

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Вологодский государственный технический университет

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС

Методические указания к контрольной работе

Факультет заочного и дистанционного обучения

Специальности 270102 – промышленное и гражданское строительство

Направление 270800.62 – «Строительство»

Вологда
2012

УДК 620.1

Конструкции из дерева и пластмасс. Методические указания к контрольной работе – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 30 с.

Методические указания соответствуют стандарту специалиста по специальностям 270102 утвержденным 07.03.2000 г. и направлению 270800.62 «Строительство» и содержат основные положения, принципы и методику расчета деревянных конструкций. Предназначены для студентов заочной формы обучения, специальности 270102 и направления 270800.62 «Строительство».

Утверждено ред.-изд. Советом ВоГТУ

Составитель: Л.И. Булгакова, канд. техн. наук, доцент каф. ПГС

Рецензент: Комиссарова И.И., к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов

Введение

В соответствии с действующими учебными планами студенты заочной формы обучения по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс» выполняют контрольную работу на тему «Расчет стропильных конструкций».

Цель этих указаний - выработать у студентов навыки проектирования (расчета и конструирования) ограждающих и несущих конструкций с применением древесины.

Контрольная работа состоит из пояснительной записки и графической части формата А-III.

1. Содержание контрольной работы

Расчетно-пояснительная записка выполняется в соответствии с ЕСКД на стандартных листах формата AIV. Титульный лист рекомендуется выполнять чертежным шрифтом.

1.1. Расчетно-пояснительная записка

Расчетно-пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1. Задание на контрольную работу.
2. Расчетные схемы настила или обрешетки.
3. Сбор нагрузки на настил или обрешетку.
4. Проверочный расчет настила или обрешетки.
5. Геометрический расчет стропильной системы.
6. Расчетная схема стропильной конструкции.
7. Сбор нагрузки на стропильную конструкцию.
8. Проверочный расчет стропильной конструкции

1.2. Графическая часть

Графическая часть выполняется карандашом или на ПК на листе формата А-III. На листе должны быть выполнены:

1. Поперечный разрез крыши в М 1:100.
2. Три узла (карнизный, коньковый и в месте стыка стойки или подкоса) в М 1:20.
3. Спецификация деревянных элементов.

Выполненная графическая часть и пояснительная записка после проверки представляется к защите.

2. Задание на контрольную работу

Задание приведено в приложении (таблица 1).

3. Настилы и обрешетки

Настилы и обрешетки применяются в покрытиях в качестве основания кровель. Они могут быть продольно-наклонными (расположены перпендикулярно к коньку крыши) и поперечно-наклонными (расположены параллельно коньку крыши). Продольно-наклонный настил крепится к прогонам, которые опираются на стропильные ноги, а поперечно-наклонный настил (обрешетка) крепится непосредственно к стропильным ногам (рис.1, а, б) [1, 2, 3].

При относительно небольших уклонах кровли ($\alpha < 10^\circ$) оба вида настила рассчитывают на нормальную составляющую действующей нагрузки, определяемую по (3.1), а скатную составляющую передают на жесткую основу крыши и гвозди. При уклонах α более 10° поперечно наклонную обрешетку рассчитывают на косой изгиб, т. е. учитывают обе составляющие действующей нагрузки.

$$q_i = (g + S \cos \alpha) \cdot \cos \alpha \quad (3.1)$$

Настилы и обрешетку рассчитывают на две комбинации загрузки:

1. Равномерно распределенная постоянная и временная нагрузки;
2. Равномерно распределенная постоянная нагрузка и сосредоточенная монтажная нагрузка.

В качестве расчетной схемы настила принимается двухпролетная балка (рис.1). В общем случае за грузовую площадь принимается расчетная полоса шириной 1 м.

При сплошном рабочем настиле расчетное сечение принимается прямоугольным, шириной $b' = 1 \text{ м}$, а высоту настила получают из расчета на прочность и жесткость; при разреженном настиле ширину расчетного сечения получают из суммарной ширины досок, расположенных на ширине 1 м ($b' = n \cdot b_1$).

Количество досок n определяют, учитывая их ширину b_1 и расстояние между досками S , тогда $n = 1/(\hat{a}_1 + s)$.

При определении расчетного сечения следует учитывать условия распределения сосредоточенной нагрузки. Принято: при двухслойном настиле сосредоточенная нагрузка распределяется на ширину $b' = 0,5 \text{ м}$; при разреженном настиле, если расстояние между осями досок $a' > 15 \text{ см}$ – на одну доску (или брус обрешетки); если $a' < 15 \text{ см}$ – на две доски (два бруса обрешетки).

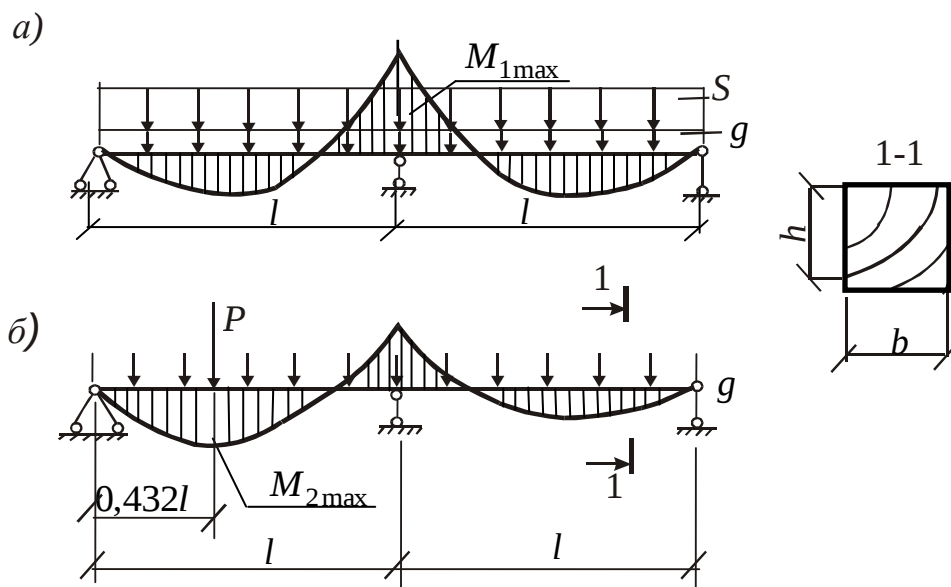


Рис.1. Расчетные схемы настила и обрешетки: а – при первом сочетании нагрузок;

б – при втором сочетании нагрузок

Чтобы сделать сопоставимыми изгибающие моменты, определенные по 1-й и 2-й комбинациям загрузки, значение сосредоточенной нагрузки приводят к ширине метровой полосы: при двухслойном настиле $P_p = P / 0,5$, при разреженном настиле, если груз передается на одну доску - $P_p = P / v_1$, если на две, то $P_p = P / 2 \cdot v_1$. Ширина доски v_1 принимается в метрах.

При сопоставимых изгибающих моментах, которые определены по 1-й и 2-й комбинациям загрузки, размеры сечения досок настила можно подобрать по наибольшему изгибающему моменту и проверить по жесткости только на 1-ю комбинацию загрузки.

Если изгибающие моменты несопоставимы, то можно подобрать размеры сечения элементов настила по моменту и деформации, найденным из 1-й комбинации загрузки, и затем их проверить по моменту из 2-й комбинации загрузки.

Ширина грузовой площади при расчете обрешетки из брусков может быть принята равной шагу брусков. В этом случае рассчитывается один брусок с расчетным квадратным сечением (рис.1).

3.1. Расчет поперечно-наклонного настила

Сплошной настил из досок, прибиваемый гвоздями к стропильным ногам. Уклон кровли около 5° ($i = 1 / 10$)).

Последовательность расчета

1. Расчетная схема - двухпролетная балка (см. рис.1, б).

2. Сочетания нагрузок:

а) полная постоянная и временная нагрузки.

Полную погонную равномерно распределенную нагрузку определяют по формуле (3.1), принимая ширину расчетной полосы α равной 1 м.

б) постоянная нагрузка от настила и сосредоточенная нагрузка в одном пролете $P_p = 1,2 \text{ кН}$ (от человека с инструментом).

Можно подобрать высоту сечения досок настила по моменту M_1 (3.2), проверить по моменту M_2 (3.3).

3. Изгибающие моменты:

из 1-го сочетания нагрузок:
$$M_1 = \frac{q \cdot \ell^2}{8}; \quad (3.2)$$

из 2-го сочетания нагрузок:

$$M_2 = 0,07 \cdot g \cdot \ell^2 + 0,207 \cdot P_p \cdot \ell. \quad (3.3)$$

При сопоставимых значениях изгибающих моментов наибольший из них принимается за расчетный и используется для подбора размеров сечения.

4. Уточнение расчетного сопротивления R_u в зависимости от конкретных условий эксплуатации в соответствии с [5] (R'_u - расчетное сопротивление с учетом коэффициентов)

5. Требуемый момент сопротивления настила:

$$W_{mp} = \frac{M_p}{R'_u}. \quad (3.4)$$

6. Требуемая высота сечения:

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot W_{mp}}{b}}. \quad (3.5)$$

Ширина сечения b должна соответствовать ширине расчетной полосы, принятой для определения изгибающего момента.

