
РАСЧЕТ СТРОПИЛЬНОЙ НОГИ. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.

Расчет стропильной ноги.

Для расчета:

Горизонтальная проекция пролета нижней части стропильной ноги l_1 (м);

Горизонтальная проекция пролета верхней части стропильной ноги l_2 (м);

Шаг стропил B (м);

Угол наклона стропил α (°);

Тип поперечного сечения стропильных ног - доски, брусья, бревно;

Условия эксплуатации, порода древесины, район строительства;

Здание 3-го класса ответственности и капитальности $\gamma_n = 0,95$

1. Задание.

Подобрать сечение наслонных стропил проектируемых, к устройству под кровлю для жилого дома с кирпичными стенами.

Тип кровли:

1 - асбестоцементные волнистые листы ($\rho = 19 \text{ кН}\cdot\text{м}^3$, $\delta = 8 \text{ мм}$), обрешетка ($\rho = 6 \text{ кН}\cdot\text{м}^3$, сечение брусков $v \times h = 60 \times 60 \text{ мм}$, шаг брусков $S = 500 \text{ мм}$)

2 - гибкая черепица ($m = 0,085 \text{ кН}\cdot\text{м}^2$), обрешетка сплошная ($\rho = 6 \text{ кН}\cdot\text{м}^3$, $\delta = 25 \text{ мм}$).

2. Состав расчетно-графической работы.

1. Конструктивная схема.
2. Геометрическая схема.
3. Определение геометрических характеристик элементов стропил.
4. Определение нагрузок.
5. Расчет стропильной ноги.
 - 5.1 Определение изгибающих моментов.
 - 5.2 Проверка прочности сечения.
 - 5.3 Проверка прогиба.

4. Пример расчета стропильной ноги.

Подобрать сечение наслонных стропил под кровлю из асбестоцементных волнистых листов марки ВО для жилого дома с кирпичными стенами. Ширина здания 6 х 6 м. Угол наклона крыши $\alpha = 25^{\circ}$. Стропильную ногу выполнить из бруса 15×20 см. Древесина - сосна 2 сорта. Шаг стропил $l=1,2$ м. Место строительства г. Ярославль.

Решение.

Конструктивная схема стропильной крыши рис.2.1.24, геометрические размеры стропильной ноги показаны на рис. 2.1.25.

Определение геометрических характеристик элементов стропил.

$$\alpha = 25^{\circ} \quad \sin \alpha = 0,423 \quad \beta = 45^{\circ} \quad \sin \beta = 0,707$$

$$\cos \alpha = 0,906 \quad \cos \beta = 0,707$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,466$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = 2,145$$

Лежень и мауэрлат укладываются в одном уровне. Ось мауэрлата смещена относительно оси стены на 16 см.

Расстояние от оси мауэрлата до оси стены $l = L - 16 \text{ см} = 600 - 16 = 584 \text{ см}$.

Высота стропил в коньке $h = L \cdot \operatorname{tg} \alpha = 600 \cdot 0,466 = 280 \text{ см}$.

Подкос направлен под углом $\beta = 45^{\circ}$ к горизонту.

