

УДК 624.011.1(035.5)

Конструкции из дерева и пластмасс: Методические указания к выполнению практических занятий для студентов очной и заочной форм обучения / Составитель С.В. Зонина. - Набережные Челны: Изд-во ИНЭКА, 2006. - 59 с.

Методические указания предназначены для студентов специальностей 290300 (ПГС), 291500 (ЭиУН). В указаниях приводятся необходимые сведения для решения задач в соответствии с программой дисциплины, утвержденной Минвузом Р.Ф. 18 июня 1997 г.

Указания составлены на основе действующих норм проектирования.

Ил.9, Табл.9, График 1, Библиогр. назв.5.

Рецензент к.т.н. доцент Корчагин О.П.

Печатается по решению научно-методического совета Камской государственной инженерно-экономической академии.

© Камская государственная инженерно-экономическая академия, 2006 год.

Содержание:

Общие указания к выполнению практических занятий	4
I. Расчет элементов из цельной древесины	5
Тема 1. Центально-сжатые деревянные конструкции и элементы деревянных конструкций. Задача 1.	5
Тема 2. Внецентренно-сжатые элементы деревянных конструкций. Задача 2.	8
Тема 3. Растянуто-изгибаемые элементы деревянных конструкций. Задача 3.	11
Тема 4. Изгибаемые элементы деревянных конструкций. Задача 4.	13
Тема 5. Косоизгибаемые элементы деревянных конструкций. Задача 5.	16
II. Конструирование и расчет соединения деревянных элементов на лобовой врубке с одним зубом. Задача 6. (обратная)	18
III. Расчет и конструирование соединений деревянных элементов на механических связях.	23
3.1 Соединения деревянных конструкций на деревянных цилиндрических нагелях. Задача 7.	23
3.2 Соединения деревянных конструкций на стальных цилиндрических нагелях. Задача 8.	28
3.3 Нагельные соединения со стальными накладками. Задача 9.	32
IV. Расчет и конструирование элементов составного сечения на податливых связях.	35
V. Расчет и конструирование опорного и конькового узлов распорной системы треугольного очертания.	40
Список литературы	44

Общие указания к выполнению практических занятий.

Согласно программе курса студентами должны быть выполнены задачи, предложенные данной методичкой, и защищены преподавателю кафедры СК.

Исходные данные по всем задачам определяются шифром, которым являются первые буквы фамилии студента. Если в группе или потоке несколько студентов с одинаковыми начальными буквами фамилии, например, Иванов, Иванков, Ивановский и т.п. или, если фамилия соответствует рассмотренному примеру, то студент обязан обратиться к преподавателю, чтобы конкретизировать задание. Если фамилия студента состоит из количества букв, меньшего, чем необходимо для определения полного задания, то далее шифр определяется начальными буквами имени.

Решение задач оформляется на листах формата А4 или тетрадях. Записи выполняются чернилами, эскизы - в карандаше.

Для специальности 291500 программой предусмотрено выполнение задач 1-5.

I. Расчет элементов из цельной древесины.

Тема 1. Центральнo-сжатые деревянные конструкции и элементы деревянных конструкций.

Задача 1:

Подобрать сечение и проверить напряжения в центрально-нагруженной стойке. Стойка защищена от увлажнения и нагрева.

Исходные данные представлены в табл. 1.

Методические указания к решению задачи.

Подбор сечения для центрально-сжатых элементов деревянных конструкций цельного сечения производится по формуле (п. 4.2 [4]):

$$\frac{N}{\varphi \cdot A_{расч}} \leq R_c \Rightarrow A_{расч} \geq \frac{N}{\varphi \cdot R_c}; \quad (1)$$

где N - усилие сжатия, кН;

$R_c = R_c^{сосны} \cdot m_n$ - расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон, МПа;

m_n - коэффициент породы, определяется по табл. 4 [4];

φ - коэффициент продольного изгиба, определяемый согласно п.4.3.[4]:

$$\text{при гибкости элемента } \lambda \leq 70: \varphi = 1 - a \cdot \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2, \quad (2)$$

$$\text{при } \lambda > 70: \varphi = \frac{A}{\lambda^2}, \quad (3)$$

где a - коэффициент для древесины $a = 0.8$;

$A = 3000$ - для древесины.

Гибкость λ цельных элементов определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{\mu_0 \cdot l_0}{r_x}; \quad (4)$$

где для опорных стоек колонн $\lambda \leq [\lambda] = 120$ [4] табл.

l_0 - расчетная длина элемента, см;

μ_0 - коэффициент, зависящий от вида закрепления концов (п. 4.21 [4]). Для элементов, нагруженных продольными силами:

$\mu_0 = 1$ - при шарнирно-закрепленных концах;

$\mu_0 = 0.8$ - при одном шарнирно-закрепленном и другом защемленном конце;

$\mu_0 = 2.2$ - при одном защемленном и другом свободном нагруженном конце;

$\mu_0 = 0.65$ - при обоих защемленных концах;

r_x - радиус инерции сечения элемента, определяемый по формуле, см:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{бр}}{A_{бр}}};$$

где $I_{бр}$, $A_{бр}$ - соответственно момент инерции, см⁴ и площадь

поперечного сечения брутто элемента, см²;

- для прямоугольного сечения $r_x \approx 0,289 \cdot h$ и $r_y \approx 0,289 \cdot b$;

- для круглых $r_x = r_y = 0,25 \cdot d$; $A = \pi d^2 / 4$; $I = \pi d^4 / 64$;

В связи с тем, что коэффициент продольного изгиба φ зависит от геометрических характеристик сечения, задачу решают методом попыток. Первоначально задают коэффициенты φ в пределах от 0.2 до 0.5, затем определяют площадь сечения, используя сортамент пиломатериалов (стр. 15, прил. 2 [2]) и на круглый лес,

определяют r , λ , φ и проверяют напряжения. В случае если $\sigma > R_c$ или σ будут намного меньше R_c , размеры сечения следует соответственно изменить и повторить проверку напряжений.

Пример решения задачи по шифру студента с фамилией Степанов.

Исходные данные:

по 1-й букве С $N = 69$ кН;

фамилии

по 2-й букве Т $l = 4.0$ м;

фамилии

по 3-й букве Е Закрепление концов заделка + шарнир, $\mu_0 = 0.8$;

фамилии

по 4-й букве П Порода древесины - береза,

фамилии

$$R_c^{бер} = R_c^{сосны} \cdot m_n = 13 \cdot 1.1 = 14.3 \text{ МПа};$$

по 5-й букве А Тип сечения - квадратное.

фамилии

$$1. \text{ Условно } \lambda = 85, \varphi = \frac{3000}{85^2} = 0,415. \text{ Принимаем } \varphi = 0.4,$$

по формуле (1) определяем:

$$A_{бр} \geq \frac{N}{\varphi \cdot R_c} = \frac{69 \cdot 10}{0.4 \cdot 14.3} = 120.63 \text{ см}^2;$$

Принимаем по сортаменту $b \times h = 12.5 \times 12.5$ см;

что соответствует $A_{бр} = 156.25 \text{ см}^2 > 120.63 \text{ см}^2$

$$2. \text{ Тогда, } r_x = 0.289 \cdot h = 0.289 \cdot 12.5 = 3.613 \text{ см,}$$

$$r_y = 0.289 \cdot b = 3.613 \text{ см;}$$

$$\lambda = \frac{\mu_0 \cdot l_0}{r_x} = \frac{0.8 \cdot 400}{3.613} = 88.57 < [\lambda] = 120$$

3. Определяем коэффициент φ по формуле (3), т.к. $88.57 > 70$

$$\varphi = \frac{A}{\lambda^2} = \frac{3000}{88.57^2} = 0.382$$

4. Проверяем нормальные напряжения, МПа:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A_{бр}} = \frac{69 \cdot 10}{0.382 \cdot 156.25} = 11.56 < R_c^{бер} = 14.3$$

Запасы прочности очень большие. Возможен перерасчет. В данном примере результат окончательный, т. к. при уменьшении сечения до следующих в сортаменте значений напряжения начинают превышать величину $R_c^{бер} = 14.3$ МПа.

Тема 2. Внецентренно-сжатые элементы деревянных конструкций.

Задача 2.

Проверить напряжения σ_x и σ_y во внецентренно-сжатой стойке цельного сечения.

Стойка защищена от увлажнения и нагрева. Исходные данные определяются по табл. 2.

Методические указания к решению задачи:

Расчет на прочность внецентренно-сжатых элементов следует производить по формулам, МПа:

- для напряжений σ_x в плоскости действия изгибающего момента

$$\sigma_x = \frac{N}{A_{расч}} + \frac{M \cdot R_c}{\xi \cdot W_{нт} \cdot R_u} \leq R_c; \quad (5)$$

Для круга $W = \pi d^3 / 32$;

Для прямоугольника $W = bh^2 / 6$;

- в плоскости, перпендикулярной действию изгибающего момента:

$$\sigma_y = \frac{N}{\varphi_y \cdot A_{бр}}; \quad (6)$$

где ξ - коэффициент, учитывающий влияние дополнительного момента от продольной силы при деформации элемента, определяется по формуле:

$$\xi = 1 - \frac{N \cdot \lambda_x^2}{3000 \cdot R_c \cdot A_{бр}}; \quad (7)$$

где $\lambda_x^2 = \mu \cdot l_0 / r_x$ - гибкость относительно оси $x-x$;

R_c, R_u - расчетные сопротивления древесины сжатию вдоль волокон и изгибу, МПа:

$$R_c = R_c^{сосны} \cdot m_n; \quad R_u = R_u^{сосны} \cdot m_n$$

φ_y - коэффициент продольного изгиба для центрально-сжатых

элементов, определяемый в зависимости от $\lambda_y = \frac{\mu \cdot l_y}{r_y}$ по

формулам:

$$\varphi_y = 1 - 0.8 \cdot \left(\frac{\lambda_y}{100} \right)^2; \quad \text{при } \lambda_y \leq 70 \quad (8)$$

$$\varphi_y = \frac{3000}{\lambda_y^2}; \quad \text{при } \lambda_y > 70 \quad (9)$$

Пример решения задачи по шифру студента с фамилией Степанов

Исходные данные:

по 1-й букве С $N = 39$ кН;

фамилии

по 2-й букве Т $M = 2.0 \cdot 10^3$ кН·см;

фамилии

по 3-й букве фамилии Е Длина стойки $l = 3,4$ м;
по 4-й букве фамилии П Опирающие концы зашпекление – консоль
 $\mu_0 = 2.2$;

по 5-й букве фамилии А Поперечное сечение 20×25 см;
по 6-й букве фамилии Н Порода древесины – береза.

$$1. R_c^{бер} = R_c^{сосны} \cdot m_n = 15 \cdot 1.1 = 16.5 \text{ МПа}$$

$$R_u^{бер} = R_u^{сосны} \cdot m_n = 15 \cdot 1.1 = 16.5 \text{ МПа}$$

Согласно табл. 3(1в) [4] $m_n = 1.1$.

