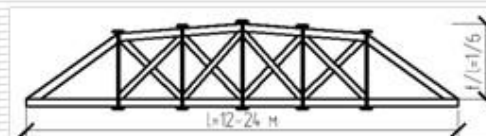
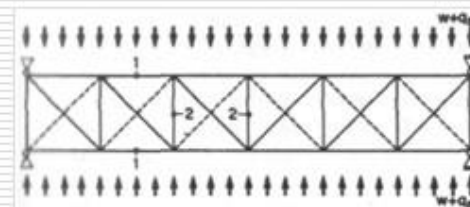
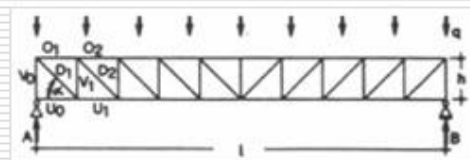
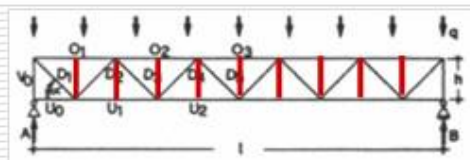
5(54)

□ 2) **Решетка ферм** может быть:

- раскосная,
- треугольная,
- крестовая.



6(54)



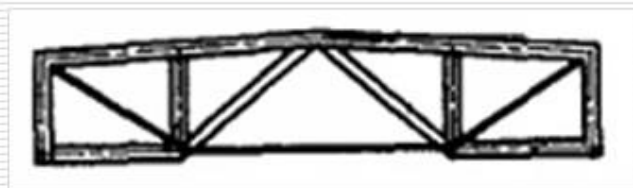
□ 3) **Направление раскосов** имеет большое значение:

Сжатые раскосы, растянутые стойки

Растянутые раскосы, сжатые стойки



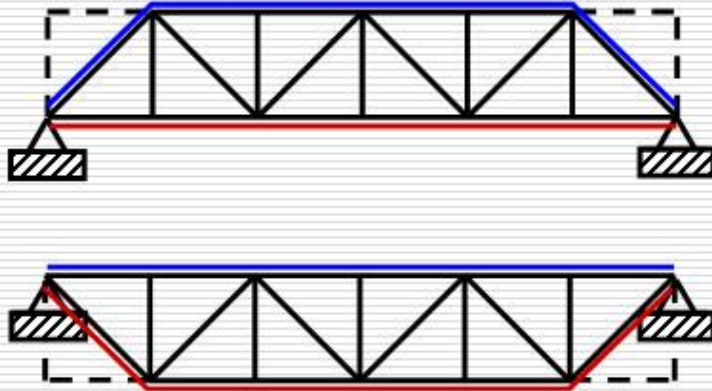
Растянутый опорный раскос



7(54)

❑ Опорные раскосы могут быть:

- сжатыми (восходящий)
- растянутыми (нисходящий):



8(54)

❑ Наиболее ответственные элементы в ДК – растянутые.

❑ Особое внимание должно уделяться растянутым поясам.

❑ Часто (но не всегда) растянутые элементы ДК выполняют из металла.

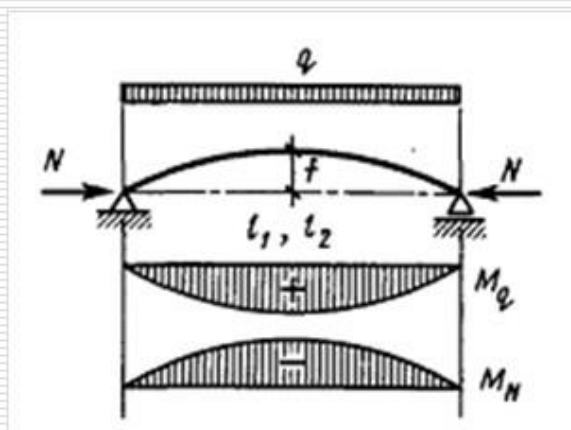


9(54)

-
- Усилия в элементах ферм определяют методами строительной механики:
 - вырезание узлов,
 - моментная точка,
 - силовой многоугольник – построение диаграммы Максвелла-Кремоны.

10(54)

-
- При «ручном» статическом расчете узлы ферм принимают шарнирными.
 - Изгибающие моменты в стержнях, возникающие при неузловом приложении нагрузки или в неразрезных поясах ферм добавляют к полученному «ручным» счетом напряженно-деформированному состоянию.

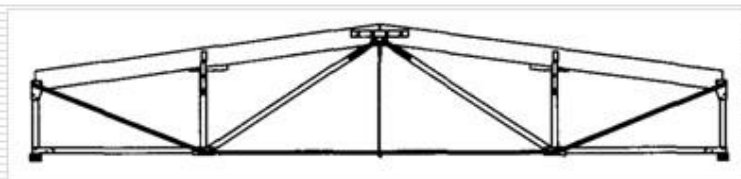
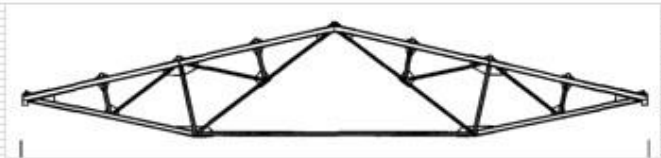


Панель верхнего пояса
сегментной фермы

11(54)

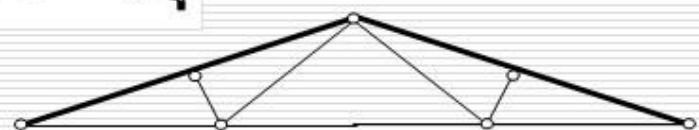
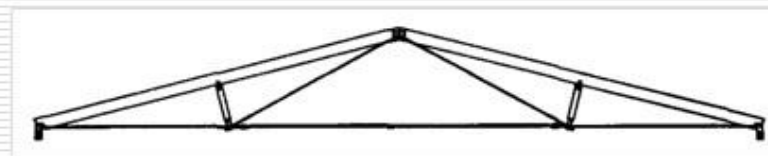
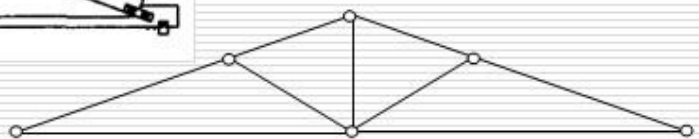
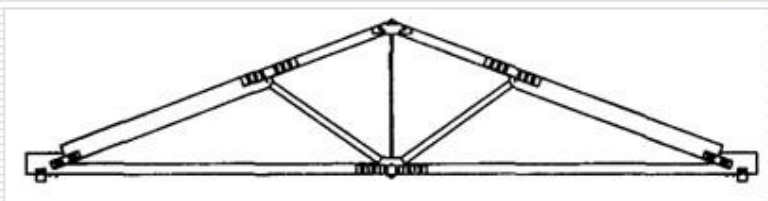
-
- ❑ Современные программные комплексы позволяют определять НДС ферм более точно.
 - ❑ При статических расчетах деревянных ферм с помощью ЭВМ требуется задавать узловые сопряжения близко к конструктивному решению.

В отличие от металлических и железобетонных ферм – где все узлы жесткие.



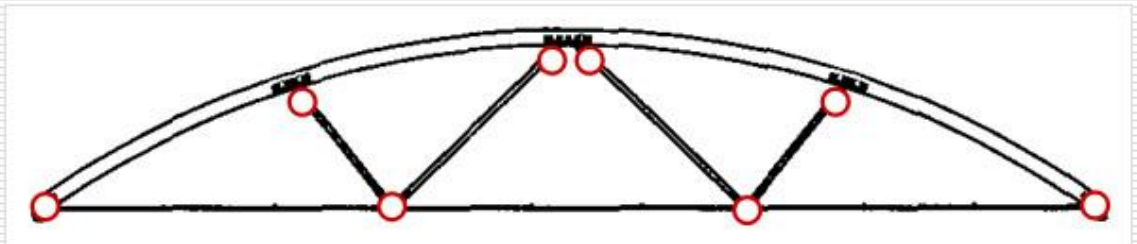
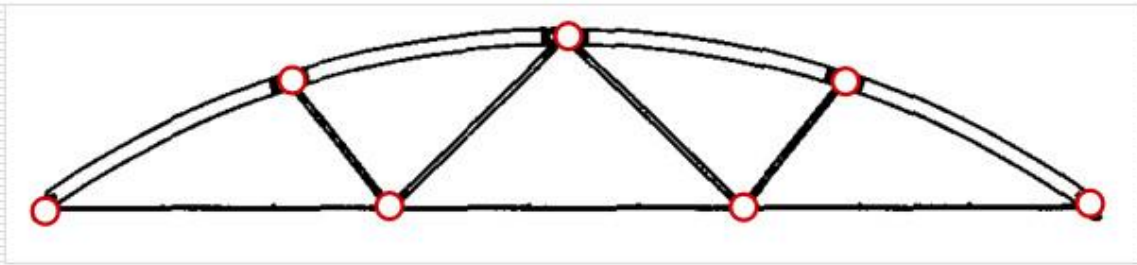
12(54)

-
- ❑ **Две расчетные схемы треугольной фермы:**



13(54)

-
- Две расчетные схемы сегментной фермы:



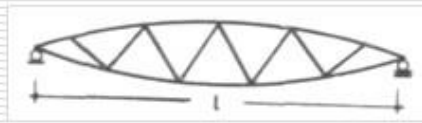
14(54)

-
- Различают фермы:
- индустриальные – заводского изготовления;
 - фермы построечного изготовления.

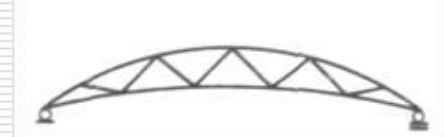
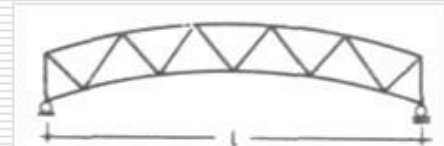
15(54)

7.1.1 Деревянные фермы заводского изготовления

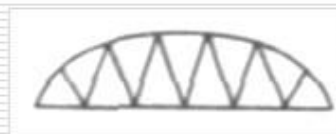
- Это прежде всего фермы с криволинейными дошатоклееными поясами (или только верхним поясом):



Линзообразные



Серповидные



Сегментные

16(54)

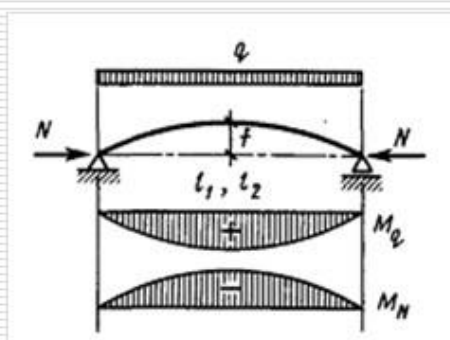
- Предназначены для покрытий с рулонной кровлей.
- Пояса из клеедеревянных элементов прямоугольного сечения, изогнутых по дуге окружности.
- Если пояс по длине состоит из нескольких стержней:
 - стержни одинаковой длины;
 - соединяются центрировано по осям.

17(54)

- Благодаря изогнутой форме в сечениях поясов усилие N – примерно одинаково по всей длине и изгибающие моменты небольшие знакопеременные :

- (+) от неузловой нагрузки,
- (-) от действия продольных сил.

Поэтому сечения стержней имеют небольшие размеры.



Панель верхнего пояса
сегментной фермы

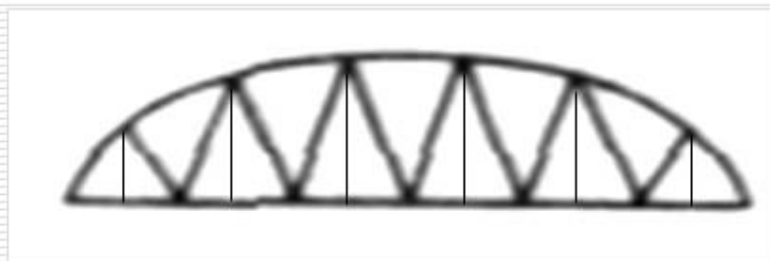
18(54)

1) Сегментная ферма

- В сечениях поясов усилие N – примерно одинаково по всей длине, изгибающие моменты небольшие знакопеременные. Сечение верхнего пояса, как правило, прямоугольное дощатоклееное.
- Растянутый нижний пояс выполняют из металла – двойных стальных уголков или круглой стали.
- В раскосах решетки действуют незначительные знакопеременные продольные силы. Раскосы выполняют клеедеревянными прямоугольного сечения, шириной, равной ширине сечения верхнего пояса.

19(54)

-
- ❑ При наличии подвесного потолка ферма имеет стойки, которые работают на растяжение и выполняются из стальной арматуры.
 - ❑ При отсутствии подвесных нагрузок ферма имеет тонкие арматурные подвески для предотвращения провисания нижнего пояса.



20(54)

-
- ❑ Расчет сегментной фермы состоит из:
 - геометрического расчета;
 - статического расчета;
 - подбора сечений элементов;
 - проектирования узловых сопряжений.