7. Корректировка размеров поперечных сечений досок настила по сорту пиломатериалов h_1 (приложение табл. 2)

8. Момент сопротивления сечения настила после корректировки размеров:

$$W = \frac{b \cdot h_1^2}{6}. \quad (3.6)$$

9. Проверка прочности по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{M_p}{W} \leq R'_u. \quad (3.7)$$

10. Момент инерции сечения:

$$J = \frac{e \cdot h_1^3}{12} \quad (3.8)$$

11. Проверка жесткости только при первом сочетании нагрузок:

$$\frac{f}{\ell} = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q^n \cdot \ell^3}{EJ} \leq \left[\frac{f}{\ell} \right] = \frac{1}{150} \quad (3.9)$$

Если проверка жесткости не выполняется, то нужно увеличить высоту сечения настила, сообразуясь с сортаментом пиломатериалов, вычислить заново момент инерции и произвести повторную проверку жесткости. Если проверка выполняется, то расчет настила закончен.

3.2 Расчет обрешетки

Обрешетка из брусков применяется при кровлях из асбестоцементных волнистых листов и металлочерепицы. Уклон кровли $\alpha > 10^0$.

Последовательность расчета

1. Расчетная схема - двухпролетная балка с горизонтальной осью (рис.1).

2. Сочетания нагрузок:

а) полная погонная постоянная и временная нагрузки (рис.1);

б) постоянная равномерно распределенная и монтажная нагрузки (рис.1).

Ширина грузовой площади при обоих сочетаниях нагрузки принимается равной шагу брусков.

3. Расчетные изгибающие моменты. Изгибающие моменты для рассматриваемых сочетаний нагрузки определяются соответственно по (3.2) и (3.3). Наибольшее значение изгибающего момента принимается для дальнейшего расчета. В связи с тем, что брусок обрешетки работает в условиях косоугольного изгиба, вычисляют составляющие изгибающего момента:

$$M_x = M'' \cos \alpha; \quad M_y = M'' \sin \alpha \quad (3.10)$$

4. Моменты сопротивления и инерции:

$$W_x = \frac{\hat{a}_1 \cdot h^2}{6}; \quad W_y = \frac{h \cdot \hat{a}_1^2}{6}; \quad (3.11)$$

$$J_x = \frac{\hat{a}_1 \cdot h^3}{12}; \quad J_y = \frac{h \cdot \hat{a}_1^3}{12}. \quad (3.12)$$

5. Проверка прочности по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{\dot{I}_x}{W_x} + \frac{\dot{I}_y}{W_y} \leq R_u \quad (3.13)$$

6. Прогиб в плоскости, перпендикулярной скату:

$$f_y = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q^H \cdot \cos \alpha \cdot \ell^4}{E \cdot J_x}. \quad (3.14)$$

7. Прогиб в плоскости, параллельной скату:

$$f_x = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q^H \cdot \sin \alpha \cdot \ell^4}{E \cdot J_y}. \quad (3.15)$$

8. Полный прогиб:

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (3.16)$$

9. Проверка жесткости:

$$\frac{f}{\ell} \leq \left[\frac{f}{\ell} \right]. \quad (3.17)$$

4. Стропила

Стропильные ноги представляют собой наклонные балки. При расчете стропил учитывают угол наклона и конструкцию [4, 5].

Простейшие наклонные стропила при углах наклона кровли $\alpha \leq 10^\circ$ рассчитывают как однопролетные балки с горизонтальной осью. В качестве нагрузки принимают полную нагрузку или ее нормальную составляющую, пренебрегая скатной составляющей.

Если кровля крутая $\alpha > 10^\circ$, то в качестве расчетной схемы принимают шарнирно-опертую балку с наклонной осью. Нагрузка принимается распределенной по горизонтальной проекции стропильной ноги (4.1).

$$q'_n = (g / \cos \alpha + S) \quad (4.1)$$

При определении действующего изгибающего момента используют размер горизонтальной проекции l_0 :

$$M = \frac{q \cdot \ell_0^2}{8} \quad (4.2)$$

При очень крутых ($\alpha > 45^\circ$) углах наклона стропил и тяжелых крышах требуется учитывать продольную сжимающую составляющую нагрузки, а перпендикулярная составляющая производит изгиб балки.

При определении погонной нагрузки ширина грузовой площади a принимается равной шагу стропил.

$$q_{noz} = (g + S) \cdot a \quad (4.3)$$

Для более сложных наслонных стропил, когда стропильная нога опирается на подкос или прогон, в качестве расчетной схемы принимают двухпролетную балку с горизонтальной осью при малых уклонах кровли и с наклонной - при больших.

Нагрузка определяется, как и для простейших стропил, в зависимости от угла наклона кровли.

Опасным сечением для двухпролетных стропил является сечение на средней опоре. Изгибающий момент в этом сечении определяется как для двухпролетной неразрезной балки по формуле (рис.2, б):

$$\dot{I} = \frac{q \cdot (\ell_1^3 + \ell_2^3)}{8 \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \quad (4.4)$$

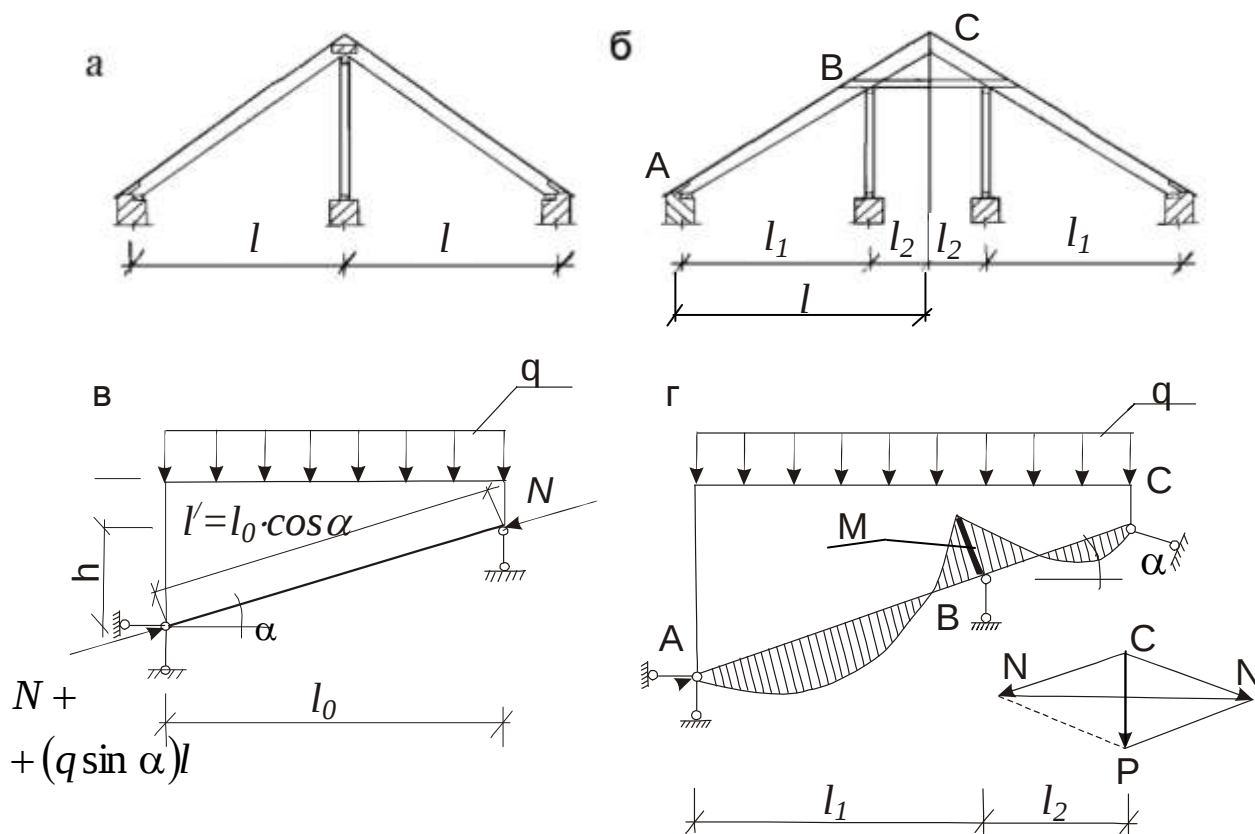


Рис. 2. Наслонные стропила: а–однопролетные; б–двухпролетные; в–расчетная схема однопролетных стропил; г–расчетная схема двухпролетных стропил

Вертикальное давление P в точке C (рис.2, г) при симметричном нагружении равномерно распределенной нагрузкой всего покрытия равно удвоенной правой опорной реакции двухпролетной балки:

$$P = 2R_c, \quad R_c = \frac{q \cdot \ell_2}{2} - \frac{\dot{I}}{\ell_2} \quad (4.5)$$

Сжимающее усилие в верхней части стропильной ноги:

$$N = \frac{P}{2 \cdot \sin \alpha} \quad (4.6)$$

Прочность сечения на средней опоре проверяют с учетом ослабления врубкой, как сжато - изгибаемого элемента. Кроме того, проверяют прочность в середине пролета, как для однопролетной балки пролетом ℓ_1 , учитывая, что средняя опора может просесть и тогда опорный момент над средней опорой будет равен нулю.

Расчет по жесткости производят с учетом наклона оси по формуле:

$$\frac{f}{\ell'} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^H \cdot \ell_0^3}{EJ \cos \alpha} \leq \frac{1}{200}, \quad (4.7)$$

где ℓ_0 – горизонтальная проекция стропила; ℓ' – длина стропила (рис.2).

