

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Баламирзоев Назим Лидович
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.07.2024 12:37:57
Уникальный программный ключ:
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58e91f3326b9926

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к решению задач на практических занятиях
по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс»
для студентов направления подготовки
бакалавров 08.03.01 - Строительство



Махачкала 2024

УДК 624.011.78

Учебно-методические указания к решению задач на практических занятиях по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс» для студентов направления подготовки бакалавров 08.03.01 – Строительство.

Махачкала, ДГТУ, 2024 г., 44 с.

Учебно-методические указания содержат основные сведения по расчёту различных элементов конструкций из дерева и пластмасс и соединений деревянных конструкций. Приведены примеры решения задач и справочный материал.

Составители: к.т.н., доцент Вишталов Р.И.
старший преподаватель Калиева М.Х.

Рецензенты: Доцент кафедры инженерных дисциплин, ГАОУ ВО ДГУНХ
к.т.н., доцент Акаев А.И.

Профессор кафедры СКигТС,
д.т.н., профессор Юсупов А.К.

Печатается по постановлению Совета Дагестанского государственного технического университета №..... от 2024 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Расчет элементов конструкций из дерева и пластмасс	5
1.1. Центральное растяжение и сжатие	5
1.2. Поперечный изгиб	11
1.3. Косой изгиб	14
1.4. Сжатие с изгибом и растяжение с изгибом	15
2. Соединения элементов конструкций	20
2.1. Контактные соединения (упоры, лобовые врубки).....	20
2.2. Соединения на нагелях	23
2.3. Соединение на растянутых связях.....	29
2.4. Соединения на клеенных стальных стержнях.....	31
Приложение	33
Литература	44

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методические указания к решению задач на практических занятиях по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс» для студентов направления подготовки бакалавров 08.03.01 – Строительство.

Учебно-методические указания состоят из двух частей. В первой части приведены примеры расчета элементов работающих на растяжение, сжатие, изгиб. Во второй части показаны примеры расчета соединений элементов деревянных конструкций.

Учебно-методические указания помогут студентам овладеть методами расчета различных элементов конструкций и предназначены для работы на практических, лабораторных занятиях и при выполнении курсового проекта.

Учебно-методические указания содержат краткий теоретический материал с необходимыми формулами и разъяснениями и подробные примеры решения задач. В приложении приведен достаточно обширный справочный материал, необходимый для решения задач.

Для решения задач необходимо проработать соответствующие теоретические разделы курса по конспекту лекций или учебнику. Осуществляя подбор сечений, нужно стремиться к тому, чтобы они были наиболее экономичны и размеры их были увязаны с сортаментом лесоматериалов и технологическими условиями изготовления. Для подобранных сечений допускается запас прочности не более 20%.

При решении задач необходимо придерживаться требований СП 64.13330.2017. Свод правил. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80.

1. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС

1.1. Центральное растяжение и сжатие

К растянутым элементам относятся нижние пояса ферм, затяжки арок и некоторые стержни сквозных конструкций. Растягивающие усилия N действуют вдоль оси элемента, и во всех точках его поперечного сечения возникают растягивающие нормальные напряжения σ , которые с достаточной точностью считаются одинаковыми по значению. На сжатие работают стойки, подкосы, верхние пояса и отдельные стержни ферм и других сквозных конструкций. В сечениях элемента от сжимающего усилия N , действующего вдоль его оси, возникают почти одинаковые по величине нормальные сжимающие напряжения σ .

Основные расчетные формулы для проверки прочности центрально – растянутых и сжатых элементов и устойчивости сжатых элементов следующие:

Прочность центрально – растянутого элемента:

$$\frac{N}{F_{нт}} \leq m_0 R_p; \quad (1)$$

где N – расчетная продольная сила;

R_p – расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон;

m_0 – коэффициент, учитывающий наличие ослаблений в растянутом элементе ($m_0 = 0,8$);

$F_{нт}$ – площадь нетто ослабленного сечения.

Ослабления для растянутого элемента считаются совмещенными в одном сечении, если расстояние между ними меньше 200 мм;

Прочность центрально – сжатого элемента:

$$\frac{N}{F_{нт}} \leq R_c; \quad (2)$$

Расчет на прочность центрально – сжатого элемента необходим главным образом для коротких стержней, для которых условно длина $\leq 7\delta$. Более длинные элементы, не закрепленные в поперечном направлении связями, следует рассчитывать на продольный изгиб, который состоит в потере гибким центрально сжатым прямым стержнем своей прямолинейной формы, что называется потерей устойчивости. Расчетные схемы для растянутых и сжатых элементов показаны на рис.А.

Устойчивость центрально – сжатого элемента:

$$\frac{N}{F_{расч}} \leq \varphi R_c; \quad (3)$$

где R_c – расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон;

$F_{расч}$ – расчетная площадь сжатого элемента, принимается равной:

$F_{\delta p}$ – без ослаблений или при площади ослаблений

$$F_{осл} < 25\% F_{\delta p};$$

(4/3) $F_{нт}$ – при площади ослаблений $> 25\% F_{\delta p}$;

$F_{нт}$ – при симметричных ослаблениях, выходящих на грань сечения;

φ - коэффициент продольного изгиба (находится по гибкости элемента λ).

Расчетные сопротивления древесины сосны, ели и лиственницы европейской отсортированной по сортам следует определять по формуле:

$$R^p = R^A m_{дл} \cdot \Pi m_i; \quad (4)$$

R^A - расчетное сопротивление древесины, МПа, приведенное в [таблице 3](#) [1], влажностью 12% для режима нагружения А, согласно [таблице 4](#) [1], в сооружениях 2-го класса функционального назначения, согласно [приложению А](#) [1], при сроке эксплуатации не более 50 лет;

$m_{дл}$ - коэффициент длительной прочности, соответствующий режиму длительности загрузки ([таблица 4](#)) [1];

Πm_i - произведение коэффициентов условий работы ([6.9](#)) [1]:

При определении расчетного сопротивления в соответствующих случаях следует применять коэффициенты условий работы:

а) для различных условий эксплуатации конструкций - коэффициент m_b , указанный в [таблице 9](#) [1];

б) конструкций, эксплуатируемых при установившейся температуре воздуха ниже плюс 35 °С, - коэффициент $m_t = 1$; при температуре плюс 50 °С - коэффициент $m_t = 0,8$. Для промежуточных значений температуры коэффициент принимают по интерполяции;

в) изгибаемых, внецентренно сжатых, сжато-изгибаемых и сжатых клееных элементов прямоугольного сечения высотой более 50 см значения расчетных сопротивлений изгибу и сжатию вдоль волокон - коэффициент m_6 , указанный в [таблице 10](#) [1];

г) растянутых элементов с ослаблением в расчетном сечении и изгибаемых элементов из круглых лесоматериалов с подрезкой в расчетном сечении - коэффициент $m_o = 0,8$;

д) элементов, подвергнутых глубокой пропитке антипиренами под давлением, - коэффициент $m_a = 0,9$;

е) изгибаемых, внецентренно сжатых, сжато-изгибаемых и сжатых клееных деревянных элементов, в зависимости от толщины слоев, значения расчетных сопротивлений изгибу, скалыванию и сжатию вдоль волокон - коэффициент $m_{сл}$, указанный в [таблице 11](#) [1];

ж) гнутых элементов конструкций значения расчетных сопротивлений растяжению, сжатию и изгибу - коэффициент $m_{гн}$, указанный в [таблице 12](#) [1];

и) в зависимости от срока службы - коэффициент $m_{с.с}$, указанный в [таблице 13](#) [1];

к) для смятия поперек волокон при режимах нагружения Г - К ([таблица 4](#)) [1] - коэффициент $m_{см} = 1,15$.