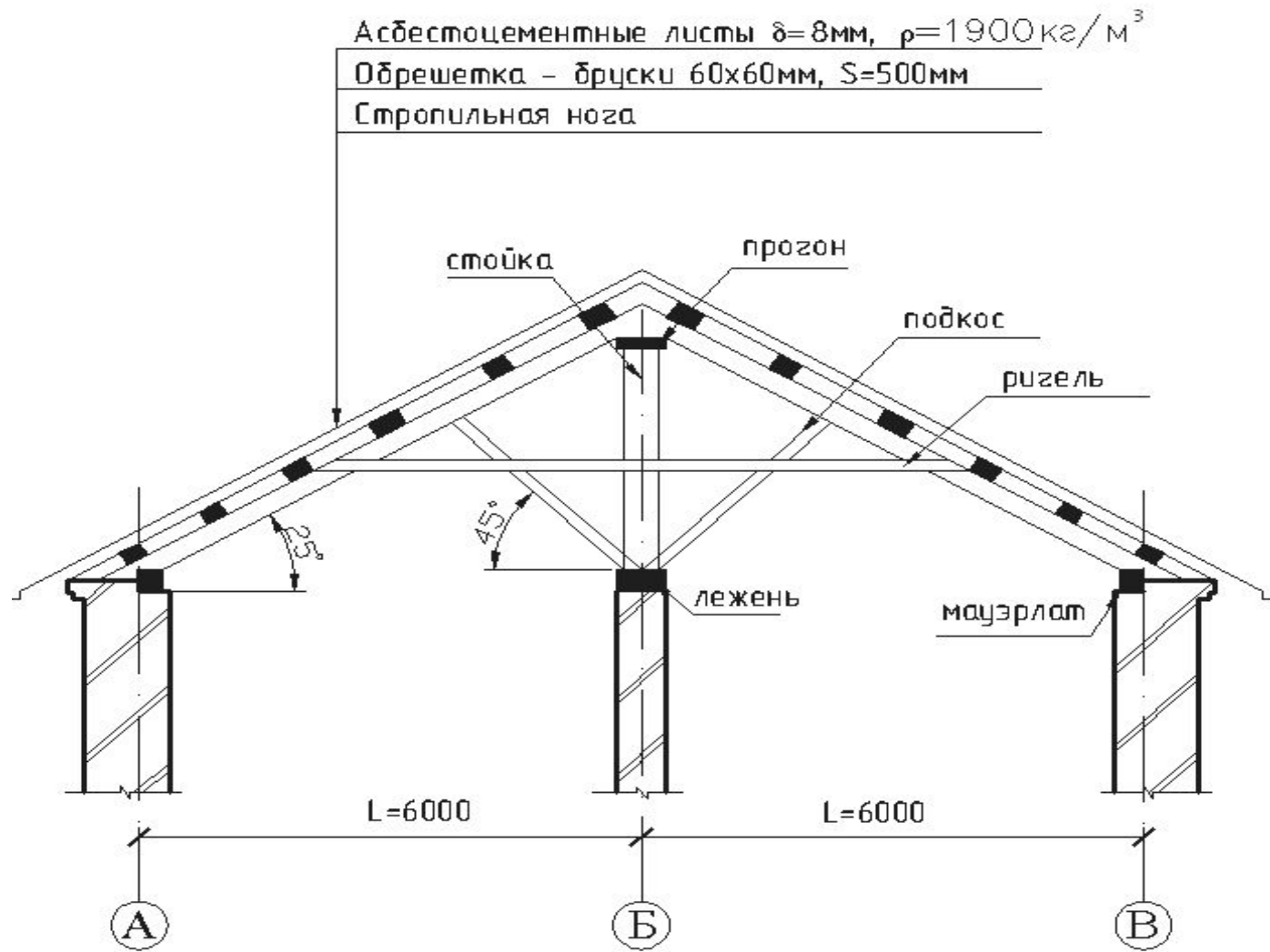


Рис. 2.1.24 Конструктивная схема

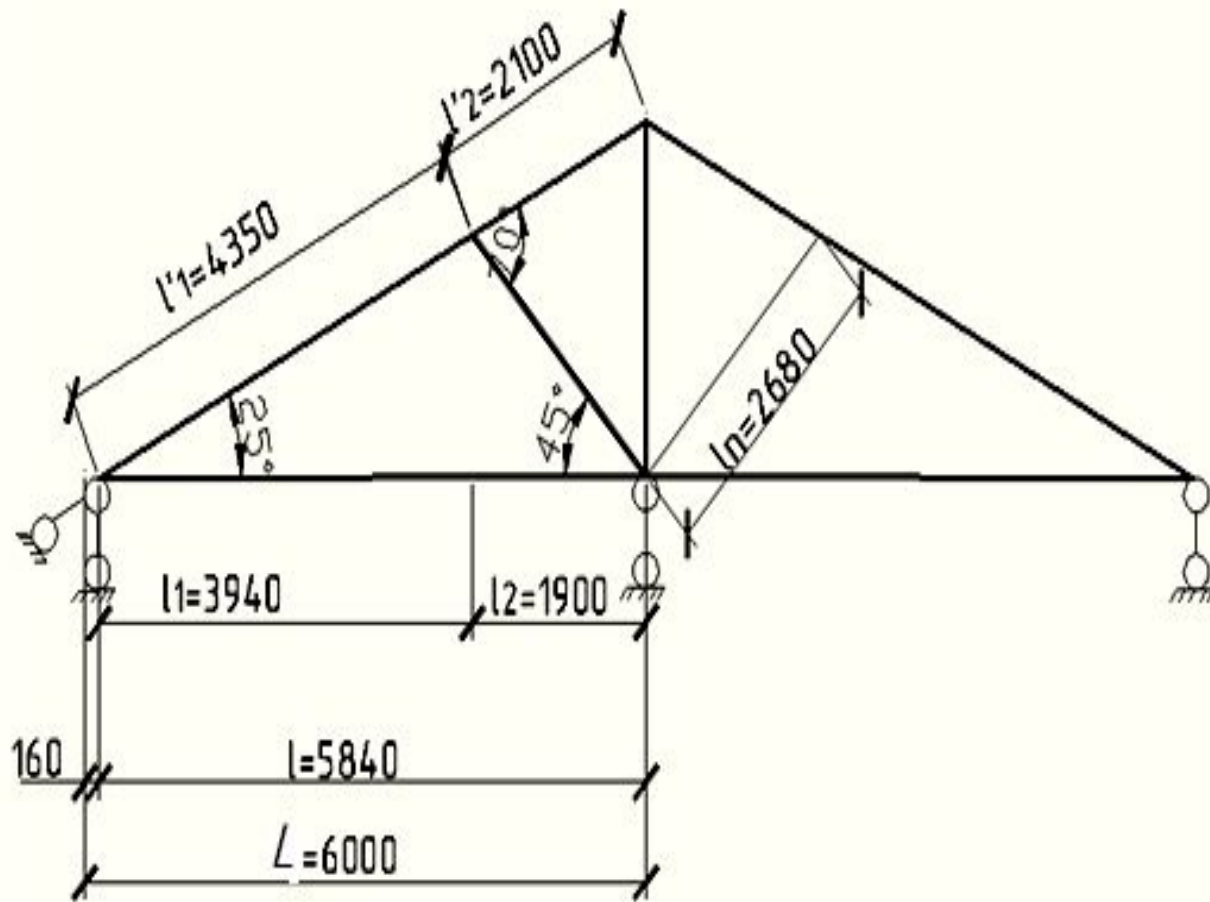


Рис.2.1.25. Геометрическая схема

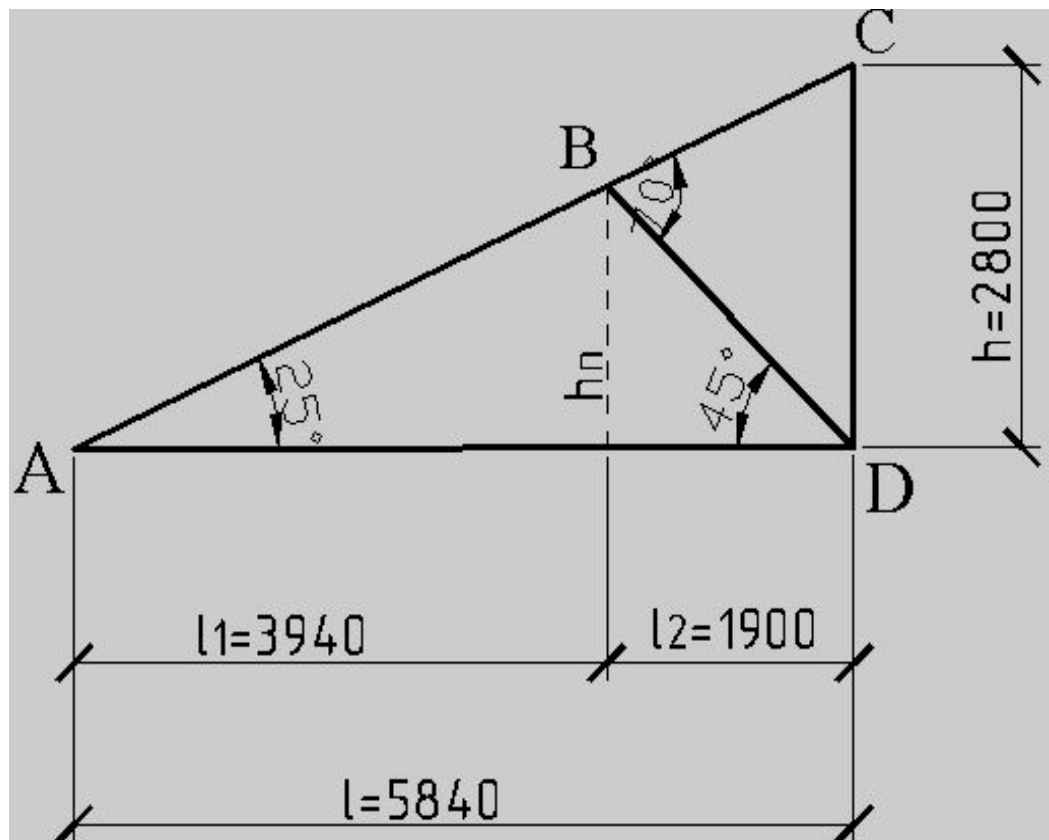


Рис. 2.1.26 Определение размеров

Точка пересечения осей подкоса и стропильной ноги располагается на расстоянии l_2 от оси Б.

$$l_2 = \frac{\boxtimes}{1 + \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{584}{1 + 2.145} = 190 \tilde{\text{м}}$$

тогда $l_1 = l - l_2 = 584 - 190 = 394$ см

Длина верхнего и нижнего участков стропильной ноги:

$$l_1^1 = \frac{l_1}{\cos \alpha} = \frac{394}{0.906} = 435 \tilde{\text{м}} \quad l_2^1 = \frac{l_2}{\cos \alpha} = \frac{190}{0.906} = 210 \tilde{\text{м}}$$

Длина подкоса $l_n = \sqrt{l_2^2 + h^2} = \sqrt{1,9^2 + 1,9^2} = 2.68 \tilde{\text{м}} = 268 \text{ см}$

