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 В (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 (ρ = 19 кН\м^3, δ = 8 мм), обрешетка (ρ=6 кН\м^3, сечение брусков в×h=60×60 мм, шаг брусков S = 500 мм)

2 - гибкая черепица (m = 0,085 кН\м^2), обрешетка сплошная(ρ = 6 кН\м^3, δ = 25 м).

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 $\alpha = 25^0$. Стропильную ногу выполнить из бруса 15×20 см. Древесина - сосна 2 сорта. Шаг стропил l=1,2м. 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.

$\alpha=25^0$ $\sin\alpha=0{,}423$ $\beta=45^0$ $\sin\beta=0{,}707$
$\cos\alpha=0{,}906$ $\cos\beta=0{,}707$
$tg\,\alpha=0{,}466$
$ctg\,\alpha=2{,}145$

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

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

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

Подкос направлен под углом $\beta = 45^0$ к горизонту.

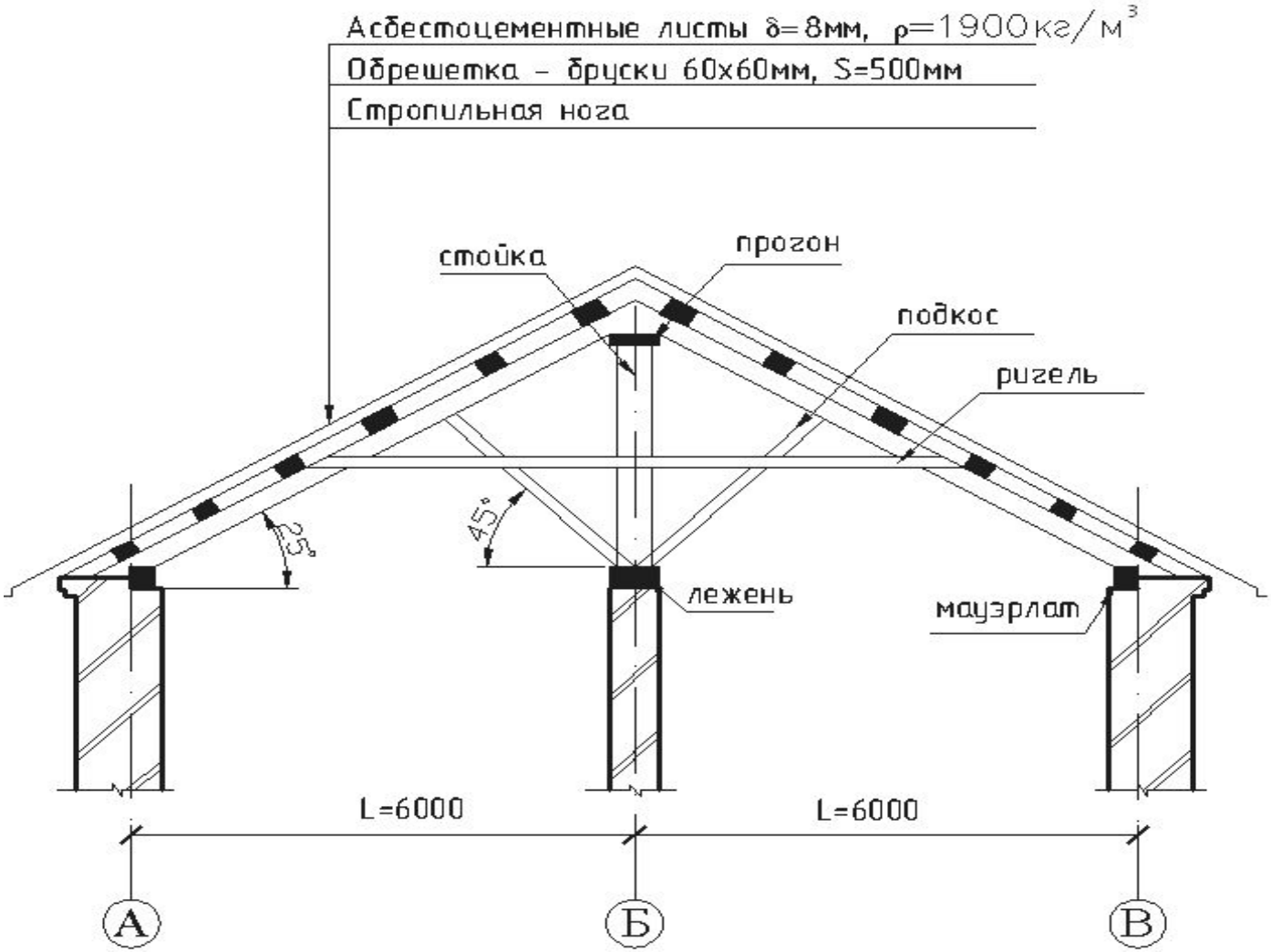

Рис. 2.1.24 Конструктивная схема

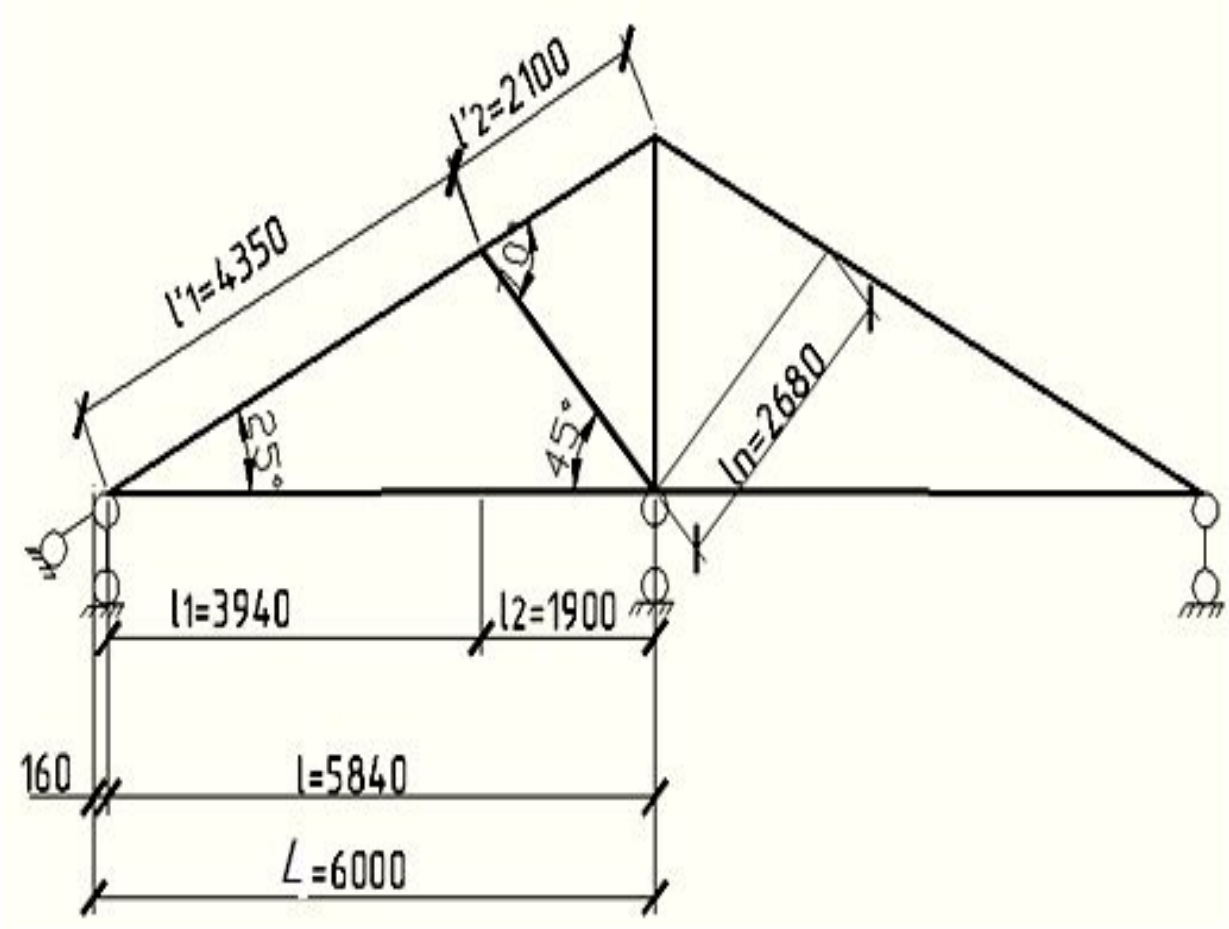

Рис.2.1.25. Геометрическая схема

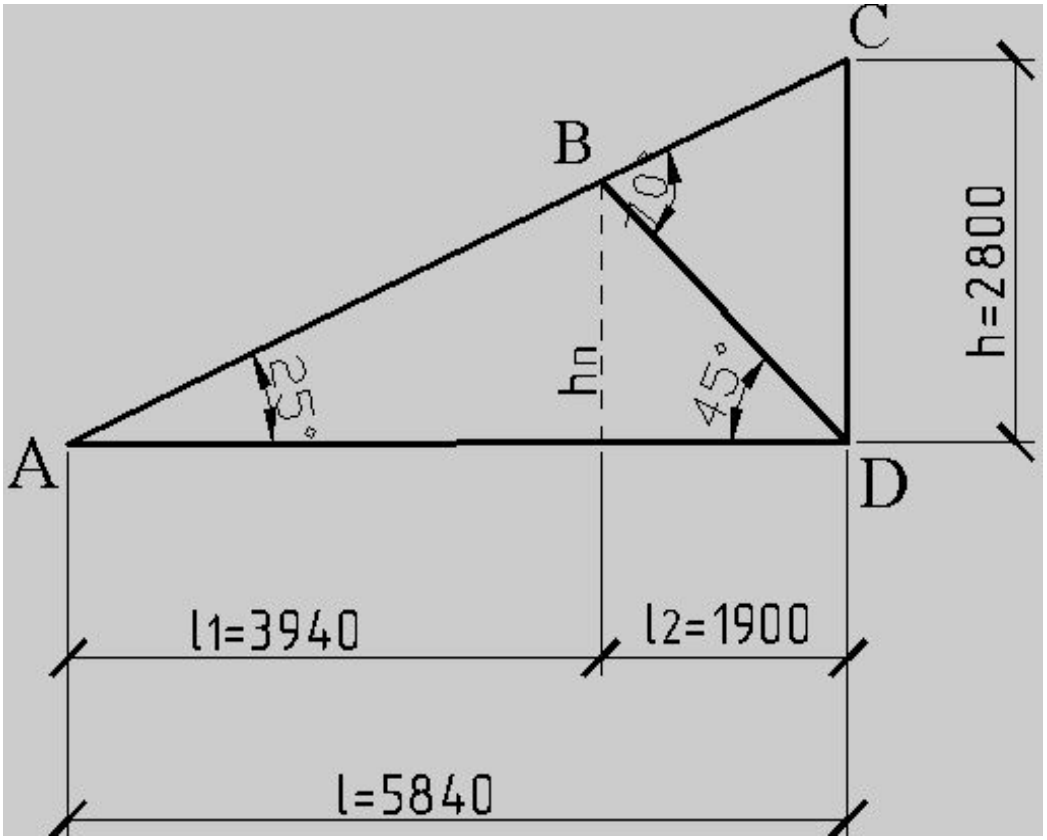

Рис. 2.1.26 Определение размеров

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

$$l_2 = \frac{\square}{1 + ctg\alpha} = \frac{584}{1 + 2.145} = 190\tilde{n}\grave{i}$$,

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

Длина верхнего и нижнего участков стропильной ноги:

$$l_1^{\ 1} = \frac{l_1}{\cos\alpha} = \frac{394}{0.906} = 435\tilde{n}\grave{i} \qquad l_2^{\ 1} = \frac{l_2}{\cos\alpha} = \frac{190}{0.906} = 210\tilde{n}\grave{i}$$

Длина подкоса $l_n = \sqrt{l_2^{\ 2} + h^2{}_{\ddot{i}}} = \sqrt{1{,}9^2 + 1{,}9^2} = 2.68\grave{i} = 268c\grave{i}$

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

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

Статический расчет.

Сбор нагрузки на 1м^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 ρ = 19 кН/м^3; cos 25^0 = 0,906; δ = 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 × 0,06 м; шаг – S = 50 см = 0,5м; ρ = 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 × 20 см; ρ = 600 кг/м^3 ,В=1,2м	$\frac{\rho \cdot b \cdot h}{\cos\alpha \cdot B} = \frac{6 \cdot 0.15 \cdot 0.2}{0.906 \cdot 1{,}2}$	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 1м^2 земли определяется по табл.4 изменения №2 к [1]

Для перехода снеговой нагрузки на покрытии 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 = кН/м = q кН/м^2 × В = … × … = … кН/м

q_n = кН/м = q_n кН/м^2 × В = … × … = … кН/м,
где: В - 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.

