

Расчет прогонов

Рассматривается расчет неразрезного прогона. Неразрезные прогоны являются основным решением многопролетных прогонов в покрытиях по несущим деревянным конструкциям (фермам). Выполняются они из двух досок, которые для обеспечения совместной работы ставятся рядом и скрепляются между собой по всей длине гвоздями.

Верхние пояса ферм, на которые непосредственно опираются прогоны, расположены не горизонтально, а под некоторым углом к горизонту.

Поэтому поперечное сечение прогона, если не принять соответствующих конструктивных мер, будет расположено под тем же углом к вертикальной плоскости, в которой действуют все нагрузки.

В этом случае прогон будет испытывать косой изгиб (рис. 9.), что вызовет резкое увеличение необходимых размеров поперечного сечения.

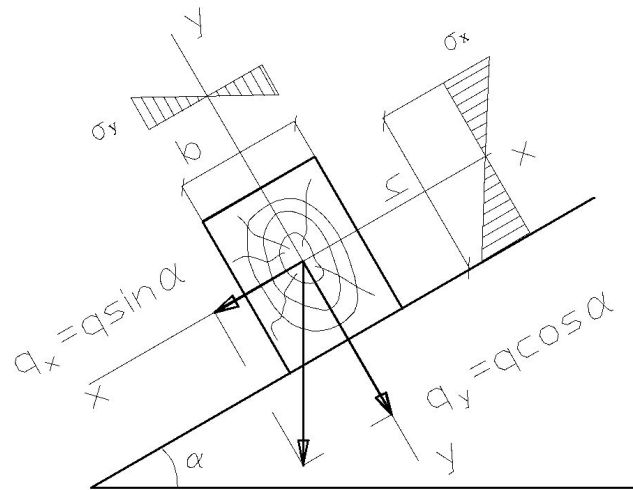


Рис.9. Косой изгиб прогона

Расчет прогонов

Чтобы избежать перерасхода древесины, применяют:

- а) установку прогонов в вертикальной плоскости;
- б) специальные конструктивные элементы, воспринимающие составляющие нагрузок, направленные вдоль ската кровли (скатные составляющие).

Установка прогонов в вертикальной плоскости дает возможность полно использовать древесину. Такая установка достигается в треугольных фермах, где угол наклона верхнего пояса велик (обычно $\text{tg}a=0.4$ и $a=22^\circ$), при помощи специальных прокладок (рис. 10,а) и в полигональных фермах, где угол наклона верхнего пояса мал (обычно $\text{tg}a=0.1$ и $a=6^\circ$), подрезкой верхнего пояса (рис. 10,б).

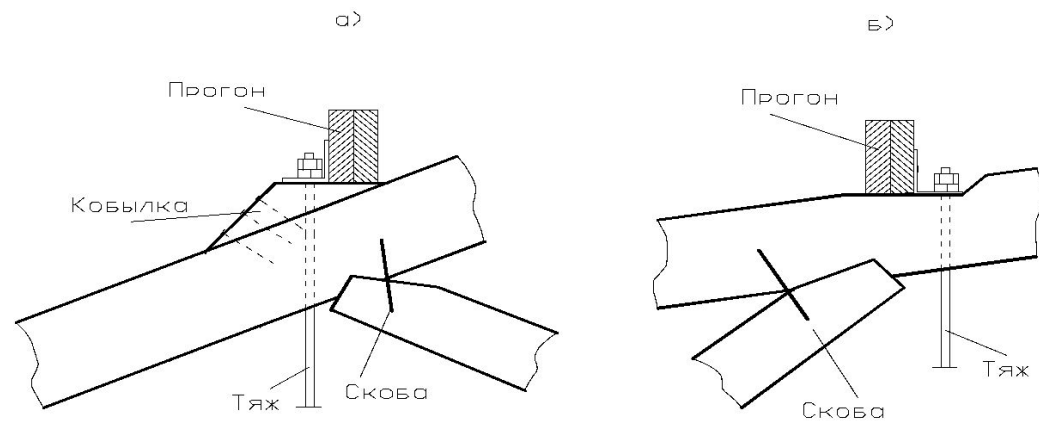


Рис. 10. Установка прогонов в вертикальной плоскости:
а - для треугольной фермы, б – для полигональной фермы

Расчет прогонов

При наклонной установке прогонов для восприятия скатных составляющих используется настил кровли. В этом случае особое значение приобретает косой защитный настил, значительно увеличивающий жесткость кровли.

Оба настила пришиваются гвоздями к прогонам, и все усилия, действующие вдоль ската, передаются на коньковый прогон, который выполняется парным (рис. 11.) и специально рассчитывается или связывается с таким же прогоном с другой стороны конька.