Угол между подкосами и стропильной ногой $\gamma^0 = \alpha^0 + \beta^0 = 25^0 + 45^0 = 70^0$

$$\gamma = 70^0 \quad \sin \gamma = 0,94 \quad \cos \gamma = 0,342$$

Статический расчет.

Сбор нагрузки на 1 м^2 горизонтальной проекции покрытия.

Табл. 2.1.11

№ п/п	Наименование нагрузки	Подсчет нагрузки	Норма- тивная нагрузка кН/м^2	γ_f	Расчет- ная нагруз- ка кН/м^2
I	Постоянная нагрузка				
1	Асбоцементные листы $\rho = 19$ кН/м^3 ; $\cos 25^\circ =$ $0,906$; $\delta = 8$ мм $= 0,008$ м	$\frac{\rho \cdot \delta}{\cos \alpha} = \frac{19 \cdot 0,008}{0,906}$	0,168	1,2	0,2

№ п/п	Наименование нагрузки	Подсчет нагрузки	Норма- тивная нагрузка кН/м ²	γ_f	Расчет- ная нагруз- ка кН/м ²
2	Обрешетка – бруски $b \times h =$ $0,06 \times 0,06$ м; шаг – $S = 50$ см $= 0,5$ м; $\rho = 600$ кг/м ³ = 6кН/м ³	$\frac{\rho \cdot b \cdot h}{S \cdot \cos \alpha} =$ $\frac{6 \cdot 0,06 \cdot 0,06}{0,5 \cdot 0,906}$	0,048	1.1	0,052
3	Стропильная нога $b \times h = 15 \times$ 20 см; $\rho = 600$ кг/м ³ , $B=1,2$ м	$\frac{\rho \cdot b \cdot h}{\cos \alpha \cdot B} =$ $\frac{6 \cdot 0,15 \cdot 0,2}{0,906 \cdot 1,2}$	0,166	1,1	0,182
	Итого постоянная нагрузка		$g^n = 0,38$		$g = 0,43$

№ п/п	Наименование нагрузки	Подсчет нагрузки	Норма- тивная нагрузка кН/м ²	γ_f	Расчет- ная нагруз- ка кН/м ²
II	Временная нагрузка				
4	Снеговая, г. Ярославль IV-снеговой район $\alpha = 25^0$	$S = S_g \cdot \mu =$ $2,4 \cdot 1,25$ $S^n = 0,7 \cdot S_g$ $\cdot \mu = 0,7 \cdot 2,4 \cdot$ $1,25$	$S^n = 2,1$		$S = 3$
		Полная нагрузка	$q^n = 2,48$		$q = 3,43$