2. Определяем:

$$\lambda_x = \mu_0 \cdot l_0 / r_x = 2.2 \cdot 340 / 0.289 \cdot 25 = 103.53,$$

$$\lambda_y = \mu_0 \cdot l_0 / r_y = 2.2 \cdot 340 / 0.289 \cdot 20 = 129.4 > [\lambda] = 120,$$

поэтому сечение в направлении оси $y - y$ необходимо увеличить до следующего по сортаменту.

Примем сечение размерами $25 \times 22,5$ см, $\lambda_y = 115$.

3. Определим коэффициент по формуле (7)

$$\xi = 1 - \frac{39 \cdot 10 \cdot 115^2}{3000 \cdot 16.5 \cdot 25 \cdot 22,5} = 0.814.$$

4. Произведем проверку напряжений по формуле (5), МПа:

$$\sigma_x = \frac{39 \cdot 10}{25 \cdot 22,5} + \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 6 \cdot 16.5}{0.814 \cdot 25^2 \cdot 22,5 \cdot 16.5} = 11,18 < R_c = 16.5$$

Учитывая, что $\lambda_y = 115 > 70$:

$$\varphi_y = \frac{3000}{\lambda_y^2} = \frac{3000}{115^2} = 0.2268;$$

Нормальные напряжения из плоскости действия момента проверяем по формуле (6), МПа: $\sigma_y = \frac{39 \cdot 10}{0.2268 \cdot 25 \cdot 22,5} = 3,06 < 16.5$.

Вывод: напряжения $\sigma_x = 11,8$ МПа и $\sigma_y = 3,06$ МПа меньше $R_c = 16.5$ МПа, следовательно, вновь принятое сечение $25 \times 22,5$ см удовлетворяет условиям прочности.

Тема 3. Растянуто - изгибаемые элементы деревянных конструкций.

Задача 3.

Проверить прочность бруса, растягиваемого силой N и изгибаемого сосредоточенным грузом P , приложенным в середине пролета l . Сечение стержня ослаблено отверстиями для болтов. Температурно-влажностный режим эксплуатации бруса соответствует группе А 1 ($m_T = 1$, $m_e = 1$).

Исходные данные по табл. 3.

Методические указания к решению задачи:

Растянуто - изгибаемые элементы рассчитывают по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{A_{нт}} + \frac{M \cdot R_p}{W_{нт} \cdot R_u} \leq R_p m_T \cdot m_e \cdot m_o, \quad (10)$$

где $A_{нт}$ - площадь поперечного сечения элемента, нетто, см²;

$W_{нт}$ - момент сопротивления ослабленного сечения, см³.

Отверстия должны быть расположены в соответствии с п.5.17 [4].

$m_o = 0,8$ - коэффициент учитывающий концентрацию σ в результате ослабления сечения отверстиями.

Пример решения задачи по шифру студента Степанов.

Исходные данные:

- по 1-й букве фамилии С Брус сечением $17,5 \times 12,5$ см;
 по 2-й букве фамилии Т Усилие растяжения $N = 107$ кН;
 по 3-й букве фамилии Е Сосредоточенный груз $P = 3,8$ кН;
 по 4-й букве фамилии П Длина бруса $l = 3$ м;
 по 5-й букве фамилии А Сечение ослаблено двумя отверстиями для болтов $d = 16$ мм. См. рис. 1

Решение:

1. Максимальный изгибающий момент, кН·м:

$$M = P \cdot l/4 = 3,8 \cdot 3/4 = 2,85$$

2. Площадь сечения нетто, см²:

$$A_{нт} = b \cdot (h - 2d) = 12,5 \cdot (17,5 - 2 \cdot 1,6) = 178,75$$

3. Момент инерции ослабленного сечения, см⁴:

$$J_{нт} = b \cdot h^3/12 - 2(b \cdot d \cdot a^2 + bd^3/12) =$$

$$= 12,5 \cdot 17,5^3/12 - 2(12,5 \cdot 1,6 \cdot 3,75^2 + 12,5 \cdot 1,6^3/12) =$$

$$= 5020,18$$

4. Момент сопротивления ослабленного сечения, см³:

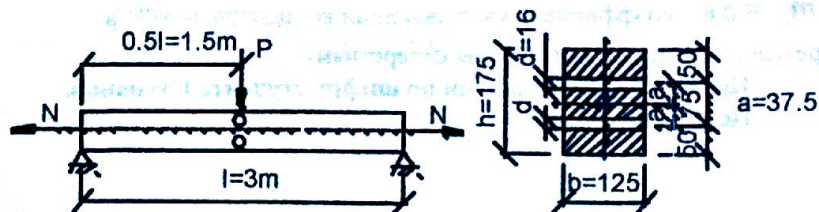
$$W_{нт} = J_{нт}/0,5 \cdot h = 5020,18/0,5 \cdot 17,5 = 573,73$$

5. Проверка напряжений по I группе предельных состояний по формуле (10), МПа:

$$\sigma = \frac{107 \cdot [10]}{178,75} + \frac{285 \cdot [10] \cdot 10}{573,73 \cdot 14} = 9,534 > R_p = 8 \text{ МПа},$$

где $R_p = 10$ МПа, $R_u = 14$ МПа по табл. 3 [4].

Следовательно, сечение бруса не отвечает условиям прочности.



Тема 4. Изгибаемые элементы деревянных конструкций.

Задача 4.

Подобрать сечение однопролетной шарнирно-опертой балки из древесины 2-го сорта, на которую действует равномерно распределенная нагрузка. Принятое сечение проверить по двум группам предельных состояний.

Исходные данные в табл. 4.

Методические указания к решению задачи:

Подбор сечения изгибаемых элементов производят, используя формулу (17)[4]:

$$\sigma_u = \frac{M_{изг}}{W_{расч}} = R_u \cdot \gamma_{у.р.}; \quad W_{расч} = \frac{M}{R_u};$$

$$\tau_{ск} = \frac{Q \cdot S}{I \cdot b}; \quad Q = \frac{q \cdot l}{2}; \quad S = \frac{b \cdot h^2}{8};$$

Для прямоугольных сечений наиболее рациональным является сечение с соотношением $h/b = 1,5$. Отсюда $h = 1,5 \cdot b$.

Расчетный момент сопротивления $W_x = b \cdot h^2/6$.

Следовательно:

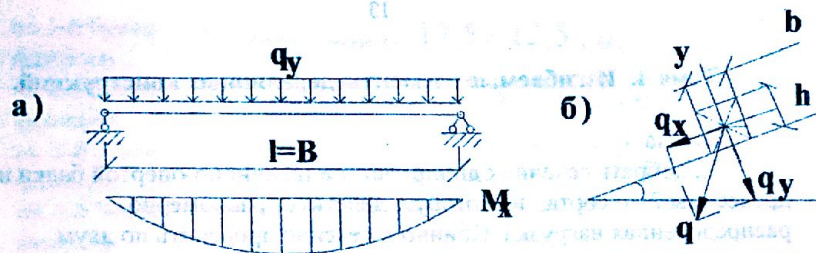
$$b_{mp} = \sqrt[3]{6 \cdot W_x / 2,25} \text{ — из условия работы на изгиб; (11)}$$

$$b_{mp} = \sqrt{\frac{q \cdot l}{2 \cdot R_{ск}}}, \quad h_{mp} = 1,5 \sqrt{\frac{q \cdot l}{2 \cdot R_{ск}}} \text{ — из условий работы}$$

на скалывание.

Проверку сечения по II группе предельных состояний выполняют по формуле:

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_n \cdot l^3}{E \cdot I} \leq \left[\frac{f}{l} \right] \quad (12)$$



а) Расчетная схема.

б) Разложение нагрузки при косом изгибе элемента прямоугольного поперечного сечения.

Рис.2

Пример решения задачи по шифру студента Степанова.

Исходные данные:

по 1-й букве С Длина пролета $l = 5$ м;

по 2-й букве Т $q_n = 1.3$ кН/м;

по 3-й букве Е $q = 1.69$ кН/м;

Порода древесины – липа, для R_u вдоль волокон $m_n = 0.8$ (1 столбец) табл. 4 [4]. Для $R_{ск} m_n = 0.8$ (3 столбец) табл. 4 [4];

по 4-й букве А Сечение прямоугольное.

по 5-й букве 1. $R_u^{lipa} = 13 \cdot m_n = 13 \cdot 0.8 = 10.4$ МПа;

$R_{ск}^{lipa} = 1.6 \cdot m_n = 1.6 \cdot 0.8 = 1.28$ МПа.

2. Расчетный изгибающий момент, кН·м:

$M = q \cdot l^2 / 8 = 1.69 \cdot 5^2 / 8 = 5.28$.

Поперечная сила, кН:

$$Q = q \cdot l / 4 = 1.69 \cdot 5 / 2 = 4.23$$

3. Требуемый момент сопротивления для восприятия изгибающего

$$\text{момента, см}^3: W_{тр} = \frac{M}{R_u} = \frac{5.28 \cdot 10^3}{10.4} = 507.8$$

4. По формуле (11), см: $b_{тр} = \sqrt[3]{6 \cdot 507.8 / 2.25} = 11.06$;

$$b_{тр} = \sqrt{\frac{Q}{R_{ск}}} = \sqrt{\frac{4.23}{1.28 \cdot 10^3}} = 0.057 \text{ м} = 5.7 \text{ см};$$

Принимаем ширину бруса $b = 12.5$ см.

$$5. h_{тр} = \sqrt{6W_{тр} / b} = \sqrt{6 \cdot 507.8 / 12.5} = 15.6 \text{ см};$$

$$h_{тр} = 5.7 \cdot 1.5 = 8.55 \text{ см};$$

сечение бруса принимаем $b \times h = 12.5 \times 17.5$ см.

$$6. W_{x, \text{факт}} = 12.5 \cdot 17.5^2 / 6 = 638 \text{ см}^3;$$

$$S = 12.5 \cdot 17.5^2 / 8 = 478.5 \text{ см}^3.$$

7. Проверим принятое сечение по I группе предельных состояний, МПа:

$$\sigma = \frac{M}{W_{x, \text{факт}}} = \frac{0.00528}{638 \cdot 10^{-6}} = 8.4 < R_u^{lipa} = 10.4$$

$$8. I_x = b \cdot h^3 / 12 = 12.5 \cdot 17.5^3 / 12 = 5582.7 \text{ см}^4.$$

Модуль упругости древесины $E = 10^4$ МПа. Произведем проверку сечения по II группе предельных состояний по формуле (12):

$$\frac{f}{l} = \frac{5 \cdot 0.0013 \cdot 5^3}{384 \cdot 10^4 \cdot 5582.7 \cdot 10^{-8}} = \frac{1}{264} < \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{200};$$

$$\tau_{ск} = \frac{4,23 \cdot 478,5 \cdot [10]}{5582,7 \cdot 12,5} = 0,29 \text{ МПа} < 1,28 \text{ МПа}$$

Подобранное сечение удовлетворяет проверкам по I и II группам предельных состояний.

Тема 5. Косоизгибаемые элементы деревянных конструкций.

Задача 5.

Подобрать сечение разрезного прогона под скатную кровлю. Конструкция защищена от увлажнения и нагрева. Исходные данные по табл. 5. См рисунок 2

Методические указания к решению задачи:

Разрезной прогон рассчитывают по схеме однопролетной шарнирно - опертой балки с равномерно распределенной нагрузкой по всему пролету. Сечение прогона подбирают с учетом работы элемента на косоизгиб.