л) для опор воздушных линий электропередачи - коэффициент $m_{лэп} = 1,25$.

Расчетные сопротивления для других пород древесины устанавливают путем умножения величин, приведенных в [таблице 3](#) [1], на переходные коэффициенты m_p , указанные в [таблице 5](#) [1].

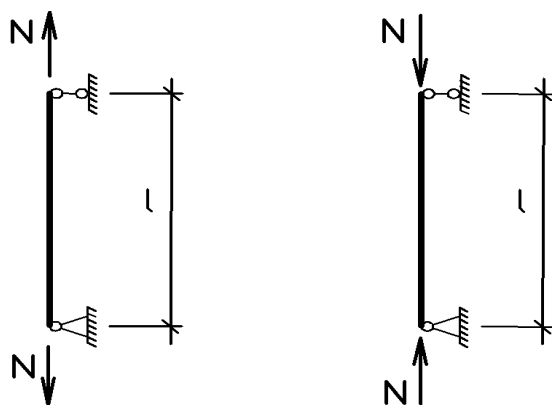


Рис.А. Расчетные схемы растянутых и сжатых элементов.
 Для древесины коэффициент φ подсчитывается по формулам:

при $\lambda \leq 70$ $\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2$ (5)

при $\lambda \geq 70$ $\varphi = \frac{3000}{\lambda^2}$ (6)

Гибкость элемента подсчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{r} = \frac{\mu_0 \lambda}{\sqrt{J/A}},$$

где λ_0 - расчетная длина элемента;

r – радиус инерции сечения;

μ_0 - коэффициент приведенной длины (для деревянных конструкций) принимается равным:

1 - для свободно опертого стержня;

2,2 - для стержня с одним защемленным и другим свободным концами;

0,8 - для стержня с одним защемленным и другим шарнирно опертым концами;

0,65 - для защемленного с двух концов стержня.

Для прямоугольного сечения размером $h \times b$ радиусы инерции можно подсчитать по формулам:

$$r_x = 0,289 \cdot h, \quad r_y = 0,289 \cdot b,$$

Для других сечений значения радиуса инерции и геометрических характеристик приведены в соответствующих таблицах.

Задача 1.

Найти несущую способность растянутого элемента (рис.1.1.)

$h = 175$ мм, $b = 100$ мм, $a = 300$ мм, $c = 100$ мм, $s = 300$ мм, $d = 12$ мм;

материал элемента – пихта;

группа конструкций – В2;

сорт древесины – 1.

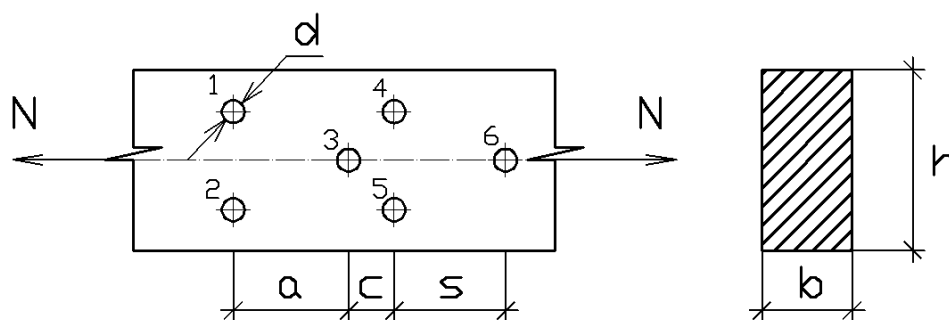


Рис.1.1. Растянутый элемент

Решение: Несущую способность элемента при заданных условиях задачи вычисляем по формуле:

$$N = m_0 \cdot m_n \cdot m_e \cdot R_p \cdot F_{нт}$$

где m_0 – коэффициент, учитывающий наличие ослаблений, равен 0,8;

m_n – коэффициент перехода на породу дерева, для пихты равен 0,8 (табл. 5П приложения);

m_e – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации (группу конструкций В2), равен 0,85 (табл. 9П приложения);

R_p – расчетное сопротивление древесины (сосны, ели), принимается по п.2, а табл.2П приложения.

Для вычисления $F_{нт}$ выбираем самый опасный участок, где на расстоянии 100 мм имеет место наибольшая площадь ослаблений (не попадающих при перемещении вдоль волокон одно на другое). Такой участок будет на участке с отверстиями 3, 4 и 5.

$$F_{нт} = b \cdot h - 3d \cdot b = 10 \cdot 17,5 - 3 \cdot 1,2 \cdot 10 = 139 \text{ см}^2.$$

Несущая способность растянутого элемента

$$N = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 139 = 75,62 \text{ кН}.$$

Задача 2.

Проверить несущую способность растянутого элемента (рис.1.2.)

$N = 100 \text{ кН}$, $h = 200 \text{ мм}$, $b = 150 \text{ мм}$, $c = 20 \text{ мм}$;

материал элемента – лиственница;

группа конструкций – В2;

сорт древесины – 1.

Решение: Для вычисления $A_{нт}$ выбираем самый опасный участок.

$$F_{нт} = b \cdot (h - 2 \cdot c) = 15 \cdot (20 - 2 \cdot 2) = 240 \text{ см}^2.$$

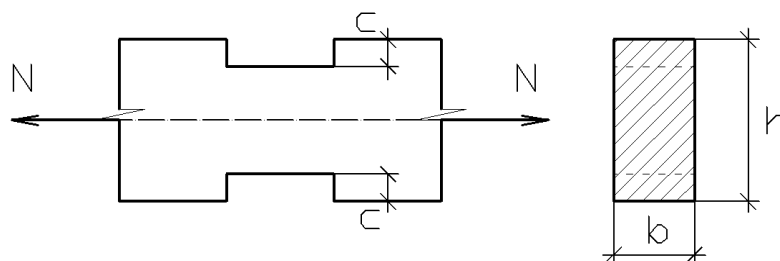


Рис.1.2. Растянутый элемент

Проверяем несущую способность растянутого элемента по формуле:

$$\frac{N}{F_{HT}} = \frac{100}{240} = 0,42 \text{ кН/см}^2 \leq m_o \cdot m_n \cdot m_e \cdot R_p = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,82 \text{ кН/см}^2;$$

где m_o – коэффициент, учитывающий наличие ослаблений, равен 0,8;

m_n – коэффициент перехода на породу дерева, для лиственницы равен 1,2 (табл. 5П приложения);

m_e – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации (группу конструкций В2), равен 0,85 (табл. 9П приложения);

R_p – расчетное сопротивление древесины (сосны, ели), принимается по п.2, а табл.1П приложения.