Каждый ряд досок (всего в поперечном сечении два ряда) представляет собой консольно-балочную систему с шарнирами в каждом пролете. Стыки каждой из досок (полупрогнонов) располагаются вразбежку в зонах наименьших изгибающих моментов неразрезной балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, т.е. на расстоянии $0,20-0,21$ вправо и влево от опоры.

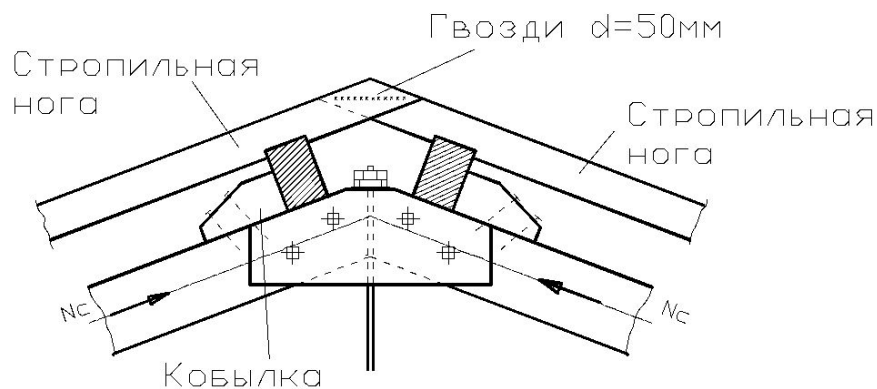


Рис. 11. Соединение стропильных ног, препятствующее косому изгибу прогонов

Расчет прогонов

Стыки осуществляются простой приторцовкой элементов и постановкой в непосредственной близости от стыка (по обе его стороны) специального гвоздевого забоя. Такой прогон показан на рис. 12.

Для спаренного неразрезного прогона наиболее выгодной является схема, при которой крайние пролеты имеют меньшую длину, равную $0,79l$.

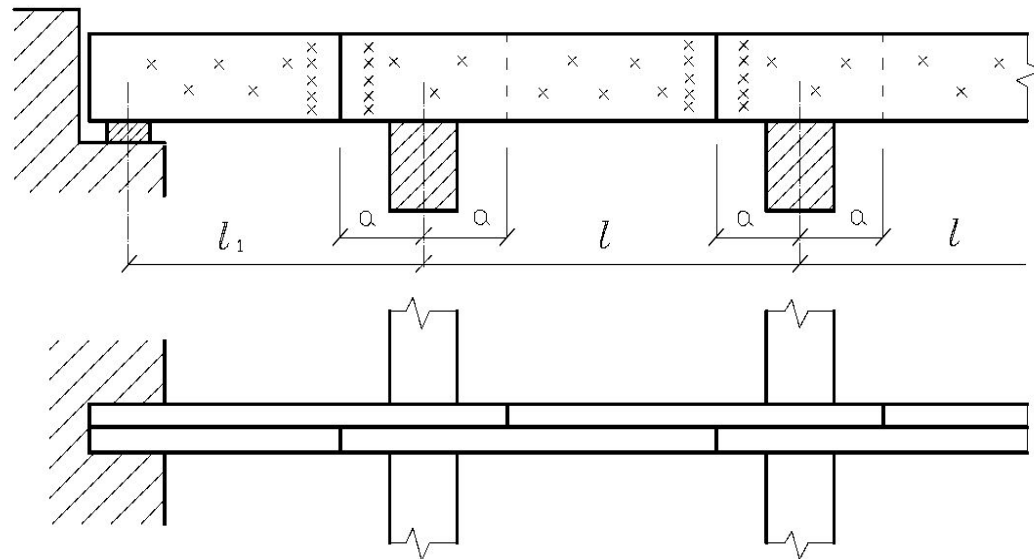


Рис. 12. Неразрезной прогон

Расчетная схема прогона

Прогон рассчитывают как многопролетную неразрезную балку (рис. 13.), в этом случае наибольшие значения изгибающие моменты будут иметь на опорах. Их величина будет одинаковой и составит:

$$M_{\max} = \frac{(q + p) \cdot l_{\text{пр}}^2}{12}$$

Величины прогибов во всех пролетах также будут одинаковы и равны:

$$f = \frac{(q_n + p_n) \cdot l_{\text{пр}}^4}{384 \cdot E \cdot I_{\text{бп}}}$$