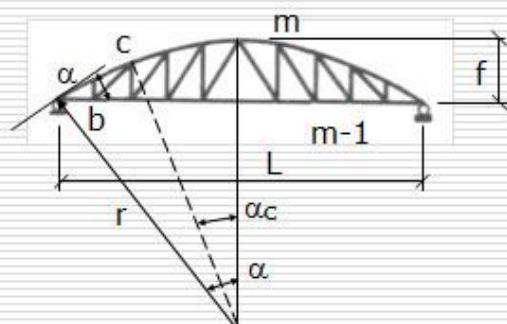
21(54)

□ Расчет сегментной фермы состоит из:

- геометрического расчета;
- статического расчета;
- подбора сечений элементов;
- проектирования узловых сопряжений.

21(54)

□ Геометрический расчет выполняют как для круговых арок.



$$r = \frac{L^2 + 4 \cdot f^2}{8 \cdot f},$$

$$\sin \alpha = \frac{L}{2 \cdot r},$$

$$S = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{90^\circ},$$

$$S_c = \frac{S}{m},$$

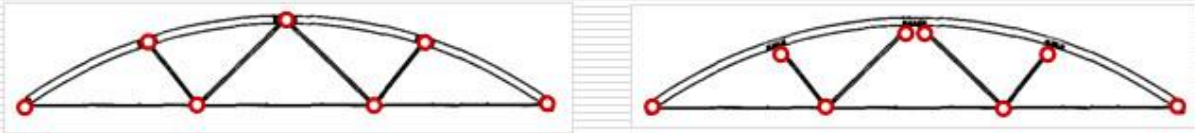
$$X_c = \frac{L}{2} - r \cdot \sin \alpha_c,$$

$$Y_c = f - r \cdot (1 - \cos \alpha_c),$$

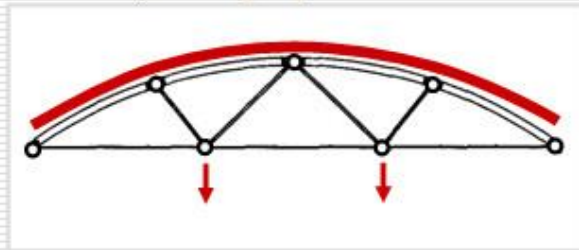
$$L_{b-c} = \sqrt{(X_b - X_c)^2 + (Y_b - Y_c)^2}.$$

22(54)

-
- ❑ Усилия в элементах фермы находят из статического расчета.
 - ❑ Расчетную схему строят в соответствии с реальной конструкцией узлов – шарнирные или жесткие.



- ❑ Нагрузка по верхнему поясу фермы – равномерно распределенная.
- ❑ Нагрузка по нижнему поясу прикладывается в узлы пояса.



23(54)

-
- ❑ Конструирование фермы начинают с подбора сечения раскосов:
 - по устойчивости как центрально сжатый элемент на максимальное сжимающее усилие в раскосах фермы;
 - выбранное в соответствии с сортаментом сечение проверяют по предельной гибкости.

Все раскосы принимают одинакового сечения.

- ❑ Принимают ширину сечения верхнего пояса равной ширине сечения раскоса.

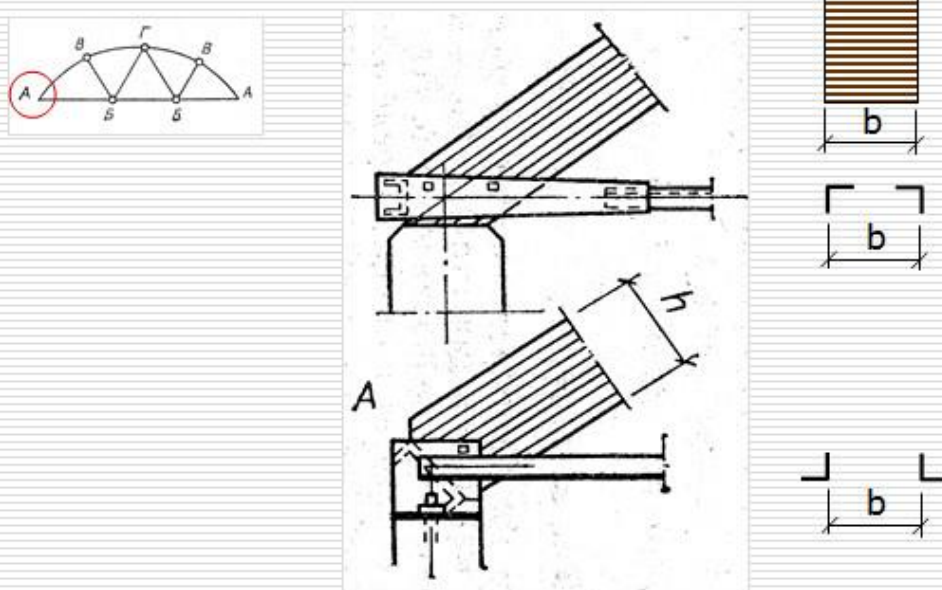
Определяют высоту сечения верхнего пояса по правилам расчета сжато-изгибаемого элемента.

- ❑ Сечение нижнего пояса назначают по прочности на максимальное растягивающие усилие в нижнем поясе.

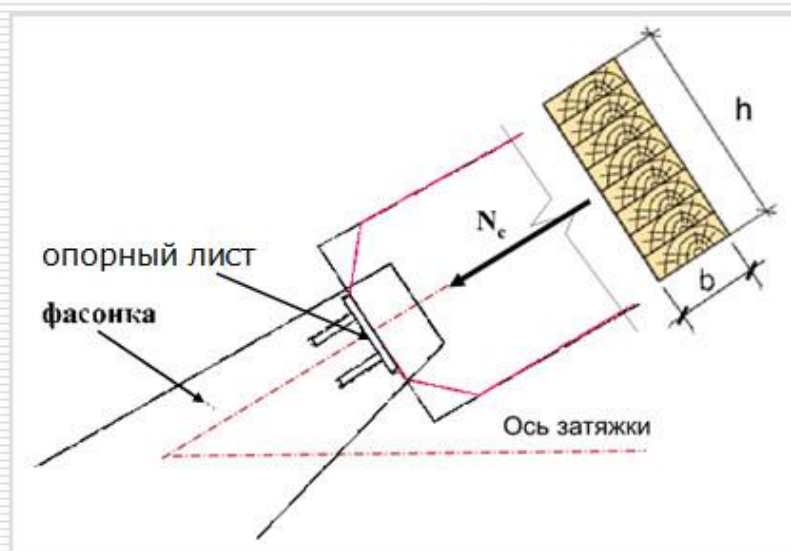
24(54)

Конструирование узлов сегментной фермы

- Конструирование и расчет опорного узла (нижний пояс из двойных стальных уголков).



25(54)



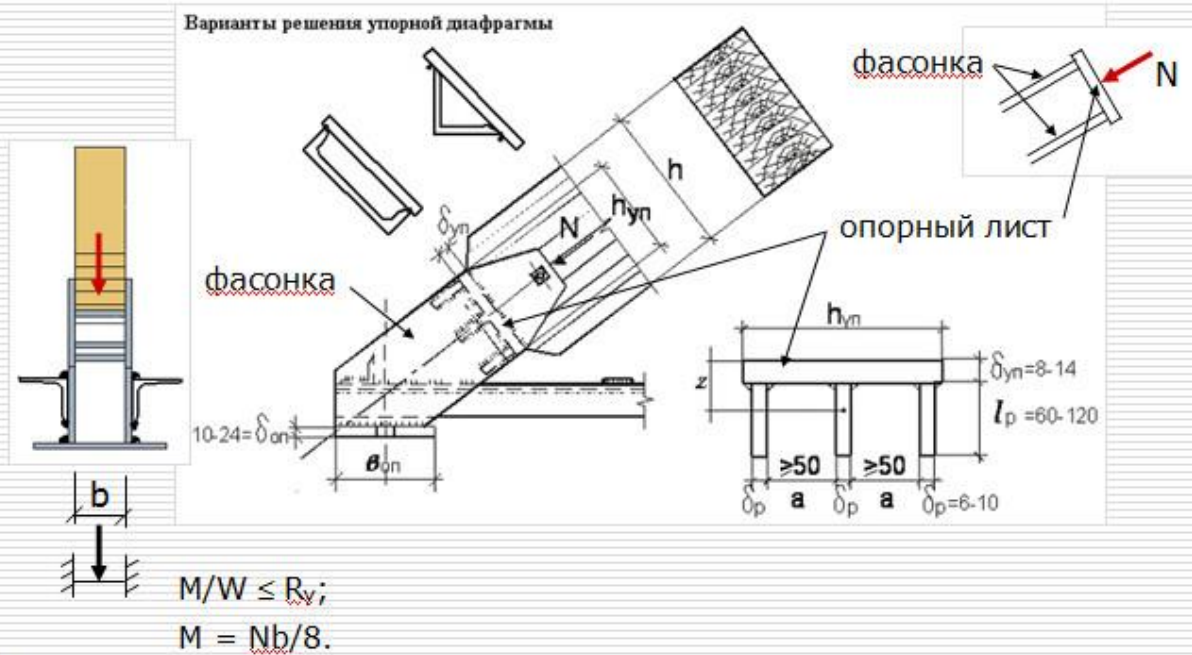
Опорный лист В.П. вваривается между боковыми фасонками.

Толщина фасонки рассчитывается на сжимающее усилие N .

Для обеспечения шарнирности узла выполняется подрезка торцов пояса под углом 35-45°.

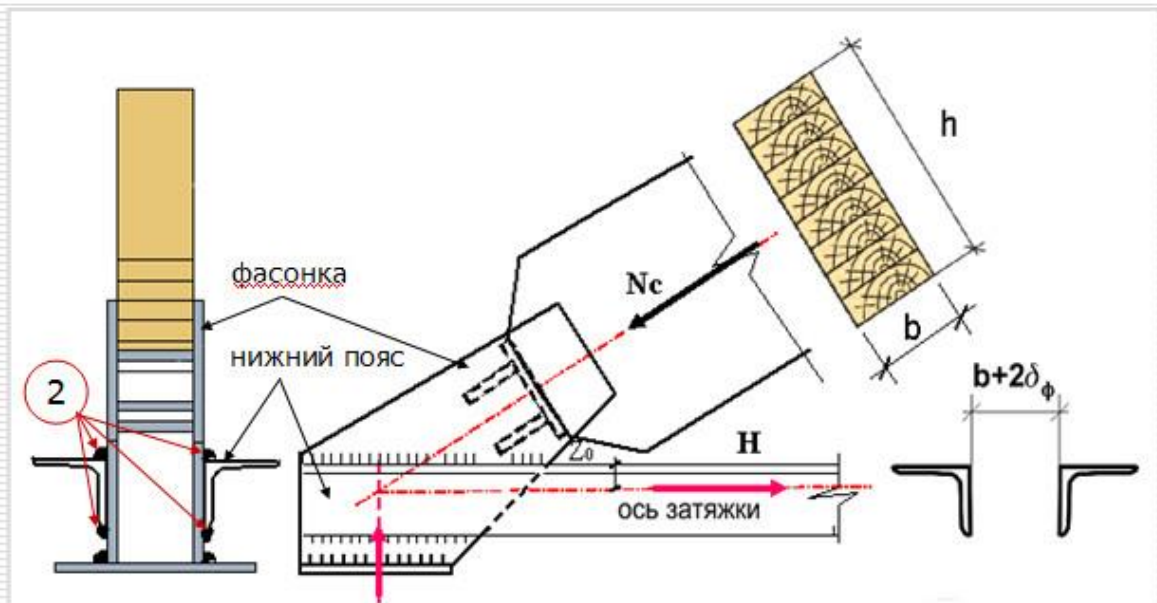
26(54)

Опорный лист В.П. рассчитывают на прочность при изгибе:



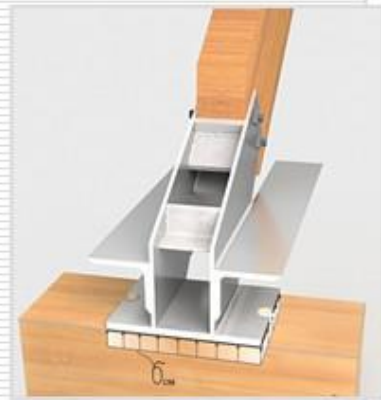
27(54)

2. Рассчитывают сварные швы крепления Н.П. к фасонке.