4.1. Расчет наклонных стропил с ригелем и подкосом

Рекомендуемый угол наклона покрытия $\alpha = 25^\circ$ к горизонтали; угол наклона подкоса к горизонтали $\beta = 45^\circ$.

Последовательность расчета

1. Расчетная схема - двухпролетная шарнирно-опертая балка с наклонной осью (рис.3, б).

2. Равномерно распределенная нагрузка по проекции покрытия - по (4.1). Интенсивность равномерно распределенной погонной нагрузки - по (4.2). Ширина грузовой площади a равна шагу стропил.

3. Пролет от оси мауэрлата до оси внутренней стены:

$$\ell = L - a_1 \quad (4.10)$$

4. Высота стропил в коньке:

$$h = L \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (4.11)$$

5. Расстояние между точкой пересечения подкоса и стропильной ноги и осью внутренней стены:

$$\left. \begin{aligned} \ell_2 &= \frac{L}{1 + \operatorname{ctg} \alpha} \\ \ell_1 &= \ell - \ell_2 \end{aligned} \right\}; \quad (4.12)$$

6. Длина нижнего и верхнего участков стропильной ноги:

$$\ell'_1 = \frac{\ell_1}{\cos \alpha}; \quad \ell'_2 = \frac{\ell_2}{\cos \alpha}; \quad (4.13)$$

7. Длина подкоса:

$$\ell_n = \sqrt{2} \cdot \ell_2. \quad (4.14)$$

8. Угол между подкосом и стропильной ногой:

$$\gamma = \alpha + \beta \quad (4.15)$$

9. Изгибающий момент в опасном сечении (в месте примыкания подкоса) - по (4.4).

10. Корректировка расчетного сопротивления R_u - в соответствии с [5].

11. Требуемый момент сопротивления с учетом ослабления врубкой:

$$W_{нт} = \frac{M}{R_u} \quad (4.16)$$

12. Прочность по нормальным напряжениям.

$$\sigma = \frac{N}{F_{HT}} + \frac{M}{W_{HT} \cdot \zeta} \leq R'_u \quad (4.17)$$

13. Изгибающий момент в нижнем участке стропила при просадке опоры ($M_0=0$):

$$M_1 = \frac{q \cdot \ell_1^2}{8} \quad (4.18)$$

14. Прочность по нормальным напряжениям - по (2.7).

15. Жесткость наклонной стропильной ноги:

$$\frac{f}{\ell} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot \ell_1^3}{A \cdot J \cdot \cos \alpha} \leq \left[\frac{f}{\ell} \right] \quad (4.19)$$

16. Вертикальная составляющая реактивного усилия на средней опоре стропильной ноги:

$$P = \frac{q \cdot \ell}{2} + \frac{\dot{I} \cdot \hat{a} \cdot \ell}{\ell_1 \cdot \ell_2} \quad (4.20)$$

17. Усилие, сжимающее подкос:

$$N = \frac{\cos \alpha}{\sin \gamma} \cdot P \quad (4.21)$$

18. Усилие, сжимающее стропильную ногу:

$$N_0 = \frac{\cos \beta}{\sin \gamma} \cdot P \quad (4.22)$$

19. Распор в ригеле:

$$H = N_0 \cdot \cos \alpha \quad (4.23)$$

Усилия N , N_6 и H обычно незначительные и сечения подкоса и затяжки принимаются конструктивно. В противном случае можно подобрать сечение из условия прочности.

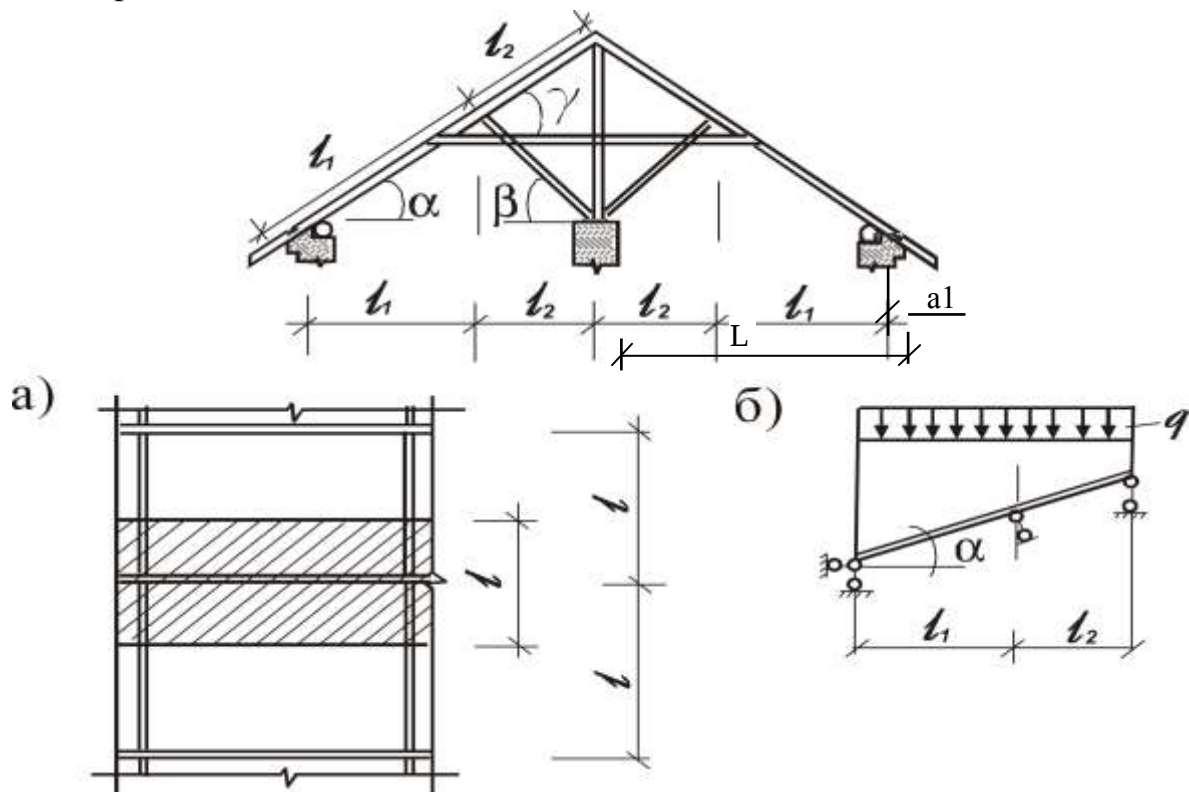


Рис.3. Наслонные стропила с подкосами и затяжкой: а- грузовая площадь; б – расчетная схема

20. Несущая способность односрезного гвоздя:

$$T_{гв} = 4 \cdot d_{гв}^2 \quad (4.24)$$

21. Требуемое количество гвоздей, прикрепляющих ригель к стропилам:

$$n = \frac{H}{T_{гв}} \quad (4.25)$$

5. Примеры расчета

Пример 1. Настил.

Рассчитать дощатый настил чердачного покрытия жилого здания в г.Вологде. Кровля из оцинкованной кровельной стали толщиной 0,8 мм. Настил разреженный из досок хвойных пород (ель, сосна) шириной 100 мм, шаг стропил 1,0 м. Уклон кровли $i \approx 0,58$ $\alpha = 30^\circ$.

К расчету настила:

с

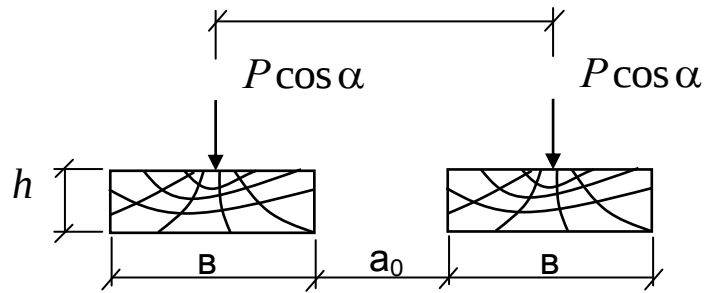


Рис.4

Таблица 1

Сбор нагрузки на настил, н/м²

Вид нагрузки	q''	γ_f	q
Постоянная			
1. Кровля $8 \cdot 10^{-4} \times 78500$	62,80	1,05	65,94
2. Собственный вес настила (ориентировочно) $\frac{0,1 \cdot 0,022 \cdot 5000}{0,1 + 0,1}$	55,00	1,1	60,50
Итого	$g'' = 117,8$		$g = 126,4$
Временная	$S^i =$		$S =$
1. Снеговая [6]			
2. $S^i = 0,7 S_q c_e c_t \mu$	$S'' = 1680$	1,4	$S = 2352$
$S = S^i \cdot \gamma_f$			

Всего: $q'' = 1798$ $q = 2478$

Расчет настила ведем для полосы шириной $a = 1$ м.

