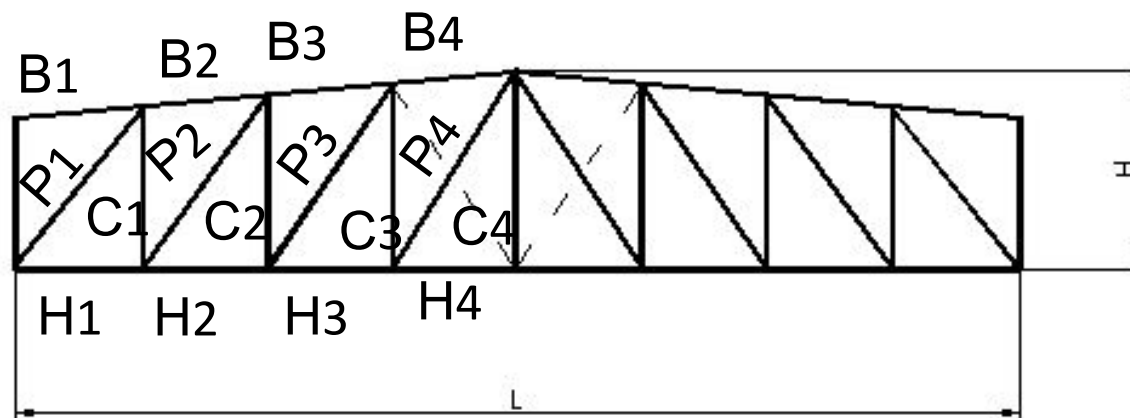
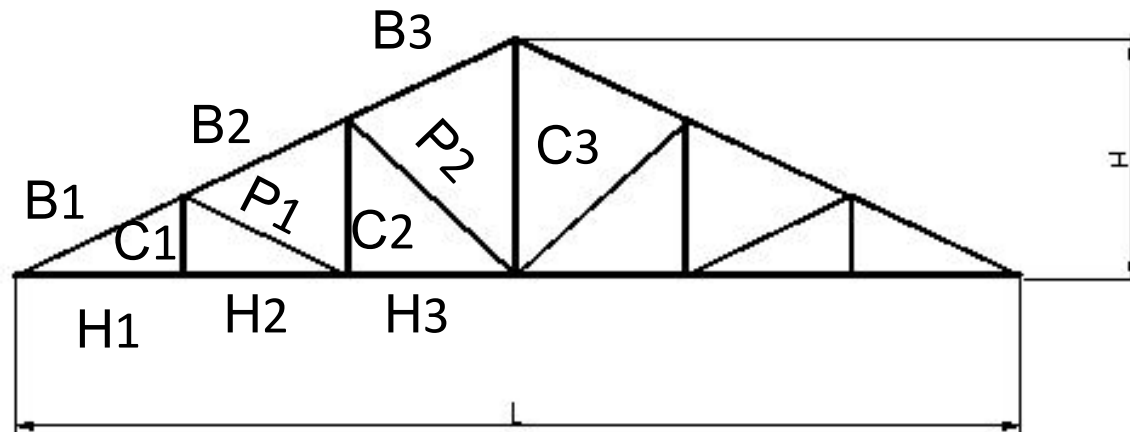


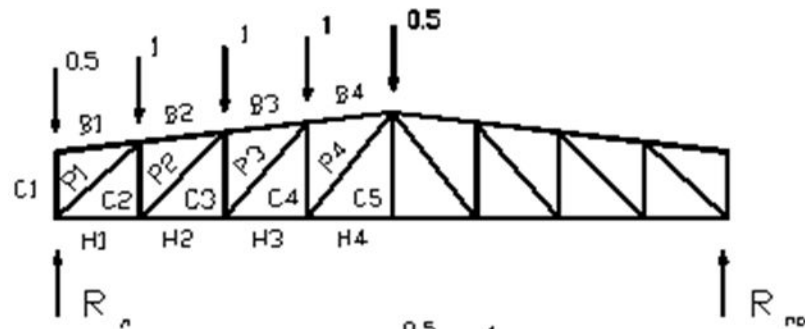
# Тема лекции: 5.2 Определение усилий в стержнях фермы