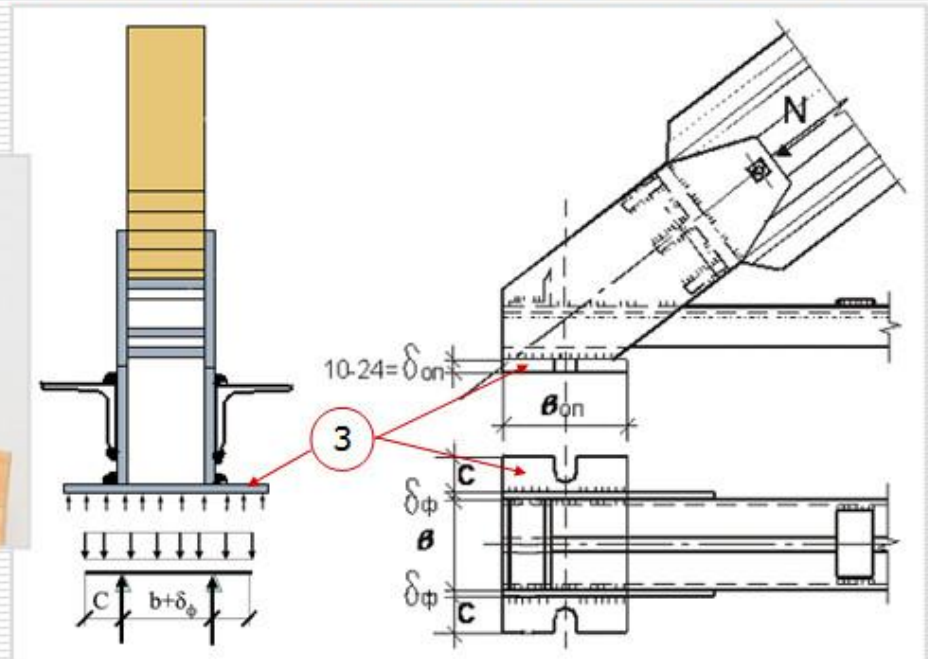


28(54)

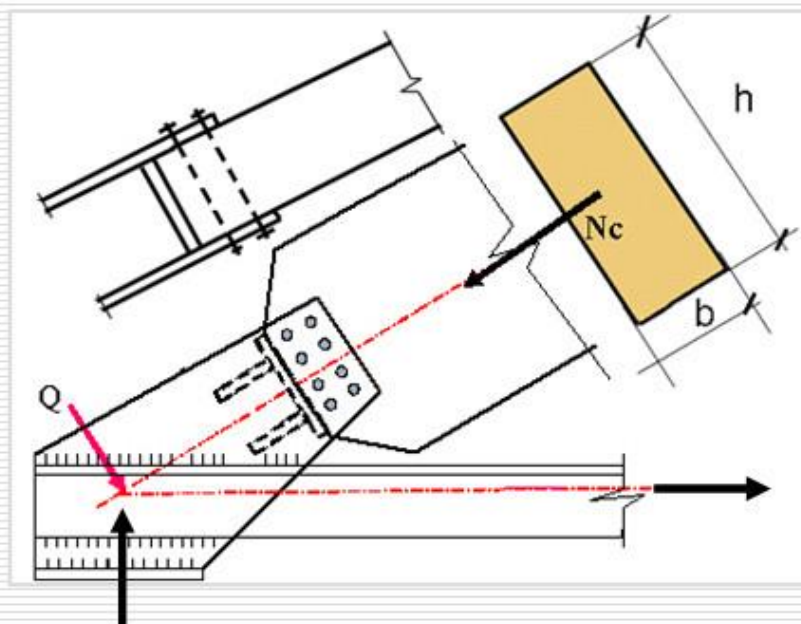
3. Назначают размеры опорной плиты узла из условия смятия при опирании на стойку и проверяют её прочность на изгиб.



29(54)



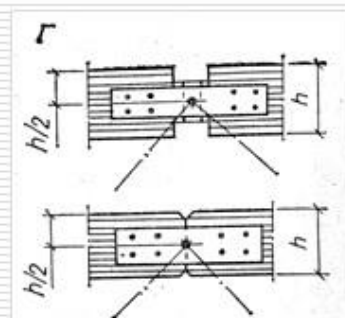
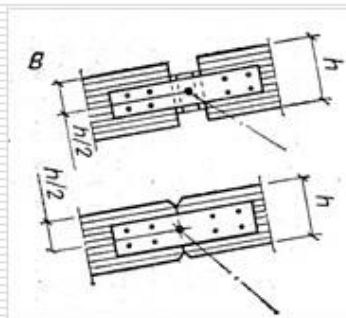
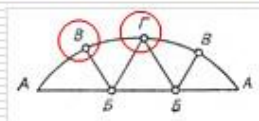
4. Рассчитывают нагельное соединение, препятствующее выходу из проектного положения от действия поперечной силы Q .



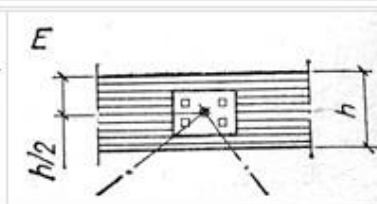
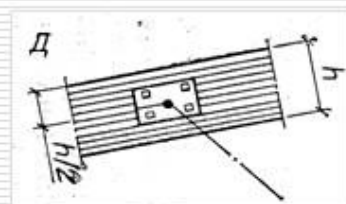
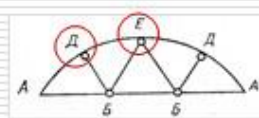
30(54)

□ Узлы крепления раскосов к верхнему поясу решаются в зависимости от:

■ разрезной пояс

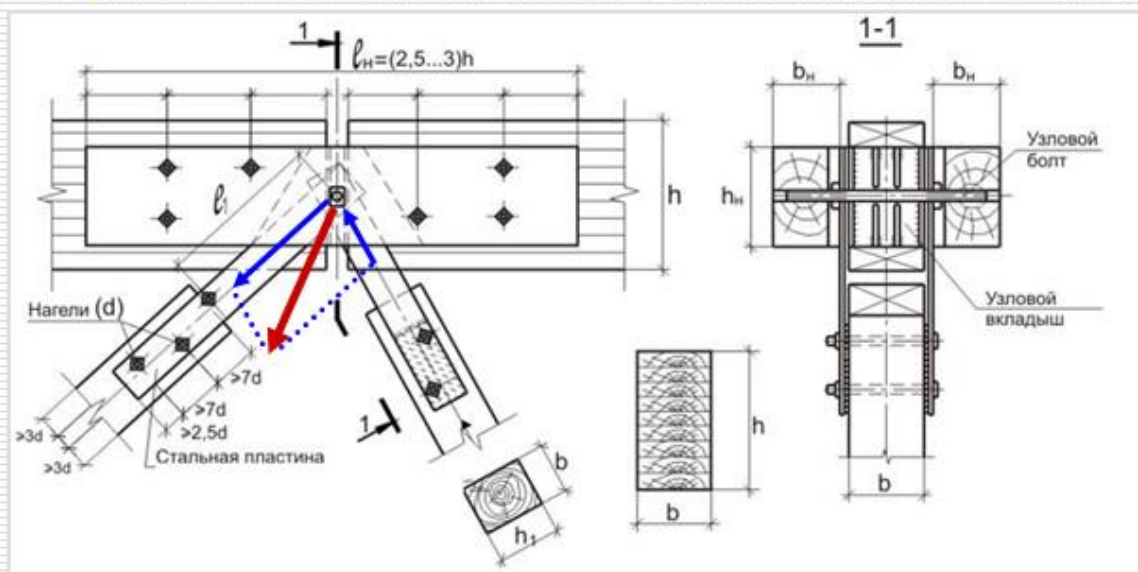


■ неразрезной пояс



31(54)

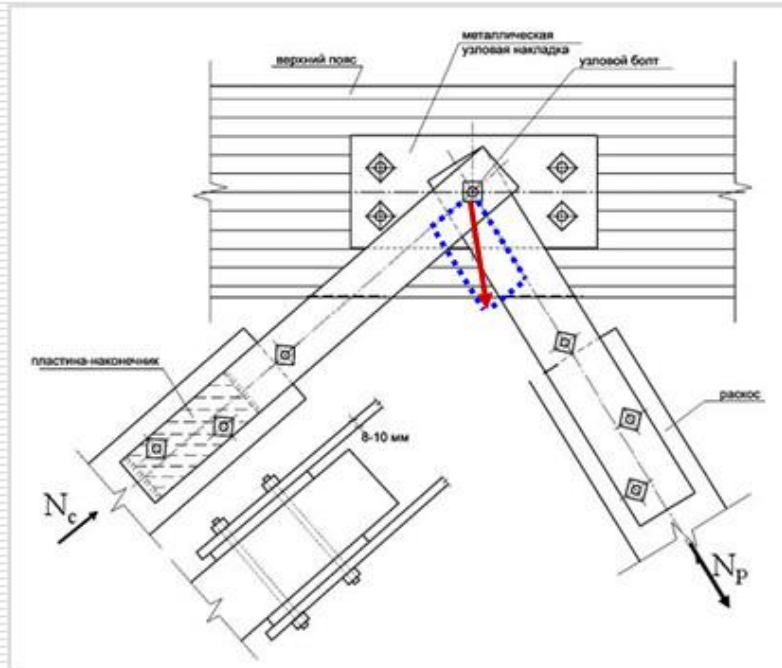
Узел верхнего пояса сегментной фермы с металлическим вкладышем



Узловой болт рассчитывают на изгиб от равнодействующей усилий в раскосах. Накладки проверяют на смятие под болтами.

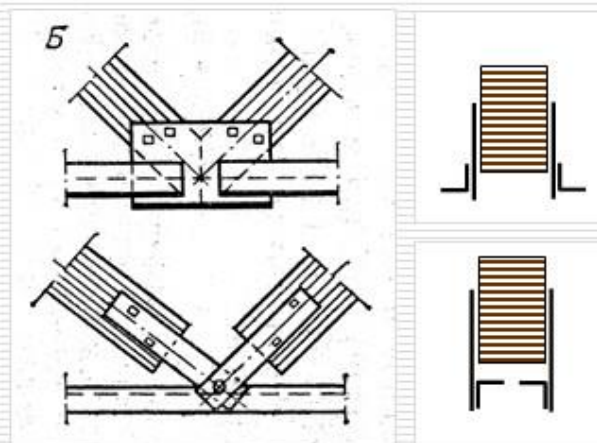
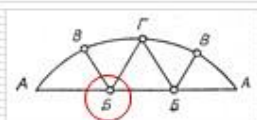
32(54)

❑ Узел неразрезного верхнего пояса сегментной фермы



33(54)

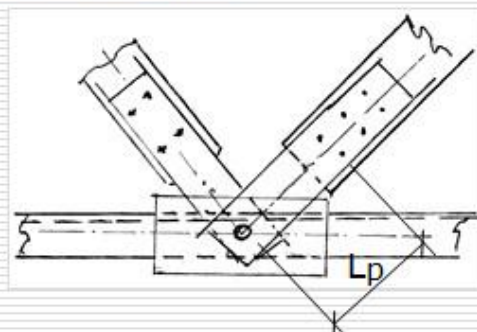
❑ Варианты решения узла нижнего пояса сегментной фермы



Узловой болт рассчитывают на изгиб от равнодействующей усилий в раскосах (аналогично узлам верхнего пояса).

34(54)

- ❑ Крепления элементов решетки к поясам рассчитывается на максимальное усилие в раскосах.
- ❑ Определяют диаметр и количество болтов нагельного соединения крепления раскоса к планке.



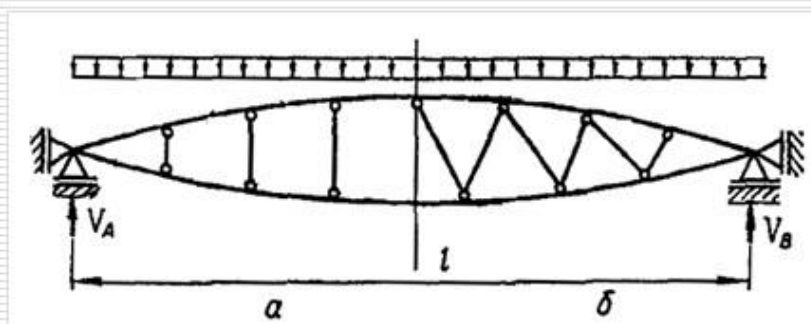
$$n \geq N / (T \cdot n_{ш})$$

- ❑ Рассчитывают стальные планки, крепящие раскосы к поясам:
 - на растяжение по ослабленному болтами сечению;
 - на устойчивость из плоскости планки (на участке L_p);
 - на смятие под нагельями.

35(54)

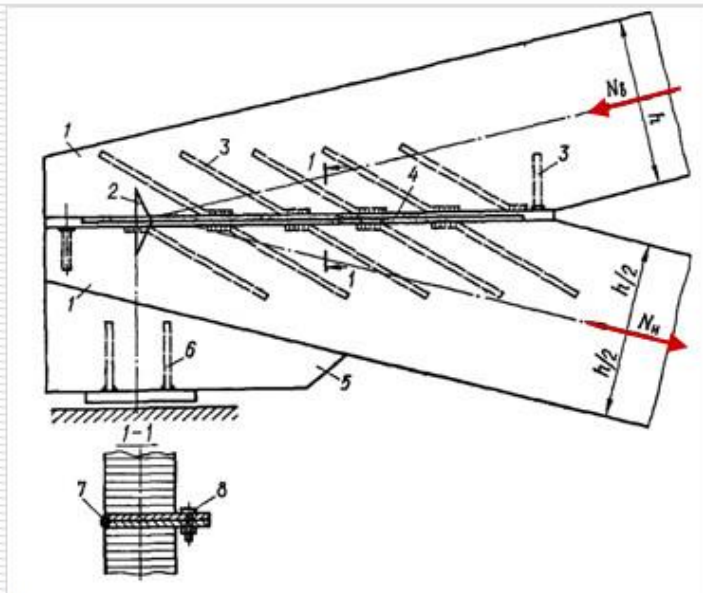
2) Линзообразные фермы на клеенных стержнях

- ❑ Перекрывают пролеты 18...60 м.
- ❑ Усилия в поясах по длине пролета практически одинаковы.
- ❑ Усилия в элементах решетки незначительны.
- ❑ Симметричные узлы для обоих поясов.



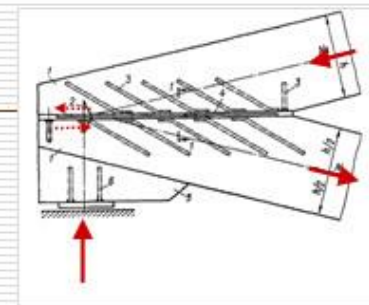
36(54)

- Опирают на стены или колонны через клеенные деревянные подушки.