Нормативное значение:

$$q_x^i = a \cdot (g^i + S^i \cdot \cos \alpha) \cdot \cos \alpha =$$

$$= 1 \cdot (117,8 + 1680 \cdot 0,866) \cdot 0,866 = 1362 \text{ Ё } / \text{ м } .$$

Расчетное значение:

$$q_x = a (g + S \cdot \cos \alpha) \cos \alpha =$$

$$= 1 \cdot (126,4 + 2352 \cdot 0,866) \cdot 0,866 = 1873 \text{ Ё } / \text{ м } .$$

Изгибающий момент

$$\dot{I} = q_x \cdot \ell^2 / 8 = 1873 \cdot 1^2 / 8 = 234,1 \text{ Ё } \cdot \text{ м } .$$

Требуемый момент сопротивления:

$$W_{\delta\delta}^{\dot{\delta}} = \dot{I}_n / (R_u \cdot m_{\delta}) = 234,1 / (13 \cdot 10^6 \cdot 1) = 18,0 \cdot 10^{-6} \text{ м }^3 .$$

Требуемая толщина настила:

$$h_1^{\partial\partial} = \sqrt{6 \cdot W_x \cdot \tilde{n} / (\hat{a}_1 \cdot 1)} = \sqrt{6 \cdot 18 \cdot 10^{-6} \cdot (0,1 + 0,1) / (0,1 \cdot 1)} = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Требуемый момент инерции:

$$J_{\partial}^{\partial\partial} = \frac{2,13 \cdot q_x^i \cdot l^3 \cdot 150}{384 \hat{A}} = 2,13 \cdot 1362 \cdot 1^3 \cdot 150 / 384 \cdot 10^{10} = 11,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Требуемая толщина настила:

$$h_2^{\partial\partial} = \sqrt[3]{12 \cdot J_x \cdot \tilde{n} / \hat{a}_1 \cdot 1} = \sqrt[3]{12 \cdot 11,3 \cdot 10^{-8} \cdot 0,25 / 0,1 \cdot 1} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Расчет по второму сочетанию нагрузок

Принимаем расчетное значение монтажной сосредоточенной нагрузки $P = 1,2 \text{ кН}$ [5]. Шаг досок $c = 200 \text{ мм} > 150 \text{ мм}$, считаем, что монтажная нагрузка передается на 1 доску [5].

Нормальная составляющая монтажной нагрузки:

$$D_{\partial} = D \cdot \cos \alpha = 1,2 \cdot 0,866 = 1,04 \text{ кН}.$$

Нормальная составляющая постоянной расчетной нагрузки, действующей на полосу шириной $c = 0,2 \text{ м}$:

$$g_x = g \cdot c \cdot \cos \alpha = 126,4 \cdot 0,2 \cdot 0,866 = 21,9 \text{ Н / м}.$$

Изгибающий момент:

$$\begin{aligned} \hat{I} &= 0,07 \cdot g_x \cdot \ell^2 + 0,207 \cdot D_{\partial} \cdot \ell = \\ &= 0,07 \cdot 21,9 \cdot 1^2 + 0,207 \cdot 1040 \cdot 1 = 216,8 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Требуемый момент сопротивления

$$W_{\partial}^{\partial\partial} = \hat{I} / (R_u \cdot m_A \cdot m_f) = 216,8 / (13 \cdot 10^6 \cdot 1,15 \cdot 1,2) = 12,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Требуемая толщина настила:

$$h_{\partial}^{\partial\partial} = \sqrt{6 \cdot W_{\partial}^{\partial\partial} / \hat{a} \cdot 1} = \sqrt{6 \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} / 0,1 \cdot 1} = 2,69 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Требуемая толщина настила из 2-го сочетания нагрузок оказалась наибольшей ($2,69 > 1,43 > 1,33$). Ближайший размер по сортаменту 3,2 см. Принимаем сечение досок настила 32x100 мм.

Пример 2. Обрешетка

Расчитать обрешетку мансардного покрытия жилого здания в г. Вологде. Кровля из натуральной черепицы. Обрешетка из сосновых брусков. Шаг стропил 1,0 м. Уклон кровли $\alpha = 35^\circ$, $\cos \alpha = 0,819$, $\sin \alpha = 0,574$, $\mu = 0,833$, $S_q = 2,4 \text{ кН} / \text{м}^2$.

Предварительно примем обрешетку сечением 50x50 мм с шагом $c = 300 \text{ мм}$. Сбор нагрузки приведем в таблице 2.

Таблица 2

Сбор нагрузки на обрешетку, Н/м²

Вид нагрузки	q^H	γ_f	q
Постоянная			
1. Кровля из натуральной черепицы	500	1,1	550
2. Собственный вес обрешетки (ориентировочно) $\frac{0,05 \cdot 0,05 \cdot 5000}{0,3}$	42	1,1	46
Итого	$g^H = 542$		$g = 596$
Временная			
1. Снеговая $S^i = 0,7 S_q c_e c_t \mu$ $S = S^i \cdot \gamma_f$	$S^i = 1399$	1,4	$S = 1959$

Всего: $q^H = 1941$ $q = 2555$

Погонная нагрузка:

$$q^i = (g^i + S^i \cdot \cos \alpha) \cdot c = (542 + 1399 \cdot 0,819) \cdot 0,3 = 506,3 \text{ Н/м} ;$$

$$q = (g + S \cdot \cos \alpha) \cdot c = (596 + 1959 \cdot 0,819) \cdot 0,3 = 660 \text{ Н/м} .$$

Изгибающий момент

$$M = q \cdot \ell^2 / 8 = 660 \cdot 1^2 / 8 = 82,5 \text{ Н·м} .$$

Моменты сопротивления бруса

$$W_x = \hat{a} \cdot h^2 / 6 = 5 \cdot 5^2 / 6 = 20,8 \text{ см}^3 ;$$

$$W_y = \hat{a}^2 \cdot h / 6 = 5^2 \cdot 5 / 6 = 20,8 \text{ см}^3 .$$

Проверка прочности нормальных значений при косом изгибе:

$$\sigma = M (\cos \alpha / W_x + \sin \alpha / W_y) \leq R_u \cdot m_B$$

$$\sigma = 82,5 \left(\frac{0,819}{20,8 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,574}{20,8 \cdot 10^{-6}} \right) = 5,0 \cdot 10^6 < 13 \cdot 10^6 \text{ Па} .$$

Моменты инерции бруса:

$$J_x = \hat{a} \cdot h^3 / 12 = 5 \cdot 5^3 / 12 = 52 \text{ см}^4 ;$$

$$J_y = \hat{a}^3 \cdot h / 12 = 5^3 \cdot 5 / 12 = 52 \text{ см}^4 ;$$

Прогиб в плоскости, параллельный скату:

$$f_{\delta} = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q^i \cdot \sin \alpha \cdot \ell^4}{E \cdot J_{\delta}} = \frac{2,13 \cdot 506,3 \cdot 0,574 \cdot 1^4}{384 \cdot 10^{10} \cdot 50 \cdot 10^{-8}} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,32 \text{ мм} .$$

Прогиб в плоскости перпендикулярной скату:

$$f_y = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q^i \cdot \cos \alpha \cdot \ell^4}{A \cdot J_{\phi}} = \frac{2,13 \cdot 506,3 \cdot 0,819 \cdot 1^4}{384 \cdot 10^{10} \cdot 50 \cdot 10^{-8}} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,46 \text{ мм}.$$

Полный прогиб:

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,32^2 + 0,46^2} = 0,56 \text{ мм}.$$

Относительный прогиб

$$\frac{f}{\ell} = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{\ell} = \frac{0,00056}{1} = \frac{1}{1786} < \frac{1}{150}.$$

Расчет по второму сочетанию нагрузок

Изгибающий момент

$$\begin{aligned} \dot{M} &= 0,07 \cdot g \cdot \ell^2 + 0,207 \cdot P \cdot \ell = \\ &= 0,07 \cdot 596 \cdot 0,3 \cdot 1^2 + 0,207 \cdot 1200 \cdot 1 = 273,6 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Проверка прочности нормальных сечений:

$$\sigma = \dot{M} \cdot (\cos \alpha / W_x + \sin \alpha / W_y) \leq R_u \cdot m_B \cdot m_n$$

$$\begin{aligned} \sigma &= 273,6 \left(\frac{0,819}{20,8 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,574}{20,8 \cdot 10^{-6}} \right) = 18,22 \cdot 10^6 > 13 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 10^6 = 17,94 \cdot 10^6 \text{ Па} \\ 18,22 &> 17,94 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Следует увеличить сечение обрешетки и повторить расчет снова.

Пример 3. Стропила для здания с двумя пролетами

Рассчитать двускатные наслонные стропила жилого здания в г.Вологде под кровлю из оцинкованной стали. Основанием кровли служит дощатый настил 22х150 с шагом с=0,25 м. Шаг стропильных ног 1 м. Материал деревянных элементов – ель 2-го сорта.

1. Конструктивное решение покрытия принимаем следующее (рис. 5). Доски настила 1 размещены по стропильным ногам 2, которые нижними концами опираются на мауэрлаты 3, уложенные по внутреннему обрезу наружных стен, а верхними – на прогон – 4. Для уменьшения пролета стропильных ног поставлены подкосы 5, нижние концы которых упираются в лежень 6, укладываемый на внутреннюю стену. Для погашения распора стропильной системы установлены ригели – 7.

Примем угол наклона кровли $\alpha = 25^\circ$ тогда $\cos \alpha = 0,906$, $\sin \alpha = 0,423$, $\tan \alpha = 0,466$.