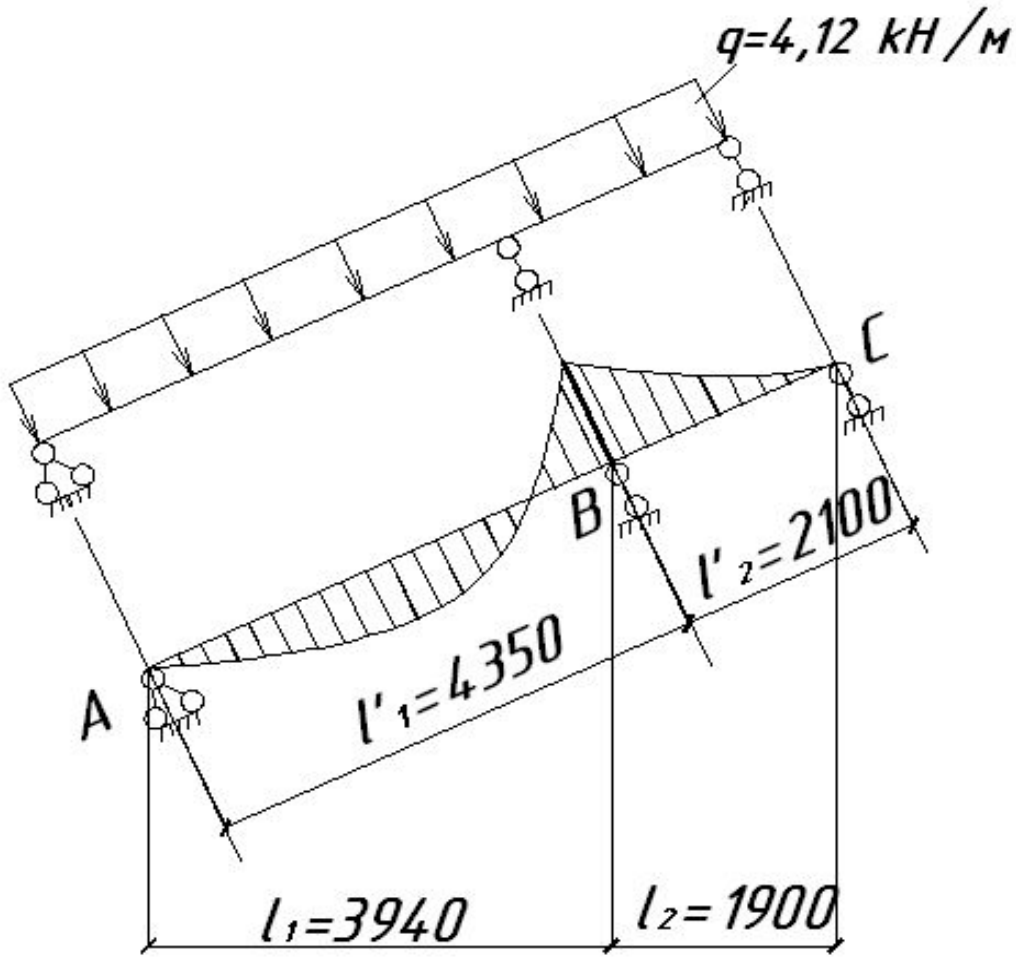

Рис.2.1.27 Расчетная схема и эпюра моментов стропильной ноги.

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 $m_п$ =1 (для сосны)
- на условия эксплуатации по таблице 5 принимаем $m_в$ = 1
- на пропитку антипиренами п.3.2 к, принимаем $m_а$ = 0,9.