- 1 - пояса;
- 2 - стальные монтажные пластины;
- 3 - клеенные стержни;
- 4 - анкерные пластины;
- 5 - опорная клеенная подушка;
- 6 - клеенные стержни с опорной пластиной;
- 7 - соединение анкерных пластин сваркой;
- 8 - то же, болтами.

37(54)



- Опорный узел воспринимает усилия:
 - сжимающее - от В.П.;
 - растягивающее - от Н.П.;
 - сдвигающее - горизонтальная равнодействующая поясов;
 - опорное давление.
- Значения усилий получают из статического расчета.
- Клеенные стержни работают в двух направлениях:
 - вдоль стержня - растяжение;
 - перпендикулярно оси - изгиб.

38(54)

- Прочность наиболее нагруженного стержня проверяют по формуле:

$$\sigma = 0,91 \cdot N / d^2 \leq R$$

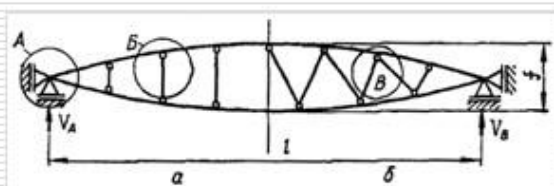
- N – усилие растяжения в поясе;
- d – диаметр стержня;
- R – расчетное сопротивление стали.

- Длина клеиваемой части: $10 \cdot d \leq L_{\text{стержня}} \leq 30 \cdot d$

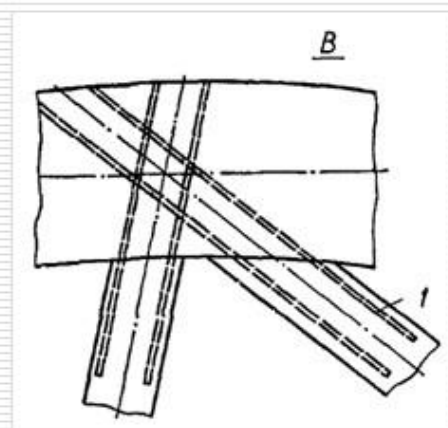
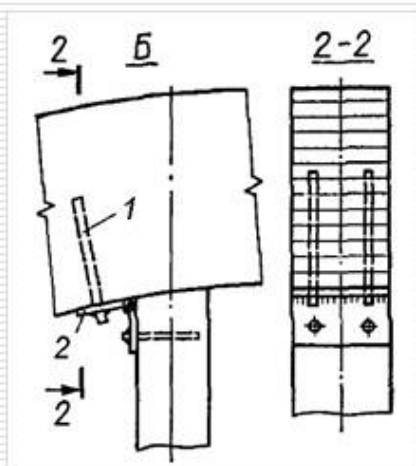
- В целях унификации все клеенные стержни принимают одного диаметра.

39(54)

- Стальные стержни клеивают на эпоксидном клее.



- 1 – клеенные стержни;
- 2 – стальные элементы, привариваемые к стержням.

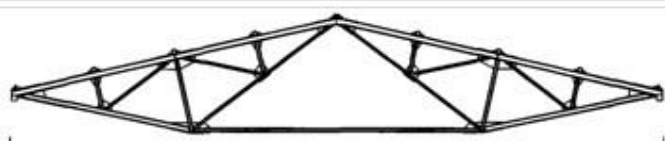
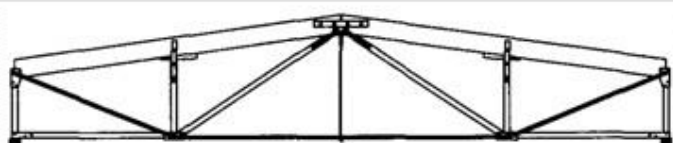
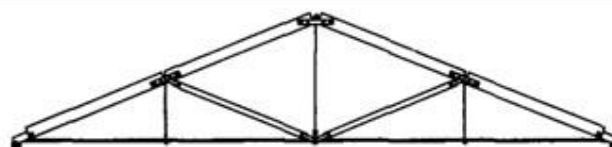


40(54)

3) Четырехпанельные металлодеревянные фермы

- Возможные варианты схем:

треугольные



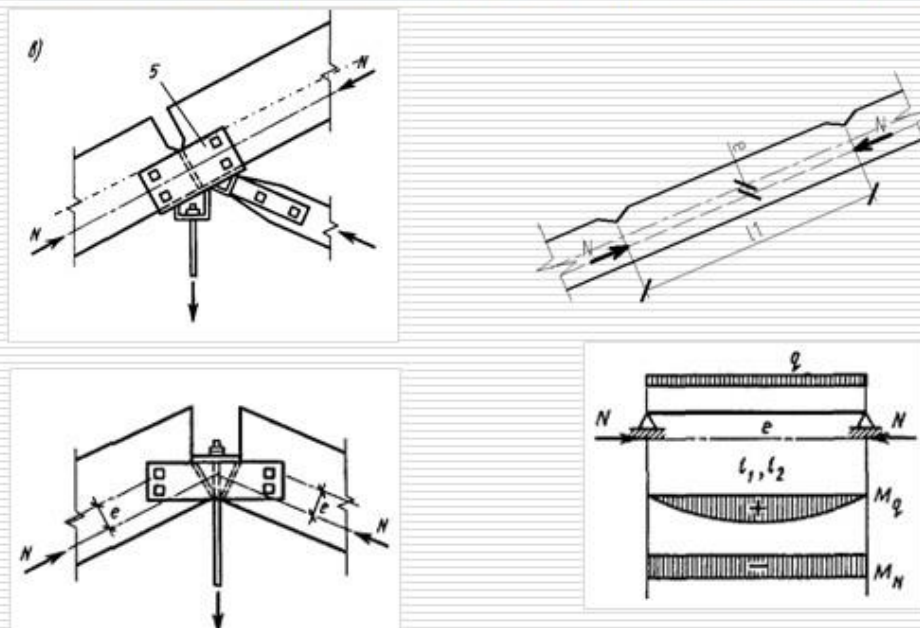
пятиугольные

41(54)

-
- Перекрывают пролеты 12...24 м.
 - Нагрузка неузловая – равномерно распределенная, прикладывается к верхнему поясу.
 - Верхний пояс работает на сжатие с изгибом.
 - Сечение в.п. может быть брусчатым, составным клееным из пакета досок или из брусьев на пластинчатых нагеля.
 - Растянутые элементы выполняют из металла.

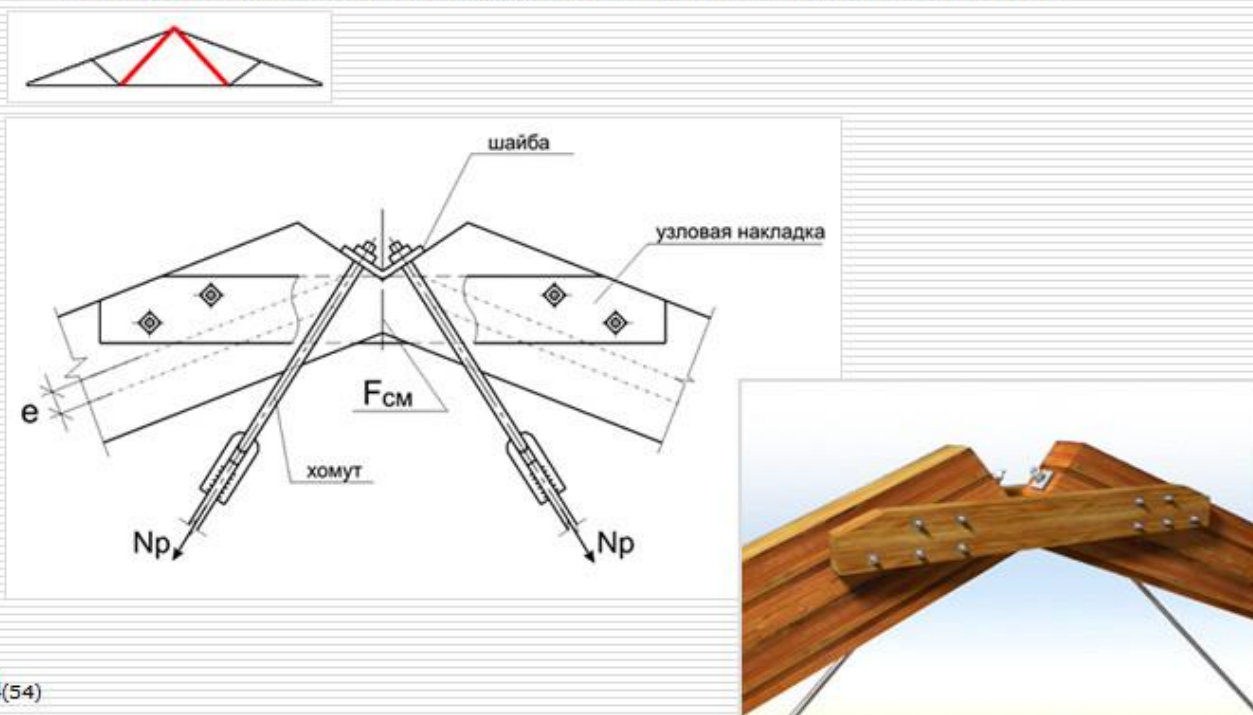
42(54)

- Для уменьшения изгибающего момента узлы верхнего пояса выполняют с эксцентриситетом (как в треугольных арках):



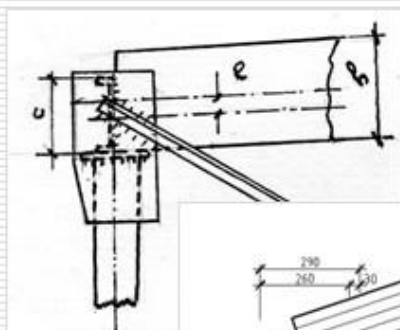
43(54)

Коньковый узел при опирании двух растянутых раскосов.



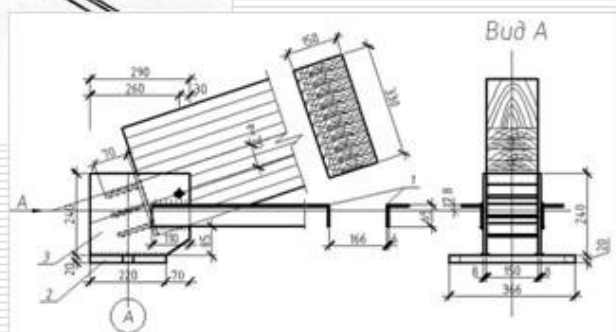
44(54)

- ❑ Из-за расцентровки узлов верхнего пояса возникают скалывающие усилия в узлах.
- ❑ Верхний пояс проверяют на скалывание с учетом коэффициента скалывания, зависящего от отношения высоты площадки опирания к высоте сечения пояса



$$\frac{Q \cdot S_{отс}}{I \cdot b} \cdot K_{ск} \leq R_{ск}$$

c/h	0,5	0,7	0,9
$K_{ск}$	1,8	1,4	1,1

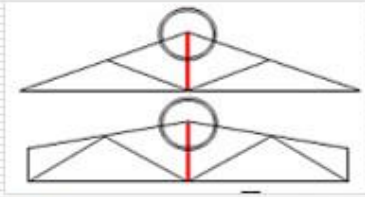


45(54)

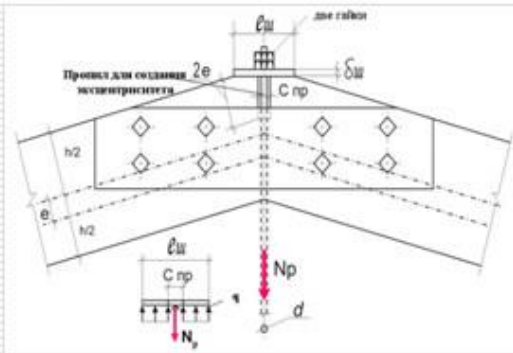
- ❑ Усилия в элементах определяют статическим расчетом.
- ❑ Прочность верхнего пояса проверяют на действие максимального изгибающего момента и продольной силы – как сжато-изгибаемый элемент.
- ❑ Элементы решетки рассчитывают как центрально растянутые или центрально сжатые элементы.

46(54)

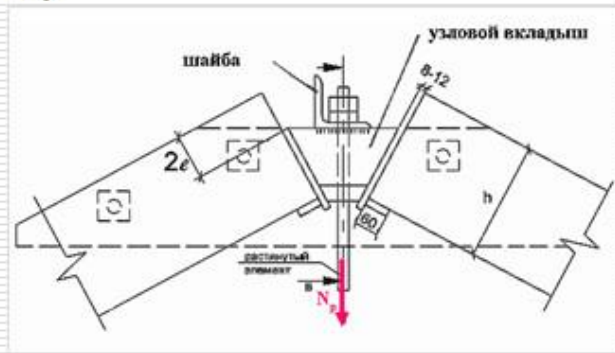
Коньковый узел при опирании растянутой средней подвески:
 а) через шайбу непосредственно на В.П.; б) на стальной вкладыш.



