

Расчет и конструирование  
фермы. Определение нагрузок  
на ферму. Определение усилий в  
стержнях фермы

В студенческом курсовом проектировании обычно используются два типа ферм – треугольная ферма и пологая полигональная ферма (рис. 3)

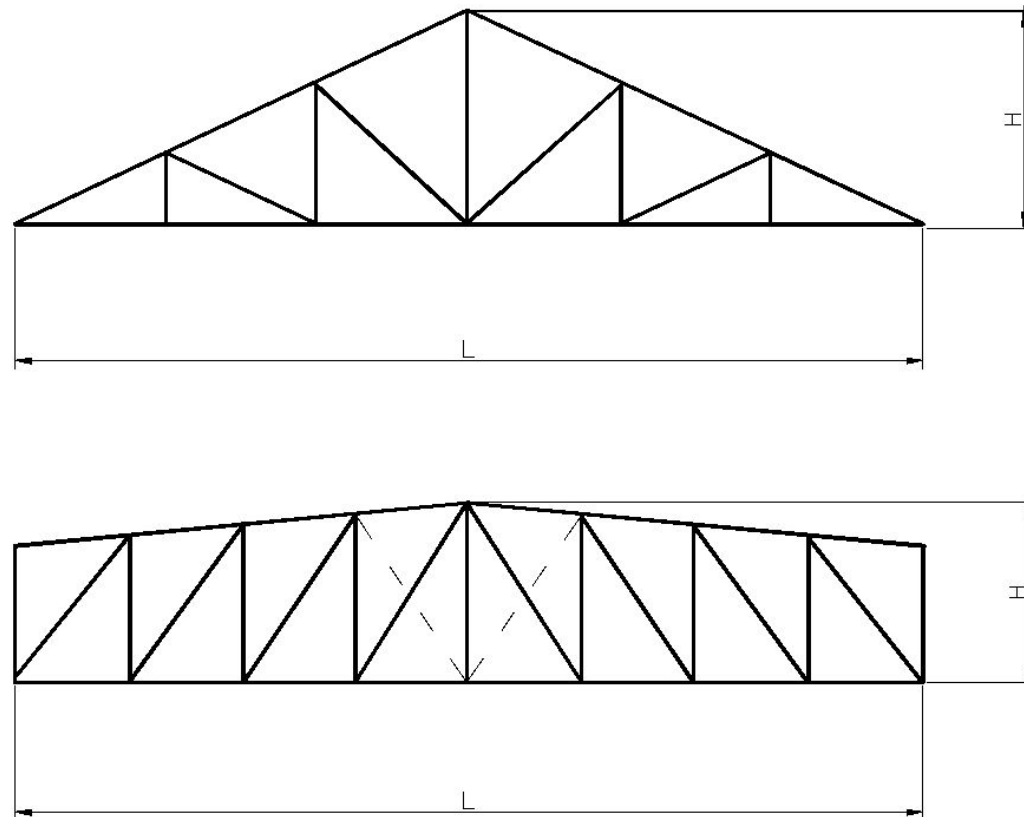


Рис. 3 Типы ферм, используемых в курсовом проекте.

# Основные предпосылки к проектированию:

- Длина панели ферм  $d$ , считая по горизонтальной проекции верхнего пояса, назначается в пределах 1,6 – 2,5 м.
- Сжатый верхний пояс изготавливается из дерева – бруса сечением  $b_{вп} \times h_{вп}$  (при этом  $h_{вп} \geq b_{вп}$ ). Верхний пояс имеет постоянное поперечное сечение по всей длине.
- Сжатые стержни решетки (раскосы) выполняются из деревянного бруса сечением  $b_p \times h_p$  (может быть  $h_p < b_p$ ). Раскосы могут иметь отличающиеся поперечные сечения.
- Растянутый нижний пояс проектируется деревянным – из бруса сечением  $b_{нп} \times h_{нп}$  (при этом  $h_{нп} > b_{нп}$ ).
- Все элементы фермы, выполненные из дерева (верхний и нижний пояса, раскосы), имеют прямоугольное поперечное сечение с равной шириной, т.е.  $b_{вп} = b_{нп} = b_p$ .
- Растянутые стойки фермы выполняются из стальных тяжёлых.

# ПОРЯДОК РАСЧЕТА ФЕРМ.

1. Определение узловых нагрузок, действующих на ферму.
2. Определение усилий в стержнях фермы.
3. Подбор поперечного сечения нижнего пояса.
4. Подбор поперечного сечения верхнего пояса.
5. Подбор сечений раскосов.
6. Подбор сечений стоек.
7. Расчет и конструирование опорного узла.
8. Расчет и конструирование промежуточных узлов.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УЗЛОВЫХ НАГРУЗОК.

При определении усилий принимается, что все нагрузки (включая собственный вес фермы) приложены к узлам верхнего пояса, в виде сосредоточенных сил  $G$  и  $P$ .

