

ОПОРНЫЕ УЗЛЫ ДЕРЕВЯННЫХ ФЕРМ

Опорные узлы брусчатых деревянных ферм решают на лобовых врубках с одним-двумя зубьями или на стальных хомутах.

Лобовую врубку с одним зубом применяют в опорных узлах простейших треугольных ферм при небольших пролетах и нагрузках. Лобовую врубку с двумя зубьями применяют в опорных узлах многопанельных ферм, когда врубка с одним зубом при ограниченной площади смятия не может обеспечить передачу значительных усилий, возникающих в этих фермах. Общим недостатком опорных узлов на врубках является наличие длинного участка нижнего пояса, работающего на скалывание, нередко мешающего правильному размещению фермы на верхней связке стены и требующего большого выноса карниза кровли.

Если усилия в элементах фермы велики, то опорные узлы могут быть решены на стальных хомутах, с тяжами из круглой стали



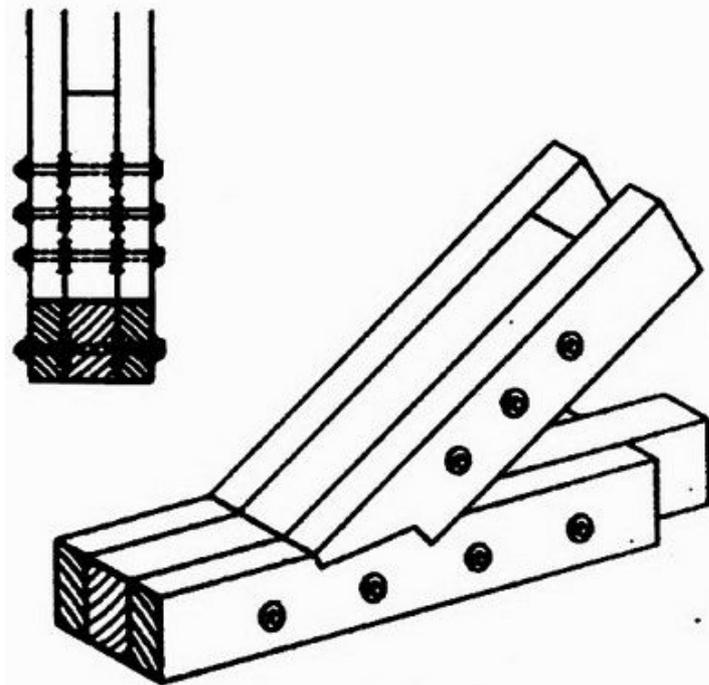
Конструирование опорного узла на лобовой врубке

Конструкция узла представлена на рис.6. Верхний сжатый элемент (ВП или опорный раскос) упирается частью своего торца в вынутое для этой цели гнездо в нижнем растянутом элементе (нижнем поясе фермы). Площадка смятия а-б располагается перпендикулярно к оси верхнего сжатого элемента; центр площадки смятия должен совпадать с осью верхнего элемента. Площадка в-б в работе врубки участия не принимает. Площадка б-г работает на скалывание.

Глубина лобовой врубки $h_{вр}$ в опорных узлах должны быть не более $1/3$ высоты бруса нижнего пояса. Наименьшая глубина врубки для бруса – 2 см.

Длина плоскости скалывания должна быть не менее четырех глубин врубки и не менее 20 см.

Для связи верхнего и нижнего элементов должен быть поставлен стяжной болт диаметром 16-25 мм, обеспечивающий необходимую плотность сопряжения. В случае скалывания площадки б-г болт может предотвратить обрушение фермы или замедлить его, вследствие чего эти стяжные болты иногда называют "аварийными". Болты располагают перпендикулярно к оси сжатого элемента; иногда при очень больших углах наклона сжатого элемента к нижнему растянутому элементу возможна постановка болтов перпендикулярно биссектрисе угла наклона.



Упором для нижней шайбы болта служит скошенная плоскость деревянной опорной подкладки – подбалки, прибиваемой к нижнему элементу гвоздями. Подбалку опирают на опорную подушку, которая распределяет опорное давление на большую площадь стены. В подбалке, в месте примыкания к опорной подушке, обычно делают уступ примерно на 2 см. Постановка подбалок в опорных узлах ферм совершенно обязательна. Помимо создания упора для закрепления стяжного болта, подбалка усиливает ослабленное сечение растянутого пояса и своим выступом фиксирует положение опорной подушки, чем облегчает и ускоряет правильную установку ферм на место. Толщину подбалки принимают не менее глубины врубки $h_{вр}$.