Расчет на прочность производят по формуле (20)[4]:

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_u \quad (13)$$

где M_x и M_y - составляющие расчетного изгибающего момента относительно главных осей X и Y ;

W_x , W_y - моменты сопротивления поперечного сечения прогона для осей X и Y .

Полный прогиб с учетом косоизгиба определяют по формуле:

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq [f] \quad (14)$$

Прогибы по осям X и Y определяют соответственно:

$$f_x = 5 \cdot q_n \cdot \sin \alpha \cdot l^4 / (384 \cdot E \cdot I_y) \quad (15)$$

$$f_y = 5 \cdot q_n \cdot \cos \alpha \cdot l^4 / (384 \cdot E \cdot I_x) \quad (16)$$

Отношение сторон поперечного сечения прогона $\eta = h/b$ в пределах 1,3...1,5.

Расчетная схема см. рис. 2.

Пример решения задачи.

- по 1-й букве фамилии С $q = 3,47 \text{ кН/м}$;
по 2-й букве фамилии Т $q = 2,57 \text{ кН/м}$;
по 3-й букве фамилии Е Уклон кровли $\alpha = 20^\circ$;
по 4-й букве фамилии П Шаг несущих конструкций $B = 4,0 \text{ м}$.

1. Расчетный пролет прогона $l = 400 - 2 \cdot 10/2 = 390 \text{ см}$.

Здесь 10 см - ширина опорной площадки, равная половине ширины верхнего пояса несущей конструкции.

2. Максимальный изгибающий момент, $\text{кН} \cdot \text{м}$:

$$M = q \cdot l^2 / 8 = 3,47 \cdot 3,9^2 / 8 = 6,6$$

3. Составляющие момента относительно главных осей сечения прогона, $\text{кН} \cdot \text{м}$:

$$M_x = M \cdot \cos \alpha = 6,6 \cdot 0,951 = 6,28$$

$$M_y = M \cdot \sin \alpha = 6,6 \cdot 0,309 = 2,04$$

4. Задаемся отношением сторон поперечного сечения прогона

$$\eta = h/b = 1,4$$

Требуемый момент сопротивления сечения, см^3 :

$$W_{mp} = \frac{M_x + \eta \cdot M_y}{R_u} = \frac{(6,28 + 1,4 \cdot 2,04) \cdot 100}{13} = 702,8$$

5. Требуемая высота сечения, см :

$$h_{mp} = \sqrt[3]{6 \eta \cdot W_{mp}} = \sqrt[3]{6 \cdot 1,4 \cdot 702,8} = 18,07$$

6. Требуемая ширина сечения, см:

$$b_{mp} = h_{mp} / \eta = 18.07 / 1.4 = 12.9$$

Принимаем брус сечением $b \times h = 13 \times 18$ см, (величины старого сортамента) для которого

$$W_x = b \cdot h^2 / 6 = 702 \text{ см}^3, \quad W_y = 18 \cdot 13^2 / 6 = 507 \text{ см}^3,$$

$$I_x = b \cdot h^3 / 12 = 6318 \text{ см}^4, \quad I_y = 3295.5 \text{ см}^4.$$

7. Проверяем напряжения по формуле (13), МПа:

$$\sigma = \frac{6.28 \cdot 100}{702} \cdot 10 + \frac{2.04 \cdot 100}{507} \cdot 10 = 12.97 < R_u = 13.$$

8. Находим составляющие прогиба, по формулам (15) и (16), см:

$$f_x = \frac{5 \cdot 2.57 \cdot 0.309 \cdot 390^4}{384 \cdot 10^5 \cdot 3295.5} = 0.73;$$

$$f_y = \frac{5 \cdot 2.57 \cdot 0.951 \cdot 390^4}{384 \cdot 10^5 \cdot 6318} = 1.17.$$

Полный прогиб прогона, см:

$$f = \sqrt{0.73^2 + 1.17^2} = 1.38 < [f] = \frac{l}{200} = \frac{400}{200} = 2.$$

Скатная составляющая нагрузки в месте опирания прогона на несущую конструкцию воспринимается бобышкой, прибитой к верхнему поясу несущей конструкции двумя гвоздями 5×150 мм. Кроме того, стык прогонов перекрывается накладками из брусков 75×75 мм, прикрепляемых к поясу и прогонам гвоздями.

II. Конструирование и расчет соединения деревянных элементов на лобовой врубке с одним зубом.

Расчет лобовых врубок на смятие производят по основной рабочей плоскости смятия, располагаемой перпендикулярно оси примыкающего сжатого элемента, на полное усилие, действующее в этом элементе.

Расчетная несущая способность соединения из условия смятия определяется по формуле, кН:

$$T_{cm} = A_{cm} \cdot R_{cm\alpha}, \quad (17)$$

где A_{cm} - площадь смятия, см²;

$R_{cm\alpha}$ - расчетное сопротивление смятию под углом α к направлению волокон, определяемое по формуле, МПа:

$$R_{cm\alpha} = \frac{R_{cm}}{1 + (R_{cm}/R_{cm90} - 1) \cdot \sin^3 \alpha} \quad (18)$$

Глубина врубок в опорных узлах стержневых конструкций должна быть не более $h/3$, в промежуточных узлах – не более $h/4$ (h - размер сечения элемента по направлению врубки).

Расчетная несущая способность соединения из условия скалывания определяется по формуле, кН:

$$T_{ск} = A_{ск} \cdot R_{ск}^{cp}; \quad (19)$$

$$\sigma_p = \frac{N_p}{A_{нт}} \leq R_p \cdot \gamma_{y.p.}; \quad N_p = N_c \cdot \cos \alpha;$$

где $R_{ск}^{cp}$ - расчетное среднее по площадке скалывания сопротивление древесины скалыванию, МПа.

Длина площадки скалывания $l_{ск}$ в лобовых врубках должна быть не менее $1.5 \cdot h$.

$$R_{ска} = \frac{R_{ск}}{1 + (R_{ск}/R_{ск90} - 1) \cdot \sin^3 \alpha}; \quad (20)$$

$$\alpha < 45^\circ \quad R_{ск}^{cp} = \frac{R_{ск}}{1 + \beta \cdot \frac{l_{ск}}{l}}; \quad (21)$$

$e = 0,25h$, $\frac{l_{ск}}{l} \geq 3$, $\beta = 0,25$ — плечо сил сдвига при симметричной нагрузке

$$\alpha \leq 30^\circ \quad R_{сд}^{ср} = \frac{R_{ск}}{0,8 + 0,14\left(\frac{l_{ск}}{l}\right) + 0,139\left(\frac{h_{вр}}{l}\right) \cdot \left(\frac{l_{ск}}{l}\right)}; \quad (22)$$

Задача:

Проверить несущую способность опорного узла фермы, решенного лобовой врубкой с одним зубом:

сечение брусев, см: $b \times h = 12,5 \times 20$,

угол между поясами $\alpha = 21^\circ 48'$, $\sin \alpha = 0,371$,
 $\cos \alpha = 0,928$;

глубина врубки $h_{вр} = 5,5$ см,

длина площадки скалывания $l_{ск} = 40$ см,

расчетное сжимающее усилие в верхнем поясе $N_c = 89$ кН.

Древесина — лиственница $m_{н, см90} = m_{н, см} = 1,2$, $m_{ск} = 1$.

$$R_{см}^{тополь} = R_{см}^{сосны} \cdot m_n = 13 \cdot 1,2 = 15,6 \text{ МПа};$$

$$R_{см90}^{тополь} = R_{см90}^{сосны} \cdot m_n = 3 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ МПа};$$

$$R_{ск} = 2,1 \cdot 1 = 2,1 \text{ МПа}; \quad R_{ск90} = 0,8 \text{ МПа},$$

$$l = 0,25 \cdot h = 5 \text{ см}.$$

Решение:

1. Расчетное сопротивление смятию под углом α по формуле (18), МПа:

$$R_{сма} = \frac{15,6}{1 + (15,6/3,6 - 1) \cdot 0,371^3} = 13,3.$$

2. Площадь смятия, см²:

$$A_{см} = b \cdot h_{вр} / \cos \alpha = 12,5 \cdot 5,5 / 0,928 = 74,08.$$

3. Несущая способность соединения из условия прочности на смятие, кН:

$$T_{см} = 74,08 \cdot 13,3 \cdot 10 / 100 = 98,5 > N_c = 89$$

— удовлетворяет требованию.

4. Расчетное усилие, действующее по площадке скалывания, кН:

$$T = N_p = N_c \cdot \cos \alpha = 89 \cdot 0,928 = 82,59$$

5. Площадь скалывания, см²:

$$A_{ск} = l_{ск} \cdot b = 40 \cdot 12,5 = 500.$$

6. Расчетное сопротивление древесины скалыванию по формуле (22), МПа:

$$R_{сда}^{ср} = \frac{2,1}{0,8 + 0,14\left(\frac{40}{5} - 1\right) + 0,139\left(\frac{5,5}{5}\right) \cdot \left(\frac{4}{5}\right)} = 1,104 \text{ МПа}$$

7. Несущая способность соединения из условия прочности на скалывание по формуле (19), кН:

$$T_{сд} = 500 \cdot 1,104 \cdot 10 / 100 = 55,2 < 82,59 \text{ кН}$$

— не удовлетворяет требованию.

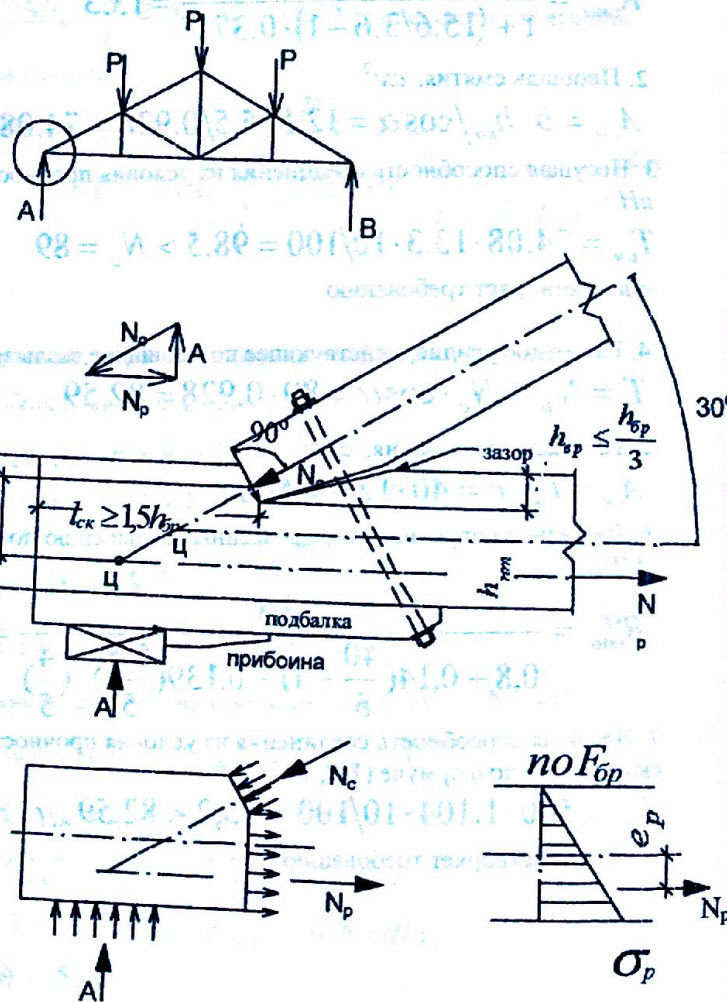


Рис.3

Задача 6. (обратная)

Определить максимально допустимое усилие сжатия в верхнем поясе фермы, опорный узел который решен лобовой врубкой с одним зубом. Рис. 3. Исходные данные см. табл.6.