Задача 3.

Найти несущую способность центрально-сжатого стержня (рис.1.3.)

$L = 3000$ мм, $h = 200$ мм, $b = 175$ мм, $a = 250$ мм, $d = 24$ мм;

Схема закрепления концов в плоскости x-x – шарнирное, y-y – защемление;

материал элемента – дуб;

группа конструкций – Б1;

сорт древесины – 2.

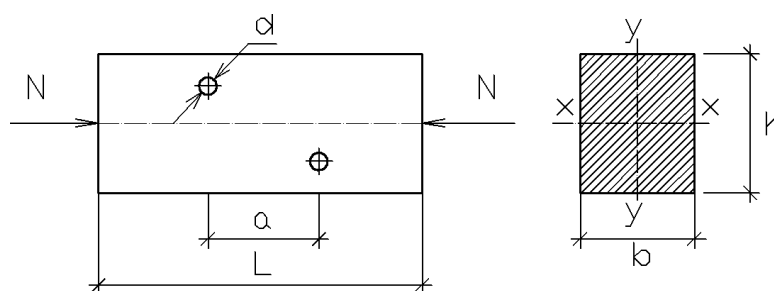


Рис.1.3. Центрально-сжатый стержень

Решение: Несущая способность центрально-сжатого стержня с учетом его устойчивости подсчитывается по формуле:

$$N = \varphi \cdot F_{расч} \cdot m_n \cdot m_e \cdot R_c,$$

где m_n – коэффициент перехода на породу дерева, для дуба равен 1,3 (табл. 5П приложения);

m_e – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации (группу конструкций Б1), равен 1 (табл. 9П приложения);

R_c – расчетное сопротивление древесины (сосны, ели), принимается по п.2, а табл.3П приложения.

Поскольку сечение ослаблено отверстием $d = 24$ мм, площадь ослабления равна:

$$F_{отт} = d \cdot b = 2,4 \cdot 17,5 = 42 \text{ см}^2.$$

что составляет $\frac{42}{20 \cdot 17,5} \cdot 100\% = 12\% \leq 25\%$.

Расчетная площадь сечения при проверке устойчивости

$$F_{расч} = F_{бр} = e \cdot h = 20 \cdot 17,5 = 350 \text{ см}^2$$

Для определения коэффициента ϕ подсчитываем гибкость элемента:

$$\lambda_x = \frac{\mu_0 \lambda}{0,289 \cdot e} = \frac{1 \cdot 300}{0,289 \cdot 17,5} = 59,32;$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_0 \lambda}{0,289 \cdot h} = \frac{0,65 \cdot 300}{0,289 \cdot 20} = 33,74.$$

Расчет ведем на большую гибкость $\lambda_x = 59,32$. Для гибкости $\lambda \leq 70$ определяем коэффициент ϕ :

$$\phi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{59,32}{100} \right)^2 = 0,72.$$

Несущая способность стержня:

$$N = 0,72 \cdot 350 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,3 = 425,9 \text{ кН}.$$

Задача 4.

Проверить несущую способность центрально-сжатого стержня (рис.1.4 а).

$N = 180 \text{ кН}$; $h = 250 \text{ мм}$; $b = 200 \text{ мм}$; $c = 60 \text{ мм}$;

материал элемента – ясень;

условия эксплуатации – В3;

сорт древесины – 2;

схема закрепления концов в плоскости по оси x-x, y-y с одним защемленным и другим шарнирно опертым концами.

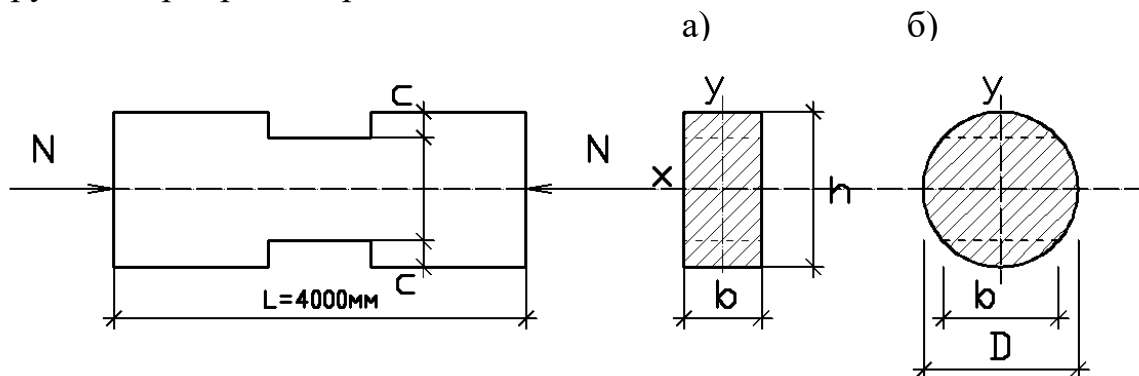


Рис.1.4. Центральнo-сжатый стержень

Решение: Проверка несущей способности центрально-сжатого стержня производится по формуле:

$$N \leq \phi \cdot m_n \cdot m_e \cdot R_c \cdot F_{расч}$$

где m_n – коэффициент перехода на породу дерева, для ясеня равен 1,3 (табл. 5П приложения);

m_e – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации (группу конструкций В3), равен 0,85 (табл. 9П приложения);

R_c – расчетное сопротивление на сжатие древесины (сосны, ели), принимается по п.2, а табл.3П приложения.

Сечение имеет симметричное ослабление, выходящее на кромку сечения.

Для такого стержня

$$F_{расч} = F_{нтп} = (b \cdot h) - 2 \cdot c \cdot b = (20 \cdot 25) - 2 \cdot 6 \cdot 20 = 260 \text{ см}^2.$$

Гибкость стержня

$$\lambda_x = \frac{\mu_{0x} \cdot \lambda}{0,289 \cdot b} = \frac{0,8 \cdot 400}{0,289 \cdot 20} = 55,4;$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_{0y} \cdot \lambda}{0,289 \cdot h} = \frac{0,8 \cdot 400}{0,289 \cdot 25} = 44,3;$$

Расчет ведем на большую гибкость $\lambda_x = 55,4$. Для гибкости $\lambda < 70$ определяем коэффициент φ :

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{55,4}{100} \right)^2 = 0,75;$$

Проверка несущей способности стержня:

$$N = 180 \text{ кН} \leq 0,75 \cdot 260 \cdot 1,3 \cdot 0,85 \cdot 1,3 = 280 \text{ кН}.$$

Запас прочности данного стержня более 30%, целесообразно уменьшить размеры сечения.

1.2. Поперечный изгиб

Изгибаемые элементы – балки, доски настилов и обшивок – наиболее распространенные элементы деревянных конструкций.