а)

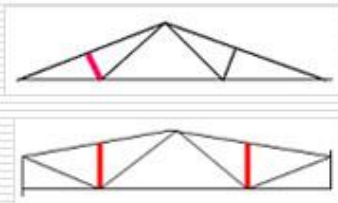


б)



47(54)

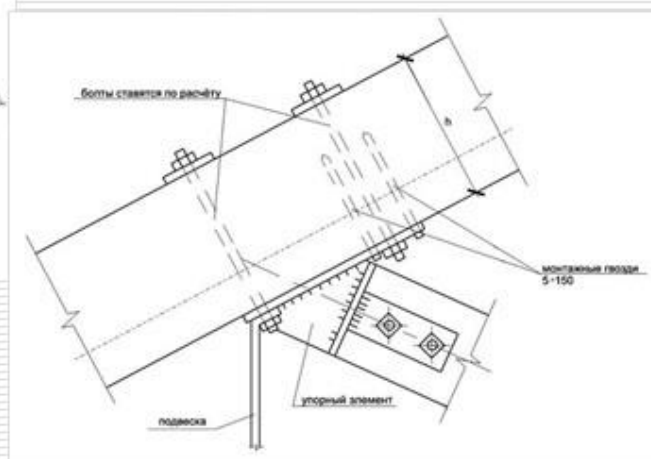
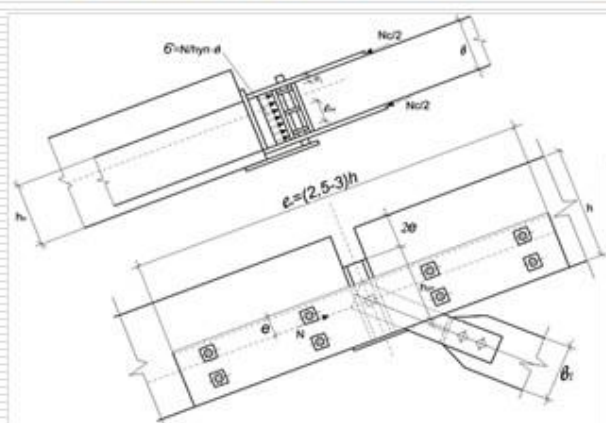
Узел крепления сжатой стойки к верхнему поясу.



48(54)

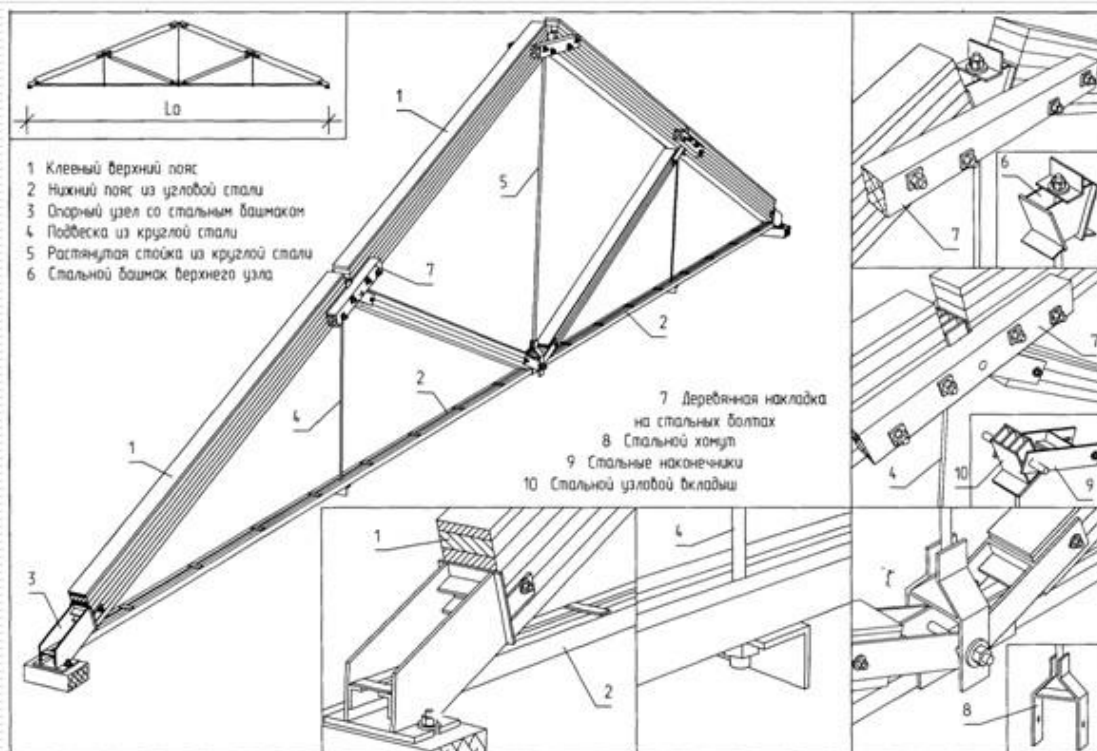
Узел крепления раскоса к верхнему поясу:

а) при разрезном поясе; б) при неразрезном поясе.



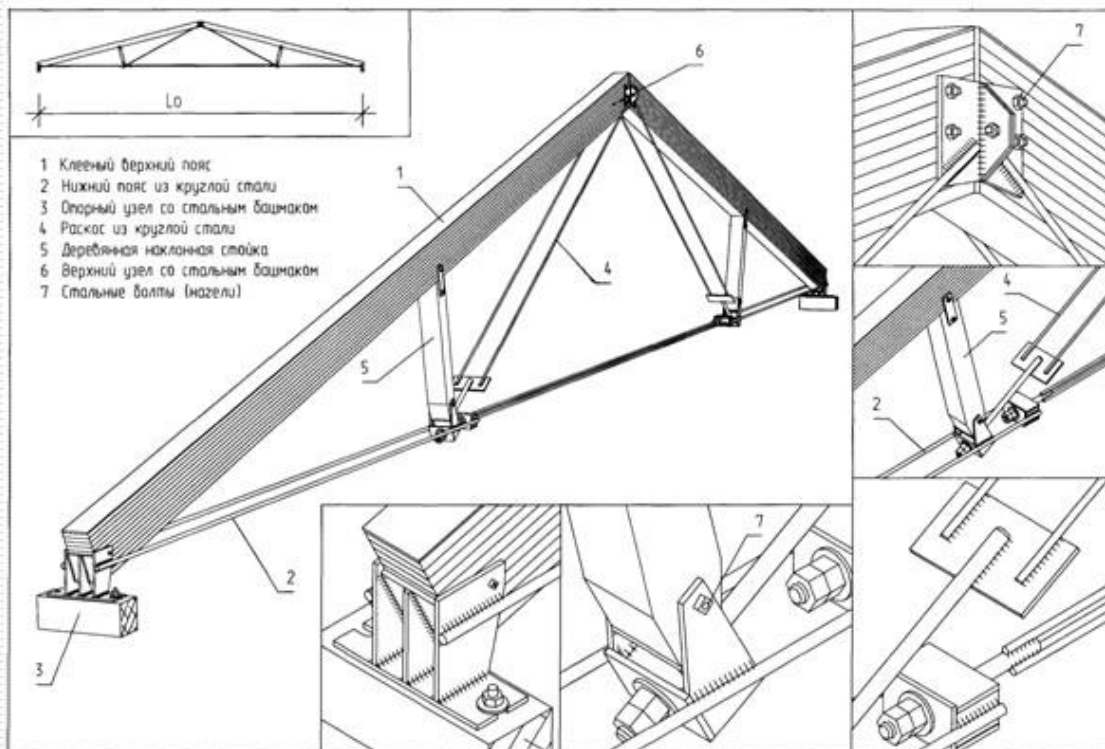
49(54)

Ферма с разрезным верхним поясом и клееными раскосами



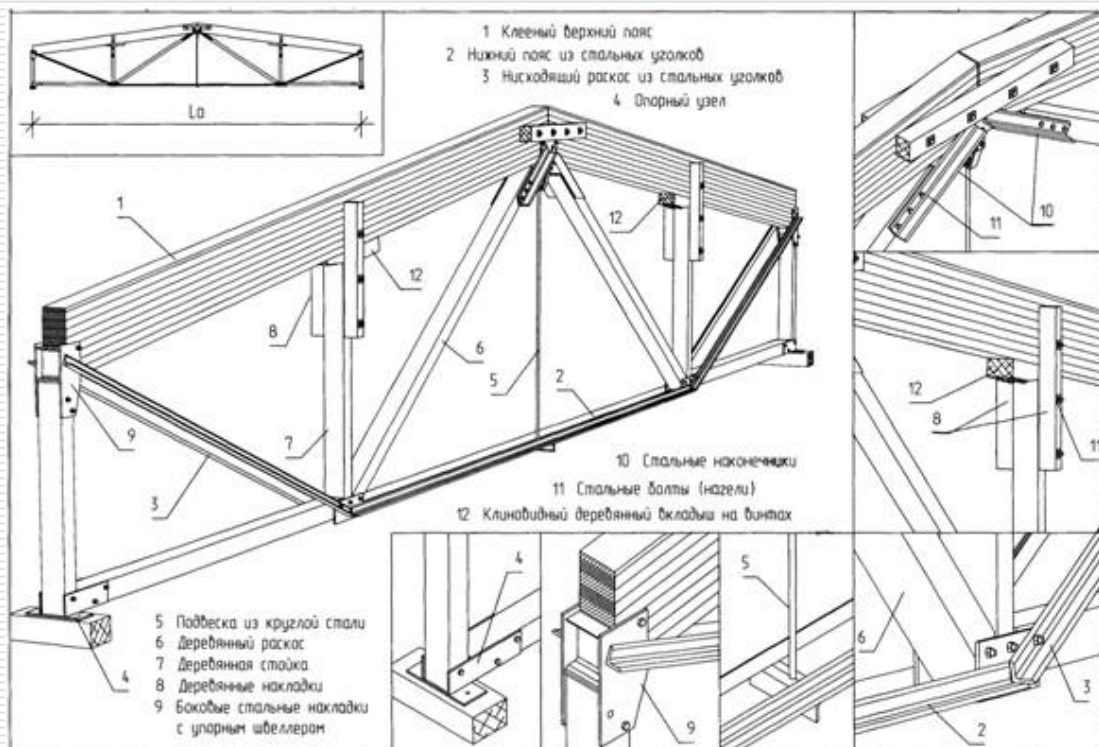
50(54)

Ферма с неразрезным верхним поясом и клееными стойками



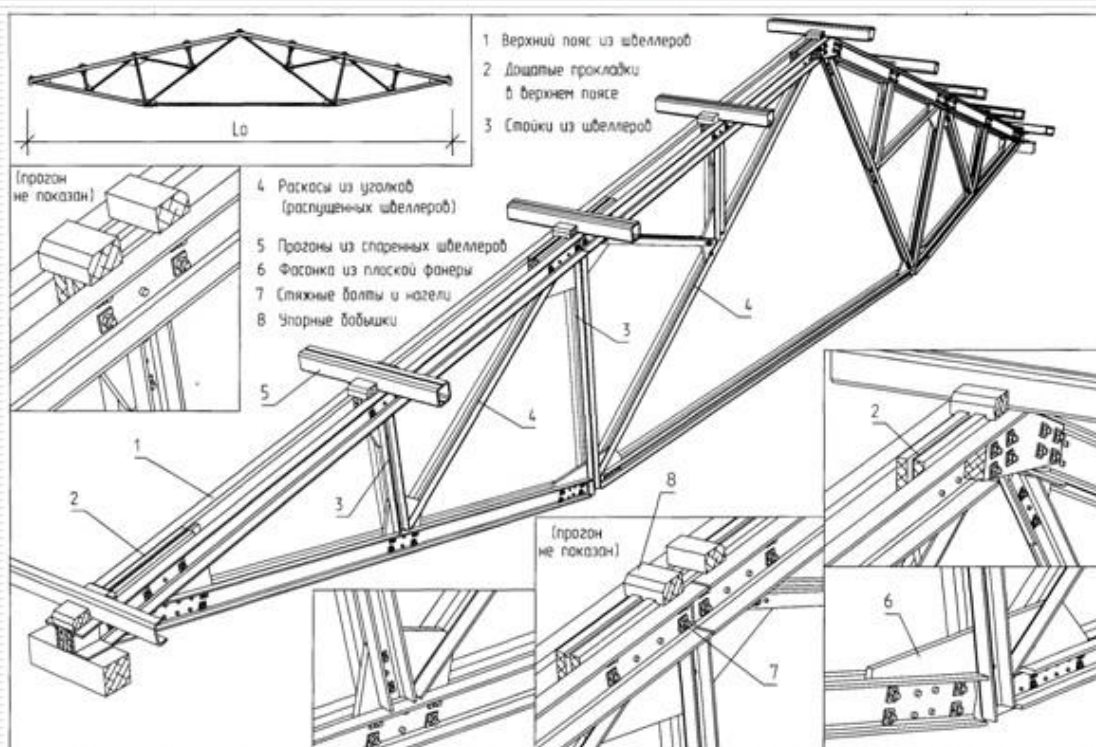
51(54)

Ферма с неразрезным в.п. и нисходящим опорным раскосом



52(54)

Ферма из фанерных швеллеров со шпренгельной решеткой



7.1.2 Фермы построечного изготовления

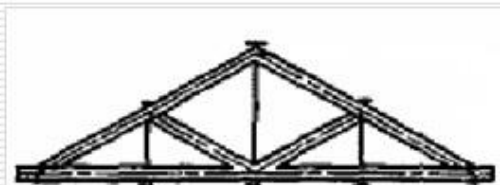
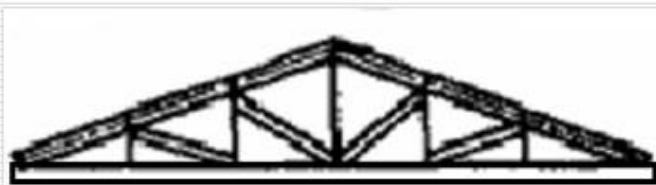
Заголовок слайда

- ❑ Это фермы из цельных брусьев, бревен или досок, изготавливаемые на строительной площадке.
- ❑ Длины панелей верхнего пояса небольшие (≤ 3 м).
- ❑ Нагрузка прикладывается в узлы.