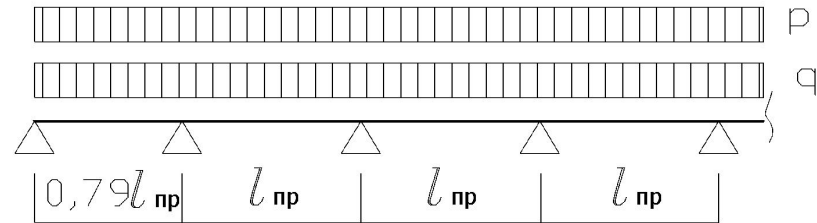


Рис. 13. Расчетная схема прогона

В случае применения неразрезного прогона с равными пролетами в крайних пролетах значения момента и прогиба возрастают и будут соответственно равны:

$$M_{\text{êð}} = 1,26 \frac{(q + p) \cdot l_{\text{ïð}}^2}{12}$$

$$f_{\text{кр}} = 2,6 \frac{(q_n + p_n) \cdot l_{\text{пр}}^4}{384 \cdot E \cdot I_{\text{бп}}}$$

В этом случае в пределах крайнего пролета и второй опоры (до первого шарнира во втором пролете) сечение прогона следует усилить постановкой дополнительной третьей доски.

Определение нагрузок на прогон

Определение нагрузок на прогон, следует начинать с выделения грузовой площади прогона. Из рис. 14. ясно, что ширина полосы грузовой площади прогона равна d , в случае если верхний пояс фермы горизонтален.

При наклонном верхнем поясе ширина грузовой полосы прогона очевидно будет равна $d/\cos\alpha$, где α - угол наклона кровли к горизонту.

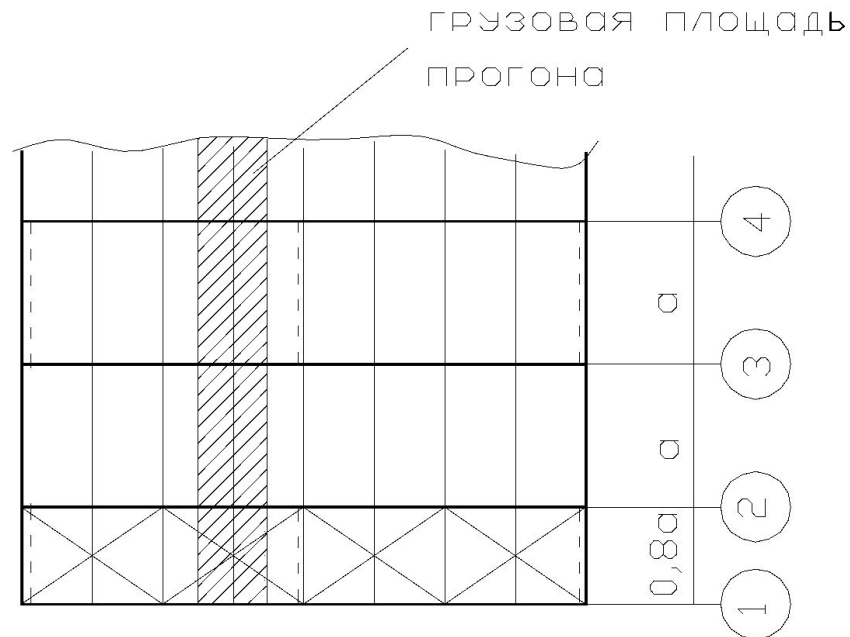


Рис. 14. Грузовая площадь прогона при горизонтальном верхнем поясе фермы

Определение нагрузок на прогон

Нормативная погонная нагрузка на прогон от действия собственного веса (прогон установлен на верхнем поясе по схеме рис. 9. и скатную составляющую нагрузки воспринимает жесткий косой настил):

$$q_n = g_n \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \cdot \cos \alpha + g_{\text{пр}} = g_n \cdot d + g_{\text{пр}}$$

где $g_{\text{пр}}$ - собственный вес одного погонного метра прогона,

на предварительном этапе расчетов можно

g_n принимать равным 15-25 кг/м,

- нормативная нагрузка на 1 м² от собственного веса

Расчетная погонная нагрузка от действия собственного веса: ^{кровли (таблица 1).}

$$q = g \cdot d + g_{\text{пр}} \cdot \gamma_f$$

где g - расчетная нагрузка на 1 м² от собственного веса кровли (табл 1).

Расчетная погонная нагрузка от веса снега:

$$p = p^* \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \cdot \cos \alpha = p_o \cdot d \cdot \cos \alpha$$

Нормативная погонная нагрузка от веса снега:

$$p_n = p \cdot 0,7$$

Расчет по прочности прогона

Расчет по прочности прогона, работающего на поперечный изгиб, проводят по формуле:

$$\sigma_{и} = \frac{M_{\max}}{W_{\text{пр}}} \leq R_{и}$$

- где $\sigma_{и}$ - изгибающие напряжения ,
 M_{\max} - максимальный изгибающий момент от действия расчетных нагрузок,
 $W_{\text{пр}}$ - момент сопротивления поперечного сечения.