Примечание: По карте 1а определяем снеговой район в котором находится город снеговой район. Расчетное значение веса снегового покрова на 1 м^2 земли определяется по табл.4 изменения №2 к [1]

Для перехода снеговой нагрузки на покрытие значение снеговой нагрузки на земле (S_g) умножается на коэффициент перехода к снеговой нагрузке на кровле (μ), где μ определяется по приложению 3[1]

Сбор нагрузки на один погонный метр стропильной ноги: $q = \text{кН/м} = q \text{ кН/м}^2 \times B = \dots \times \dots = \dots \text{ кН/м}$

$q_n = \text{кН/м} = q_n \text{ кН/м}^2 \times B = \dots \times \dots = \dots \text{ кН/м}$,
где: B - шаг стропил.

Нагрузка на 1м длины стропильной ноги.

Расчетная схема и определение расчетных усилий.

Стропильная нога рассчитывается как неразрезная двух пролетная балка на шарнирных опорах, загруженная равномерно распределенной нагрузкой.

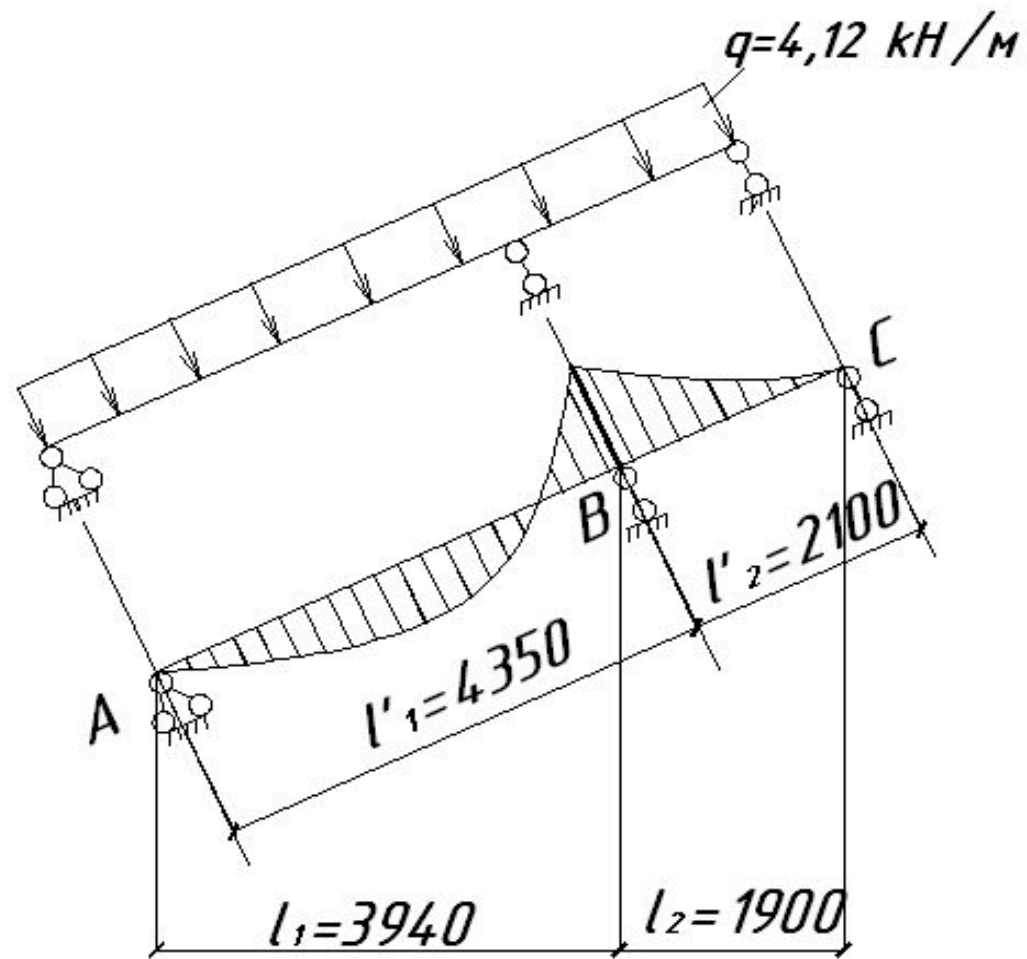


Рис.2.1.27 Расчетная схема и эпюра моментов стропильной ноги.