Высота стропил в коньке

$$h = \ell \cdot \tan \alpha = 6 \cdot 0,466 = 2,8 \text{ м}.$$

Расчетный пролет

$\ell_0 = \ell - \hat{a}$, где $\hat{a}$ - величина привязки

$$\ell_0 = 6000 - 200 = 5800 \text{ мм}.$$

Подкос направлен под углом $\beta = 45^\circ$ ($\sin \beta = \cos \beta = 0,707$). Точка пересечения осей подкоса и стропильной ноги располагается на расстоянии ℓ_2 .

$$\ell_2 = \ell / (1 + \operatorname{ctg} \alpha) = 6 / (1 + 2,145) = 1,9 \text{ м}.$$

$$\ell_1 = \ell_0 - \ell_2 = 5,8 - 1,9 = 3,9 \text{ м}.$$

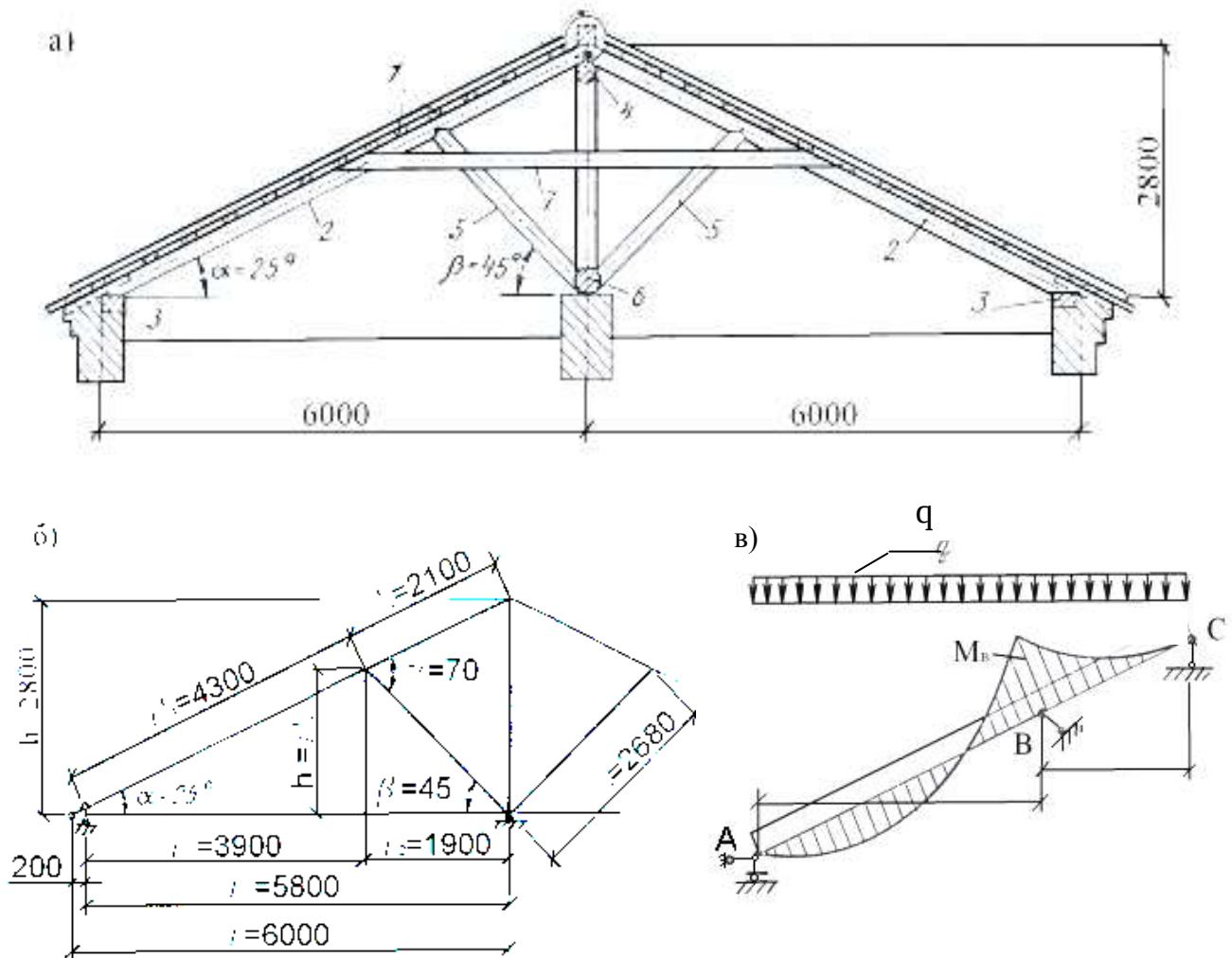


Рис. 5. Наклонные стропила с подкосами

Длина верхнего и нижнего участков стропильной ноги

$$\ell'_1 = \ell_1 / \cos \alpha = 3,9 / 0,906 = 4,3 \text{ м}$$

$$\ell'_2 = 1,9 / 0,906 = 2,1 \text{ м}.$$

Длина подкоса

$$\ell_{\text{п}} = \ell_2 / \cos \beta = 1,9 / 0,707 = 2,68 \text{ м}.$$

Угол между подкосом и стропильной ногой

$$\gamma = \alpha + \beta = 25 + 45 = 70^0 \quad (\sin \gamma = 0,940, \quad \cos \gamma = 0,342) .$$

а) Все элементы стропильной системы примем из бруса.

2. Производим сбор нагрузок на 1 м² в табличной форме

Таблица 3

Сбор нагрузки на стропильную ногу, Н/м²

Вид нагрузки	q^H	γ_f	q
Постоянная			
1. Оцинкованная сталь $8 \cdot 10^{-4} \cdot 78500$	62,8	1,05	65,9
2. Настил $0,15 \cdot 0,022 \cdot 5000 \cdot \frac{1}{0,15 + 0,1}$	66,0	1,1	72,6
3. Собственный вес стропильной ноги (ориентировочно) $0,1 \cdot 0,15 \cdot 5000$	75,0	1,1	82,5
Итого	$g^H = 203,8$		$g = 221,0$
Временная			
1. Снеговая $S^I = 0,7 S_q c_e c_t \mu$ $S = S^I \cdot \gamma_f$	$S^I = 1680$	1,4	S = 2352

Всего: $q^H = 1884$ $q = 2573$

Погонная нормативная нагрузка:

$$q_{нн}^I = (g^I / \cos \alpha + S^I) \cdot \ell = (203,8 / 0,906 + 1680) \cdot 1 = 1905 \text{ Í / ì ;}$$

Погонная расчетная нагрузка

$$q_{нн} = (q / \cos \alpha + S) \cdot \ell = (221 / 0,906 + 2352) \cdot 1 = 2596 \text{ Í / ì}$$

3. Производим статический расчет стропильной ноги как двухпролетной балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой (рис. 5 в). Опасным сечением стропильной ноги является сечение на средней опоре. Изгибающий момент в этом сечении

$$\dot{I}_{\hat{A}} = \frac{q_{нн} \cdot (\ell_1^3 + \ell_2^3)}{8 \cdot (\ell_1 + \ell_2)} = \frac{2573 \cdot (3,9^3 + 1,9^3)}{8 \cdot (3,9 + 1,9)} = 3670 \text{ Í \cdot ì .}$$

Требуемый момент сопротивления сечения стропильной ноги с учетом ослабления врубкой

$$W_{i\delta} = \frac{I}{R_u} = \frac{3670}{13 \cdot 10^6} = 282 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Примем ширину стропильной ноги $b = 100$, тогда

$$h^{\delta\delta} = \sqrt{\frac{6 \cdot W_{i\delta}}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 282 \cdot 10^{-6}}{0,1}} = 0,13 \text{ м}.$$

Учитывая, что величина врубки примерно 35 мм,

$$h = h^{\delta\delta} + h_{\delta\delta} = 0,13 + 0,035 = 0,165 \text{ м}.$$

По сортаменту примем $h = 175 \text{ мм}$. Прочность сечения проверяем по формуле

$$\sigma = \frac{I_A}{W_{i\delta}} = \frac{3670}{327 \cdot 10^{-6}} = 11,2 \cdot 10^6 < 13 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2, \text{ где } W_{i\delta} = \frac{10 \cdot 14^2}{6} = 327 \text{ см}^3.$$

Проверяем сечение в середине нижнего участка под действием пролетного момента I_1 . Значение I_1 определяем как для простой балки на двух опорах пролетом ℓ_1 , считая в запас прочности, что вследствие возможной осадки среднего узла опорный момент будет равен нулю:

$$I_1 = \frac{q_{\text{н\ddot{a}}} \cdot \ell_1^2}{8} = \frac{2596 \cdot 3,9^2}{8} = 4936 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Проверяем напряжение

$$\sigma = \frac{I_1}{W} = \frac{4936}{510 \cdot 10^{-6}} = 9,68 \cdot 10^6 < 13 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2,$$

$$\text{где } W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{10 \cdot 17,5^2}{6} = 510 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Проверку жесткости наклонной стропильной ноги производим по формуле

$$\frac{f}{\ell'_1} = \frac{5 \cdot q_{\text{н\ddot{a}}} \cdot \ell_1^3}{384 \cdot E \cdot J \cdot \cos \alpha} \leq \left| \frac{f}{\ell} \right|, \text{ где } I = \frac{bh^3}{12} = \frac{10 \cdot 17,5^3}{12} = 4466 \text{ см}^4.$$

$$\frac{5 \cdot 1905 \cdot 3,9^3}{384 \cdot 10^{10} \cdot 4466 \cdot 10^{-8} \cdot 0,906} = \frac{1}{275} < \frac{1}{200}.$$

4. Расчет подкоса и ригеля.