III. Расчет и конструирование соединений деревянных элементов на механических связях.

3.1. Соединение деревянных конструкций на деревянных цилиндрических нагелях.

Задача 7.

Подобрать сечение растянутого раскоса, рассчитать и сконструировать узел сопряжения раскоса с поясом фермы на деревянных цилиндрических нагелях.

Соединение симметричное, пояс фермы выполнен из двух досок $b \times h$. Конструкция защищена от увлажнения и нагрева. Исходные данные определяются по табл. 7.

Методические указания к решению задачи.

Согласно п.4.1. [4] расчет центрально-растянутых элементов производится по формуле:

$$\sigma = N/A_{нт} \leq R_p \cdot \gamma_{у.р.}; \quad (23)$$

где N - расчетное продольное усилие растяжения, кН.

R_p - расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон, МПа;

$\gamma_{у.р.}$ - коэффициенты условий работы по п. 3.2. [4];

$A_{нт}$ - площадь поперечного сечения элемента, нетто, см².

При определении $A_{нт}$ ослабления, расположенные на участке длиной до 200 мм, следует принимать совмещенными в одном сечении.

Количество нагелей в соединении, согласно формуле, шт:

$$n_n \geq N/T \cdot n_{ср}, \quad (24)$$

где N - расчетное продольное усилие, κH .

n_{cp} - число срезов нагеля.

T - минимальная расчетная несущая способность нагеля в κH на 1 срез, принимаемая для симметричных соединений согласно табл. 17 и п.5.13 - 5.16 [4] как меньшее из трех значений:

а) по смятию средних элементов сопряжения, κH

$$T_c = 0.3c \cdot d \cdot k_\alpha \cdot m_n \cdot k_{наг}; \quad (25)$$

б) по смятию крайних элементов сопряжения, κH :

$$T_a = 0.5a \cdot d \cdot k_\alpha \cdot m_n \cdot k_{наг}; \quad (26);$$

в) по изгибу нагеля, κH :

$$T_u = (0.45d^2 + 0.02a^2) \cdot \sqrt{k_\alpha \cdot m_n \cdot k_{наг}}; \quad (27);$$

но не более $T_u = 0.65d^2 \cdot \sqrt{k_\alpha \cdot m_n \cdot k_{наг}}$,

где c и a - соответственно толщина средних и крайних элементов сопряжения, см;

d - диаметр нагеля, см;

k_α - коэффициент, учитывающий передачу нагелем усилия под углом к волокнам элементов. Причем угол α принимается равным большему из углов смятия нагелем элементов, прилегающих к рассматриваемому шву, табл. 19[4];

m_n - переходный коэффициент к расчетным сопротивлениям древесины по смятию вдоль волокон сопрягаемых элементов по отношению к сосне и ели;

$k_{наг}$ - переходный коэффициент для древесины нагеля, если он выполнен не из дуба, определяется по формуле:

$$k_{наг} = m_n^{наг} / m_n^{дуб},$$

причем $m_n^{наг}$ и $m_n^{дуб}$ определяются из условия смятия поперек волокон, табл. 4 [4] (столбец 2).

Указания по размещению нагелей в узлах ферм.

Согласно п.5.18. [4] для дубовых нагелей расстояние между осями должно быть не менее:

а) при толщине сплавиваемого пакета $b \geq 10d_n$

$S_1 \geq 5d$ - расстояние между осями нагелей вдоль волокон,

$S_2 \geq 3d$ - расстояние между осями нагелей поперек волокон,

$S_3 \geq 2.5d$ - расстояние от кромки элемента до оси первого нагеля;

б) при толщине сплавиваемого пакета $b < 10d_n$ допускается

принимать: $S_1 \geq 4d$, $S_2 = S_3 \geq 2.5d$.

Для правильного размещения нагелей в узле фермы по поясу и раскоу наносят риски, соответствующие расстояниям S_1 , S_2 и S_3 , а затем размещают нагели.

После окончания конструирования узла должна быть выполнена проверка прочности сопрягаемых элементов с учетом ослабления их сечения отверстиями под нагели.

Пример решения задачи по шифру студента с фамилией Степанов.

Исходные данные:

по 1-й букве фамилии С Усилие в раскосе $N = 11 \kappa H$

по 2-й букве фамилии Т $\alpha = 50^\circ$

по 3-й букве фамилии Е Диаметр нагеля $d = 1.6 \text{ см}$

по 4-й букве фамилии П Материал нагеля - бук.

по 5-й букве фамилии А Материал элементов конструкции -

лиственница.

по 6-й букве фамилии Н Сечение нижнего пояса $50 \times 225 \text{ мм}$.

по 6-й букве фамилии Н Сечение нижнего пояса $50 \times 225 \text{ мм}$.

по 6-й букве фамилии Н Сечение нижнего пояса $50 \times 225 \text{ мм}$.

$$1. R_p = R_p^{\cos \alpha} \cdot m_n = 10 \cdot 1.2 = 12 \text{ МПа.}$$

2. Определяем площадь раскоса, см^2 :

$$A_{нт} \geq N/R_p = 11 \cdot 10/12 = 9.17;$$

$$A_{нт} = k_{осл} \cdot A_{бр}, k_{осл} \approx (0.4 \div 0.9).$$

Принимая $k_{осл} = 0.6$, находим $A_{бр} = 15.3 \text{ см}^2$.

По сортаменту пиломатериалов подбираем размер доски $16 \times 100 \text{ мм}$, $A_{бр} = 16 \text{ см}^2$.

3. Для вычисления несущей способности нагелей по формулам (25), (26), (27) необходимо определить коэффициенты k_α , m_n , $k_{наг}$.

$k_\alpha = 0.78$ - интерполяцией по табл. 19 [4];

$m_n = 1.2$ - для лиственницы табл. 4 [4];

$$k_{наг} = m_n^{бук} / m_n^{дуб} = 1.6/2 = 0.8,$$

где $m_n^{бук} = 1.6$, $m_n^{дуб} = 2$ из условия смятия поперек волокон.

4. Находим несущую способность 1 среза букового нагеля, кН :

$$T_c = 0.3 \cdot 1.6 \cdot 1.6 \cdot 0.78 \cdot 1.2 \cdot 0.8 = 0.575;$$

$$T_a = 0.5 \cdot 5 \cdot 1.6 \cdot 0.78 \cdot 1.2 \cdot 0.8 = 2.995;$$

$$T_u = (0.45 \cdot 1.6^2 + 0.02 \cdot 5^2) \cdot \sqrt{0.78 \cdot 1.2 \cdot 0.8} = 1.43;$$

$$\text{что не больше } T_n = 0.65 \cdot 1.6^2 \cdot \sqrt{0.78 \cdot 1.2 \cdot 0.8} = 1.44.$$

Большой разброс в значениях несущей способности.

5. Определяем необходимое количество нагелей для двухсрезного соединения по формуле (24), *шт*:

$$n_n = 11/0.575 \cdot 2 \approx 10.$$

Конструируем сечение (рис. 4).

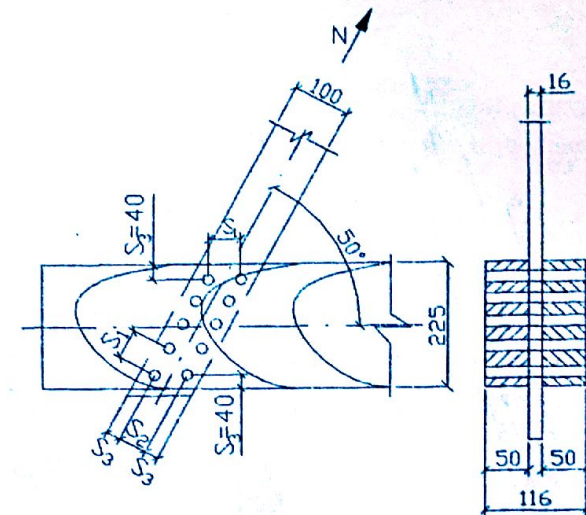


Рис. 4

Т.к. толщина пакета, см

$$b = 5 + 1.6 + 5 = 11.6 < 10d_n = 10 \cdot 1.6 = 16, \text{ то}$$

$$S_1 \geq 4d = 4 \cdot 1.6 = 6.4 \text{ см};$$

$$S_2 = S_3 \geq 2.5d = 4.0 \text{ см}.$$

При данных размерах сечения разместить такое количество нагелей нельзя. Увеличиваем сечение раскоса, принимаем

$150 \times 32 \text{ мм}$, (после неоднократных перерасчетов) тогда:

$$T_c = 0.3 \cdot 3.2 \cdot 1.6 \cdot 0.78 \cdot 1.2 \cdot 0.8 = 1.15 \text{ кН};$$

Требуемое число нагелей по формуле (24), *шт*:

$$n_n = 11/1.15 \cdot 2 \approx 5.$$

$$\text{Толщина пакета } b = 5 + 3.2 + 5 = 13.2 < 10d_n = 16 \text{ см},$$

$$\text{то } S_1 \geq 6.4 \text{ см}; \quad S_2 = S_3 \geq 4.0 \text{ см}.$$

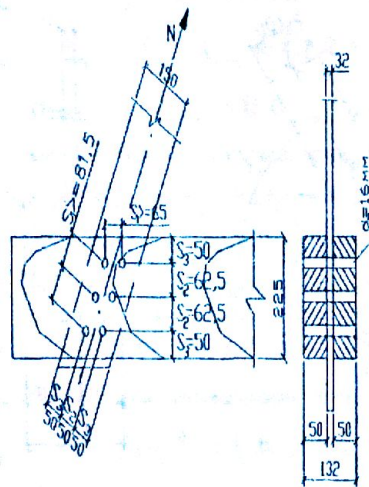


Рис. 5

Учитывая, что на длине раскоса в 20 см размещено 6 отверстий под нагели $d_n = 1.6$ см;

$$A_{нт} = A_{бр} - A_{осл} = 3.2 \cdot 15 - 6 \cdot 3.2 \cdot 1.6 = 17.28 \text{ см}^2;$$

Проверим напряжения в ослабленном сечении раскоса по формуле (23), МПа:

$$\sigma = 11 \cdot 10 / 17.28 = 6.37 < R_p = 12 \cdot m_o = 12 \cdot 0.8 = 9.6.$$

Прочность раскоса 150×32 мм обеспечена.

3.2. Соединение деревянных конструкций на стальных цилиндрических нагелях.

Задача 8.