Определяем изгибающий момент на опоре «В» в горизонтальной проекции:

Конструктивный расчет.

Определяем расчетное сопротивление древесины по табл. 3.[4]

Введем поправочные коэффициенты условий работы в расчетное сопротивление:

- на породу древесины по таблице 4 принимаем $m_{\Pi} = 1$ (для сосны)
- на условия эксплуатации по таблице 5 принимаем $m_{\text{В}} = 1$
- на пропитку антипиренами п.3.2 к, принимаем $m_{\text{а}} = 0,9$.

Окончательно расчетное сопротивление будет равно:

$$R_u \cdot m_a \cdot m_{II} \cdot m_B = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 1,35 \text{ кН/см}^2$$

Определяем требуемые размеры поперечного сечения стропильной ноги.

$$W_x^{\text{од}} = \frac{M_{\text{max}} \cdot \gamma_n}{R_u} = \frac{6 \cdot 100 \cdot 0,95}{1,35} = 422,2 \text{ дм}^3$$

$W_x = \frac{b \times h^2}{6}$ примем $b = 15$ см и определим высоту сечения h

$$h = \sqrt{\frac{6W_x^{\text{од}}}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 422,2}{15}} = 12,9 \text{ дм}$$

принимаем $h=20$ см, согласно сортамента на древесину.

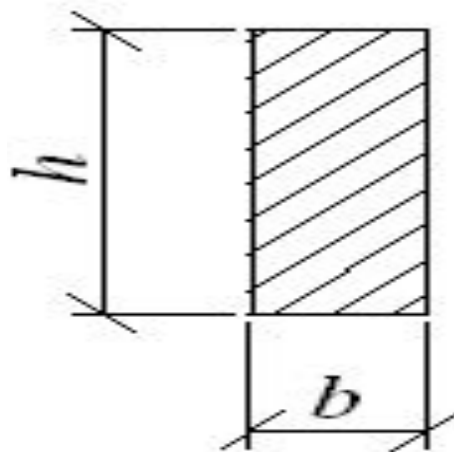


Рис.2.1.28 Сечение стропильной ноги

Принимаем сечение $b \times h = 15 \times 20 \text{ мм}$.

Проверка прочности сечения

$$\sigma = \frac{M_{\max} \cdot \gamma_n}{W_x} = \frac{6 \cdot 100 \cdot 0.95}{1000} = 0.57 \text{ МПа} / \text{мм}^2$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{15 \times 20^2}{6} = 1000 \text{ мм}^3$$

$$\sigma = 0.57 \text{ МПа} / \text{мм}^2 < R_u = 1.35 \text{ МПа} / \text{мм}^2$$

-прочность обеспечена.

Проверка жесткости стропильной ноги (прогиба)

Расчетный прогиб

$$f = \frac{5 \times q^n \times l_1^4}{384 \times \cos \alpha \times E \times J_x} = \frac{5 \times 0.0298 \times 394^4}{384 \times 0,906 \times 1000 \times 10000} = 1,03 \text{ см}$$

Нормативная нагрузка по табл.2.1.11

$$q_n = 2,48 \text{ кН} / \text{м}^2$$

Нагрузка с учетом шага стропильных ног

$$q^n = q_n \cdot B = 2,48 \cdot 1,2 = 2,98 \text{ кН} / \text{м}^2 = 0,0298 \text{ кН} / \text{см}^2$$

$$l_1 = 394 \text{ см}$$

$$E = 10000 \text{ МПа} = 1000 \text{ кН} / \text{см}^2 \quad - \text{ модуль упругости}$$

древесины;

$$\text{Момент инерции сечения } J_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{15 \times 20^3}{12} = 10000 \text{ см}^4$$

Предельный прогиб

$$[f] = \frac{1}{165} \times l = \frac{394}{165} = 2,39 \text{ см}$$

- по табл. 19

$$f = 0,57 \text{ см} < [f] = 2,39 \text{ см}$$

следовательно, жесткость балки обеспечена.