Основные расчетные проверочные формулы поперечно изогнутых элементов следующие:

$$\sigma = \frac{M}{W_{нт}} \leq R_u; \quad (7)$$

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{J \cdot b} \leq R_{ск} \quad (8) \quad \text{или}$$

$$\frac{1,5Q}{h \cdot b} \leq R_{ск} \quad - \text{ для прямоугольного сечения;}$$

$$\frac{M}{W_{бр}} \leq \varphi_m \cdot R_u; \quad (9)$$

$$\text{где } \varphi_m = 140 \frac{\sigma^2}{l_p h} k_{\varphi}; \quad (10)$$

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right].$$

В написанных формулах приняты следующие обозначения:

M - изгибающий момент в проверяемом сечении;

Q - поперечная сила;

J - момент инерции поперечного сечения;

$W_{нт}$ - момент сопротивления нетто проверяемого сечения;

S - статический момент сдвигаемой части сечения относительно нейтральной оси;

h, b - размеры поперечного сечения;

l_p - расстояние между опорными сечениями элемента, а при закреплении сжатой кромки элемента в промежуточных точках от смещения из плоскости изгиба - расстояние между этими точками;

k_{φ} - коэффициент, учитывающий форму эпюры изгибающих моментов, принимается по [1, прил.Е, табл.Е1];

$R_u, R_{ск}$ - расчетные сопротивления материала соответственно изгибу и скалыванию.

Задача 5.

Проверить прочность и прогибы балки цельного прямоугольного сечения (рис. 1.5б).

Нагрузка $P = 6 \text{ кН/м}$; $L = 3000 \text{ мм}$; $h = 250 \text{ мм}$; $b = 150 \text{ мм}$;
материал – кедр 2 сорта; условия эксплуатации В2.

Решение: Проверка прочности элемента производится по формулам (7,8).
Предварительно найдем величины, входящие в эти формулы:

$$M = P \cdot l = 6 \cdot 3 = 18 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$Q = P = 6 \text{ кН};$$

$$W_{нт} = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{15 \cdot 25^2}{6} = 1562,5 \text{ см}^3;$$

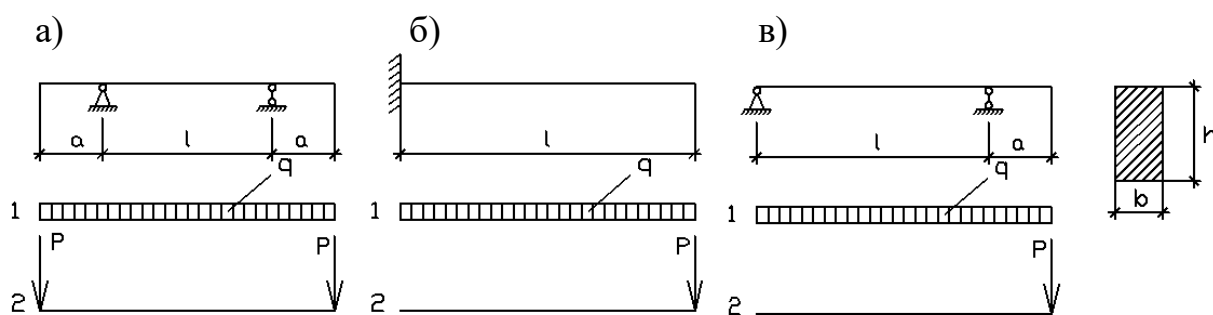


Рис.1.5. Схемы балок и нагрузок

$$S = \frac{b \cdot h^2}{8} = \frac{15 \cdot 25^2}{8} = 1171,9 \text{ см}^2;$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{15 \cdot 25^3}{12} = 19531,25 \text{ см}^4;$$

$R_u = 15 \text{ МПа}$ по табл.3П приложения; $R_{ск} = 1,6 \text{ МПа}$ по табл.3П приложения.

Проверка прочности:

$$\sigma = \frac{M}{W_{нт}} = \frac{18 \cdot 10^3}{1562,5} = 11,52 \text{ МПа} \geq R_u = 15 \text{ МПа};$$

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{J \cdot b} = \frac{6 \cdot 10 \cdot 1171,9}{19531,25 \cdot 15} = 0,24 \geq R_{ск} = 1,6 \text{ МПа};$$

Прочность обеспечена.

Полный прогиб

$$f = \frac{P \cdot l^3}{3EJ \cdot \gamma_f} = \frac{6 \cdot 300^3}{3 \cdot 1000 \cdot 19531,25 \cdot 1,2} = 2,3 \text{ см};$$

Проверка прогибов:

$$f = \frac{l}{150} = \frac{300}{150} = 2 \text{ см} \leq 2,3 \text{ см};$$

Прогиб балки превышает предельный прогиб, установленный СП 20.13330.2016

Необходимо увеличить размеры сечения $b \times h$ – $175 \times 250 \text{ мм}$.

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{17,5 \cdot 25^3}{12} = 22786,5 \text{ см}^4$$

Полный прогиб

$$f = \frac{P \cdot l^3}{3EJ \cdot \gamma_f} = \frac{6 \cdot 300^3}{3 \cdot 1000 \cdot 22786,5 \cdot 1,2} = 1,97 \text{ см}$$

Проверка прогибов:

$$f = \frac{l}{150} = \frac{300}{150} = 2 \text{ см} \geq 1,97 \text{ см};$$

Прогиб балки не превышает предельного прогиба.

Задача 6.

Из условия прочности подобрать размеры поперечного сечения балки.

Сечения принимать согласно сортаменту пиломатериалов (рис.1.5б)

Нагрузка $P = 4 \text{ кН/м}$; $L = 5000 \text{ мм}$;

материал – дуб 2 сорта; условия эксплуатации В2.

Решение: Для решения задачи воспользуемся формулой (7), найдем из нее требуемый момент сопротивления:

$$M = P \cdot l = 4 \cdot 5 = 20 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$W_{mp} = \frac{M}{R_u \cdot m_n} = \frac{2000}{1,3 \cdot 1,3} = 1183,4 \text{ см}^3;$$

$R_u = 13 \text{ МПа}$ по табл.3П приложения; $m_n = 1,3$ (для дуба);

Задаемся шириной сечения $b = 15 \text{ см}$. Тогда требуемая высота сечения

$$h_{mp} = \sqrt{6 \frac{W}{b}} = \sqrt{6 \frac{1183,4}{15}} = 21,8 \text{ см};$$

Принимаем сечение $b \times h = 150 \times 225 \text{ мм}$ (см. табл.1[3] приложения).

Момент сопротивления принятого сечения

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{15 \cdot 22,5^2}{6} = 1265,63 \text{ см}^3$$

Проверка прочности:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{2000}{1265,63} = 1,6 \text{ кН} / \text{см}^2 = 1,6 \text{ МПа} \leq R_u \cdot m_n = 13 \cdot 1,3 = 16,9 \text{ МПа};$$

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{J \cdot b} = \frac{4 \cdot 949,22}{14238,3 \cdot 15} = 0,018 \text{ кН} / \text{см}^2 = 0,18 \text{ МПа} \geq R_{ск} \cdot m_n = 1,6 \cdot 1,3 = 2,08 \text{ МПа};$$

где Q – максимальная поперечная сила, определяемая по формуле:

$$Q = P = 4 \text{ кН};$$

$$S = \frac{b \cdot h^2}{8} = \frac{15 \cdot 22,5^2}{8} = 949,22 \text{ см}^2$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{15 \cdot 22,5^3}{12} = 14238,3 \text{ см}^4$$

$R_{ск} = 1,6 \text{ МПа}$ по табл.3П приложения, $m_n = 1,3$ для дуба.