В растянутом стыке (рис. 5) определить:

- а) необходимое сечение растянутого элемента (доски),
- б) необходимое сечение и длину накладок,
- в) необходимое количество стальных цилиндрических нагелей.

Конструкция защищена от увлажнений и нагрева.
Исходные данные определяются по табл. 8.

Методические указания к решению задачи:

Данная задача решается аналогично предыдущей (рис. 6).

1. Подбор и проверка сечения растянутого элемента производится по формуле (21) или п. 4.1 [4].
2. Необходимое число нагелей определяется по формуле (22) [4]:

$$n_n \geq N / (T_{\min} \cdot n_{cp}),$$

где $T_{\min}$ - наименьшее значение из:

$$T_c = 0.5c \cdot d \cdot k_a \cdot m_n; \quad (26)$$

$$T_a = 0.8a \cdot d \cdot k_a \cdot m_n; \quad (27)$$

$$T_u = (1.8d^2 + 0.02a^2) \cdot \sqrt{k_a \cdot m_n}; \quad (28)$$

но не более $T_u = 2.5d^2 \cdot \sqrt{k_a \cdot m_n}$.

3. Указания по размещению нагелей.

Согласно п. 5.18. [4]

- а) при толщине сплавляемого пакета $b \geq 10d$:
 $S_1 \geq 7d$ - расстояние между осями стальных нагелей вдоль волокон,
 $S_2 \geq 3.5d$ - то же поперек волокон,
 $S_3 \geq 3d$ - то же между краем элемента и осью первого нагеля;
- б) при толщине сплавляемого пакета $b < 10d$ допускается принимать: $S_1 \geq 6d$, $S_2 \geq 3d$, $S_3 \geq 2.5d$.

По окончании конструирования должна быть выполнена проверка прочности ослабленных сечений сопрягаемых элементов.

Пример решения задачи по шифру студента с фамилией Степанов.

Исходные данные:

по 1-й букве С Усилие в элементе $N = 20$ кН
фамилии

по 2-й букве фамилии Т Диаметр нагеля $d = 1.2 \text{ см}$
по 3-й букве фамилии Е Материал досок – клен.
по 4-й букве фамилии

$$1. R_p^{\text{клен}} = R_p^{\text{сосны}} \cdot m_n = 10 \cdot 1.3 = 13 \text{ МПа.}$$

2. Определяем требуемую площадь сечения нетто:

$$A_{nm} \geq N/R_p = 20 \cdot 10 / 13 = 15.38 \text{ см}^2.$$

Задаваясь $k_{осл} \approx (0.4 \div 0.9)$, $k_{осл} = 0.6$, находим

$$A_{6p} = 30.8 \text{ см}^2.$$

(22) По сортаменту подбираем доску 32×125 мм с

$$A_{bp} = 31.25 \text{ cm}^2.$$

Стык перекрывается двумя накладками, суммарная площадь которых должна быть не менее площади сечения основного элемента. Досок, толщиной 12,5 мм нет, наименьший диаметр 16 мм, поэтому принимаем для накладок доски 16 × 125 мм.

Определяем несущую способность нагеля по формулам (26),

(27), (28) с учетом, что $k_{\alpha} = 1$, κH :

$$T_c = 0.5 \cdot 3.2 \cdot 1.2 \cdot 1.3 = 2.496,$$

$$T_g = 0.8 \cdot 1.6 \cdot 1.2 \cdot 1.3 = 1.997$$

$$T_u = (1.8 \cdot 1.2^2 + 0.02 \cdot 1.6^2) \cdot 1.14 = 3.013,$$

что не более

$$T_y = 2.5d^2 \cdot \sqrt{m_n} = 2.5 \cdot 1.2^2 \cdot 1.14 = 4.101 \text{ } \kappa H.$$

Находим необходимое количество нагелей:

$$n_H \geq N / (T_{\min} \cdot n_{cp}) = 20 / (1.95 \cdot 2) \approx 6 \text{ ум}$$

Согласно п.5.19 [4] нагели в растянутых стыках следует располагать в два или четыре продольных ряда. Вычисляем допустимые расстояния между нагелями и komponуем стык:

$$b = 1.6 + 3.2 + 1.6 = 6.4 < 10d = 10 \cdot 1.2 = 12 \text{ см, то}$$

$$S_1 \geq 6d = 6 \cdot 1.2 = 7.2 \text{ см; } S_2 \geq 3d = 3 \cdot 1.2 = 3.6 \text{ см;}$$

$$S_3 \geq 2.5d = 2.5 \cdot 1.2 = 3 \text{ см.}$$

По конструктивным соображениям принимаем $S_1 = 75 \text{ мм}$,
 $S_2 = 45 \text{ мм}$, $S_3 = 40 \text{ мм}$.

Из условия размещения нагелей длина накладки принята

$$l_n = 8 \cdot 75 = 600 \text{ мм.}$$

Проверим напряжения по формуле (21) в ослабленном сечении доски, учитывая, что на длине 200 мм размещено 6 нагелей:

$$\sigma = 20 \cdot 10 / 19.25 = 10.39 < R_p^{\text{клен}} \cdot m_o = 10,4 \text{ МПа},$$

где $A_{нт} = A_{бр} - A_{осл} = 12.5 \cdot 2.5 - 6 \cdot 1.2 \cdot 2.5 = 19.25 \text{ см}^2$.

Прочность стыка не достаточна. Нужно увеличить толщину досок и накладок.

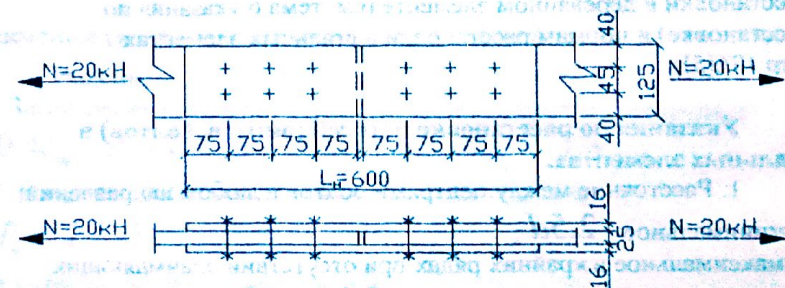


Рис.6

3.3. Нагельные соединения со стальными накладками.

Нагельные соединения выполняют на гвоздях и винтах. При передаче усилий гвозди и винты работают по схеме односрезного нагельного соединения. Расчетная несущая способность соединения элемента из сосны или ели при направлении усилия вдоль волокон табл. 17 п.5.23.[4].

Из условия изгиба нагеля:

$$T_u \leq 2.5d^2 \text{ - для винтов (глухарей } \varnothing 12 \div 20 \text{ мм)}$$

$$T_u \leq 4d^2 \text{ - для гвоздей.}$$

Из условия смятия древесины:

$$T_c = 0.35c_0 \cdot d; \quad (29)$$

где d - диаметр ненарезной части;

c_0 - расчетная длина защемления нагеля в деревянном элементе.

Длина ненарезной части винта составляет ≈ 0.4 его полной длины. Заглубление ненарезной части винта в древесину должно быть не менее $2d$. Стальные накладки проверяют на растяжение по ослабленному сечению и на смятие стенок отверстий.

Размещение нагелей должно выполняться согласно нормам расстановки в деревянном элементе (см. тема 6 указания по расстановке) и нормам расстановки в стальных элементах (стр.176[5]).

Указания по расстановке нагелей (винтов, болтов) в стальных элементах.

1. Расстояние между центрами болтов в любом направлении:

- а) минимальное - $2.5d$;
- б) максимальное в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии - $8d$ или $12t$;
- в) максимальное в средних рядах, а также в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков:
при растяжении - $1,6d$ или $2,4t$;

при сжатии - $1,2d$ или $1,8t$;

2. Расстояния от центра болта до края элемента:

- а) минимальное вдоль усилия - $2d$;
- б) то же, поперек усилия:
при обрезных кромках - $1.5d$;
- при прокатных кромках - $1.2d$;
- в) максимальное $4d$ или $8t$;
- г) минимальное для высокопрочных болтов при любой кромке и любом направлении усилия - $1.3d$.

Примечание: В соединениях элементов из стали с пределом текучести выше 38 кН/см^2 минимальное расстояние между болтами следует принимать $3d$. Здесь: d - диаметр отверстия для болта, t - толщина наиболее тонкого наружного элемента.

Пример решения задачи.

Рассчитать соединение деревянного растянутого элемента (см. рис. 7.) сечением $b \times h = 125 \times 175 \text{ мм}$

со стальными накладками сечением $b_1 \times \delta = 80 \times 6 \text{ мм}$,

выполненное с помощью глухарей $d_{21} = 12 \text{ мм}$, $l_{21} = 80 \text{ мм}$.

Расчетное растягивающее усилие $N_p = 35 \text{ кН}$.

Решение:

1. Заглубление ненарезной части глухаря в древесину составляет:

$$0.4l_{21} - \delta = 0.4 \cdot 80 - 0.6 = 2.6 > 2d_{21} = 2.4 \text{ см.}$$

2. Несущая способность из условия изгиба глухаря, кН :

$$T_u = 2.5 \cdot 1.2^2 = 3.6,$$

из условия смятия древесины, кН :

$$T_c = 0.35 \cdot 7.4 \cdot 1.2 = 3.11.$$

Длина защемления нагеля в древесине, см :

$$c_0 = l_{21} - \delta = 80 - 0.6 = 7.4.$$

3. Требуемое число глухарей для передачи расчетного усилия:

$$n_{ст} = N/T = 35/3.11 = 11.25 \text{ шт.}$$

Устанавливаем 12 шт., по 6 с каждой стороны элемента, размещая их в 2 продольных ряда.

Из условия расстановки стальных цилиндрических нагелей в древесине с учетом норм расстановки болтов в стальных накладках, принимаем: $S_1 = 8.5 > 7d = 8.4 \text{ см}$, $S_2 = 3.5d = 4.2 \text{ см}$;

$$S_3 = (8 - 4.2)/2 = 1.9 > 1.5d = 1.8 \text{ см};$$

$$S_4 = 2.5 > 2d = 2.4 \text{ см}.$$

-при толщине пакета $h + 2\delta = 17.5 + 2 \cdot 0.6 = 18.7 \text{ см}$:

$$S'_3 = (12.5 - 4.2)/2 = 4.15 > 3d = 3.6 \text{ см}.$$

4. Напряжение в стальных накладках, МПа:

$$\sigma = \frac{N_p}{A_{нт}} = \frac{35 \cdot 10}{2(8 \cdot 0.6 - 2 \cdot 1.2 \cdot 0.6)} = 52 \ll 210.$$

5. Напряжение смятия стенок сверленных отверстий в накладках, МПа:

$$\sigma = \frac{N_p}{A_{см}} = \frac{35 \cdot 10}{6 \cdot 1.2 \cdot 0.6} = 81 \ll 340.$$

Задача 9.

Определить размеры стальных накладок, при помощи которых осуществляется соединение растянутого деревянного элемента

сечением $b \times h$ на винтах диаметром d_g . Исходные данные в табл. 9.

Усложнить задачу, добавив данные о древесине.