Максимальный изгибающий момент для расчетной схемы, приведенной на рис. 13., возникает на опорах и определяется как:

$$M_{\max} = \frac{(q + p) \cdot l_{\text{пр}}^2}{12}$$

- где q и p – соответствующие расчетные погонные нагрузки на прогон,
 $l_{\text{пр}}$ – пролет прогона.

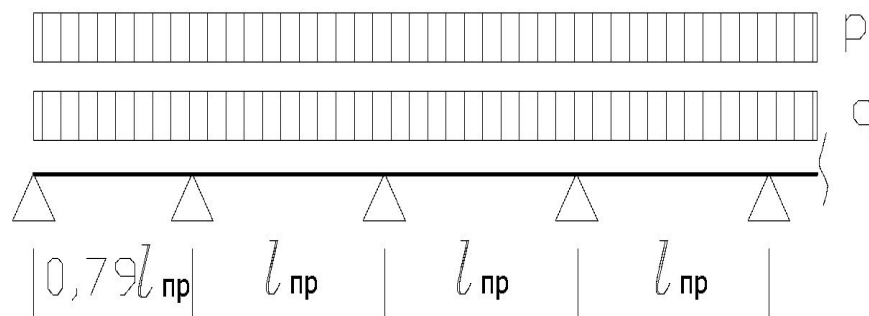


Рис. 13. Расчетная схема прогона

Расчет по деформациям (на прогиб)

Расчет по деформациям (на прогиб) проводят на действие нормативных погонных нагрузок по формуле:

$$f = \frac{1 \cdot (q_n + p_n) \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_{\text{пр}}} \leq f_{\text{adm}}$$

где $I_{\text{пр}}$ - момент инерции поперечного сечения прогона, а предельное значение принимается равным $l/200$ от пролета прогона.

Расчет гвоздевого забоя

Место стыка досок усиливается специально забиваемыми гвоздями (так называемый гвоздевой забой – рис. 15).

Поперечную силу Q приходящуюся на ось гвоздевого забоя можно найти как:

$$Q = \frac{M_{оп}}{2 \cdot a_r}$$

С другой стороны поперечную силу должны воспринимать гвозди забоя, работающие на срез:

$$Q = n_{\text{гв}} \cdot T_{\text{гв}}$$

Приравнявая эти две силы, относительно количества гвоздей $n_{\text{гв}}$ можно получить формулу:

$$n_{\text{гв}} = \frac{M_{оп}}{2a_r T_{\text{гв}}}$$

где $T_{\text{гв}}$ - несущая способность одного гвоздя на срез.

Соединение односрезное несимметричное, поэтому рассматриваются три возможных несущих способности одного среза [1], из которых выбирается минимальное значение.

$$T_c = 35cd \quad T_a = k_H a_2 d \quad T_{\text{И}} = 250d^2 + a_2^2, \text{ но не более } T_{\text{И}} = 400d^2$$

где: c – толщина доски (см), a_2 – длина заземленной части гвоздя (см), k_H – коэффициент, принимаемый по приложению 6, d – диаметр гвоздя (см).

Длина a_2 подсчитывается как:

$$a_2 = l_{\text{гв}} - (c + 0,2 + 1,5d)$$

где: $l_{\text{гв}}$ - длина гвоздя.

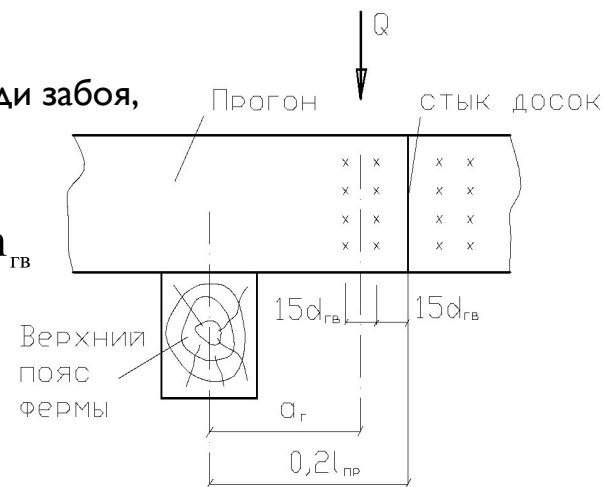


Рис. 15. Схема к расчету гвоздевого забоя