Прочность обеспечена.

1.3. Косой изгиб

Косоизгибаемые элементы – это балки и прогоны скатных покрытий. Косой изгиб возникает в элементах, оси сечений которых расположены наклонно к направлению действия нагрузок.

Расчет прочности при косом изгибе производится по формуле

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_u; \quad (11)$$

где M_x и M_y - изгибающие моменты от составляющих q_x и q_y нагрузки; W_x и W_y – моменты сопротивления относительно осей x и y .

Прогиб элемента при косом изгибе определяется как геометрическая величина по формуле

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad (12)$$

где f_x и f_y – прогибы от составляющих q_x и q_y нагрузки.

Задача 7.

Проверить прочность и прогиб балки (прогона), работающей на косой изгиб (рис.1.6а).

$L = 3500\text{мм}$; $\alpha_0 = 30^\circ$; $h = 200\text{мм}$; $b = 175\text{мм}$; материал – береза 1 сорта; нагрузка $q = 3\text{кН/м}$.

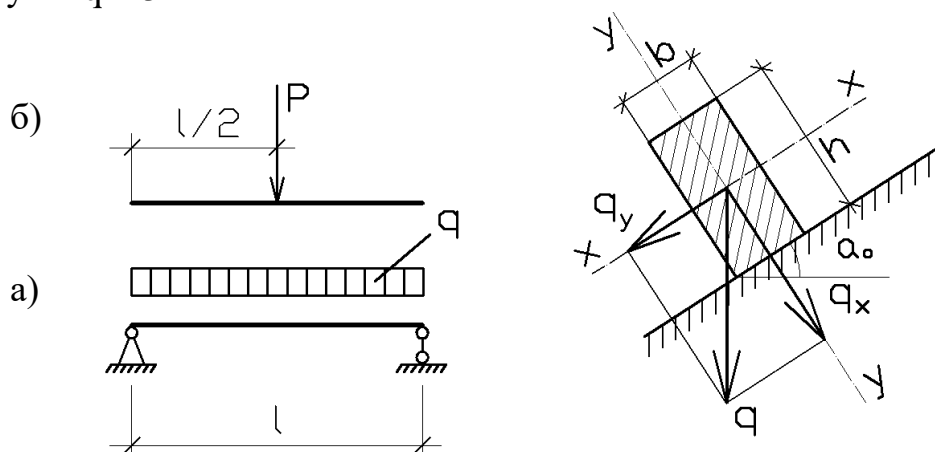


Рис.1.6. Схема балки

Решение. Проверка прочности элемента производится по формуле (11).

Геометрические характеристики сечения:

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{17,5 \cdot 20^2}{6} = 1166,7\text{см}^3;$$

$$W_y = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{17,5^2 \cdot 20}{6} = 1020,83\text{см}^3;$$

$$J_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{17,5 \cdot 20^3}{12} = 11666,7\text{см}^4;$$

$$J_y = \frac{b^3 \cdot h}{12} = \frac{17,5^3 \cdot 20}{12} = 8932,3\text{см}^4.$$

Для определения M_x и M_y найдем составляющие нагрузки:

$$q_x = q \cdot \cos 30^\circ = 3 \cdot 0,866 = 2,598 \text{ кН/м};$$

$$q_y = q \cdot \sin 30^0 = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ кН/м.}$$

Тогда изгибающие моменты от действия сил q_x и q_y будут равны:

$$M_x = \frac{q_x \cdot l^2}{8} = \frac{2,598 \cdot 3,5^2}{8} = 3,98 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_y = \frac{q_y \cdot l^2}{8} = \frac{1,5 \cdot 3,5^2}{8} = 2,3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Проверка прочности:

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{398}{1166,7} + \frac{230}{1020,83} = 0,341 + 0,225 = 0,566 = 5,7 \text{ МПа} \leq R_u = 16 \text{ МПа};$$

Прочность обеспечена.

Прогиб от действия:

составляющей q_x

$$f = \frac{5q_x \cdot l^4}{384EJ_x \cdot \gamma_f} = \frac{5 \cdot 0,02598 \cdot 350^4}{384 \cdot 1000 \cdot 11666,7 \cdot 1,2} = 0,36 \text{ см};$$

составляющей q_y

$$f = \frac{5q_y \cdot l^4}{384EJ_x \cdot \gamma_f} = \frac{5 \cdot 0,015 \cdot 350^4}{384 \cdot 1000 \cdot 8932,3 \cdot 1,2} = 0,27 \text{ см};$$

здесь $\gamma_f = 1,2$ – условный коэффициент надежности по нагрузке (для перехода к нормативной нагрузке).

Полный прогиб

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,27^2} = 0,45;$$

Проверка прогиба:

$$\frac{f}{l} = \frac{0,45}{350} = \frac{1}{778} \leq \left[\frac{1}{200} \right].$$

Прогиб балки не превышает предельный (см. табл.Д1 [2] приложения).

1.4. Сжатие с изгибом и растяжение с изгибом

Сжато-изгибаемые элементы работают одновременно на сжатие и изгиб. Так работают, например, верхние пояса ферм, в которых кроме сжатия действует еще изгиб от межузловой нагрузки от веса покрытия. В элементах, где сжимающие силы действуют с эксцентриситетом относительно их осей, тоже возникает сжатие с изгибом. Поэтому они называются также внецентренно сжатыми.

Растянуто-изгибаемые элементы работают одновременно на растяжение и на изгиб. Так работает, например, нижний пояс фермы, в котором кроме растяжения действует еще и изгиб от межузловой нагрузки от веса подвесного перекрытия. Так же работает элемент, растягивающие силы в котором действуют с эксцентриситетом относительно его оси. Такие элементы называются еще внецентренно растянутыми.

Основными формулами при расчете сжато-изогнутых элементов являются следующие:

для проверки прочности

$$\frac{N}{F_{\text{нп}}} + \frac{M}{\xi \cdot W_{\text{нп}}} \leq R_c; \quad (13)$$

для проверки устойчивости

$$\frac{N}{\phi_y \cdot A \cdot R_c} + \left(\frac{M}{\xi \cdot W \cdot \phi_M \cdot R_{II}} \right)^n \leq 1, \quad (14)$$

где ϕ_y – коэффициент продольного изгиба элемента в плоскости наименьшей жесткости;

ϕ_M – коэффициент устойчивости, подсчитываемый по формуле (10);

$n = 1$ – для элементов, имеющих закрепление растянутой зоны (связи);

$n = 2$ – для элементов без закреплений растянутой зоны;

ξ – коэффициент, учитывающий дополнительное увеличение изгибающего момента от действия силы N в деформированном элементе.