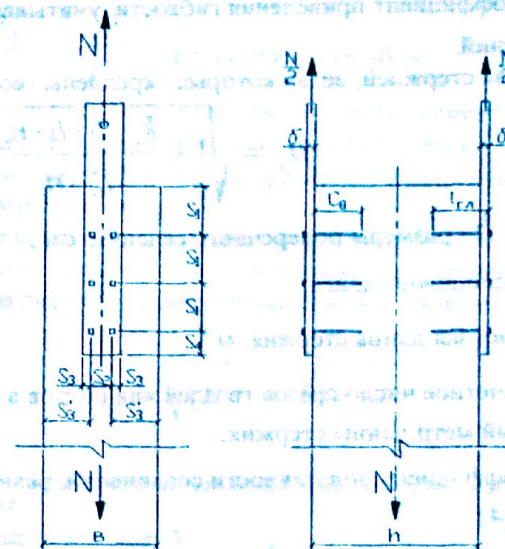


Рис. 7

IV. Расчет и конструирование элементов составного сечения на податливых связях.

Методические указания:

Сжатые элементы составного сечения на податливых связях различают трех типов: стержни-пакеты; стержни с короткими прокладками и стержни с неравномерно нагруженными ветвями.

В стержнях-пакетах расчетная приведенная гибкость определяется по формуле:

$$\lambda_{пр} = \mu_y \cdot \lambda_y, \quad (30)$$

где λ_y - гибкость стержня относительно оси Y , вычисленная без учета податливости соединений;

μ_y - коэффициент приведения гибкости, учитывающий податливость соединений.

Для стержней, ветви которых скреплены гвоздями или болтами:

$$\mu_y = \sqrt{1 + \frac{k_c \cdot b \cdot h \cdot n_{ш}}{l_0^2 \cdot n_c}},$$

где b и h - размеры поперечного сечения, см;

$n_{ш}$ - число швов сдвига;

l_0 - расчетная длина стержня, м;

n_c - расчетное число срезов гвоздей или болтов в одном шве на 1 погонный метр длины стержня;

k_c - коэффициент податливости соединений, равный согласно табл.12[4]

для гвоздей: $k_c = \frac{1}{10d^2}$ - при центральном сжатии;

$$k_c = \frac{1}{5d^2} \text{ - при сжатии с изгибом;}$$

для болтов диаметром $d \leq a/7$:

$$k_c = \frac{1}{5d^2} \text{ - при центральном сжатии;}$$

$$k_c = \frac{1}{2.5d^2} \text{ - при сжатии с изгибом;}$$

для болтов диаметром $d > a/7$:

$$k_c = \frac{1}{1.5a \cdot d} \text{ - при центральном сжатии;}$$

$$k_c = \frac{3}{a \cdot d} \text{ - при сжатии с изгибом,}$$

где a - толщина наиболее тонкого из соединяемых элементов.

Устойчивость составных стержней относительно оси X , перпендикулярной швам сплачивания, проверяют аналогично элементам цельного сечения.

При расчете составных стержней с короткими прокладками, кроме гибкости всего стержня, учитывают гибкость отдельной ветви.

Приведенная гибкость относительно оси Y определяется по формуле:

$$\lambda_{пр} = \sqrt{(\mu_y \cdot \lambda_y)^2 + \lambda_b^2}$$

где $\lambda_b = \frac{l_b}{0.29 \cdot a}$ - гибкость отдельной ветви относительно собственной оси, параллельной Y ;

l_b - расчетная длина ветви, равная расстоянию между крайними закреплениями двух смежных прокладок;

a - толщина одной ветви.

Расчет относительно оси X как для стержня цельного сечения без учета прокладок.

В сжатых стержнях с неравномерно нагруженными ветвями расчетную гибкость относительно оси Y определяют по формуле (30), но $I_y = I_o + I_{но}$, где I_o , $I_{но}$ - моменты инерции соответственно опертых и неопертых ветвей.

$$\text{Радиус инерции } r_y = \sqrt{I_y / A},$$

A - расчетная площадь опертых ветвей.

Гибкость относительно оси X определяют как для цельного стержня: $I_x = I_o + 0.5 \cdot I_{но}$.

Пример решения задачи.

Сжатый раскос подстропильной фермы сборных наклонных стропил принят крестового сечения с накладками, не опертыми по концам.

Расчетная длина стержня $l = 3.7$ м,

сжимающее усилие $N = 16.6$ кН,

предельная гибкость $\lambda = 150$.

Проверить устойчивость стержня (рис. 8).

Решение:

1. Момент инерции крестового сечения относительно оси Y , параллельно швам, см^4 :

$$I_y = \frac{15 \cdot 5^3}{12} + 2 \left(\frac{6 \cdot 5^3}{12} + 6 \cdot 5 \cdot 5^2 \right) = 1781$$

2. Площадь сечения основной опертой ветви, см^2 :

$$A_{on} = 5 \cdot 15 = 75$$

3. Расчетный радиус инерции сечения, см:

$$r_y = \sqrt{I_y / A_{on}} = \sqrt{1781 / 75} = 4.88$$

4. Гибкость стержня без учета податливости соединений:

$$\lambda_y = l_o / r_y = 370 / 4.88 = 76$$

5. Брусковые накладки соединены с основной доской гвоздями 5×150 мм, расположенными в шахматном порядке через 15 см.

Расчетное число срезов гвоздей в одном шве на 1 погонный метр длины элемента: $n_c = 100 / 15 = 6.7$ шт.

Расчетное число швов сдвига в элементе $n_c = 2$.

6. Коэффициент податливости соединений по табл. 12 [4]

$$k_c = \frac{1}{10d_{сш}^2} = \frac{1}{10 \cdot 0.5^2} = 0.4$$

7. Коэффициент приведения гибкости:

$$\mu_y = \sqrt{1 + \frac{0.4 \cdot 15 \cdot 15 \cdot 2}{3.7^2 \cdot 6.7}} = 1.75$$

8. Приведенная гибкость стержня относительно оси X :

$$\lambda_{np} = 1.75 \cdot 76 = 132 < 150$$

9. Коэффициент продольного изгиба:

$$\varphi = A / \lambda^2 = 3000 / 132^2 = 0.172$$

10. Выполняем проверку напряжений, МПа:

$$\sigma_c = \frac{N_c}{\varphi \cdot A_{on}} = \frac{16.6 \cdot 10}{0.172 \cdot 75} = 12.87 < 13$$

11. Расчетный момент инерции сечения относительно оси X , перпендикулярно швам, см^4 :

$$I_x = \frac{15 \cdot 5^3}{12} + 0.5 \cdot 2 \cdot \frac{5 \cdot 6^3}{12} = 1480$$

12. Радиус инерции сечения, см:

$$r_x = \sqrt{I_x / A_{on}} = \sqrt{1480 / 75} = 4.45$$

13. Гибкость стержня относительно оси X :

$$\lambda_x = l_o / r_x = 370 / 4.45 = 83 < \lambda_{np} = 132$$

Следовательно, устойчивость стержня обеспечена.

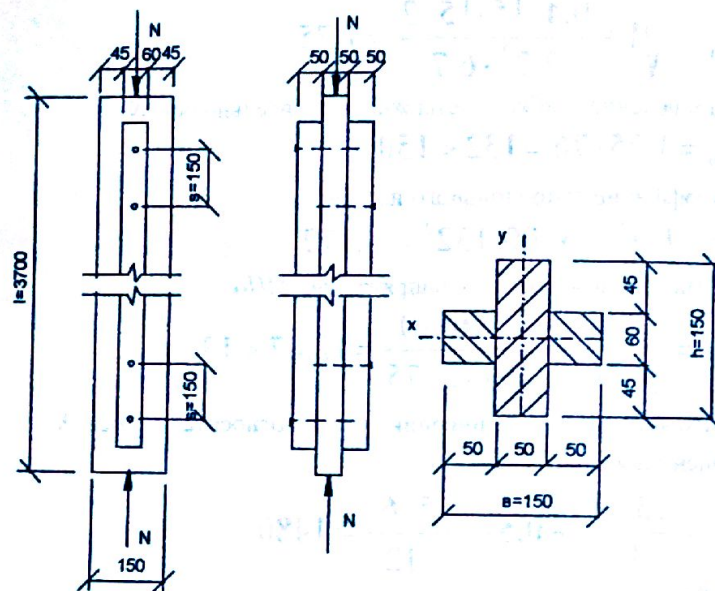


Рис.8

V. Расчет и конструирование опорного и конькового узлов распорной системы треугольного очертания.

Распорные системы треугольного очертания (треугольные арки) конструируют из бревен, брусев или клееных блоков, скрепленных в коньке. Они могут опираться на фундаменты лобовым упором или на стены, если для восприятия распора устраивается затяжка. Затяжка выполняется из круглой или профильной стали в виде двух уголков, когда необходимо снижение ее гибкости.

Распор арки при воздействии на нее сплошной равномерно распределенной нагрузки интенсивностью q определяют по формуле:

$$H = q \cdot l^2 / 8 \cdot f,$$

где f - стрела подъема арки (высота).

Конструирование узлов распорной системы выполняют таким образом, чтобы уменьшить величину расчетного изгибающего момента

$$M_q = q \cdot (l/2)^2 / 8 = q \cdot l^2 / 32$$

приложением продольной силы N в верхнем поясе с эксцентриситетом e , вызывающим обратный по знаку изгибающий момент $N \cdot e$.

Расчетный изгибающий момент получается равным:

$$M = M_q - N \cdot e.$$

Продольная сжимающая сила в расчетном сечении равна:

$$N = Q \cdot \sin \alpha + H \cdot \cos \alpha,$$

α - угол наклона верхнего пояса арки к горизонту;

Q - поперечная сила простой балки пролетом l в месте действия M .

В случае необходимости использования габарита под аркой, затяжку устанавливают приподнятой относительно уровня пят. При этом уменьшается f и уменьшается H , а также возрастает изгибающий момент в верхнем поясе:

$$M = q \cdot l \cdot a / 2 - q \cdot a^2 / 2,$$

где a - расстояние от оси опоры до точки пересечения оси верхнего пояса и затяжки (ригеля).

Для обеспечения надежности узлов при опирании верхнего пояса частью торца необходима проверка по касательным напряжениям:

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot b} \cdot k_{ck} \leq R_{ck} \cdot \gamma_{усл. раб.},$$

где k_{ck} - коэффициент, учитывающий возрастание касательных напряжений за счет их концентрации и зависящий от соотношения высоты площадки опирания C к высоте сечения h ,

$\gamma_{усл. раб.}$ - коэффициенты, см. п.3[4].

Опорную стальную пластинку в опорном узле рассчитывают на изгиб.

В коньковом узле (рис.9) сечение накладок рассчитывают на поперечный изгиб от $M = Q \cdot (l_2 - l_1)$.