Окончательно расчетное сопротивление будет равно:

$R_u \cdot m_a \cdot m_п \cdot m_в = 1{,}5 \cdot 0{,}9 \cdot 1 \cdot 1 = 1{,}35$ кН/см^2

Определяем требуемые размеры поперечного сечения стропильной ноги.

$$W_x^{\grave{o}\eth} = \frac{M_{\max} \cdot \gamma_n}{R_u} = \frac{6 \cdot 100 \cdot 0.95}{1{,}35} = 422{,}2 \tilde{n}\grave{i}^{\,3}$$

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

$$h = \sqrt{\frac{6W_x^{\grave{o}\eth}}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 422{,}2}{15}} = 12{,}9 \tilde{n}\grave{i}$$

принимаем h=20см, согласно сортамента на древесину.

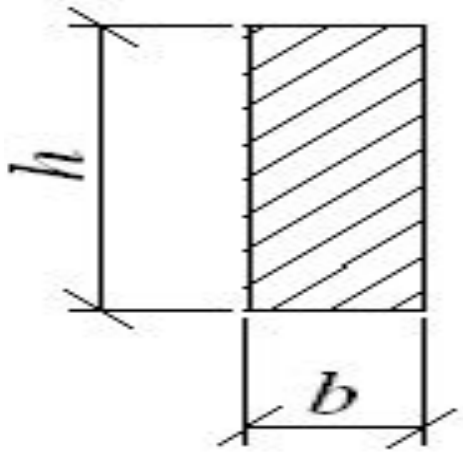

Рис.2.1.28 Сечение стропильной ноги

Принимаем сечение $b \times h = 15 \times 20 ñì$.

Проверка прочности сечения

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

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

$$\sigma = 0{,}57 êÍ \ / ñì^2 < R_u = 1{,}35 êÍ \ / ñì^2$$

-прочность обеспечена.

Проверка жесткости стропильной ноги (прогиба)

Расчетный прогиб

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

Нормативная нагрузка по табл.2.1.11

$$q_n = 2{,}48 кН / м^2$$

Нагрузка с учетом шага стропильных ног

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

$$l_1 = 394 см$$

$E = 10000 МПа = 1000 кН / см^2$ - модуль упругости древесины;

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

Предельный прогиб

$$[f] = \frac{1}{165} \times l = \frac{394}{165} = 2{,}39 см$$ - по табл. 19 [1].

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

,

следовательно, жесткость балки обеспечена.

Принимаем сечение стропильной ноги $b \times h = 15 \times 20 см$

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.

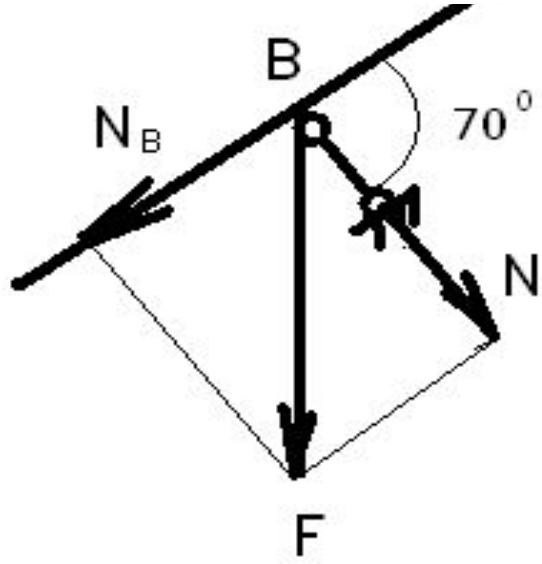

Рис.2.1.29 Схема усилий в подкосе

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

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

Используя уравнение синусов, определяем

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

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

Расчетная длина подкоса $l_n = \sqrt{l_2^{\,2} + h^2{}_n} = \sqrt{1{,}9^2 + 1{,}9^2} = 2.68 м$

Условие устойчивости подкоса

$\sigma = \dfrac{N}{\varphi \cdot A_д} \le R_c$, нормальные напряжения не должны превышать расчетного сопротивления древесины сжатию.

$A_р$- требуемая площадь подкоса

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

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

R_c=14МПа=1,4кН/см^2- табл.3п.1а[4]

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

Предварительно h = 15 см,

$$в^{тр} = \frac{A_p}{h} = \frac{16,4}{15} = 1,09 см$$

принимаем сечение подкоса b×h=10×15 см.

Проверка гибкости подкоса

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

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

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

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

При λ<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 λ>70, $\varphi = \frac{3000}{\lambda^2}$

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

, устойчивость подкоса обеспечена.