Вертикальная составляющая реактивного усилия на средней опоре стропильной ноги

$$D = \frac{q \cdot \ell}{2} + \frac{\dot{I}_{\hat{A}} \cdot \ell}{\ell_1 \cdot \ell_2} = \frac{2596 \cdot 5,8}{2} + \frac{3670 \cdot 5,8}{3,9 \cdot 1,9} = 10401 \text{ í} .$$

Это усилие раскладывается на усилие N , сжимающее подкос, и усилие N_B , направленное вдоль стропильной ноги (рис. 5 б). Используя уравнение синусов, находим

$$\frac{D}{\sin \gamma} = \frac{N}{\sin(90 - \alpha)} = \frac{N_{\hat{A}}}{\sin(90 - \beta)},$$

откуда
$$N = \frac{\cos \alpha}{\sin \gamma} D = \frac{0,906}{0,940} \cdot 10401 = 10025 \text{ í}$$

$$N_{\hat{A}} = \frac{\cos \beta}{\sin \gamma} \cdot D = \frac{0,707}{0,940} \cdot 10401 = 7823 \text{ í} .$$

Подкос примем сечением 100x100 мм. Вследствие небольшого сжимающего усилия подкос не рассчитываем, так как он будет работать с большим запасом. Расчетная длина подкоса $\ell_{II} = 2,69 \text{ м}$. Проверим напряжение смятия во врубке.

Подкос упирается в стропильную ногу ортогональной лобовой врубкой. Угол смятия $\gamma = 70^\circ$. Расчетное сопротивление смятию по [5]

$$R_{\hat{n}i \gamma} = \frac{R_{\hat{n}i}}{1 + \left(\frac{R_{\hat{n}i}}{R_{\hat{n}i 90}} - 1 \right) \cdot \sin^3 \gamma} = \frac{13 \cdot 10^6}{1 + \left(\frac{13 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^6} - 1 \right) \cdot 0,94^3} = 3,45 \cdot 10^6 \text{ íà} .$$

Площадь смятия

$$F_{\hat{n}i} = \frac{F_{i\hat{o}}}{\cos \gamma} = \frac{0,1 \cdot 0,035}{0,342} = 0,01 \text{ í}^2 .$$

Напряжение смятия

$$\sigma_{\hat{n}i} = \frac{N}{F_{\hat{n}i}} = \frac{10025}{0,01} = 1,0 \cdot 10^6 < 3,45 \cdot 10^6 \text{ íà} .$$

Горизонтальная составляющая усилия N_A создает распор стропильной системы, который погашается ригелем.

Распор в ригеле:

$$\dot{F} = N_A \cdot \cos \alpha = 7823 \cdot 0,906 = 7088 \text{ Н}.$$

Требуемая площадь ригеля

$$F_{\text{ред}} = \frac{\dot{F}}{R_p} = \frac{7088}{7 \cdot 10^6} = 10,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Примем конструктивно ригель из 2-х досок 22x100 мм площадью $44 \text{ см}^2 > 9,8 \text{ см}^2$. Ригель крепим к стропильной ноге гвоздями 5x120 мм.

Несущая способность одного гвоздя

$$\dot{O}_{\text{гв}} = 4 \cdot d_{\text{гв}}^2 = 4 \cdot 0,5^2 = 1 \text{ кН}.$$

Для восприятия усилия $\dot{F}$ ставим по 4 гвоздя с каждой стороны.

Полная несущая способность соединения

$$8 \cdot \dot{O}_{\text{гв}} = 8 \cdot 1 = 8 > 7,088 \text{ кН}.$$

Пример 4. Стропила для здания с тремя пролетами.

Рассчитать двускатные наслонные стропила чердачного покрытия жилого здания в г. Вологде под кровлю из оцинкованной стали. Основанием кровли служит дощатый настил 22x150 мм с шагом 250 мм. Шаг стропильных ног 1 м. Материал деревянных элементов – ель 2-го сорта.

Конструктивное решение покрытия принимаем следующее (рис. 6). Доски настила 1 размещены по стропильным ногам 2, которые нижними концами опираются на мауэрлаты 3 (150x150 или D 150), уложенные по внутреннему обрезу наружных стен. На промежуточной опоре 4 стропильные ноги стянуты ригелем 5 – парными досками (или пластинами) для погашения распора.

Примем угол наклона кровли $\alpha = 27^\circ$, тогда $\sin \alpha = 0,454$; $\cos \alpha = 0,891$; $\tan \alpha = 0,51$.

$$\ell_1 = 4 \text{ м}; \quad \ell_2 = 2 \text{ м}.$$

Общая длина стропильной ноги составляет

$$\ell' = \frac{\ell_1 + \ell_2}{\cos \alpha} = \frac{4 + 2}{0,891} = 6,73 \text{ м}.$$

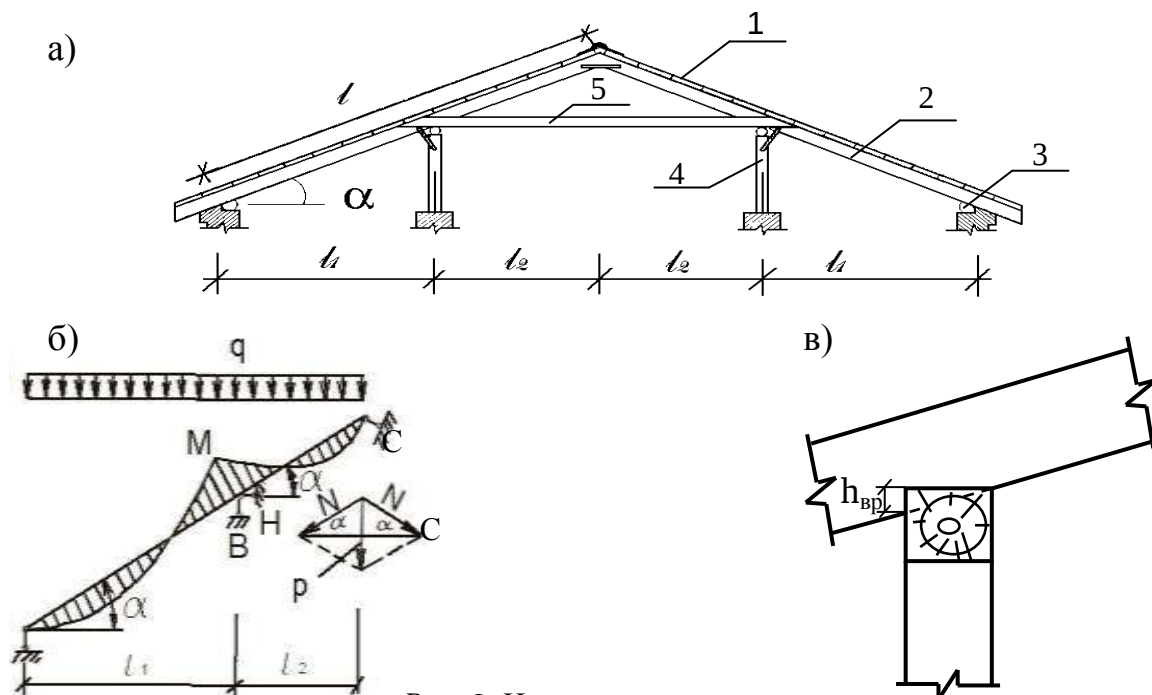


Рис. 6. Наслонные стропила
а) общий вид, б) расчетная схема, в) узел опирания

Нагрузку соберем в табличной форме

Таблица 4

Сбор нагрузки на стропильную ногу, Н/м²

Вид нагрузки	q^H	γf	q
Постоянная			
1. Кровля из оцинкованной стали $8 \cdot 10^{-4} \cdot 78500$	62,8	1,05	65,9
2. Настил $0,15 \cdot 0,022 \cdot 5000 \cdot \frac{1}{0,15 + 0,1}$	66,0	1,1	72,6
3. Собственный вес стропильной ноги (ориентировочно) $0,1 \cdot 0,15 \cdot 5000 / 1$	75,0	1,1	82,5
4. Утеплитель «URSA» 0,15x400	60,0	1,2	72,0
5. Пароизоляция	1,0	1,2	1,2
6. Обрешетка из брусков $\frac{0,05 \cdot 0,05}{0,5} \cdot 5000$	25	1,1	27,5
7. Подшивка гипсокартоном $2 \cdot 12,5 \cdot 10^{-4} \cdot 8500$	21,25	1,2	35,5
Итого	$g^H = 311$		$g = 347$
Временная			
1. Снеговая $S^I = 0,7 \cdot 2400 \cdot 1$	$S^H = 1680$	1,4	$S = 2352$

Всего:

$$q^H = 1991$$

$$q = 2699$$

Погонная нормативная нагрузка:

$$q_{\text{нн}}^{\text{н}} = (g^{\text{н}} / \cos \alpha + S^{\text{н}}) \cdot \ell = (311 / 0,891 + 1680) \cdot 1 = 2029 \text{ Н / м} ;$$

Погонная расчетная нагрузка

$$q_{\text{нн}}^{\text{р}} = (g / \cos \alpha + S) \cdot \ell = (347 / 0,891 + 2352) \cdot 1 = 2742 \text{ Н / м}$$

Стропильная нога представляет в расчетном отношении двухпролетную неразрезную балку (рис. 6 б), нагруженную равномерно-распределенной нагрузкой.