Сила  $G$ -собственный вес

Сила  $P$ -снеговая нагрузка

$$G = (g + g_{\text{св}})$$

$$\cdot a \cdot d / \cos(\alpha)$$

- $g$  – полная расчетная постоянная нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  поверхности кровли,  
 $g_{\text{св}}$  – расчетное значение собственного веса фермы, приведенное к  $1 \text{ м}^2$   
 $a$  – шаг ферм,  
 $d$  – длина горизонтальной проекции панели фермы,  
 $\alpha$  – угол наклона верхнего пояса.

# Нагрузка $g$ определяется как:

$$g = g_1 + g_2 + g_3,$$

$g_1$  – собственный вес  $1 \text{ м}^2$  покрытия (гидроизоляционный рубероидный ковер, настилы, утеплитель) с учетом коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  (при учете собственного веса утеплителя  $\gamma_f = 1,2$ , для остальных материалов  $\gamma_f = 1,1$ )

$g_2$  – собственный вес прогона, отнесенный к  $1 \text{ м}^2$  площади покрытия:

$$g_2 = A_{\text{пр}} \cdot \gamma \cdot \gamma_f \cdot (1/d),$$

$A_{\text{пр}}$  – площадь поперечного сечения прогона,

$\gamma$  – объемный вес древесины, определяемый по данным, приведенным в приложении 1

$g_3$  – собственный вес стропильной ноги, отнесенный к  $1 \text{ м}^2$  площади покрытия:

$$g_3 = A_{\text{стр}} \cdot \gamma \cdot \gamma_f \cdot (1/C),$$

$A_{\text{стр}}$  – площадь поперечного сечения стропильной ноги,

$C$  – расстояние между стропильными ногами (шаг стропил).

# Приложение I.

Порода древесины	Плотность древесины кг/м <sup>3</sup> в конструкциях для условий эксплуатации	
	А1, А2, Б1, Б2	Всех остальных
<u>Хвойные:</u> лиственница, сосна, ель, пихта, кедр	650 500 700	800 600 800
<u>Твердые лиственные:</u> дуб, береза, бук, ясень, клен, граб, акация, вяз.	500	600
<u>Мягкие лиственные:</u> осина, тополь, ольха, липа.		

Нагрузка  $g_{св}$  определяется по формуле:

$$g_{св} = \frac{g + p_{сн}}{(1000/lk_{св}) - 1}$$

$p_{сн}$  – расчетная снеговая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> поверхности кровли,

$l$  – пролет фермы,

$k_{св}$  – коэффициент, зависящий от типа и конструкции фермы, принимаемый ориентировочно для треугольных ферм равным от 4,5 до 6,0, а для полигональных – 4,0 – 5,5.

Временная узловая нагрузка определяется по формуле:

$$P = P_{сн} \cdot a \cdot \frac{d}{\cos \alpha}$$

Кроме вертикальных нагрузок, на фермы также действуют горизонтальные – ветровые нагрузки. Однако, при принятых уклонах кровли (угол наклона  $\alpha < 30^\circ$ ), согласно действующим нормам проектирования, ветровые нагрузки на фермы не учитываются.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ ФЕРМЫ.

Расчет ферм должен установить наибольшие усилия, которые могут возникнуть в каждом элементе фермы при самой невыгодной для этого элемента комбинации временных нагрузок.

Временная нагрузка может иметь следующие положения:

- а) распределена по всему пролету фермы;
- б) распределена односторонне на половине пролета фермы.

Для работы поясов наихудшие условия получаются при временной нагрузке, распределенной по всему пролету фермы. Усилия в решетке ферм обычно достигают наибольших значений при односторонней временной нагрузке на половине пролета фермы.

При появлении сжимающих усилий в средних или близких к середине стойках полигональных ферм в этих панелях ставят дополнительный встречный раскос

Эти дополнительные "обратные" раскосы работают при одностороннем загрузении временной нагрузкой на сжатие, заменяя собой основные раскосы, работающие на сжатие при полной нагрузке.