В фермах из брусьев для предотвращения появления значительных изгибающих моментов, возникающих вследствие несимметричного ослабления растянутого элемента, рекомендуется центрировать опорные узлы по оси, проходящей через середину ослабленного сечения нижнего пояса (рис.7а).

При разметке врубки с площадкой смятия, расположенной симметрично относительно оси сжатого элемента, наиболее простое графическое ее построение может быть получено следующим образом (рис.7б). На расстоянии $0,5h_{вр}$ от верхней кромки нижнего пояса проводят прямую, параллельную этой кромке, до пересечения с осью сжатого элемента в точке n . Через точку n затем проводят прямую $a-b$, перпендикулярную к оси сжатого элемента.

На рис.7в приведен другой вариант лобовой врубки; он отличается от основного тем, что в нем осевая линия сжатого бруса не совпадает с серединой площадки смятия, вследствие чего в сжатом элементе возникает изгибающий момент $M = N_e$. Такое решение не рекомендуется для основных узлов ферм, но оно иногда допускается в промежуточных узлах подкосных конструкций с обязательным учетом дополнительных напряжений, возникающих в сжатом элементе от эксцентричного приложения сжимающего усилия

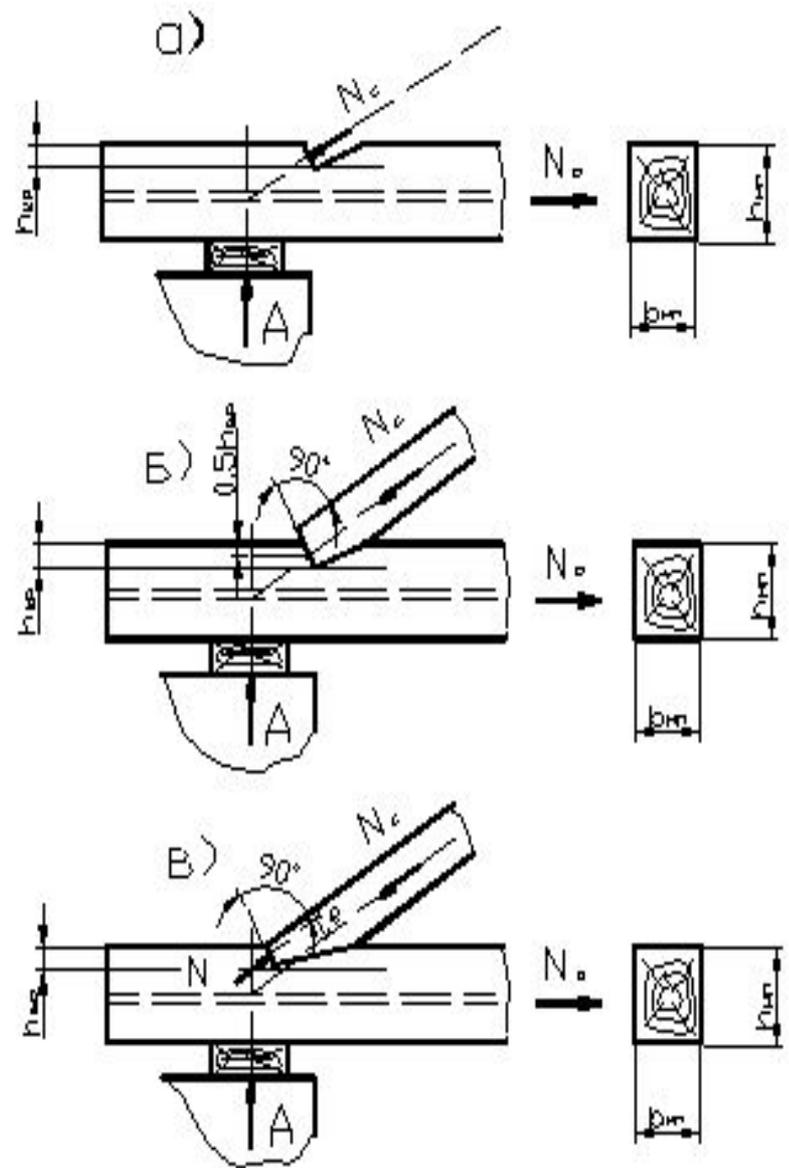


Рис. 7 Конструирование лобовой ВРУБКИ.