Опасным сечением стропильной ноги является сечение на средней опоре. Изгибающий момент определим по формуле (4.4):

$$M_{\text{с}} = \frac{2742 \cdot (4^3 + 2^3)}{8 \cdot (4 + 2)} = 4113 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Вертикальное давление в точке С, равное правой опорной реакции двухпролетной балки (рис. 6 б), составляет:

$$N = \frac{q_{\text{нн}}^{\text{р}} \cdot \ell_2}{2} - \frac{M_{\text{с}}}{\ell_2} = \frac{2742 \cdot 2}{2} - \frac{4113}{2} = 686 \text{ Н} .$$

При симметричной загрузке обоих скатов вертикальное давление в точке С удваивается: $D = 2 \cdot C = 2 \cdot 686 = 1372 \text{ Н} .$

Раскладывая это давление по направлению стропильных ног, находим сжимающее усилие в верхней части стропильной ноги

$$N = \frac{P}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{1372}{2 \cdot 0,454} = 1511 \text{ Н} .$$

Принимаем сечение по сортаменту 100x150 мм (приложение, табл.1)

$$W_x = 375 \text{ см}^3, \quad I_x = 2813 \text{ см}^4 .$$

Проверяем сечение на сжатие с изгибом:

$$\sigma = \frac{N}{F_{\text{ио}}} + \frac{M}{W_{\text{ио}} \cdot \zeta} \leq R_u .$$

Расчетная длина большей части стропильной ноги:

$$\ell_0 = \frac{\mu \cdot \ell_1}{\cos \alpha} = \frac{0,8 \cdot 4}{0,891} = 3,59 \text{ м} .$$

Гибкость в плоскости изгиба

$$\lambda = \frac{\ell_0}{0,289 \cdot h} = \frac{3,59}{0,289 \cdot 0,15} \approx 83 < [120]$$

$$\text{Если } \lambda > 70, \quad \varphi = \frac{3000}{\lambda^2} = \frac{3000}{83^2} = 0,44 .$$

Коэффициент, учитывающий увеличение изгибающего момента при деформировании оси:

$$\zeta = 1 - \frac{N}{\varphi \cdot F_{\text{эд}} \cdot R_c} = 1 - \frac{1511}{0,43 \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 13 \cdot 10^6} = 0,98.$$

Условие прочности

$$\sigma = \frac{1511}{0,1 \cdot 0,15} + \frac{4113}{375 \cdot 10^{-6} \cdot 0,98} = 11,29 \cdot 10^6 < 13,0 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Недонапряжение составляет 13 %. Проверяем сечение по деформациям.

Относительный прогиб:

$$\begin{aligned} \frac{f}{\ell'_1} &= \frac{5 \cdot q_{\text{н\ddot{a}}}^i \cdot \ell_1^3}{384 \cdot \text{А} \cdot J \cdot \cos \alpha} - \frac{\dot{I} \cdot \ell_1}{16 \cdot \text{А} \cdot J \cdot \cos \alpha} = \frac{5 \cdot q_{\text{н\ddot{a}}}^i \cdot \ell_1^3 - 24 \cdot \dot{I} \cdot \ell_1}{384 \cdot \text{А} \cdot I \cdot \cos \alpha} = \\ &= \frac{5 \cdot 2029 \cdot 4^3 - 24 \cdot 4113 \cdot 4}{384 \cdot 10^{10} \cdot 2813 \cdot 10^{-8} \cdot 0,891} = \frac{1}{378} < \left| \frac{1}{200} \right|. \end{aligned}$$

Проверим напряжение в середине нижнего участка, изгибающий момент в этом сечении определим как для простой балки пролетом ℓ_1 , полагая, что вследствие осадки промежуточной опоры момент будет равен нулю.

$$\dot{I}_1 = \frac{q_{\text{н\ddot{a}}}^i \cdot \ell_1^2}{8} = \frac{2742 \cdot 4^2}{8} = 5484 \text{ Н}.$$

Напряжение изгиба

$$\sigma = \frac{\dot{I}_1}{W_{\text{б}}} = \frac{5484}{375 \cdot 10^{-6}} = 14,6 \cdot 10^6 > 13,0 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Следует увеличить сечение стропильной ноги. Примем сечение 100x175 мм, $W_x = 510 \text{ см}^3$, $I_x = 4466 \text{ см}^4$.

Корректируем нагрузку и изгибающий момент

$$g^i = 319 \text{ Н/м}^2; g = 356 \text{ Н/м}^2;$$

$$q_{\text{н\ddot{a}}}^i = 2038 \text{ Н/м}; q_{\text{н\ddot{a}}} = 2752 \text{ Н/м}; C = 688 \text{ Н}$$

$$M_B = 4129 \text{ Н}\cdot\text{м}; M_1 = 5504 \text{ Н}\cdot\text{м}; P = 1376 \text{ Н}; N = 1515 \text{ Н};$$

$$\sigma = \frac{5504}{510 \cdot 10^{-6}} = 10,8 \cdot 10^6 < 13 \cdot 10^6 < 13 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Изгибающий момент (без просадки опоры)

$$\dot{I}_1 = \frac{q_{\text{н\ddot{a}}}^i \cdot \ell_1^2}{8} - \frac{\dot{I}_A}{2} = \frac{2752 \cdot 4^2}{8} - \frac{4129}{2} = 3440 \text{ Н}.$$

$\dot{I}_1 < \dot{I}_A$, поэтому проверка напряжений не требуется.

Растягивающее усилие в ригеле, равное горизонтальной проекции усилия N:

$$\dot{I} = N \cdot \cos \alpha = 1515 \cdot 0,891 = 1350 \dot{I} .$$

Требуемая площадь сечения ригеля

$$F_{\delta\delta} = \frac{\dot{I}}{R_p} = \frac{1350}{7 \cdot 10^6} = 1,93 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 .$$

Конструктивно примем ригель из двух досок 22x100 мм площадью $2 \times 22 = 44 \text{ см}^2 > 1,93 \text{ см}^2$.

Расчет крепления ригеля к стропильной ноге ввиду небольшой величины усилия N не производим. Конструктивно ставим по три гвоздя 5x120 с каждой стороны стыка со встречной их забивкой.

Проверим достаточность врубки в месте опирания стропильной ноги на прогон (рис 6 в). При глубине врубки $h_{ep} = 3 \text{ см}$ площадь смятия

$$F_{\tilde{n}\tilde{i}} = \frac{b \cdot h_{\delta\delta}}{\sin \alpha} = \frac{0,1 \cdot 0,03}{0,454} = 66 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 .$$

Усилие, сминающее врубку, равно сумме давлений на среднюю и крайнюю (в коньке) опоры двухпролетной балки:

$$\begin{aligned} V &= \left[\frac{q_{\tilde{n}\tilde{a}} \cdot (\ell_1 + \ell_2)}{2} + \frac{M_{\hat{A}}}{\ell_1} + \frac{M_{\hat{A}}}{\ell_2} \right] + \left(\frac{q_{\tilde{n}\tilde{a}} \cdot \ell_2}{2} - \frac{M_{\hat{A}}}{\ell_2} \right) = \\ &= \frac{q_{\tilde{n}\tilde{a}} (\ell_1 + 2 \cdot \ell_2)}{2} + \frac{M_{\hat{A}}}{\ell_1} = \frac{2752 \cdot (4 + 2 \cdot 2)}{2} + \frac{4129}{4} = 12040 \dot{I} . \end{aligned}$$

Это усилие действует под углом 90° к направлению волокон древесины прогона. Напряжение смятия во врубке

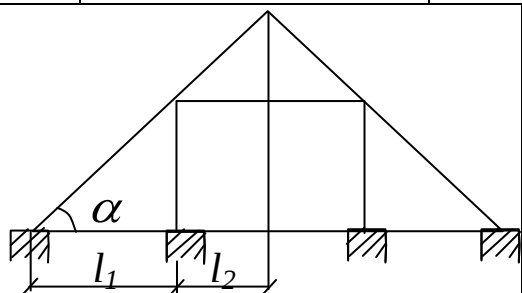
$$\sigma_{cm} = \frac{V}{F_{cm}} \leq R_{cm\perp} .$$

$$\sigma_{cm} = \frac{12040}{66 \cdot 10^{-4}} = 1,8 \cdot 10^6 < 3 \cdot 10^6 \text{ Па} .$$