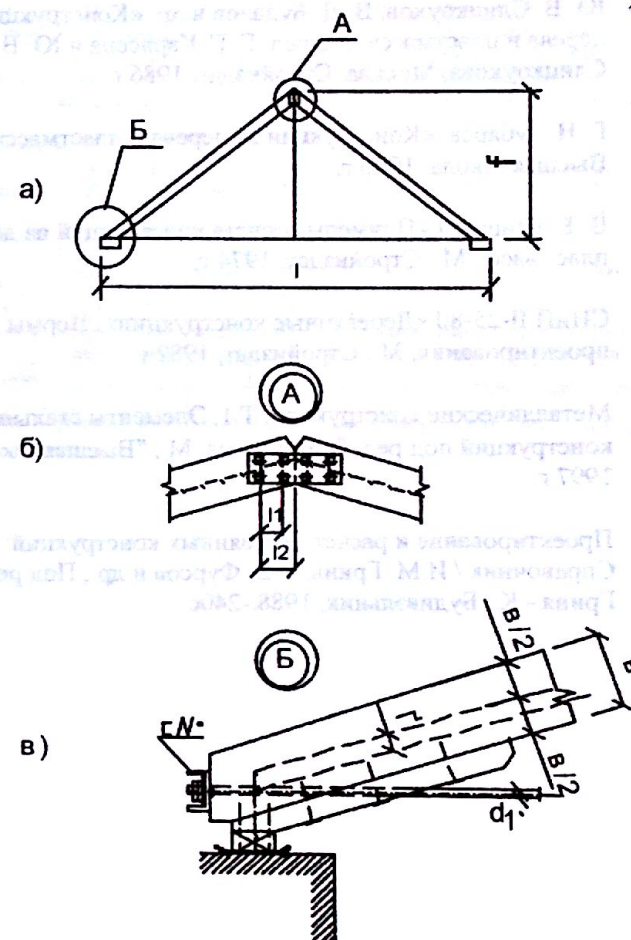
Расчет болтов производится по схеме нагельных соединений (см. табл. 17[4]).

Усилия, воспринимаемые болтами равны:

$$T_1 = Q \cdot l_2 / l_1, \quad T_2 = Q \cdot (l_2 - l_1) / l_1,$$

где l_1 - расстояние между болтами на ригеле полуарки;

l_2 - расстояние между крайним болтом и осью симметрии арки.



а) Распорная система треугольного очертания;
б) Коньковый узел;
в) Опорный узел;

Список литературы:

1. Ю. В. Слицкоухов, В. Д. Буданов и др. «Конструкции из дерева и пластмасс» под ред. Г. Г. Карлсена и Ю. В. Слицкоухова, Москва, Стройиздат, 1986 г.
2. Г. Н. Зубарев. «Конструкции из дерева и пластмасс» М., Высшая школа, 1990 г.
3. В. Е. Шишкин «Примеры расчета конструкций из дерева и пластмасс» М., Стройиздат, 1974 г.
4. СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции». Нормы проектирования, М., Стройиздат, 1982 г.
5. Металлические конструкции. Т.1. Элементы стальных конструкций под ред. В. В. Горева. М., "Высшая школа", 1997 г.
6. Проектирование и расчет деревянных конструкций: Справочник / И.М. Гринь, В.В. Фурсов и др.; Под ред. И.М. Гриня. - К.: Будивэльник, 1988. -240с.



Исходные данные к задаче 1.

№	Наименование	А	Б	В	Г	Д	Е, Ё	Ж	З	И	Й, У
		К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	Ь, Ь
		Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Ы
1	Продольная сила, кН	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73
2	Длина стойки, м	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	5,8
3	Закрепление концов	задел.+ задел.	шарн.+ шарн.	задел.+ шарн.	задел.+ шарн.	шарн.+ шарн.	задел.+ шарн.	задел.+ шарн.	шарн.+ шарн.	задел.+ шарн.	задел.+ шарн.
4	Порода древесины	дуб	ель	кедр сиб.	листвен.	сосна	береза	листвен.	вяз	листвен.	осина
5	Тип сечения	квадрат	круг	прямоуг.	квадрат	круг	прямоуг.	квадрат	круг	прямоуг.	круг

Таблица 1

Исходные данные к задаче 2.

№	Наименование	А	Б	В	Г	Д	Е	Ё	Ж	З	И	Й
		К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф
		Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я
1	Продольная сила, кН	25	27	29	31	33	35	37	39	26	28	30
2	Изгибающий момент, кН·см	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
3	Длина стойки, м	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4
4	Закрепление концов	шарн.+ шарн.	кон- соль	задел.+ задел.	задел.+ шарн.	задел.+ задел.	кон- соль	шарн.+ шарн.	задел.+ шарн.	шарн.+ шарн.	кон- соль	задел.+ задел.
5	Поперечное сечение, см × см	20 × 25	17,5 × 20	17,5 × 25	15 × 22,5	20 × 20	20 × 25	20 × 22,5	17,5 × 20	17,5 × 25	20 × 20	20 × 22,5
6	Порода древесины	тополь	сосна	береза	ель	листвен.	осина	дуб	кедр	листвен.	листвен.	листвен.

Таблица 2

А	Б	В	Г	Д	Е, Е	Ж	З	И	Й, У
К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	Ъ, Ъ
Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Ы

Исходные данные к задаче 3.

Таблица 3

№	Наименование	А К Ф	Б Л Х	В М Ц	Г Н Ч	Д О Ш	Е, Е П Щ	Ж Р Э	З С Ю	И Т Я	Й, У Ъ, Ъ Ы
1	Сечение бруса, см × см	15×15	12,5× 12,5	12,5× 10	12,5× 15	10× 15	10× 17,5	12,5× 15	12,5× 17,5	10×15	17,5× 17,5
2	Усилие растяжения, кН	70	80	110	93	75	85	100	115	107	90
3	Сосредоточенный груз, кН	2,4	3,5	2,0	1,2	2,6	3,8	1,5	2,2	3,6	4,0
4	Длина бруса, м	3,2	2,8	4,3	4,0	3,6	3,0	4,2	3,5	2,5	3,8
5	Количество и диаметр отверстий под болты	2×1,6	1×2,0	3×1,2	1×1,8	2×1,4	3×1,0	2×1,8	1×3,0	3×1,4	1×2,4
6	Условия эксплуатации	+40° А3	+50° В2	+45° Б3	+30° Г2	+38° А1	+42° В1	+45° В3	+50° Б3	+40° В1	+35° А3

Исходные данные к задаче 4.

Таблица 4

№	Наименование	А К Ф	Б Л Х	В М Ц	Г Н Ч	Д О Ш	Е, Е П Щ	Ж Р Э	З С Ю	И Т Я	Й, У Ъ, Ъ Ы
1	Длина пролета, м	3,0	6,0	4,5	2,5	5,5	4,0	3,5	5,0	4,5	4,0
2	Нормативная равномерно-распред. линейная нагрузка q^* , кН / м	1,2	1,6	1,5	1,45	1,1	1,25	1,35	1,4	1,3	1,55
3	Расчетная равномерно-распред. линейная нагрузка q , кН / м	1,70	1,62	1,68	1,72	1,63	1,69	1,64	1,67	1,66	1,65
4	Порода древесины	береза	акация	клен	осина	кедр	липа	листвен.	пихта	ясень	вяз
5*	Тип сечения	прям.	квадр.	круг	прям.	круг	квад	круг	квад	прям.	круг
6*	Вид антипирена	ОФП-9	МБ-1	ВДП	ВДП	МС1-1	МС1-1	МС1-1	ББ-11	ББ-11	ТХ-Ф

*- особые условия.

Исходные данные к задаче 5.

Таблица 5

№	Наименование	А К Ф	Б Л Х	В М Ц	Г Н Ч	Д О Ш	Е, Е П Щ	Ж Р Э	З С Ю	И Т Я	Й, У Ь, Ъ Ы
1	Нормативная равномерно-распределенная линейная нагрузка q^* , кН/м	2,36	2,64	2,89	2,97	2,13	2,42	2,71	2,57	2,48	2,25
2	Расчетная равномерно-распределенная линейная нагрузка q , кН/м	3,19	3,68	3,52	3,23	3,84	3,46	3,35	3,75	3,47	3,91
3	Уклон кровли α , град.	14	22	20	17	23	21	16	15	18	24
4	Шаг несущих конструкций B , м	6,0	4,5	3,5	5,0	3,0	4,0	3,5	5,5	4,5	5,0
5	Порода древесины	береза	акация	клен	осина	кедр	липа	листв.	пихта	ясень	вяз
6*	Тип сечения	прям.	квадр.	прям.	прям.	квадр.	квадр.	прям.	квадр.	прям.	прям.

*- особые условия.

Исходные данные к задаче 6.

Таблица 6

№	Наименование	А К Ф	Б Л Х	В М Ц	Г Н Ч	Д О Ш	Е, Е П Щ	Ж Р Э	З С Ю	И Т Я	Й, У Ь, Ъ Ы
1	Сечение нижнего бруса, см × см	7,5 × 10	10 × 12,5	12,5 × 15	17,5 × 20	7,5 × 12,5	10 × 15	12,5 × 17,5	12,5 × 17,5	15 × 20	10 × 17,5
2	Угол между осями врубаемого и горизонтального элементов	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	25°	20°	15°
3	Порода древесины	граб	вяз	береза	липа	сосна	клен	ель	осина	пихта	листвен.

Исходные данные к задаче 7.

Таблица 7

№	Наименование	А К Х	Б Л Ц	В М Ч	Г Н Ш	Д О Щ	Е П Ь	Е Р Ы	Ж С Ь	З Т Э	И У Ю	Й Ф Я
1	Усилие в раскосе, кН	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	7,0	11,5	12,0
2	Угол α , град.	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	55°	50°	45°	40°
3	Диаметр цилиндрического нагеля, мм	1,8	1,6	1,4	1,2	1,4	1,6	1,8	1,6	1,4	1,2	1,8
4	Материал нагеля	дуб	ясень	клен	граб	акация	бук	береза	вяз	дуб	клен	береза
5	Материал досок	листвен.	сосна	пихта	кедр сиб.	ель	липа	осина	тополь	листвен.	кедр	пихта
6	Поперечное сечение, см × см	40 × 200	40 × 250	50 × 200	50 × 225	50 × 250	60 × 175	60 × 200	60 × 225	44 × 200	44 × 225	44 × 250

Исходные данные к задаче 8.

Таблица 8

№	Наименование	А К Х	Б Л Ц	В М Ч	Г Н Ш	Д О Щ	Е П Ъ	Ё Р Ы	Ж С Ь	З Т Э	И У Ю	Й Ф Я
1	Усилие в элементе, кН	19	18	17	16	17	18	19	20	16	18	17
2	Диаметр нагеля, см	1,2	1,6	2,0	1,6	1,2	1,6	2,0	1,6	1,2	2,0	2,4
3	Материал досок	вяз	береза	кедр	листвен.	листвен.	клен	осина	липа	сосна	тополь	ель

Исходные данные к задаче 9.

Таблица 9

№	Наименование	А К Ф	Б Л Х	В М Ц	Г Н Ч	Д О Ш	Е, Ё П Щ	Ж Р Э	З С Ю	И Т Я	Й, У Ь, Ы
1	Сечение деревянного элемента, см × см	15 × 15	15 × 12,5	15 × 20	20 × 12,5	17,5 × 15	20 × 15	10,5 × 15	12,5 × 17,5	12,5 × 15	12,5 × 12,5
2	Толщина пластины, мм	12	14	16	18	14	12	18	16	12	14
3	Усилие растяжения, кН	25	30	40	45	28	35	32	43	37	20
4	Диаметр винта, мм	8	10	6	14	12	6	8	10	12	14
5	Длина винта, мм	80	70	60	80	70	75	85	65	75	80

Расчетные характеристики материалов

Расчетные сопротивления древесины сосны (кроме веймутовой), ели, лиственницы европейской и японской приведены в табл. 10. Расчетные сопротивления для других пород древесины устанавливаются путем умножения величин, приведенных в табл. 10, на переходные коэффициенты m_n , указанные в табл. 11.