В 5.1 определены сосредоточенные нагрузки  $G$  и  $P$

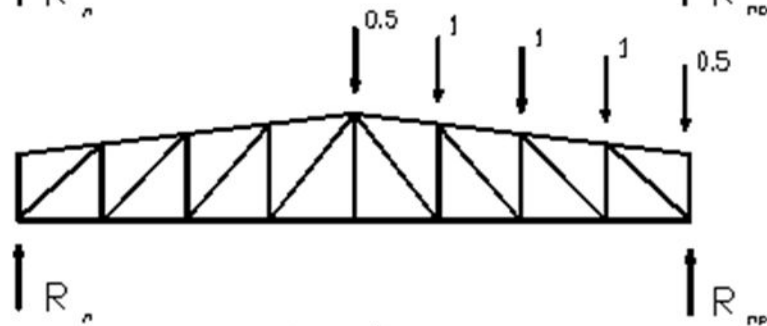
Именуем стержни:



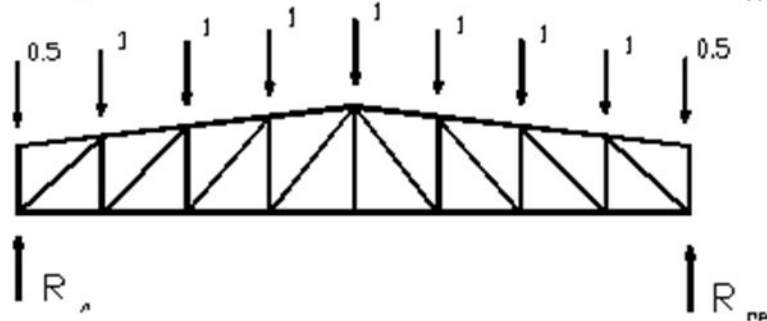
# Схема приложения нагрузки: (полигональная ферма)