# Определение усилий в полигональной ферме.

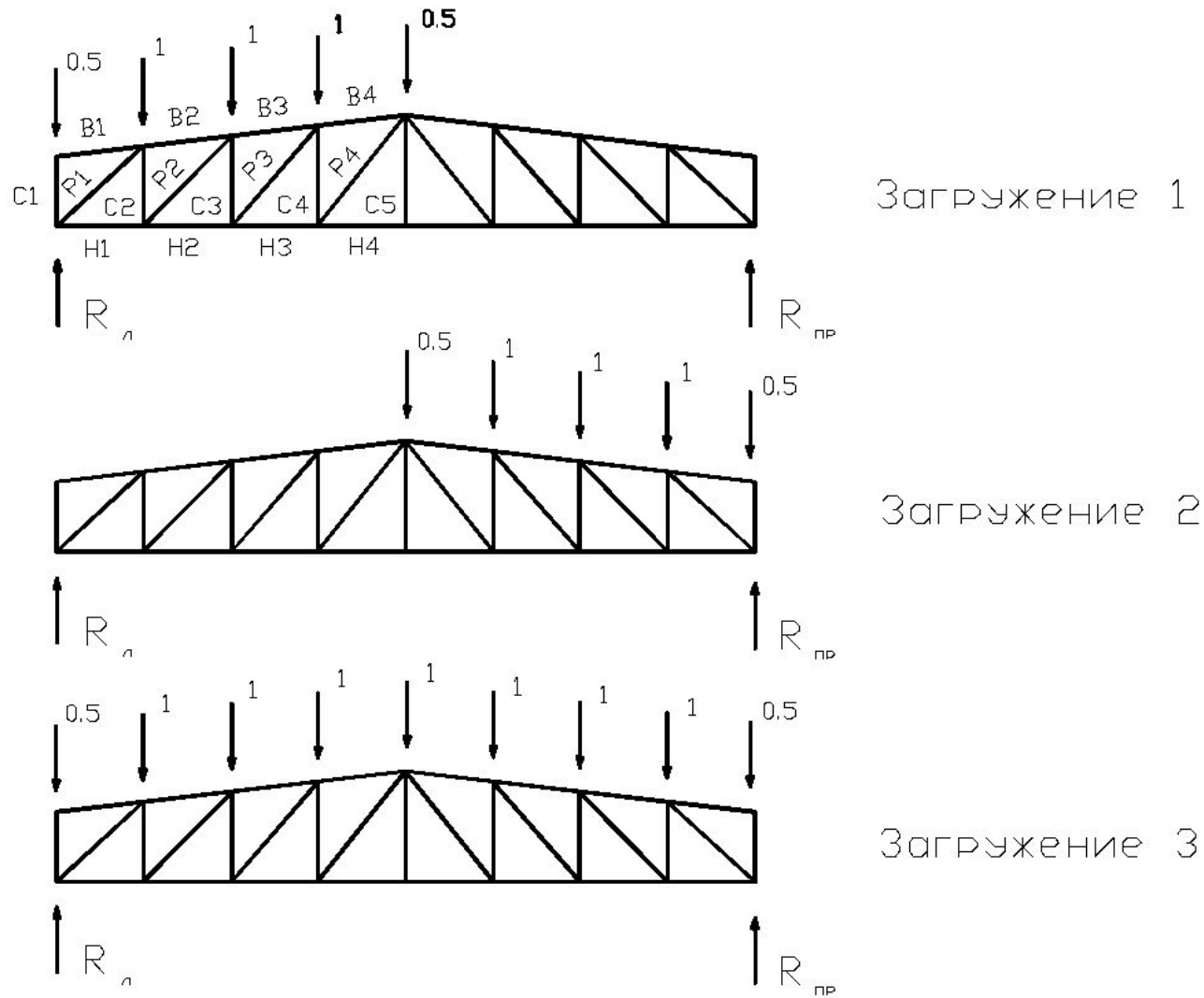


Рис. 4 Схемы загрузки.

Элемент	Усилия в стержнях фермы		
	Загружение 1	Загружение 2	Загружение 3
В1	0	0	0
В2	-2,43	-0,97	-3,4
В3	-3,55	-1,77	-5,32
В4	-3,67	-2,44	-6,11
Н1	2,42	0,97	3,39
Н2	3,53	1,76	5,29
Н3	3,65	2,43	6,08
Н4	3,0	3,0	6,0
Р1	-3,48	-1,39	-4,87
Р2	-1,68	-1,20	-2,88
Р3	-0,19	-1,06	-1,25
Р4	1,08	-0,95	0,13
С1	-0,5	0	-0,5
С2	1,26	0,9	2,16
С3	0,15	0,82	0,97
С4	-0,86	0,76	-0,1
С5	0	0	0

Наибольшие усилия от реальных нагрузок в стержнях фермы:

$$N_{\max} = N_G + N_P$$

$N_G$  – усилие от постоянной нагрузки  $N_G = N_{\text{ЕД}}^{(3)} \cdot G$

$N_P$  – усилие от временной нагрузки  $N_P = N_{\text{ЕД}}^{(1)} \cdot P$ ;  $N_P = N_{\text{ЕД}}^{(2)} \cdot P$ ;  $N_P = N_{\text{ЕД}}^{(3)} \cdot P$ .

Из этих трех значений нужно выбрать то, которое в сумме с  $N_G$  даст максимальное усилие в элементе фермы.

# Определение усилий в треугольной ферме .

Так как в треугольных фермах при одностороннем загрузении временной нагрузкой работают только стержни загруженной половины этих ферм, достаточно рассмотреть одну схему загрузения (загружение № 3)

Элемент	Усилия в элементах фермы $N_{ед}$
B1	-6,72
B2	-5,38
B3	-4,03
H1	6,25
H2	6,25
H3	5,0
P1	-1,34
P2	-1,6
C1	0
C2	0,5
C3	2,0

Максимальное усилие в стержнях от реальной постоянной и временной нагрузки определяют как

$$N_{max} = N_{ед} \cdot (G + P)$$