Следует заметить, что изгибающий момент в деформируемой схеме элемента увеличивается от действия силы N только в тех сечениях, где действительно произошли деформации. В сечениях же, закрепленных от деформирования, продольная сила N не изменяет изгибающие моменты.

Величина коэффициента ξ подсчитывается по формуле

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 \cdot N}{3000 F \cdot R_c}. \quad (15)$$

Устойчивость сжато-изогнутого элемента из плоскости производится без учета действия изгибающего момента по формуле

$$\frac{N}{F_{\text{расч}}} \leq \phi_y \cdot R_c. \quad (16)$$

Проверка прочности растянуто-изгибаемых элементов производится по формуле

$$\frac{N}{F_{\text{нп}}} + \frac{M R_p}{W_{\text{нп}} R_{II}} \leq R_p. \quad (17)$$

Задача 8.

Проверить прочность сжато-изогнутого элемента (рис.1.7.б) прямоугольного поперечного сечения ($h \times b$).

$N = 50$ кН; $L = 4000$ мм; $e = 200$ мм; $h = 200$ мм; $b = 125$ мм;

материал – ель 1 сорта.

Решение: Проверку прочности производим по формуле (13).

Предварительно подсчитываем величины, входящие в данную формулу:

$F_{\text{нп}} = b \cdot h = 20 \cdot 12,5 = 250 \text{ см}^2$ (ослаблений нет);

$$W_{\text{нп}} = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{12,5 \cdot 20^2}{6} = 833,3 \text{ см}^3$$

$$M_{\text{max}} = N \cdot e = 50 \cdot 0,2 = 10 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{0,289 \cdot h} = \frac{1 \cdot 4000}{0,289 \cdot 20} = 69,2 \leq 70;$$

$R_c = 14$ МПа;

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 \cdot N}{3000 F \cdot R_c} = 1 - \frac{69,2^2 \cdot 50}{3000 \cdot 250 \cdot 1,4} = 0,772;$$

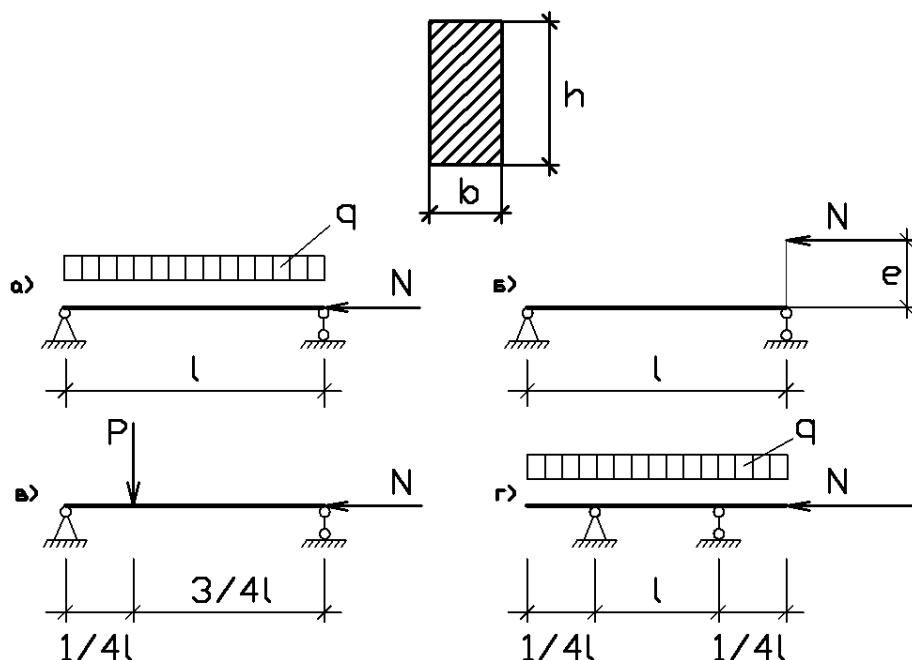


Рис.1.7. Сжато-изогнутый элемент

Проверка прочности:

$$\frac{N}{F_{нп}} + \frac{M}{\xi \cdot W_{нп}} = \frac{50}{250} + \frac{1000}{0,772 \cdot 833,3} = 1,75 \text{ кН/см}^2 = 17,5 \text{ МПа} \geq R_c = 14 \text{ МПа};$$

Прочность не обеспечена.

Задача 9.

Проверить устойчивость сжато-изогнутого элемента прямоугольного поперечного сечения, не закрепленного из плоскости (рис.1.8.б).

$N = 25 \text{ кН}$; $P = 7,0 \text{ кН}$; $L = 2000 \text{ мм}$; $h = 225 \text{ мм}$; $b = 60 \text{ мм}$;
материал – пихта 1 сорта.

Решение: Проверку устойчивости стержня из плоскости производим по формуле (16), для чего сначала найдем величины:

$$F_{нп} = b \cdot h = 6 \cdot 22,5 = 135 \text{ см}^2$$

$$R_c = R_c \cdot m_{п} = 14 \cdot 0,8 = 11,2 \text{ МПа};$$

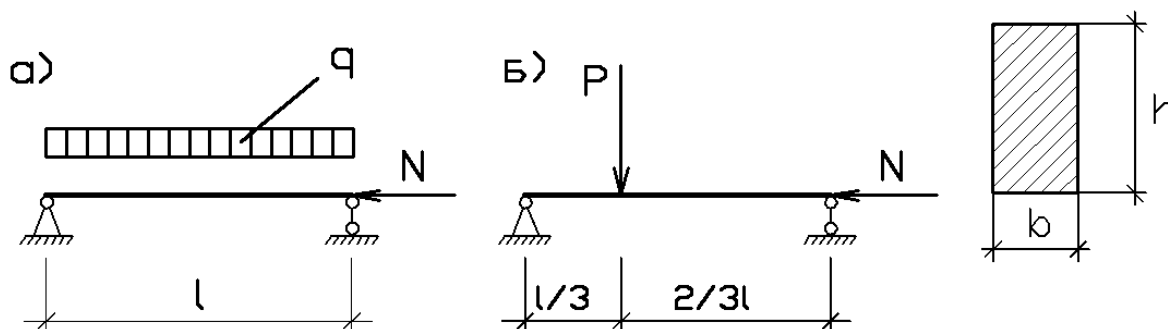


Рис.1.8. Схемы сжато-изогнутого элемента

$$\lambda_y = \frac{\mu \cdot \lambda}{0,289 \cdot b} = \frac{1 \cdot 200}{0,289 \cdot 6} = 115,3 \geq 70;$$

$$\varphi_y = \frac{3000}{\lambda^2} = \frac{3000}{115,3^2} = 0,226.$$

Проверка устойчивости:

$$\frac{N}{F_{расч}} = \frac{25}{135} = 0,185 \text{ кН/см}^2 = 1,85 \text{ МПа} \leq \varphi_y \cdot R_c = 0,226 \cdot 11,2 = 2,53 \text{ МПа};$$

Устойчивость обеспечена.