Задание на контрольную работу

№ вар.	№ схемы	Кровля		α	Размеры		Расч. Снеговая нагрузка S_q , кПа	Шаг стропил, l , м
			Покрытие		l_1	l_2		
1	1	нат. черепица	обрешетка	35°	3700	2800	3,2	0,8
2	1	металлочерепица	- « - « -	40°	3900	2600	3,2	0,9
3	1	гибкая черепица	настил	42°	4100	2400	3,2	1,0
4	1	нат. черепица	обрешетка	45°	4300	2200	3,2	1,1
5	1	металлочерепица	- « - « -	47°	4000	2000	3,2	1,2
6	2	оцинк. жел. $\delta=0,5$	настил	25°	4200	1800	2,4	0,8
7	2	оцинк. жел. $\delta=0,55$	- « - « -	27°	3500	2000	2,4	0,9
8	2	оцинк. жел. $\delta=0,7$	- « - « -	29°	3700	2200	2,4	1,0
9	2	оцинк. жел. $\delta=0,8$	- « - « -	31°	4400	1900	2,4	1,1
10	2	оцинк. жел. $\delta=0,5$	- « - « -	33°	5200	2000	2,4	1,2
11	1	нат. черепица	обрешетка	37°	4400	2800	2,4	0,8
12	1	металлочерепица	- « - « -	41°	4600	2600	2,4	0,9
13	1	гибкая черепица	настил	46°	5000	2200	2,4	1,0
14	1	нат. черепица	обрешетка	48°	5400	1800	2,4	1,1
15	1	металлочерепица	- « - « -	50°	5300	1900	3,2	1,2
16	2	оцинк. жел. $\delta=0,5$	настил	23°	3700	2800	3,2	0,8
17	2	оцинк. жел. $\delta=0,55$	- « - « -	26°	3900	2600	3,2	0,9
18	2	оцинк. жел. $\delta=0,7$	- « - « -	28°	4100	2400	3,2	0,8
19	2	оцинк. жел. $\delta=0,8$	- « - « -	30°	4300	2200	3,2	0,9
20	2	оцинк. жел. $\delta=0,5$	- « - « -	32°	4000	2000	3,2	0,8
21	1	нат. черепица	обрешетка	37°	4700	1900	1,8	1,0
22	1	металлочерепица	- « - « -	39°	4600	2000	1,8	1,1
23	1	гибкая черепица	настил	41°	4200	2400	1,8	1,2
24	1	нат. черепица	обрешетка	43°	4000	2600	1,8	1,1
25	1	металлочерепица	- « - « -	45°	3800	2800	1,8	1,2
26	2	оцинк. жел. $\delta=0,5$	настил	23°	5000	1900	1,8	1,1
27	2	оцинк. жел. $\delta=0,55$	- « - « -	24°	4900	2000	1,8	1,2
28	2	оцинк. жел. $\delta=0,7$	- « - « -	25°	4700	2200	1,8	1,1
29	2	оцинк. жел. $\delta=0,8$	- « - « -	26°	4500	2400	1,8	1,2
30	2	оцинк. жел. $\delta=0,5$	- « - « -	27°	4300	2600	1,8	1,2

1.



2.

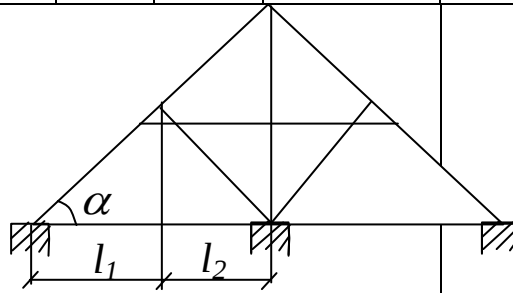


Таблица 2

Сортамент пиломатериалов хвойных пород по ГОСТ 24454–80

Толщина	Ширина								
16	75	100	125	150	–	–	–	–	–
19	75	100	125	150	175	–	–	–	–
22	75	100	125	150	175	200	225	–	–
25	75	100	125	150	175	200	225	250	275
32	75	100	125	150	175	200	225	250	275
40	75	100	125	150	175	200	225	250	275
44	75	100	125	150	175	200	225	250	275
50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
60	75	100	125	150	175	200	225	250	275
75	75	100	125	150	175	200	225	250	275
100	–	100	125	150	175	200	225	250	275
125	–	–	125	150	175	200	225	250	–
150	–	–	–	150	175	200	225	250	–
175	–	–	–	–	175	200	225	250	–
200	–	–	–	–	–	200	225	250	–
250	–	–	–	–	–	–	–	250	–

Таблица 3

СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции». Расчетные сопротивления сосны (кроме веймутовой), ели, лиственницы европейской и японской

Напряженное состояние и характеристика элементов	Расчетные сопротивления, МПа, для сортов древесины		
	1	2	3
1	2	3	4
1. Изгиб R_u , сжатие R_c и смятие R_{cm} вдоль волокон:			
а) элементы прямоугольного сечения (за исключением указанных в подпунктах «б», «в») высотой до 50 см	14	13	8,5
б) элементы прямоугольного сечения шириной свыше 11 до 13 см при высоте сечения свыше 11 до 50 см	15	14	10
в) элементы прямоугольного сечения шириной свыше 13 см при высоте сечения свыше 13 до 50 см	16	15	11
г) элементы из круглых лесоматериалов без вырезок в расчетном сечении	-	16	10
2. Растяжение вдоль волокон R_p			
а) неклееные элементы	10	7	-
б) клееные элементы	12	9	-

Продолжение табл. 3

3. Сжатие $R_{с90}$ и смятие $R_{см90}$ по всей площади поперек волокон:	1,8	1,8	1,8
4. Смятие поперек волокон, $R_{см90}$ местное:			
а) в опорных частях конструкции, лобовых врубках и узловых примыканиях элементов	3	3	3
б) под шайбами при углах смятия 90-60°	4	4	4
5. Сдвиг вдоль волокон, $R_{ск}$:	1,8	1,6	1,6
а) при изгибе неклееные элементы			
б) при изгибе клееные элементы	1,6	1,5	1,5
в) в лобовых врубках для максимального напряжения	2,4	2,1	2,1
г) местное в клеевых соединениях для максимального напряжения	2,1	2,1	2,1
6. Сдвиг поперек волокон, $R_{ск90}$	1	0,8	0,6
а) в соединениях неклееных элементов			
б) в соединениях клееных элементов	0,7	0,7	0,6
7. Растяжение поперек волокон элементов из клееной древесины R_{p90}	0,35	0,3	0,25

Таблица 4

Элементы конструкций	Предельные прогибы в долях пролета, не более
1. Балки междуэтажных перекрытий	1/250
2. Балки чердачных перекрытий	1/200
3. Покрытия (кроме ендов):	
а) прогоны, стропильные ноги	1/200
б) балки консольные	1/150
в) фермы, клееные балки (кроме консольных)	1/300
г) плиты	1/250
д) обрешетки, настилы	1/150
4. Несущие элементы ендов	1/400
5. Панели и элементы фахверка	1/250

Таблица 5

Спецификация

15	15	35	20	10	10	15	15	15	35
Отпр. марка	Сбор. марка	Сечение	Длина, мм	Кол-во		Масса, кг			Примечание
				Т	Н	1 шт.	общ.	элемент.	

Таблица 6

Схемы соединений	Напряженное состояние соединения	Расчетная несущая способность T на один шов сплачивания (условный срез), кН (кгс)	
		гвоздя, стального, алюминиевого, стеклопластикового нагеля	дубового нагеля
1. Симметричные соединения	а) смятие в средних элементах	$0,5cd$	$0,3cd$
	б) смятие в крайних элементах	$0,8cd$	$0,5cd$
2. Несимметричные соединения	а) смятие во всех элементах равной толщины, а также в более толстых элементах односрезных соединений	$0,35cd$	$0,2cd$
	б) смятие в более толстых средних элементах двухсрезных соединений при $a \leq 0,5c$	$0,25cd$	$0,14cd$
	в) смятие в более тонких крайних элементах при $a \leq 0,35c$	$0,8ad$	$0,5ad$
	г) смятие в более тонких элементах односрезных соединений и в крайних элементах при $c > a > 0,35c$	$k_H ad$	$k_H ad$
3. Симметричные и несимметричные соединения	а) изгиб гвоздя	$2,5d^2 + 0,01a^2$ но не более $4d^2$ ($400d^2$)	—
	б) изгиб нагеля из стали С38/23	$1,8d^2 + 0,02a^2$ но не более $2,5d^2$	—
	в) изгиб нагеля из алюминиевого сплава Д16-Т	$1,6d^2 + 0,02a^2$ но не более $2,2d^2$	—
	г) изгиб нагеля из стеклопластика АГ-4С	$1,45d^2 + 0,02a^2$ но не более $1,8d^2$	—
	д) изгиб нагеля из древеснослоистого пластика ДСПБ	$0,8d^2 + 0,02a^2$ но не более d^2	—
	е) изгиб дубового нагеля	—	$0,45d^2 + 0,02a^2$ но не более $0,65d^2$

Библиографический список

1. Барабаш, М.С. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций: курсовое и диплом. Проектировании, исследоват. Задачи: учеб. пособие/ М.С. Барабаш, М.В. Лазнюк, М.Л. Мартынова, Н.И. Пресняков; под ред. А.А. Нилова. – М.: АСВ, 2010. – 326 с.: ил.
2. Филимонов, Э.В. Конструкции из дерева и пластмасс: учебник для вузов /Э.В. Филимонов, М.М. Гаппоев, И.М. Гуськов. – М.: АСВ, 2010. – 422 с.: ил.
3. Проектирование и расчет деревянных конструкций: справочник / под ред. И. М. Гриня. – Киев: Будивельник, 1988.–240 с.
4. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) ЦНИИСК. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.
5. СП 64-13330-2011. Свод правил. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 [Электронный ресурс]: утв. Мин-вом регионального развития РФ 28.12.2010. – Введ. 20.05.2011 // Техэксперт: инф.-справ. система / Консорциум «Кодекс».
6. СП 20-13330-2011. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [Электронный ресурс]: утв. Мин-вом регионального развития РФ 27.12.2010. – Введ. 20.05.2011 // Техэксперт: инф.-справ. система / Консорциум «Кодекс».

Содержание

Введение	1
1. Содержание контрольной работы	3
1.1. Расчетно-пояснительная записка.....	3
1.2. Графическая часть.....	3
2. Задание на контрольную работу.....	4
3. Настилы и обрешетки.....	4
3.1. Расчет поперечно-наклонного настила.....	5
3.2 Расчет обрешетки.....	7
4. Стропила	8
4.1. Расчет наслонных стропил с ригелем и подкосом.....	10
5. Примеры расчета.....	12
Пример 1. Настил.	12
Пример 2. Обрешетка	14
Пример 3. Стропила для здания с двумя пролетами	16
Пример 4. Стропила для здания с тремя пролетами.....	21
Библиографический список	30