В лобовых врубках с одним зубом необходимо проверить прочность рабочих поверхностей на смятие и на скалывание. Ослабленный врубкой нижний пояс надо проверить на возможность разрыва. Проверку на смятие производят по формуле:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{N_{\text{см}}}{A_{\text{см}}} \leq R_{\text{см}} \cdot m_{\text{в}}$$

где $N_{\text{см}}=N_{\text{с}}$ – усилие смятия, равное усилию в примыкающем сжатом элементе верхнего пояса (опорного раскоса в случае полигональной фермы) и направленное перпендикулярно к плоскости смятия;

$R_{\text{см}}$ – расчетное сопротивление древесины смятию под углом (приложение 2);

$A_{\text{см}}$ – площадь смятия

$$A_{\text{см}} = \frac{h_{\text{вр}}}{\cos \alpha} \cdot b,$$

где $h_{\text{вр}}$ – глубина врубки, b – ширина бруса.

Проверку прочности лобовой врубки на скалывание производят по формуле:

$$\tau = \frac{N_{\text{ск}}}{A_{\text{ск}}} \leq R_{\text{ск}}^{\text{ср}} \cdot m_{\text{в}}$$

где $N_{\text{ск}}=N_{\text{р}}$ – скалывающее усилие, равное усилию в нижнем поясе;

$A_{\text{ск}}$ – площадь скалывания $A_{\text{ск}}=b \cdot l_{\text{ск}}$,

где $l_{\text{ск}}$ – длина площадки скалывания,

b – ширина бруса;



$R_{СК}^{CP}$ – среднее по площадке скалывания расчетное сопротивление древесины скалыванию,

$$R_{СК}^{CP} = \frac{R_{СК}}{1 + 0,25 \cdot l_{СК} / e},$$

где e – эксцентриситет, равный $0,5h$;

$R_{СК}$ – расчетное сопротивление древесины скалыванию (приложение 2).

Минимальное значение длины площадки скалывания:

$$l_{СК} \geq 20 \text{ см}; \quad l_{СК} \geq 1,5h; \quad l_{СК} \geq h_{ВР};$$

а максимальная величина, вводимая в расчет, должна удовлетворять условию:

$$\begin{cases} l_{СК} \leq 10h_{ВР} \\ l_{СК} \leq 2h \end{cases}$$

Стяжной болт, скрепляющий сопрягаемые элементы в узле, может быть рассчитан как "аварийный". Растягивающее усилие в болте с учетом сил трения находят из выражения:

$$N_6 = N_c \cdot \operatorname{tg}(60^\circ - \alpha).$$

Необходимая площадь болта в месте, ослабленном нарезкой:

$$A_6 = \frac{N_6}{0,9 \cdot R_{bt}},$$

где R_{bt} – расчетное сопротивление стали болта растяжению (для болтов класса 4, $6R_{bt} = 1700 \text{ кг/см}^2$),

Гвозди, которыми подбалка узла крепится к нижнему поясу, должны воспринимать усилие:

$$T = N_6 \cdot \sin \alpha,$$

где N_6 – усилие в аварийном болте.

Необходимое количество гвоздей, крепящих подбалку:

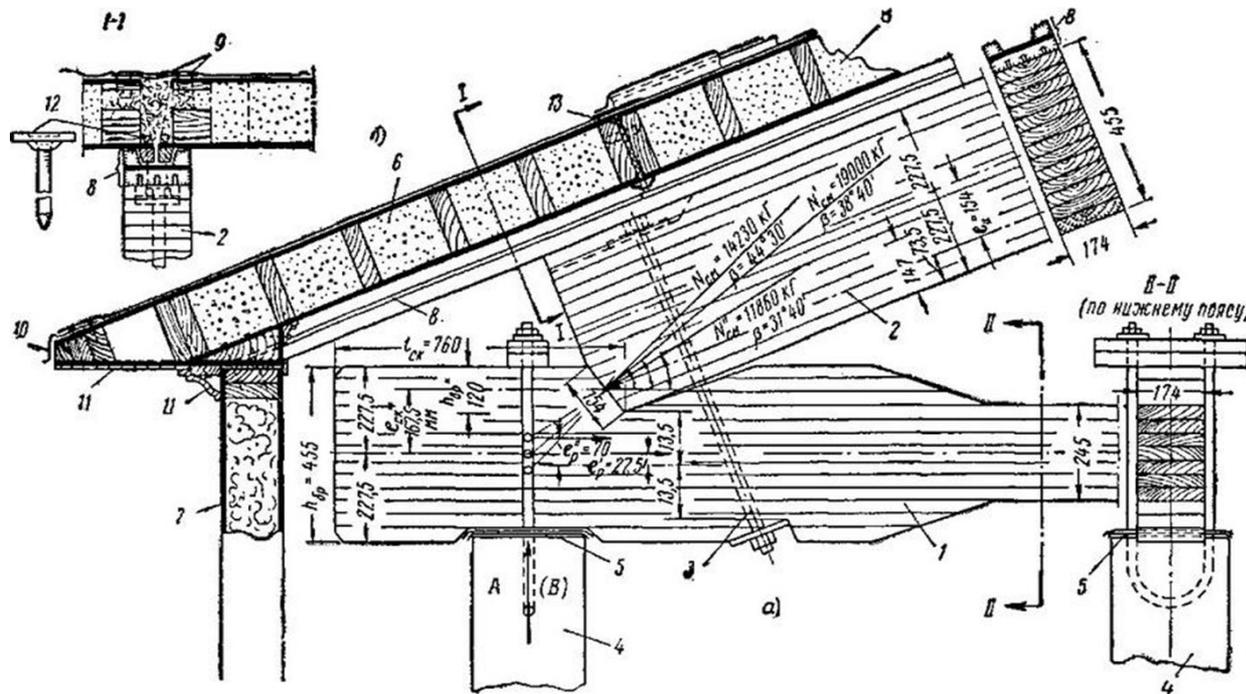
$$n_{ГВ} = \frac{T}{T_{ГВ}},$$

где $T_{ГВ}$ – расчетное усилие на один срез несимметрично работающего гвоздя, определяемое по общим правилам расчета нагельных соединений.

Расчет опорной подушки сводится к проверке напряжений смятия по площади соприкосновения подбалки с опорной подушкой по формуле:

$$\sigma_{см} = \frac{A}{b \cdot b_{под}} \leq R_{см90^{\circ}} \cdot m_{в}, \quad (11)$$

где A – опорная реакция, b и $b_{под}$ – ширина подбалки и ширина опорной подушки соответственно, $R_{см90^{\circ}}$ – расчетное сопротивление смятию поперек волокон (приложение 2).