Проверяем устойчивость плоской формы деформирования от совместного действия N и M по формуле. Предварительно найдем величины:

$$\lambda_x = \frac{\mu \cdot \lambda}{0,289 \cdot h} = \frac{1 \cdot 200}{0,289 \cdot 22,5} = 30,76;$$

$$\xi = 1 - \frac{\lambda_x^2 \cdot N}{3000 F \cdot R_c} = 1 - \frac{30,76^2 \cdot 25}{3000 \cdot 135 \cdot 1,12} = 0,948;$$

$$M = \frac{P \cdot a \cdot b}{l} = \frac{7 \cdot 1,33 \cdot 0,67}{2} = 3,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{6 \cdot 22,5^2}{6} = 506,25 \text{ см}^3$$

$$\varphi_m = 140 \frac{\sigma^2}{Lh} k_\phi = 140 \cdot \frac{6^2}{200 \cdot 22,5} \cdot 1,4 = 1,57.$$

Проверка устойчивости:

$$\frac{N}{\varphi_y \cdot F \cdot R_c} + \left(\frac{M}{\xi \cdot W \cdot \varphi_m \cdot R_{II}} \right)^n = \frac{25}{0,226 \cdot 135 \cdot 1,12} + \left(\frac{311}{0,948 \cdot 506,25 \cdot 1,57 \cdot 1,12} \right)^2 = 0,858 \leq 1;$$

Устойчивость обеспечена.

Задача 10.

Проверить прочность растянуто-изогнутого элемента прямоугольного поперечного сечения (рис.1.9.б).

N = 150 кН; L = 4000 мм; c = 60 мм; h = 200 мм; b = 150 мм;

материал – дуб 2 сорта.

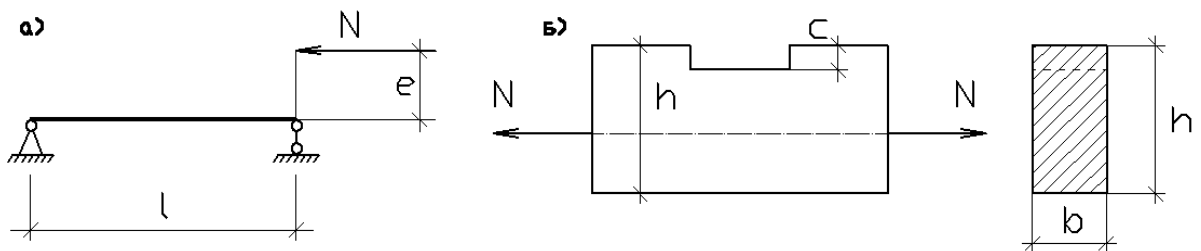


Рис.1.9. Растянуто-изогнутые элементы

Решение: Проверку прочности производим по формуле. Предварительно найдем необходимые величины, входящие в эту формулу:

$$F_{нт} = b \cdot (h - c) = 15 \cdot (20 - 6) = 210 \text{ см}^2;$$

$$W = \frac{b \cdot (h - c)^2}{6} = \frac{15 \cdot 14^2}{6} = 490 \text{ см}^3;$$

$$e = \frac{h}{2} - \left(\frac{h-c}{2} \right) = 3 \text{ см};$$

$$M_{\max} = N \cdot e = 150 \cdot 0,03 = 4,5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$R_p = R_p \cdot m_{\text{п}} = 15 \cdot 1,3 = 19,5 \text{ МПа};$$

Проверка прочности элемента:

$$\frac{N}{F_{\text{нп}}} + \frac{M R_p}{W_{\text{нп}} R_{II}} = \frac{150}{210} + \frac{450 \cdot 0,91}{490 \cdot 1,95} = 1,143 \text{ кН/см}^2 = 11,43 \text{ МПа} \leq R_p = 19,5 \text{ МПа}.$$

Прочность не обеспечена.

2. СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

2.1. Контактные соединения (упоры, лобовые врубки)

Контактными называют такие соединения, в которых усилия от одного элемента к другому передаются через соответственно обработанные контактные поверхности. Дополнительно поставленные в таких соединениях механические связи несут обычно функции фиксации элементов или служат аварийными.

Наиболее распространенными контактными соединениями в деревянных конструкциях являются упоры и лобовые врубки. Упоры встречаются в соединениях стоек, в местах примыкания к горизонтальным ригелям, опирания прогонов, балок, ферм на стены и т.д.

В этих случаях расчет соединений сводится к проверке напряжений смятия по контактными поверхностям в деревянном элементе, в котором силы сжатия действуют перпендикулярно к волокнам. Проверка производится по формуле

$$\sigma_{см} = \frac{N}{F_{см}} \leq R_{см90}; \quad (1)$$

где N – сила сжатия;

$F_{см}$ – площадь смятия (контакта);

$R_{см90}$ – расчетное сопротивление древесины смятию поперек волокон.

Если смятие происходит под углом α к волокнам древесины, то вместо $R_{см90}$ необходимо подставить $R_{см\alpha}$, величина которого определяется по формуле

$$R_{см\alpha} = \frac{R_{см}}{1 + \left(\frac{R_{см}}{R_{см90}} - 1 \right) \cdot \sin^3 \alpha}; \quad (2)$$

В тех случаях, когда смятие передается нижнему элементу поперек волокон лишь на части длины (при длине незагруженных участков не менее длины площадки смятия и толщины элементов), в формулу (1) вместо $R_{см90}$ подставляют величину $R_{см90}^M$, значение которой определяют по формуле

$$R_{см90}^M = R_{см90} \left(1 + \frac{8}{l_{см} + 1,2} \right); \quad (3)$$

Лобовой врубкой называют такое соединение, когда усилие от одного элемента к другому передается под углом по площади взаимного упора без иных рабочих связей. В таких соединениях хотя и ставятся дополнительные рабочие связи в виде болтов, хомутов или скоб, но они не учитываются в основной работе врубки и могут включаться в работу только в случае аварии или при выполнении монтажа.

Правильное решение лобовой врубки показано на рис.1.