Загрузка 1

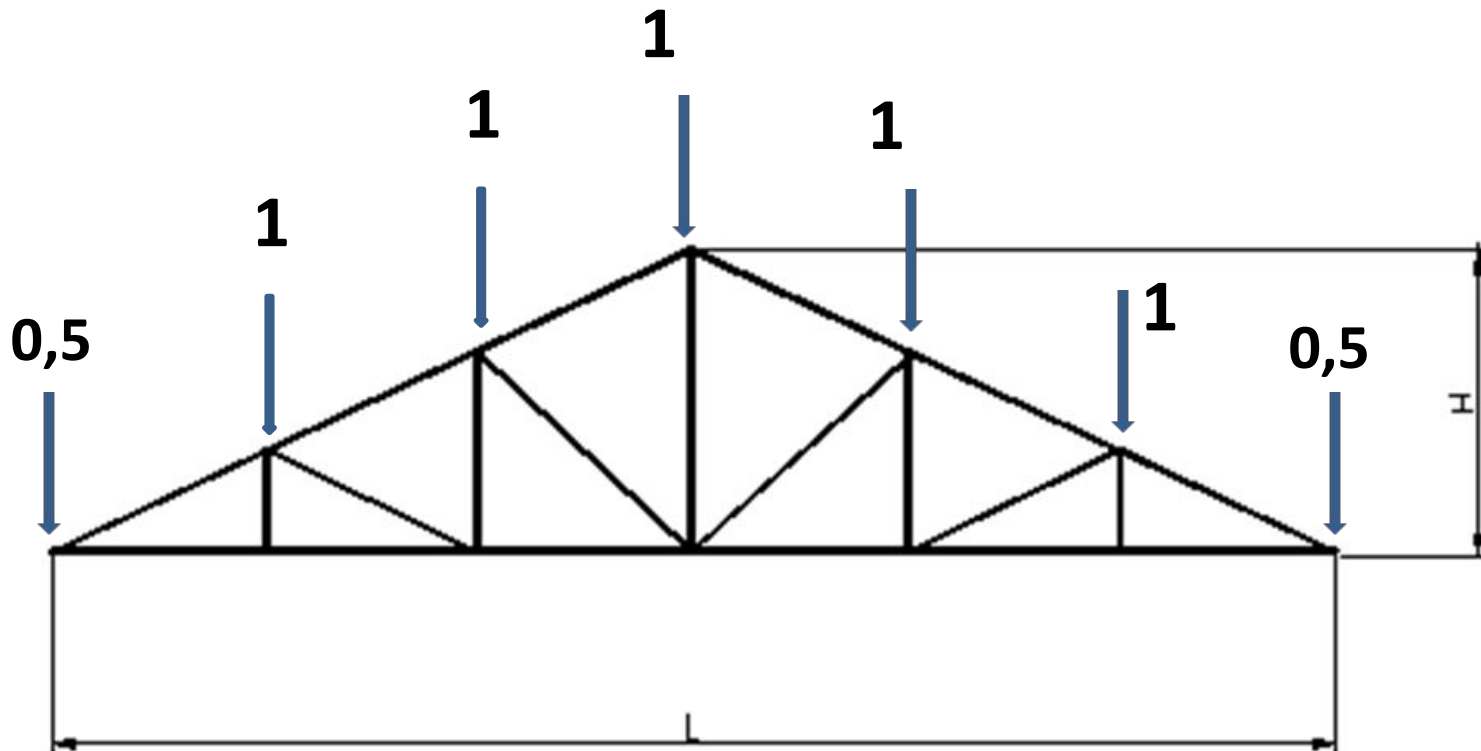


Загрузка 2



Загрузка 3

# Схема приложения нагрузки: (треугольная ферма)



# Таблица усилий в стержнях от единичных сил (полигональная ферма)

(пособие №1 из раздела «справочные данные» в курсе MOODLE КДиПv2)

1





Элемент	Усилия в стержнях фермы		
	Загрузка 1 № <sup>(1)</sup> <sub>ед</sub>	Загрузка 2 № <sup>(2)</sup> <sub>ед</sub>	Загрузка 3 № <sup>(3)</sup> <sub>ед</sub>
B1	0	0	0
B2	-2,43	-0,97	-3,4
B3	-3,55	-1,77	-5,32
B4	-3,67	-2,44	-6,11
H1	2,42	0,97	3,39
H2	3,53	1,76	5,29
H3	3,65	2,43	6,08
H4	3,0	3,0	6,0
P1	-3,48	-1,39	-4,87
P2	-1,68	-1,20	-2,88
P3	-0,19	-1,06	-1,25
P4	1,08	-0,95	0,13
C1	-0,5	0	-0,5
C2	1,26	0,9	2,16
C3	0,15	0,82	0,97
C4	-0,86	0,76	-0,1
C5	0	0	0

## Таблица усилий в стержнях от единичных сил (треугольная ферма)

(пособие №1 из раздела «справочные данные» в курсе MOODLE КДиПv2)

Элемент	Усилия в элементах фермы $N_{ED}$
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

# Определение усилий в стержнях полигональной фермы

Элемент	Усилия в стержнях фермы от 1			Усилия в стержнях фермы (кг)		
	Загр. 1	Загр. 2	Загр. 3	$N_G$	$N_P$	$\sum N$
B1	0	0	0			
B2	-2,43	-0,97	-3,4			$N_G + N_P$
B3	-3,55	-1,77	-5,32			
B4	-3,67	-2,44	-6,11			
H1	2,42	0,97	3,39			
H2	3,53	1,76	5,29			
H3	3,65	2,43	6,08			
H4	3,0	3,0	6,0			
P1	-3,48	-1,39	-4,87			
P2	-1,68	-1,20	-2,88			
P3	-0,19	-1,06	-1,25			
P4	1,08	-0,95	0,13			
C1	-0,5	0	-0,5			
C2	1,26	0,9	2,16			
C3	0,15	0,82	0,97			
C4	-0,86	0,76	-0,1			
C5	0	0	0			

 —  $\text{Max } | + | * N_P$

 —  $\text{Max } | - | * N_P$

# Определение усилий в стержнях треугольной фермы

Элемент	Усилия в элементах фермы от 1	Усилия в элементах фермы от G+P (кг)
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	

Handwritten annotations: A red circle highlights the value -5,38 in the B2 row. A red arrow points from this circle to a dashed red box containing the text (G+P). A red 'X' is drawn over the (G+P) text.

## 3.3 Подбор поперечных сечений стержней фермы

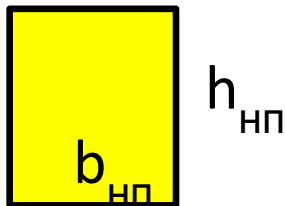
Общие положения расчета:

- Узлы фермы – шарниры
- Стержни фермы считаем на центральные усилия

### Подбор сечения НП

Входная информация:

- **НП** работает на центральное **растяжение**
- Расчет проводится по максимальному усилию в стержнях НП (т.е. 1 раз)
- **НП** имеет **постоянное** поперечное **сечение** по длине
- Тип сечения – **брус**:



а)  $h \leq 2b$  (условие бруса)

б)  $h \geq b$  (условие для поясов)

в)  $h \approx 1,5b$  (оптимизация сечений)



# Порядок расчета НП

1. Условие прочности при центральном растяжении:

$$\sigma_p = \frac{N}{A_{HT}} \leq R_p \quad R_p = R_p^A m_{дл} \Pi(m_o m_b) \quad R_p^A = 150 \text{ кг/см}^2$$

$m_{дл} = 0,66$   
 $m_o = 0,8$

Как понять  $A_{HT}$  и  $A_{бр}$  в нашем случае???




$$h_{вр} \leq 0,25h_{нп}$$

$$A_{бр} = \frac{A_{HT}}{0,75}$$

Найдем  $A_{HT}$  как:

$$A_{HT} \geq \frac{N_{НП}}{R_p}$$

2. Определим  $A_{бр}$  как:  $A_{бр} = \frac{A_{нт}}{0,75}$   Сортамент пиломатериалов ..... выбираем  $b_{нп}$  x  $h_{нп}$

3. Финишная проверка условия прочности НП:

Назначим глубину врубки:

$h_{вр} \leq 0,25h_{нп}$  и округляем в меньшую сторону до 0,5 см

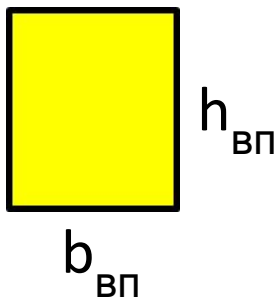
$$\sigma_p = \frac{N}{b_{нп} (h_{нп} - h_{вр})} \leq R_p$$

**Принимаем сечение НП фермы  $b_{нп} \times h_{нп} = \dots \times \dots$  мм**

# Подбор сечения ВП

## Входная информация:


- ВП работает на центральное **сжатие**
- Расчет проводится по максимальному усилию (по абсолютной величине) в стержнях ВП (т.е. 1 раз)
- ВП имеет **постоянное** поперечное **сечение** по длине
- Тип сечения – **брус**:
  - а)  $h \leq 2b$  (условие бруса)
  - б)  $h \geq b$  (условие для поясов)
  - в)  $b_{\text{вп}} = b_{\text{нп}}$



в)  $b_{\text{вп}} = b_{\text{нп}}$

A red dashed box highlights the equation  $b_{\text{вп}} = b_{\text{нп}}$ . A red arrow points from the bottom-left corner of this box towards the text below.

Условие конструирования деревянных ферм – **все деревянные элементы имеют равную (постоянную) ширину поперечного сечения**

Вспомним (Remember me! My darling ) основы расчета на центральное сжатие (см. лекцию №4)

А. Прочность

$$\sigma = \frac{N}{A_{\text{нт}}} \leq R_c \quad (A_{\text{нт}} - \text{без учета совмещения ослаблений})$$

$$R_c = R_c^A m_{\text{дл}} \Pi(m_b)$$

Б. Устойчивость

$R_c^A = 210 \text{ кг/см}^2$  ( $240 \text{ кг/см}^2$ ) – если  
размеры  $b > 13 \text{ см}$ ,  $h = 13 - 50 \text{ см}$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A_{\text{расч}}} \leq R_c$$

# Порядок расчета ВП

1. Из условия прочности найдем  $A_{HT}$  как:

$$A_{HT} \geq \frac{N_{ВП}}{R_c}$$

2. Определим  $A_{бр}$  как

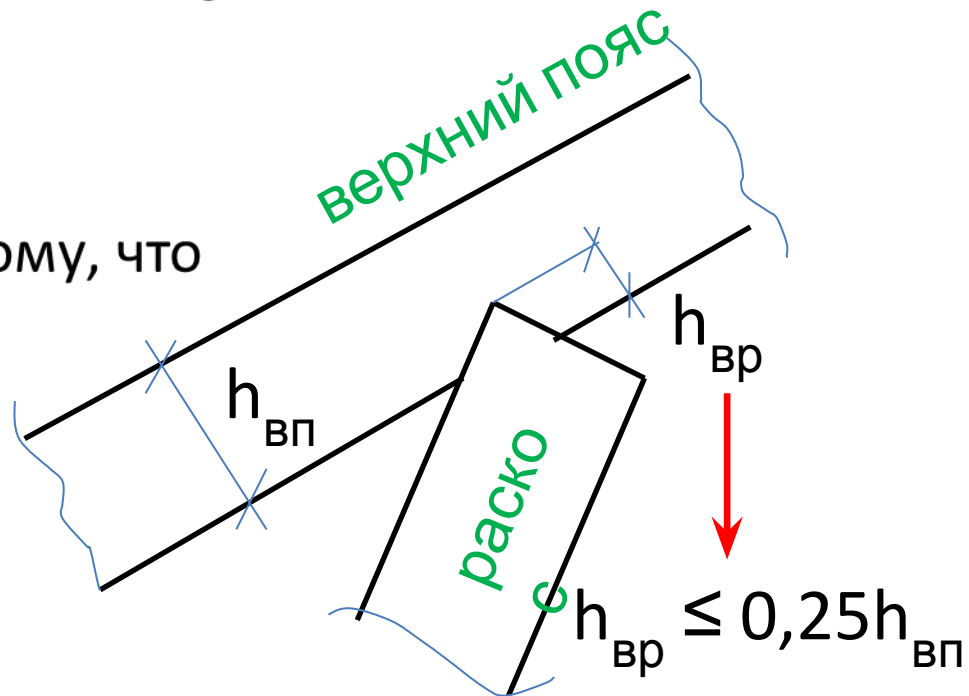
$$A_{бр} = \frac{A_{HT}}{0,75} = \dots$$

Сортамент пиломатериалов  
+ входная инфа

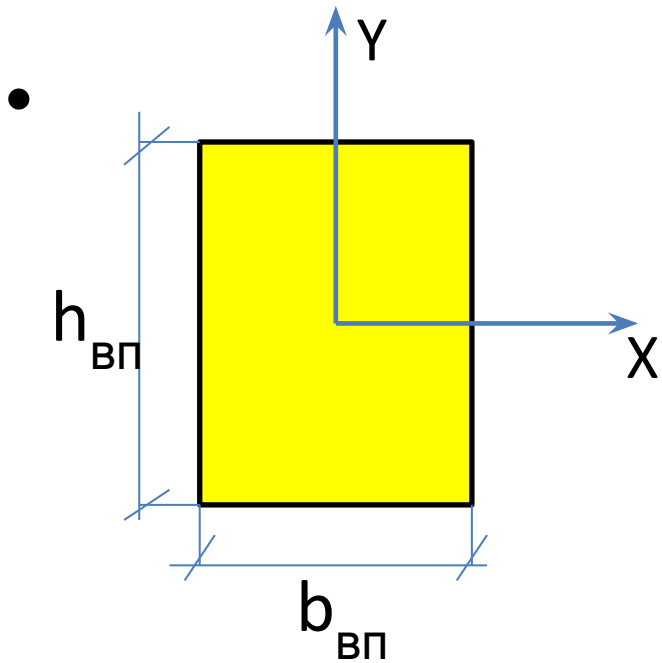


назначаем  $b_{ВП} \times h_{ВП}$

ПОТОМУ, ЧТО



### 3. Определим характеристики сечения:



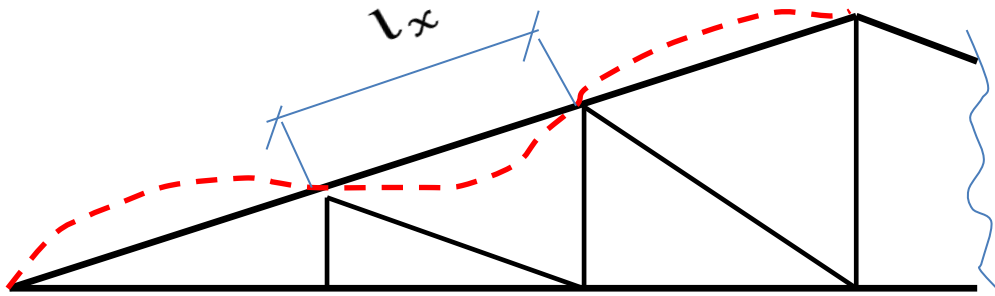
радиусы инерции сечения:

$$r_x = 0,289h_{ВП}$$

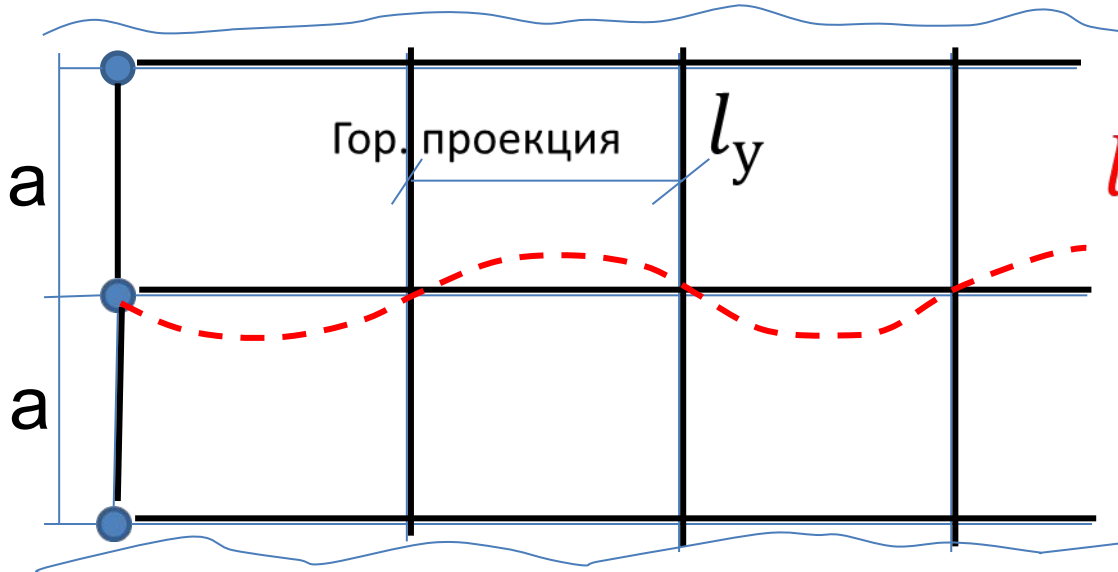
$$r_y = 0,289b_{ВП}$$

4. Определим **расчетные длины**  $l_x$  и  $l_y$  стержней **ВП** ( $l_x$  - расчетная длина в плоскости фермы,  $l_y$  - то же, но из плоскости фермы, т.е. в плоскости  $\perp$  плоскости фермы)

(для определения - потребуется конструктивная схема здания)

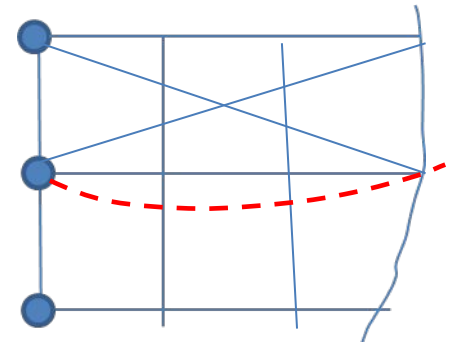
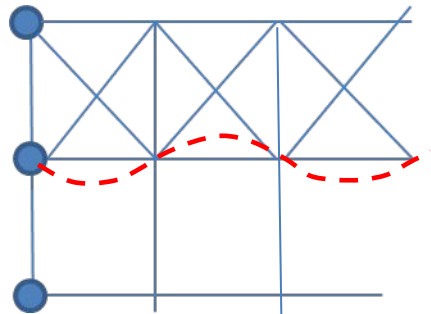
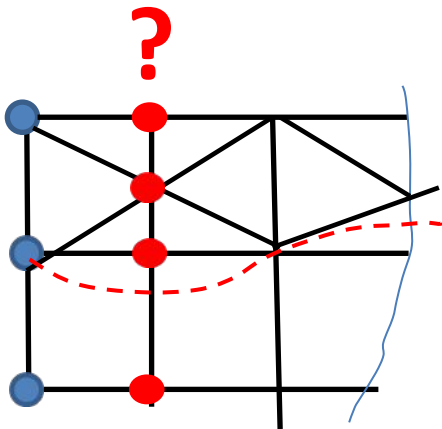


$$l_x = d / \cos \alpha$$



$l_y$  зависит от связей по ВП

$$l_y = l_x = d / \cos \alpha$$



5. Определим гибкости стержней ВП:

$$\lambda_x = \frac{l_x}{r_x} \leq \lambda_{\text{пр}} \quad \text{и} \quad \lambda_y = \frac{l_y}{r_y} \leq \lambda_{\text{пр}}$$

$\lambda_{\text{пр}} = 120$  - для верхнего пояса фермы (см. лекцию №4)