ОПОРНЫЙ УЗЕЛ ФЕРМЫ НА НАТЯЖНЫХ ХОМУТАХ

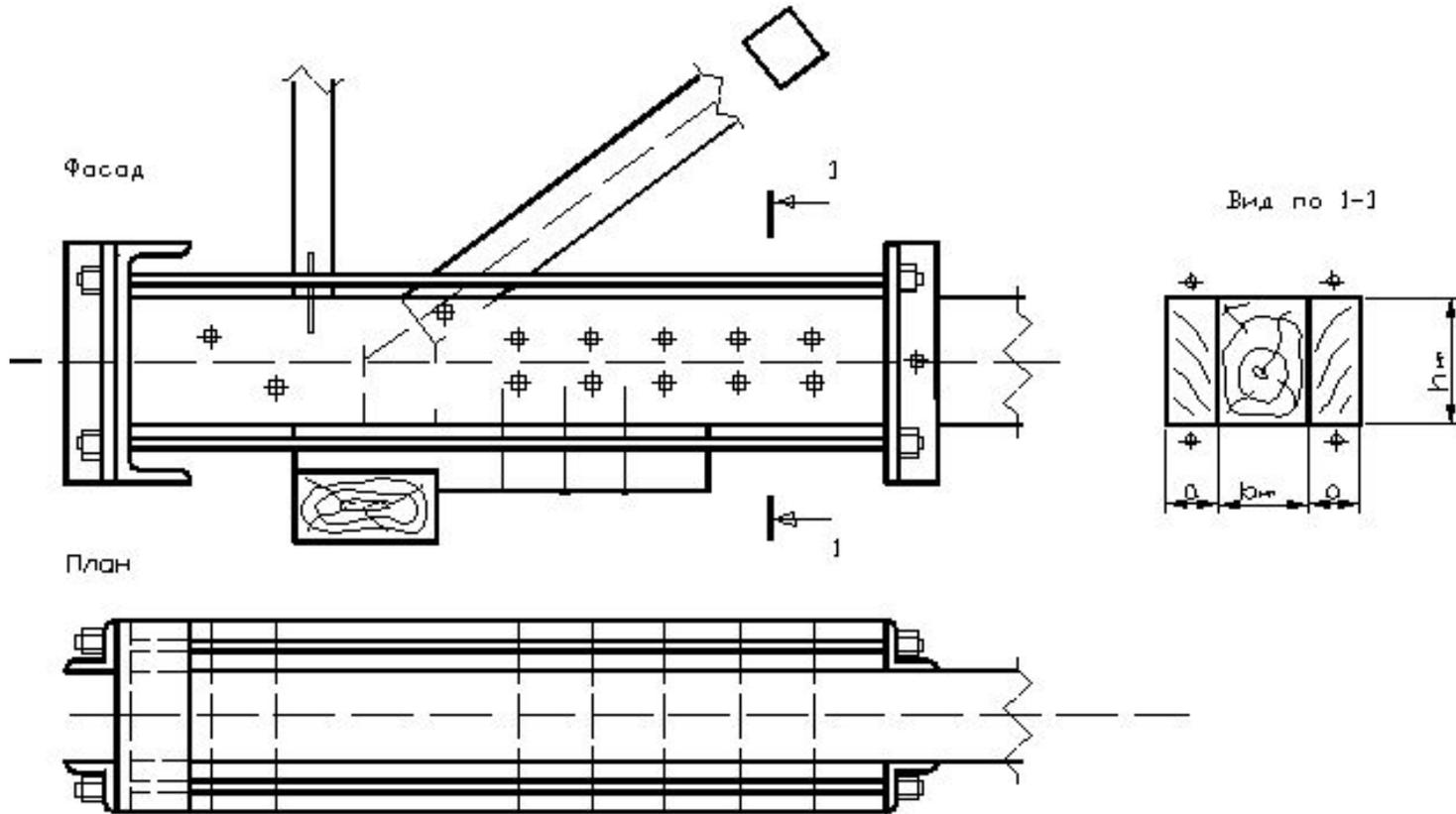


Рис 8 Опорный узел полигональной фермы
на натяжных хомутах.

Если усилия в элементах фермы настолько велики, что врубка с высотой $h_{вр}=1/3h_{нп}$ будет недостаточной для их восприятия, то тогда опорные узлы могут быть решены на стальных хомутах с тяжами из круглой стали и жесткими шайбами из швеллеров и уголков на концах. Вариант такого решения опорного узла изображен на рис.8.

Верхний сжатый пояс упирается во вкладыш. Усилие от опорного вкладыша передается на швеллер, а с последнего – на натяжные хомуты, состоящие из круглых стальных тяжей, охватывающих с двух сторон деревянные накладки, и уголков, через которые усилие передается на торцевые поверхности накладок.

Опорные узлы на натяжных хомутах являются мощным, компактным и, вместе с тем, надежным средством сопряжения. Их недостаток – лишь трудоемкость и значительный расход металла. Область их применения – тяжелые брусчатые или полигональные фермы.



В опорном узле на хомутах из круглой стали должны быть сделаны следующие проверки:

1) опорного вкладыша на смятие по плоскости примыкания верхнего пояса (или опорного раскоса в случае полигональной фермы)

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{N_c}{A_{\text{см}}} \leq R_{\text{см}} \cdot m_B,$$

где N_c – сжимающее усилие в верхнем, примыкающем элементе;
 $A_{\text{см}}$ – площадь участка смятия.

2) стальных тяжей на растяжение в месте нарезки

$$\sigma_p = \frac{N_p}{4A_{\text{нт}}} \leq R_{bt} \cdot \gamma_c,$$

где N_p – растягивающее усилие в нижнем поясе фермы,
 $A_{\text{нт}}$ – площадь сечения одного тяжа в месте нарезки (всего тяжей в узле – четыре);

R_{bt} – расчетное сопротивление стали тяжа растяжению;

γ_c – коэффициент, учитывающий условия работы тяжей.



3) количества двухсрезных нагелей n_H для прикрепления накладок к нижнему поясу по усилию в крайнем элементе $N_{Hп}$

$$n_H = \frac{N_{Hп}}{2T_{min}}$$

где T_{min} – минимальная несущая способность нагеля на один срез (приложение 7).

4) опорного швеллера и уголков на изгиб под действием нагрузки от вкладыша и накладок

$$\sigma_{из} = \frac{M}{W} \leq R_{bt} \cdot \gamma_c,$$

5) накладок на смятие по торцам

$$\sigma_{см} = \frac{N_{Hп}}{2A_{см}} \leq R_{см} \cdot m_B,$$

где $A_{см}$ – площадь участка опирания накладки на торцевые уголки,
 $R_{см}$ – расчетное сопротивление древесины смятию вдоль волокон (приложение 2).

6) опорной подушки на смятие под воздействием опорного давления

$$\sigma_{см} = \frac{N}{b \cdot b_{под}} \leq R_{см} \cdot m_B$$

где N – опорная реакция,

b и $b_{под}$ – ширина подбалки и ширина опорной подушки.