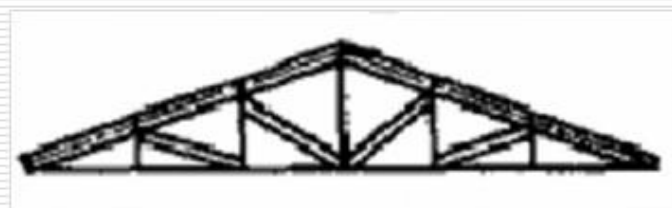
55(54)
↓

1) Треугольная ферма из брусьев или бревен

- ❑ Пояса и сжатые раскосы фермы – из брусьев или бревен.
- ❑ Растянутые стойки (подвески) выполняют из металла.



- ❑ Нижние пояса брусчатых ферм иногда выполняют в виде стальных тяжей.

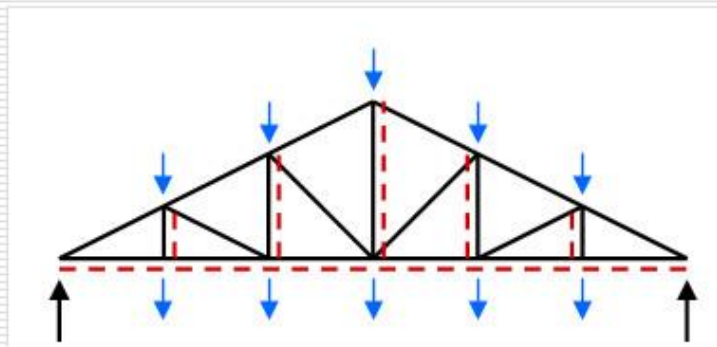


56(54)
↓

❑ Расчетная схема фермы:

$L=9...18$ м

$H/L=1/5...1/4$



❑ Узловые нагрузки от собственного веса фермы и чердачного перекрытия прикладывают в двух вариантах:

- если нет подвесного потолка – все нагрузки к верхнему поясу;
- если подвесной потолок есть – 0,5 постоянной нагрузки к верхнему поясу и 0,5 к нижнему.

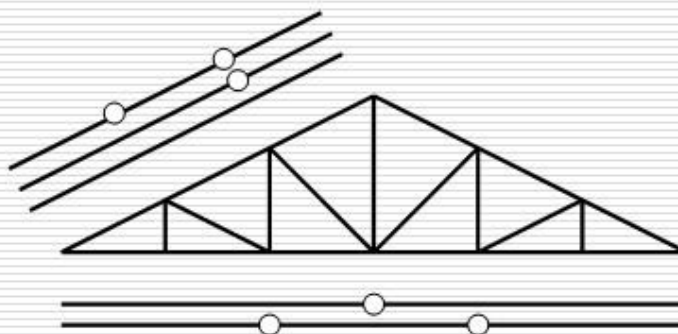
❑ Снеговая нагрузка – всегда к верхнему поясу.

57(54)
↓

❑ Усилия в элементах определяют из статического расчета.

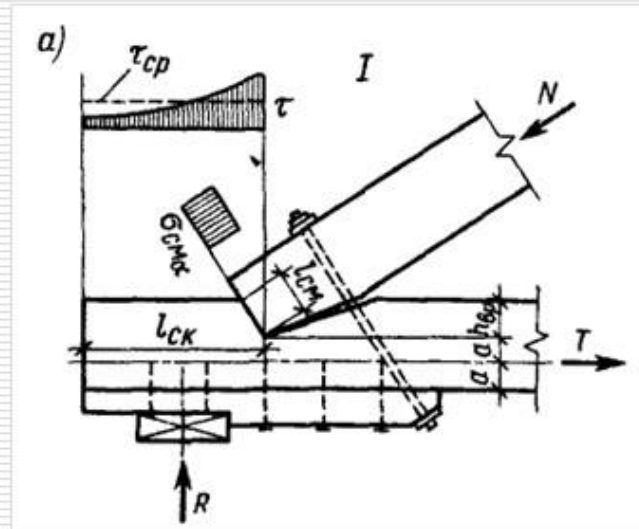
❑ При ручном счете узлы принимают шарнирными.

❑ При машинном счете учитывают возможную неразрезность поясов:



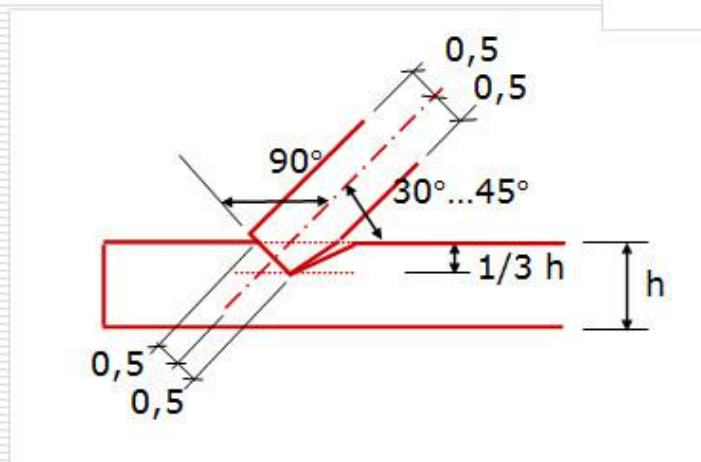
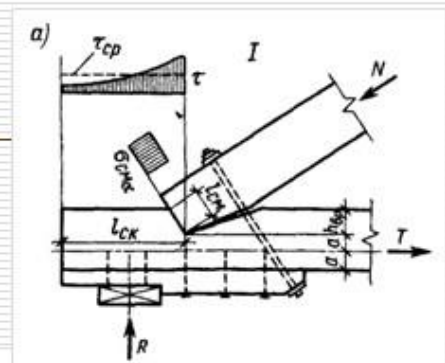
58(54)
↓

- ❑ Конструирование начинают с опорного узла.
- ❑ При усилии в верхнем поясе до 15 тс возможно применение лобовой врубки:



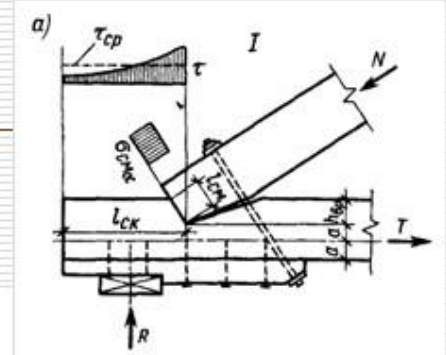
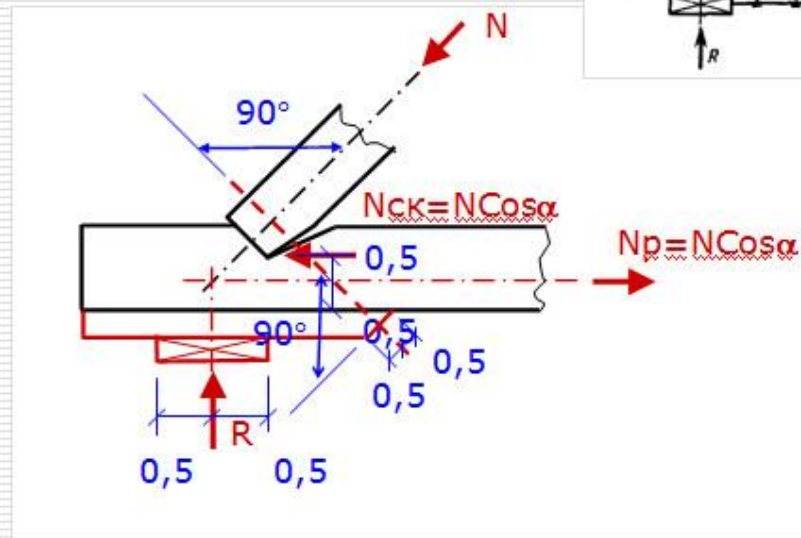
59(54)

- ❑ Конструирование лобовой врубки:



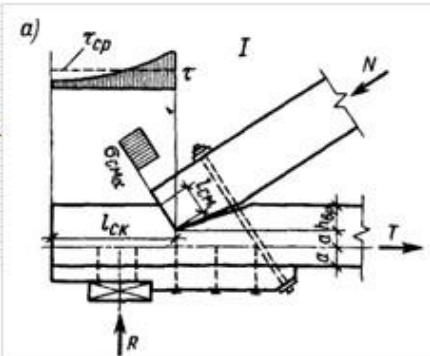
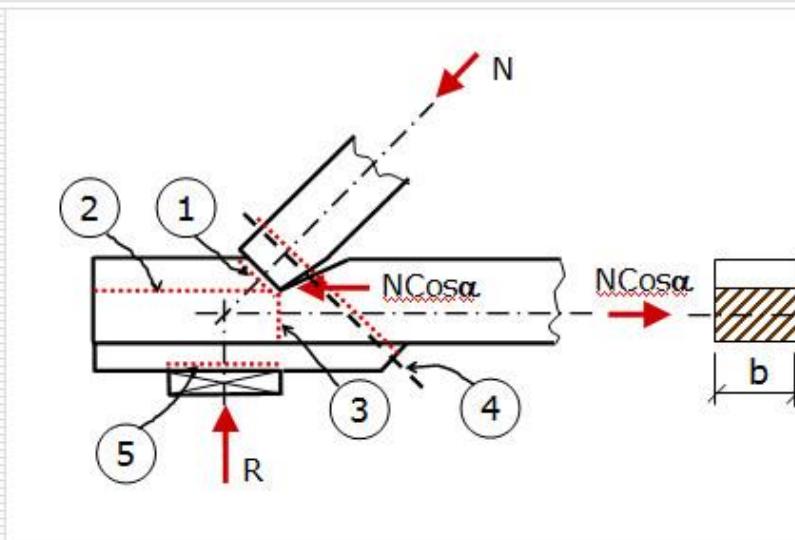
60(54)

□ Усилия, действующие в узле:



61(54)

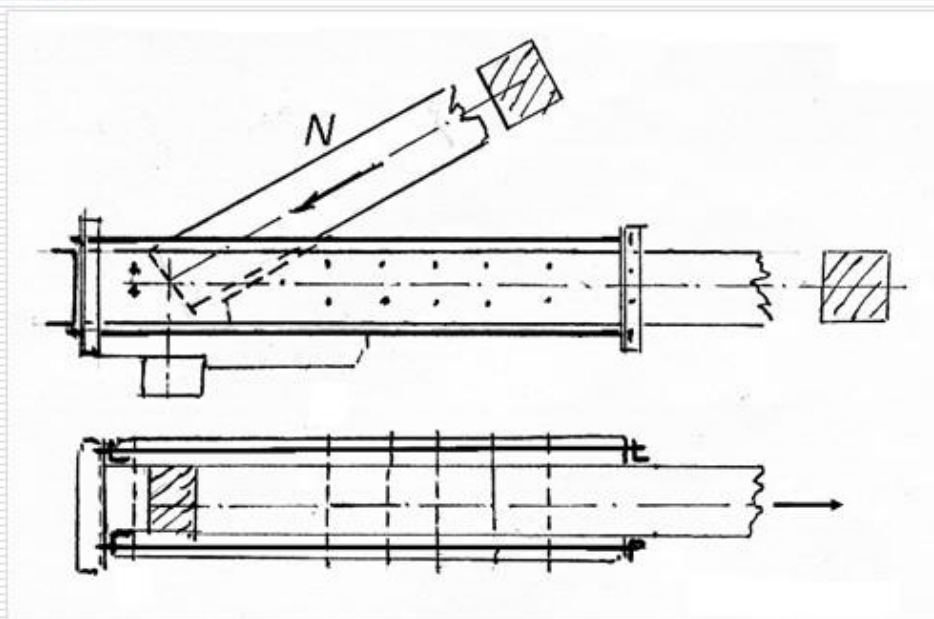
□ Проверяемые сечения:



- 1 – смятие нижнего пояса под верхним;
- 2 – скалывание;
- 3 – разрыв нижнего пояса;
- 4 – аварийный болт на растяжение;
- 5 – смятие опорной площадки.