~~Пример~~ ~~5~~ ~~×~~ ~~20~~ ~~см~~ ~~сечение~~ стропильной ноги

5. Расчет подкоса

Подкос выполняют из бруса, древесина сосна 1 сорта.

Сжимающие усилие в подкосе N. Вертикальная составляющая реактивного усилия на средней опоре стропильной ноги P.

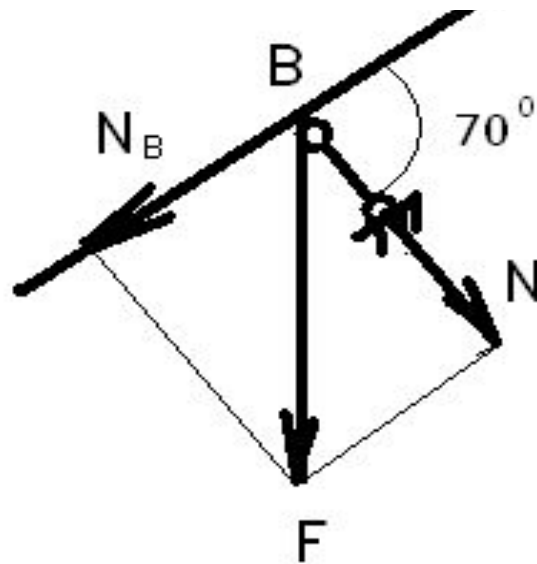


Рис.2.1.29 Схема усилий в подкосе

$$P = \frac{q \times l}{2} + \frac{M_B}{l_1} + \frac{M_B}{l_2} = \frac{q \cdot l}{2} + \frac{M_B \cdot l}{l_1 \cdot l_2} = \frac{4,12 \cdot 5,84}{2} + \frac{6 \cdot 5,84}{3,94 \cdot 1,9} = 16,71 \text{ кН}$$

Это усилие раскладывается на усилие N , сжимающее подкос и усилие N_B направленное вдоль стропильной ноги.

Используя уравнение синусов, определяем

$$N = \frac{\cos \alpha}{\sin \gamma} P = \frac{0,906}{0,94} \cdot 16,7 = 16,1 \text{ кН}$$

Вследствие небольшого сжимающего усилия подкос не рассчитываем, т.к. он будет работать с большим запасом.

Расчетная длина подкоса $l_n = \sqrt{l_2^2 + h_n^2} = \sqrt{1,9^2 + 1,9^2} = 2,68 \text{ м}$

Условие устойчивости подкоса

$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A_\delta} \leq R_c$, нормальные напряжения не должны превышать расчетного сопротивления древесины сжатию.

A_p - требуемая площадь подкоса

$$A_p = \frac{N}{\varphi \cdot R_c} = \frac{16,1}{1,4 \cdot 0,7} = 16,4 \text{ см}^2$$

R_c - расчетное сопротивление древесины сжатию, определяется по табл.3[4]

$R_c = 14 \text{ МПа} = 1,4 \text{ кН/см}^2$ - табл.3 п.1 а[4]

φ - коэффициент продольного изгиба, принимается
0,7-0,8 (не более 1)

Предварительно $h = 15$ см,

$$e^{mp} = \frac{A_p}{h} = \frac{16,4}{15} = 1,09 \text{ см}$$

принимаем сечение подкоса $b \times h = 10 \times 15$ см.

Проверка гибкости подкоса

$$\lambda = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{268}{4,33} = 62 < [\lambda] = 150, \text{ гибкость в норме.}$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{2812,5}{10 \cdot 15}} = 4,33 \text{ см} - \text{радиус инерции сечения,}$$

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{10 \cdot 15^3}{12} = 2812,5 \text{ см}^4 - \text{момент инерции сечения,}$$

$[\lambda]$ - предельная гибкость, принимается по табл.14[4].

При $\lambda < 70$, $\varphi = 1 - a \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{62}{100} \right)^2 = 0,69$, т.к. $62 < 70$,

Если $\lambda > 70$, $\varphi = \frac{3000}{\lambda^2}$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A_p} \leq R_c \quad \sigma = \frac{16,1}{0,69 \cdot 10 \cdot 15} \leq 1,4$$

, устойчивость подкоса обеспечена.