Таблица 10

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

2. Растяжение вдоль волокон:				
а) неклееные элементы	R_p	10	7	-
б) клееные элементы	R_p	12	9	-
3. Сжатие и смятие по всей площади поперек волокон	$R_{с90}, R_{см90}$	1,8	1,8	1,8
4. Смятие поперк волокон местное:				
а) в опорных частях конструкции, лобовых врубках и узловых примыканиях элементов	$R_{см90}$	3	3	3
б) под шайбами при углах смятия от 90 до 60°	$R_{см90}$	4	4	4
5. Скалывание вдоль волокон:				
а) при изгибе неклееных элементов	$R_{ск}$	1,8	1,6	1,6
б) при изгибе клееных элементов	$R_{ск}$	1,6	1,5	1,5
в) в лобовых врубках для максимального напряжения	$R_{ск}$	2,4	2,1	2,1
г) местное в клеевых соединениях для максимального напряжения	$R_{ск}$	2,1	2,1	2,1

6. Скалывание поперек волокон:				
а) в соединениях неклееных элементов	$R_{ск90}$	1	0,8	0,6
б) в соединениях клееных элементов	$R_{ск90}$	0,7	0,7	0,6
7. Растяжение поперек волокон элементов из клееной древесины	R_{p90}	0,35	0,3	0,25

Переходные коэффициенты пород древесины m_n

Таблица 11

Древесные породы	Коэффициент m_n для расчетных сопротивлений		
	растяжению, изгибу, сжатию и смятию вдоль волокон R_p, R_u, R_c, R_{cm}	сжатию и смятию поперек волокон R_{c90}, R_{cm90}	скалыванию $R_{ск}$
Хвойные			
1. Лиственница, кроме европейской и японской	1,2	1,2	1
2. Кедр сибирский, кроме Красноярского края	0,9	0,9	0,9
3. Кедр Красноярского края, сосна веймутова	0,65	0,65	0,65
4. Пихта	0,8	0,8	0,8
Твердые лиственные			
5. Дуб	1,3	2	1,3
6. Ясень, клен, граб	1,3	2	1,6
7. Акация	1,5	2,2	1,8
8. Береза, бук	1,1	1,6	1,3
9. Вязь, ильм	1	1,6	1
Мягкие лиственные			
10. Ольха, липа, осина, тополь	0,8	1	0,8

Сортамент пиломатериалов (ГОСТ 8486-86*)

Таблица 12

Толщина, мм	Ширина, мм							
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
32	75	100	125	150	175	200	225	250
40	75	100	125	150	175	200	225	250
44	75	100	125	150	175	200	225	250
50	75	100	125	150	175	200	225	250
60	75	100	125	150	175	200	225	250
75	75	100	125	150	175	200	225	250

Сортамент пиломатериалов для несущих деревянных конструкций (по СНиП II-V.4-71, приложение 2)

Таблица 13

Толщина, мм	Ширина, мм						
	100	130	150	180	200	220	250
16	100	130	-	-	-	-	-
19	100	130	-	180	-	-	-
25	100	130	150	180	-	-	-
32	100	130	150	180	-	-	-
40	100	130	150	180	-	-	-
50	100	130	150	180	200	220	-
60	100	130	150	180	200	220	-
75	100	130	150	180	200	220	-
100	100	130	150	180	200	220	-
130	-	130	150	180	-	-	-
150	-	-	150	180	200	-	-
180	-	-	-	180	-	220	-
200	-	-	-	-	200	-	250
220	-	-	-	-	-	-	250
250	-	-	-	-	-	-	250

Сортамент бревен

Таблица 14

Вид конструкции	Длина бревен, м	Диаметр бревен, см
Для конструкций временного назначения, строительных лесов	4-6,5	14-24
Опоры ЛЭП, сваи	4-6,5	≥ 26
Подтоварник	2-6,5	≤ 13

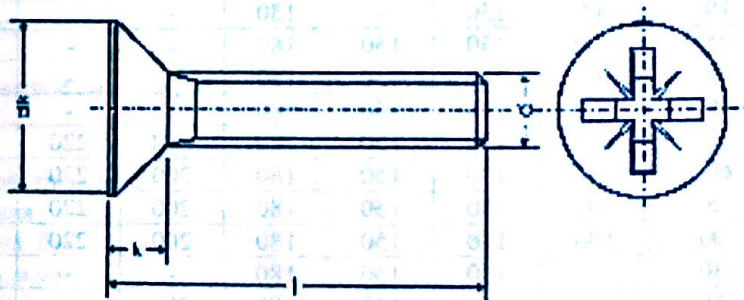
Примечание: Длина древесины от 1 до 6,5 м с градацией 0,5 м. Диаметр бревен кратен 2 см.

Сортамент винтов

1. Винт с потайной головкой DIN 965 / ГОСТ 17475; крестообразный шлиц

Размеры: M1.6, M2, M2.5, M3, M4, M5, M6, M8, M10

Стандарт: DIN 965 / ГОСТ 17475 / ISO 7046



d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8
dk	3	3.8	4.7	5.6	7.5	9.2	11	15.8
k (max.)	0.96	1.2	1.5	1.65	2.2	2.5	3	4.65

Длина, мм	Диаметр								
	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
3	+	+							
4	+	+	+	+					
5	+	+	+	+	+				
6	+	+	+	+	+	+			
8	+	+	+	+	+	+	+		
10	+	+	+	+	+	+	+		
12	+	+	+	+	+	+	+	+	
14				+	+	+	+	+	
16		+	+	+	+	+	+	+	+
18				+	+		+		
20		+	+	+	+	+	+	+	+
22				+	+	+	+		
25				+	+	+	+	+	+
28						+			
30				+	+	+	+	+	+
35				+	+	+	+	+	+
40				+	+	+	+	+	+
45					+	+	+	+	+
50					+	+	+	+	+
55							+		
60					+	+	+	+	+
70						+	+	+	+
75							+		
80						+	+	+	+
90						+	+	+	
100						+	+	+	+
110								+	
120								+	
130								+	
150								+	

2. Винт с цилиндрической скругленной головкой, прямой шлиц - винт DIN 85

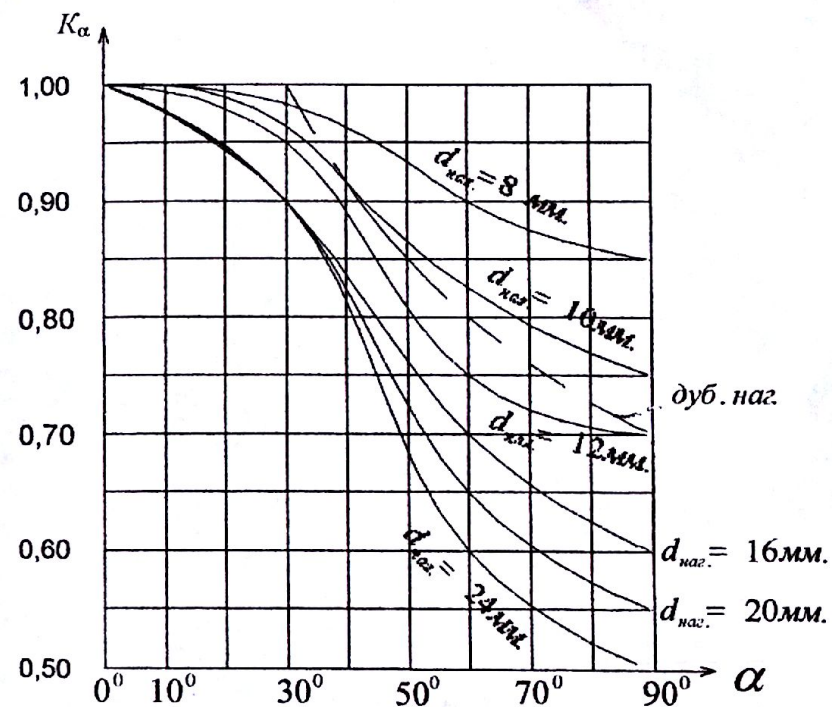
Размеры: M2, M2.5, M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12, M16, M20

Стандарт: DIN 85 / ISO 1580

d	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10
dk	4	5	6	8	10	12	16	20
k (max.)	1.2	1.5	1.8	2.4	3	3.6	4.8	6

Дли- на, мм	Диаметр							
	M2	M2.5	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8
3	+	+						
4	+	+						
5	+	+	+					
6	+	+	+	+	+	+		
8	+	+	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+	+	+
12	+	+	+	+	+	+	+	+
14	+	+	+		+			
16	+	+	+	+	+	+	+	+
18	+	+	+		+	+	+	+
20	+	+	+	+	+	+	+	+
22					+			
25		+	+		+	+	+	+
30			+		+	+	+	+
35			+		+	+	+	+
40			+		+	+	+	+
45			+		+	+	+	+
50			+		+	+	+	+
55								+
60						+	+	+
70						+	+	
90							+	

График для определения коэффициента K_α при расчете стальных и дубовых цилиндрических нагелей.

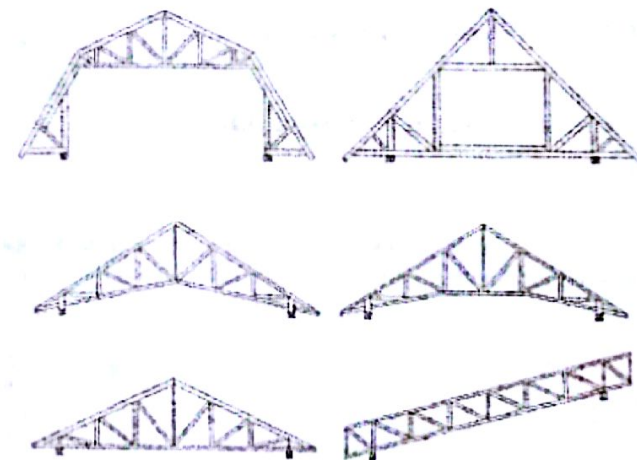


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ Р.Ф.

Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего профессионального
образования "Казанский (приволжский) федеральный университет"

КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС

*Методические указания к выполнению практических
занятий для студентов очной и заочной
форм обучения*



Набережные Челны
2006

ЛР N 020342 от 7.02.97 г.

ЛР № 0137 от 2.10.98 г.

Подписано в печать 27.02.07 г.

Формат 60x84/16 Бумага офсетная Печать ризографическая
Уч.-изд.л. 3,6 Усл.-печ.л. 3,6 Тираж 200 экз.

Заказ 707 /1254

Издательско-полиграфический центр

Камской государственной инженерно-экономической академии

423810, г. Набережные Челны. Новый город, проспект Мира, 68/19
тел./факс (8552) 39-66-27 e-mail: ic@kamri.ru