6. Определим коэффициенты продольного изгиба:

$$\varphi = 1 - 0,8 \left( \frac{\lambda}{100} \right)^2 \quad \text{при } \lambda < 70$$

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda^2} \quad \text{при } \lambda \geq 70$$

$\varphi_x = \dots\dots\dots$   
 $\varphi_y = \dots\dots\dots$  }  Минимальное значение =  $\phi$



7. Финишная проверка условия устойчивости:

- $$\sigma = \frac{N_{ВП}}{\varphi \cdot A_{бр}} \leq R_c$$

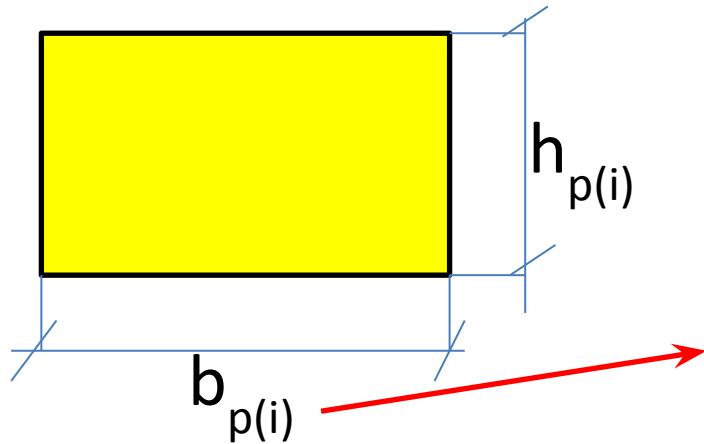
**Принимаем сечение ВП фермы  $b_{нп} \times h_{нп} = \dots \times \dots$  мм**

### Подбор сечения сжатых раскосов

Входная информация:

- 1. Все раскосы** работают на центральное **сжатие** (от растяжения уходим установкой встречных раскосов)
- 2. Каждый раскос** рассчитывается отдельно и может иметь **свое поперечное сечение**

### 3. Тип поперечного сечения - брус



а) большая сторона меньше двух коротких

б)  ~~$h \geq b$~~

в)  $b_{p(i)} = b_{вп} = b_{нп}$

Порядок расчета  $i$ -ого раскоса аналогичен расчету ВП

Особенности: а)  $R_c^A = 195$  кг/см<sup>2</sup> (в опорном раскосе 210 кг/см<sup>2</sup>)

б)  $\lambda_{пр} = 150$  (в опорном раскосе 120)

в)  $l_y = l_x = l$  (геометр. длина  $i$ -ого раскоса)

Принимаем сечение  $i$ -ого раскоса фермы  $b_{p(i)} \times h_{p(i)} = \dots \times \dots$  мм

# Подбор сечения растянутых стоек фермы

Входная информация:

1. **Все стойки** работают на центральное **растяжение** (от сжатия уходим установкой встречных раскосов)
2. **Каждая стойка** рассчитывается отдельно и может иметь **свое поперечное сечение**
3. В отличие от других элементов фермы, стойки – выполняются из **круглой, прутковой стали**
4. Стойки имеют  $A_{нт}$  за счет нарезания **резьбы** по концам
5. Конструктивный **минимум** диаметра стоек – **16 мм**
6. В полигональной ферме С1 – сжата – делаем из дерева – тип сечения – брус, принимаем минимально возможного сечения (без расчета)

Условие прочности центрально растянутых стальных элементов – стоек (залезаем в курс МК):

- $$\sigma = \frac{N_{\text{СТ}}}{A_{\text{НТ}}} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

$R_y$  - расчетное сопротивление стали растяжению (2100-2400 кг/см<sup>2</sup>);

$\gamma_c$  коэф. условий работы = 1

## Порядок расчета i-ой стойки

1. Из условия прочности найдем  $A_{\text{НТ}}$  как:  $A_{\text{НТ}} \geq \frac{N_{\text{СТ}}(i)}{R_y} = \dots$

2. По таблице (приложение 6 «Болты и тяжи») пособия №1 (пособие №1 из раздела «справочные данные» в курсе MOODLE )

по  $A_{\text{НТ}}$  ( $A_{\text{НТ}}$  по резьбе) найдем наружный диаметр стойки  $d_{\text{СТ}}(i)$

**Принимаем сечение i-ой стойки фермы  $d_{\text{СТ}}(i) = \dots$  мм**