62(54)

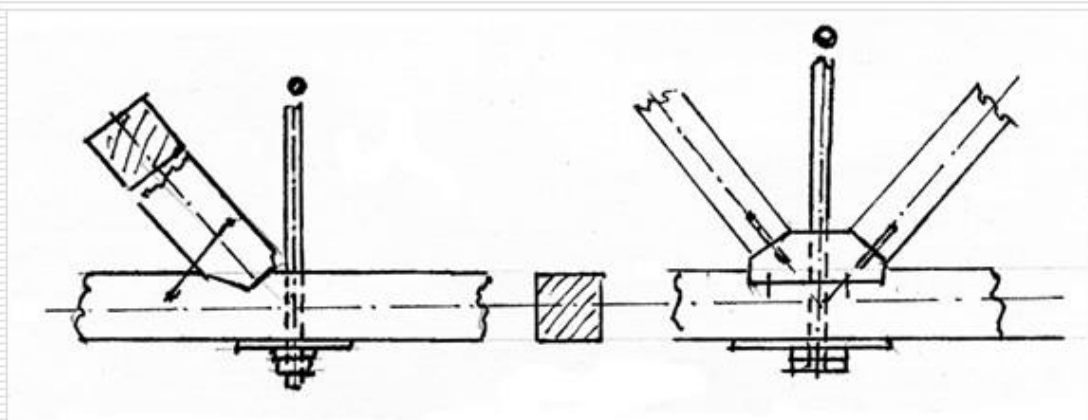
-
- ❑ Опорный узел с лобовым упором на тяжах выдерживает N до 30 тс:



63(54)

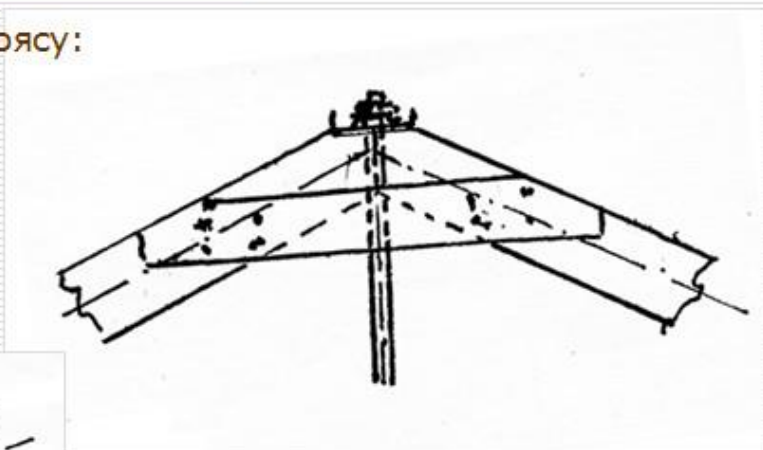
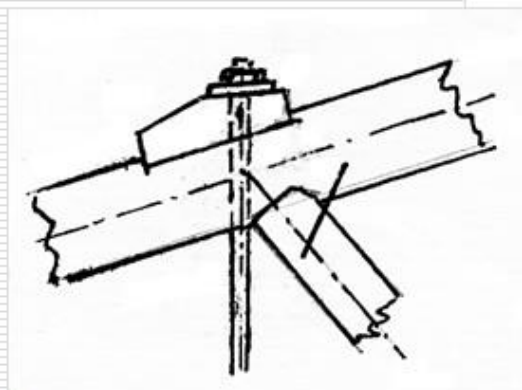
-
- ❑ Узлы по нижнему поясу:

- а) опирание раскоса через лобовую врубку;
- б) через врубку и вкладыш.



64(54)

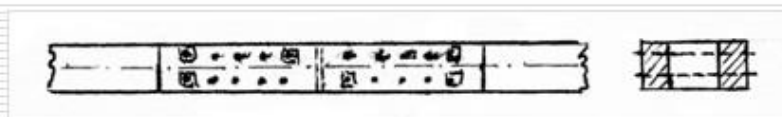
□ Узлы по верхнему поясу:



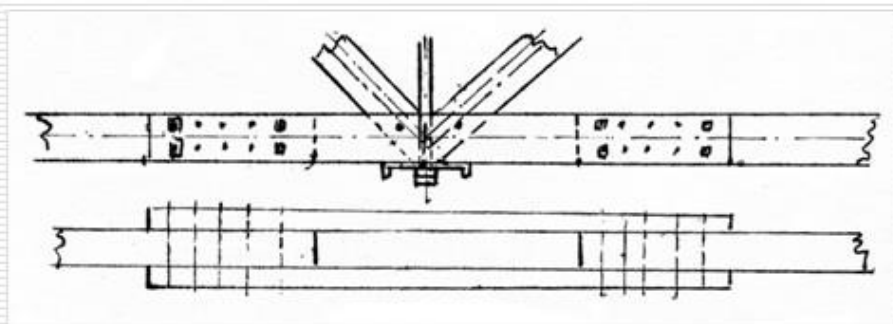
65(54)
↓

□ Стыки нижнего пояса:

а) в середине панели пояса;

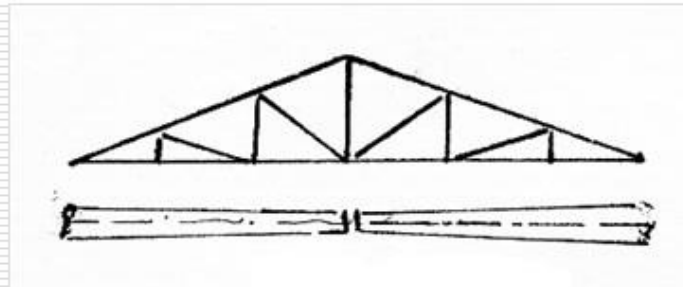


б) совпадающий с узлом.



66(54)
↓

-
- ❑ При конструировании ферм из круглого леса учитывается конусообразность бревен:

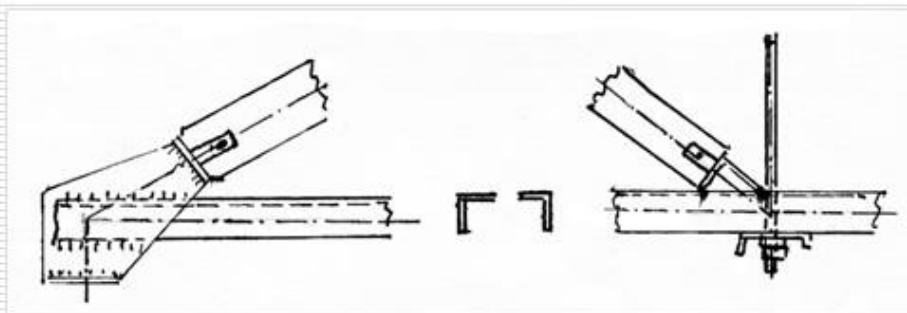
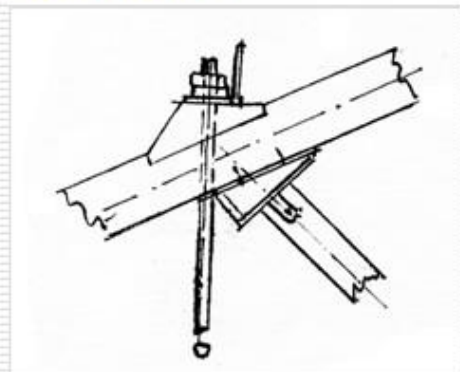


67(54)
↓

-
- ❑ Узлы ферм с нижним поясом из уголкового стали:

- ❑ Рассчитывают:

- древесину на прочность по смятию;
- металлические пластины на изгиб;
- тяжи на растяжение;
- сварные соединения.



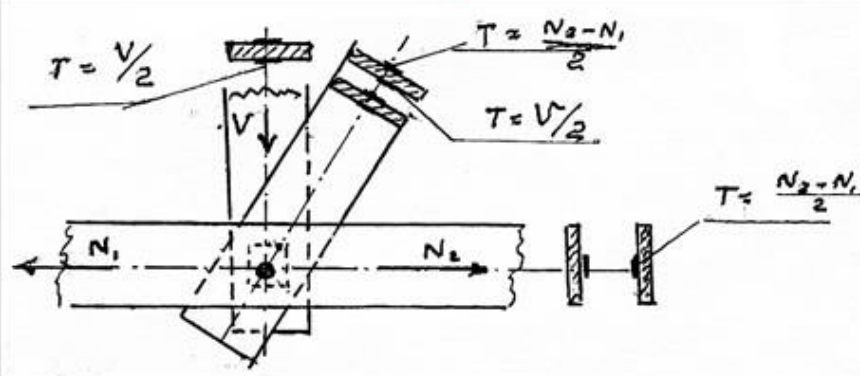
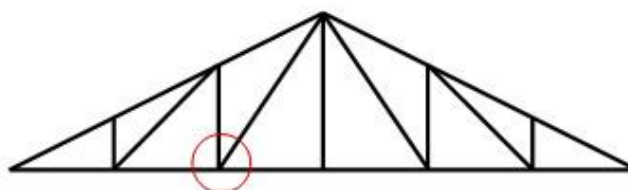
68(54)
↓

2) Треугольная ферма из досок

- Незначительные растягивающие усилия в раскосах позволяют конструировать узловые соединения на **кольцевых шпонках** или **металлических зубчатых пластинах**.

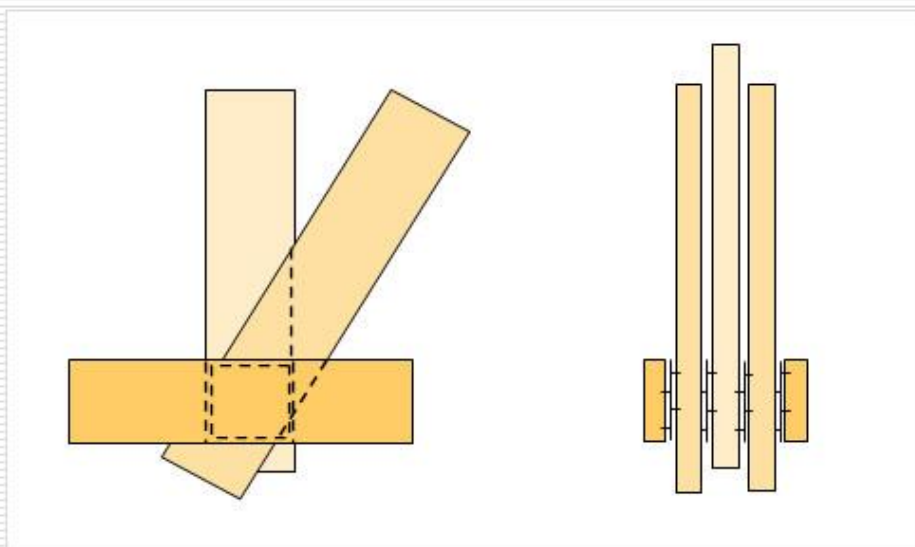
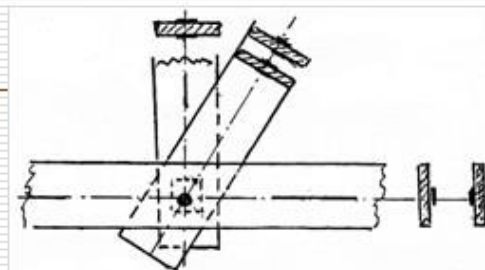
$L=9\text{...}15\text{ м}$

$H/L=1/5\text{...}1/7$



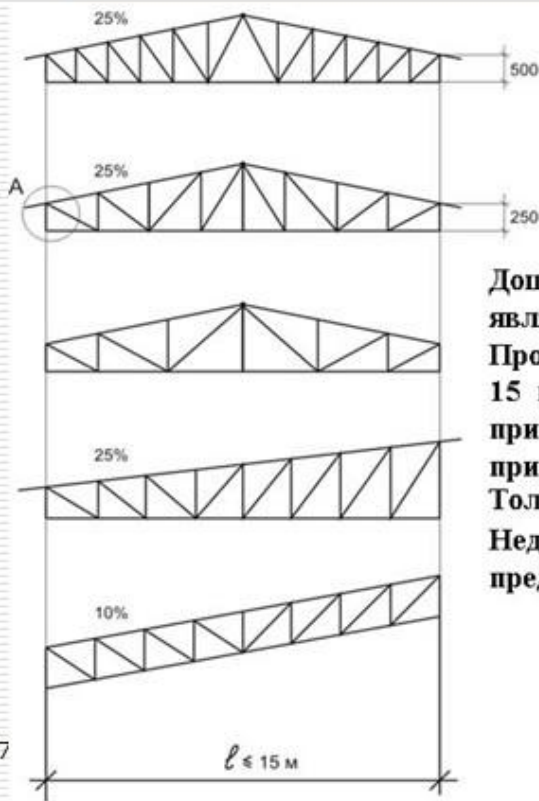
69(54)
↓

- Сборка узла:



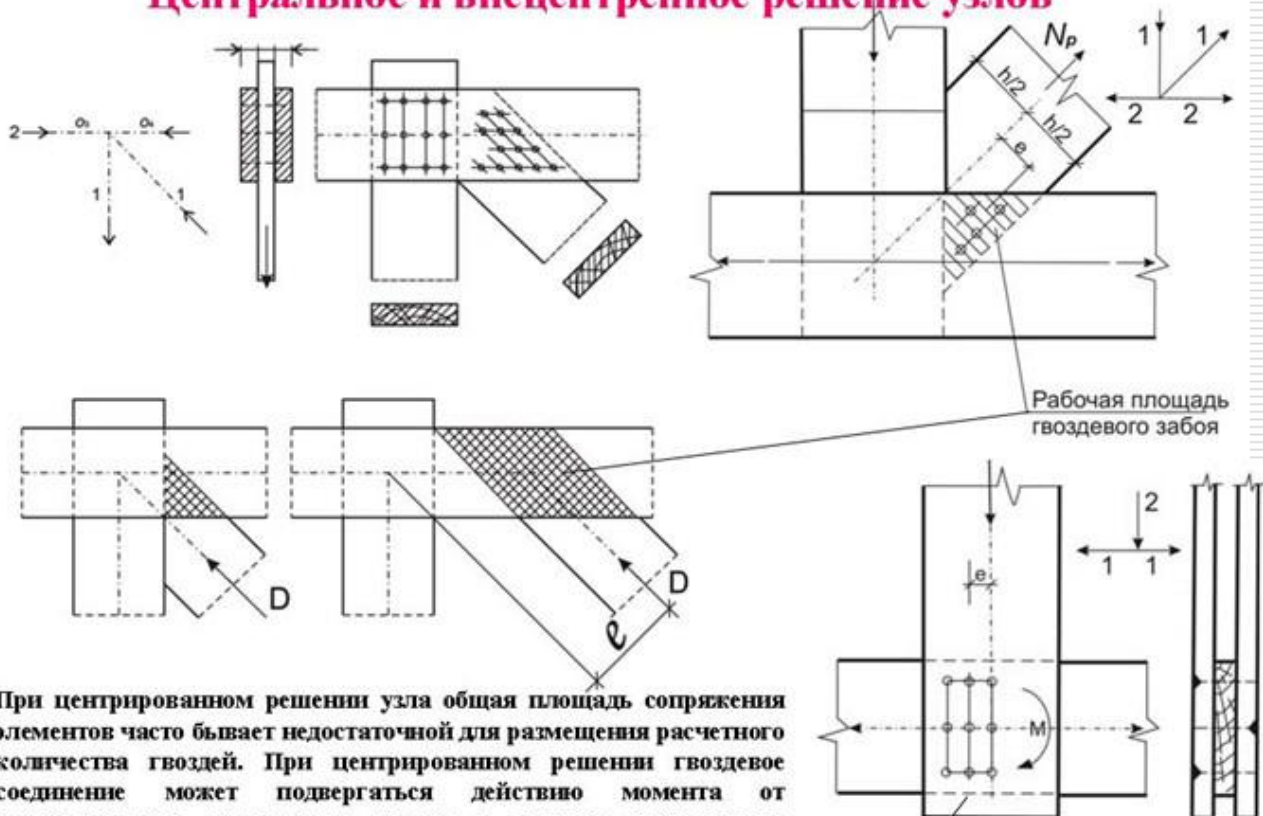
70(54)
↓

3) Дощато-гвоздевые фермы



Дощато-гвоздевые фермы – цельнодеревянные, являются конструкциями построечного изготовления. Просты в изготовлении. Применяются при пролетах до 15 м при шаге от 1,5 до 3 м. Строительная высота принимается в пределах $\frac{1}{4} - \frac{1}{5}$ от пролета. Допускается применение пиломатериала влажностью до 25%. Толщина пиломатериала применяется 40–50 мм. Недостатком данных конструкций является низкий предел огнестойкости, повышенная деформативность.

Центральное и внецентренное решение узлов



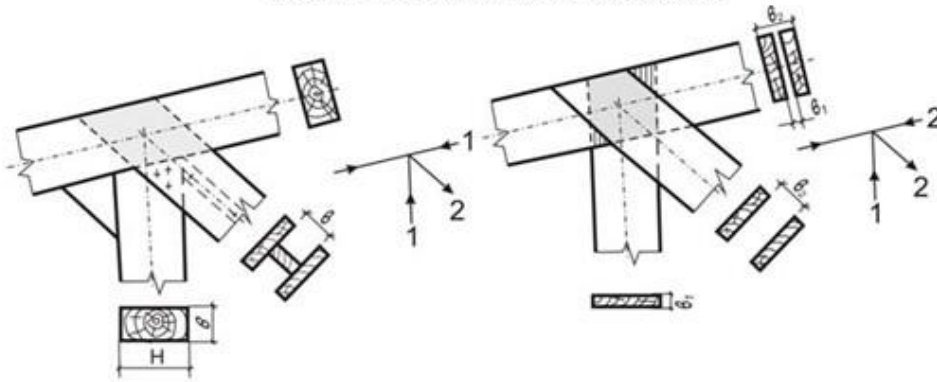
Рабочая площадь гвоздевого забоя

При центрированном решении узла общая площадь сопряжения элементов часто бывает недостаточной для размещения расчетного количества гвоздей. При центрированном решении гвоздевое соединение может подвергаться действию момента от внецентренного приложения усилия в раскосе относительно центра гвоздевого соединения.

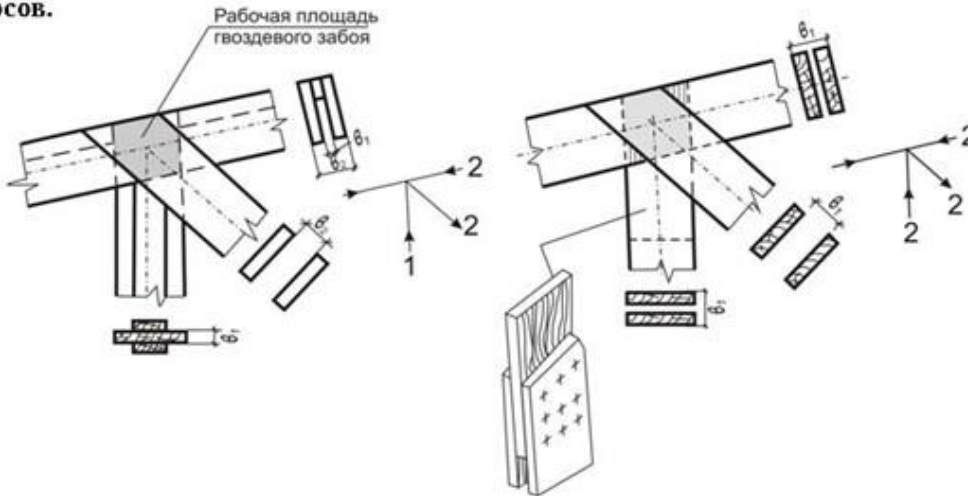
При внецентренном решении узлов следует проверить пояса на действие дополнительного момента ($D \cdot e$) от усилия в раскосах.

Такого решения следует избегать

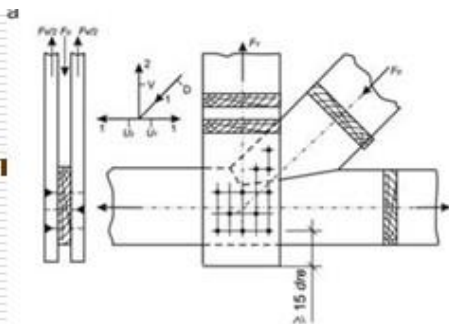
УЗЛЫ ВЕРХНЕГО ПОЯСА



Представлены различные варианты решения поперечного сечения верхнего пояса и раскосов.

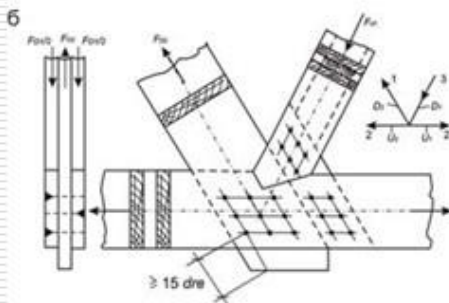


73(5)

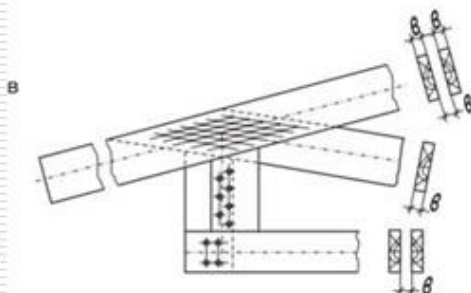


Определение необходимого количества гвоздей:

$$n = \frac{N}{n_{cp} T_{min}}$$



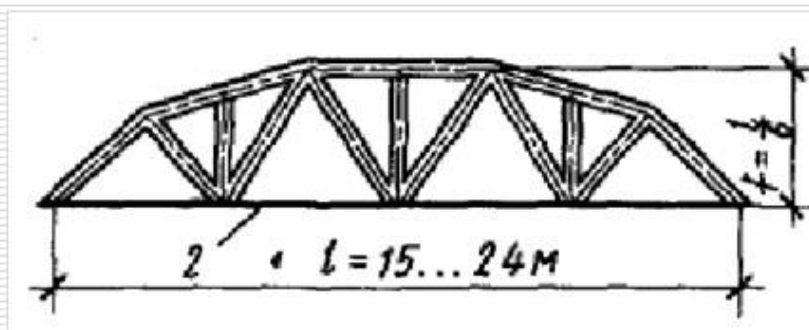
Шаблон для забивки гвоздей



74(54)

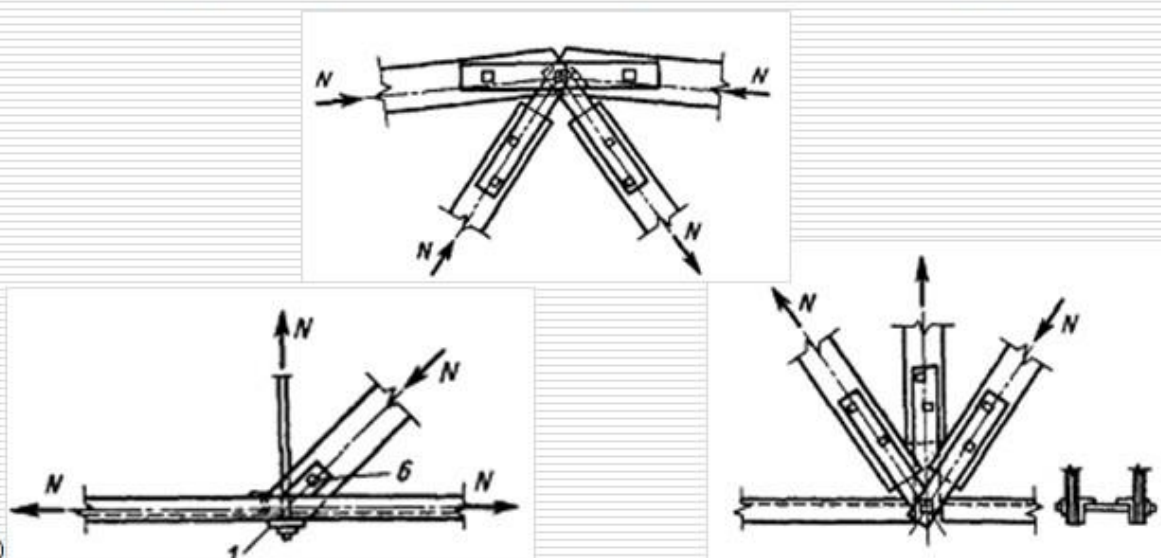
4) Многоугольная ферма из брусьев

- ❑ Верхний пояс брусчатый разрезной.
- ❑ Элементы решетки из бруса.
- ❑ Нижний пояс из металла.



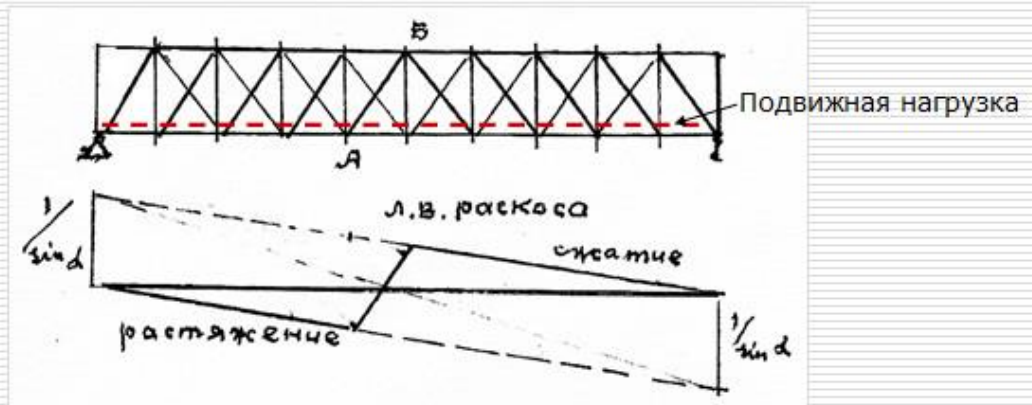
75(54)

- ❑ Геометрический и статический расчеты выполняются как для сегментной фермы.
- ❑ Конструкция узлов аналогична узлам сегментной фермы.



76(54)

5) Ферма с параллельными поясами Гау-Журавского



- ❑ Пояса рассчитывают на продольные силы при изгибе $N = M_0/h_0$:
 - M_0 – изгибающий момент относительно точки Риттера;
 - h_0 – расстояние между осями поясов ферм.

77(54)
↓

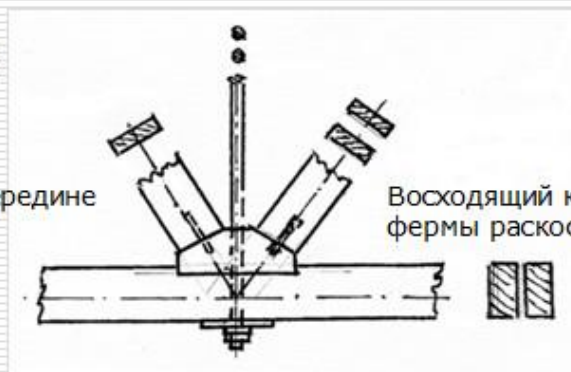
- ❑ Решетка – из перекрестных раскосов.
- ❑ Знак усилия в восходящем к середине фермы раскосе может меняться.
- ❑ По конструкции узлов раскосы воспринимают только сжимающее усилие $N = Q/\sin \alpha$

Q – поперечная балочная сила в точке примыкания раскоса к нижнему поясу.

α – угол наклона раскоса;

Нисходящий к середине фермы раскос

Восходящий к середине фермы раскос



78(54)
↓