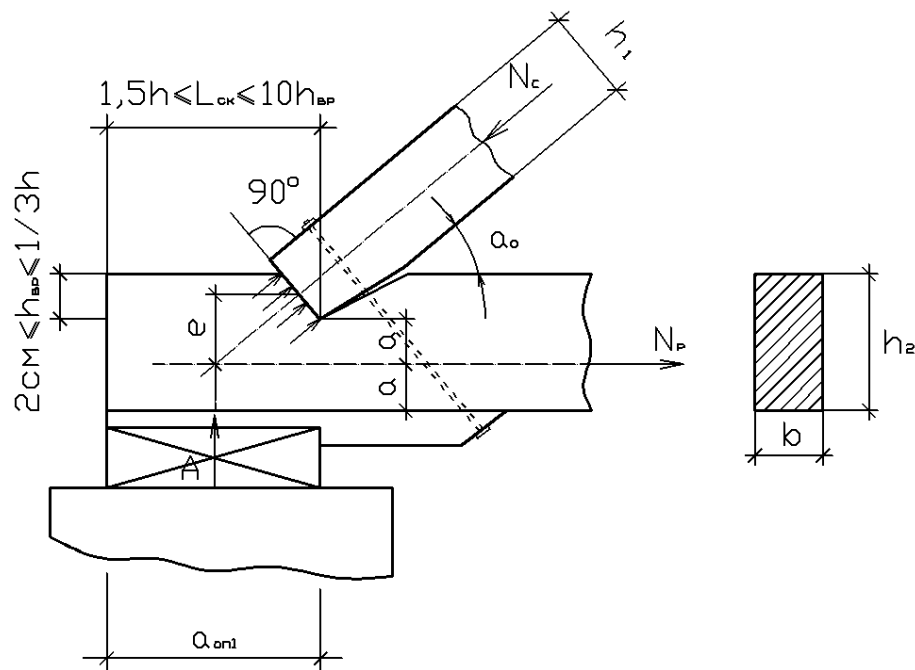


Рис.2.1. Лобовая врубка

К опасным видам работы лобовой врубки относятся скалывание, смятие и разрыв по ослабленному сечению. Проверка на смятие производится для нижнего элемента по площади контакта по формуле:

$$\sigma_{см} = \frac{N_c}{F_{см}} \leq R_{сма}; \quad (4)$$

где $F_{см} = \frac{h_{вп} \cdot b}{\cos \alpha}$ - площадь смятия.

$R_{сма}$ определяется по формуле (2).

В тех случаях, когда при расчете лобовой врубки с одним зубом по условиям смятия глубина врезки оказывается больше $1/3h$ в опорном узле или больше $1/4h$ в промежуточных узлах (что недопустимо), применяют лобовую врубку с двумя зубьями.

Проверка этого же элемента на скалывание производится по формуле:

$$\tau_{ск} = \frac{N_p}{F_{ск}} \leq R_{ск}^{cp}; \quad (5)$$

где $F_{ск} = b \cdot l_{ск}$ - площадь скалывания;

$R_{ск}^{cp}$ - среднее по площади скалывания расчетное сопротивление древесины скалыванию, подсчитывается по формуле:

$$R_{ск}^{cp} = \frac{R_{ск}}{1 + \beta \frac{l_{ск}}{e}}; \quad (6)$$

В формуле (6) коэффициент β принимается равным 0,25, как для одностороннего скалывания, а плечо сил скалывания e – половине высоты нижнего пояса.

В случае, когда проверка сечения на скалывание или на смятие не проходит, необходимо менять либо размеры сечения $b \times h$, либо $h_{вп}$.

Проверка прочности ослабленного сечения нижнего элемента производится по формуле:

$$\sigma_p = \frac{N_p}{F_{ит}} \leq m_o \cdot R_p; \quad (7)$$

где $F_{ит} = F_{бр} - F_{осл} = bh - h_{вп}b$ - площадь ослабленного сечения;

$m_o = 0,8$ - коэффициент, учитывающий наличие ослаблений в растянутом элементе.

Задача 1.

Рассчитать лобовую врубку (см. рис.2.1.)

Дано: $N_c = 90 \text{ кН}$; $\alpha_0 = 30^\circ$; $b = 150 \text{ мм}$; $h = 200 \text{ мм}$; $h_{вр} = 60 \text{ мм}$; $L_{ск} = 400 \text{ мм}$; материал – сосна 1 сорта; условия эксплуатации А1; $R_{см} = 16 \text{ МПа}$; $R_{см90} = 3 \text{ МПа}$.

Решение: Проверим прочность соединения лобовой врубки. Для этого найдем необходимые величины:

площадь смятия

$$F_{см} = \frac{h_{вр} \cdot b}{\cos \alpha} = \frac{6 \cdot 15}{\cos 30^\circ} = \frac{90}{0,866} = 103,9 \text{ см}^2;$$

Если смятие происходит под углом α к волокнам древесины, то вместо $R_{см90}$ необходимо подставить $R_{см\alpha}$, величина которого определяется по формуле (2):

$$R_{см30} = \frac{R_{см}}{1 + \left(\frac{R_{см}}{R_{см90}} - 1 \right) \cdot \sin^3 30} = \frac{16}{1 + \left(\frac{16}{3} - 1 \right) \cdot 0,5^3} = 10,4 \text{ МПа};$$

Проверка на смятие производится для нижнего элемента по площади контакта по формуле (4):

$$\sigma_{см} = \frac{N_c}{F_{см}} = \frac{90}{103,93} = 0,866 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 8,66 \text{ МПа} \leq R_{см\alpha} = 10,4 \text{ МПа},$$

Прочность обеспечена.

Проверка этого же элемента на скалывание производится по формуле (5):

$$\tau_{ск} = \frac{N_p}{F_{ск}} = \frac{77,94}{600} = 0,13 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 1,3 \text{ МПа} \geq R_{ск}^{сп} = 1,2 \text{ МПа},$$

где $F_{ск} = b \cdot l_{ск} = 15 \cdot 40 = 600 \text{ см}^2$ - площадь скалывания;

$$N_p = N_c \cdot \cos \alpha = 90 \cdot \cos 30^\circ = 90 \cdot 0,866 = 77,94 \text{ кН}.$$

Среднее по площади скалывания расчетное сопротивление древесины скалыванию, подсчитывается по формуле (6):

$$R_{ск}^{сп} = \frac{R_{ск}}{1 + \beta \frac{l_{ск}}{e}} = \frac{2,4}{1 + 0,25 \frac{40}{10}} = 1,2 \text{ МПа}.$$

Прочность элемента на скалывание не обеспечена, необходимо увеличить либо длину скалывания, либо ширину нижнего пояса.

Проверка прочности ослабленного сечения нижнего элемента производится по формуле (7):

$$\sigma_p = \frac{N_p}{F} = \frac{77,94}{210} = 0,371 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 3,71 \text{ МПа} \leq m_o \cdot R_p = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ МПа},$$

где $F_{ит} = F_{бр} - F_{осл} = bh - h_{вр}b = 15 \cdot 20 - 6 \cdot 15 = 210 \text{ см}^2$ - площадь ослабленного сечения;

$m_o = 0,8$ - коэффициент, учитывающий наличие ослаблений в растянутом элементе.

Прочность ослабленного сечения нижнего элемента обеспечена.

2.2. Соединения на нагелях

Нагели являются одним из наиболее широко применяющихся до настоящего времени механических рабочих связей. Нагелем называется гибкий стержень, который соединяет элементы деревянных конструкций и препятствует их взаимному сдвигу, а сам в основном работает на изгиб. По форме нагели бывают пластинчатыми и цилиндрическими. К последним относятся болты, штыри, гвозди, шурупы, глухари. Наибольшее применение в практике строительства получили цилиндрические нагели, которые в зависимости от вида материала могут быть изготовлены из стали, алюминия, стеклопластика, прочных пород дерева – дуба, бука, березы. Цилиндрические нагели чаще всего используют при выполнении узловых и стыковых сопряжений элементов. Общий вид стыкового сопряжения показан на рис.

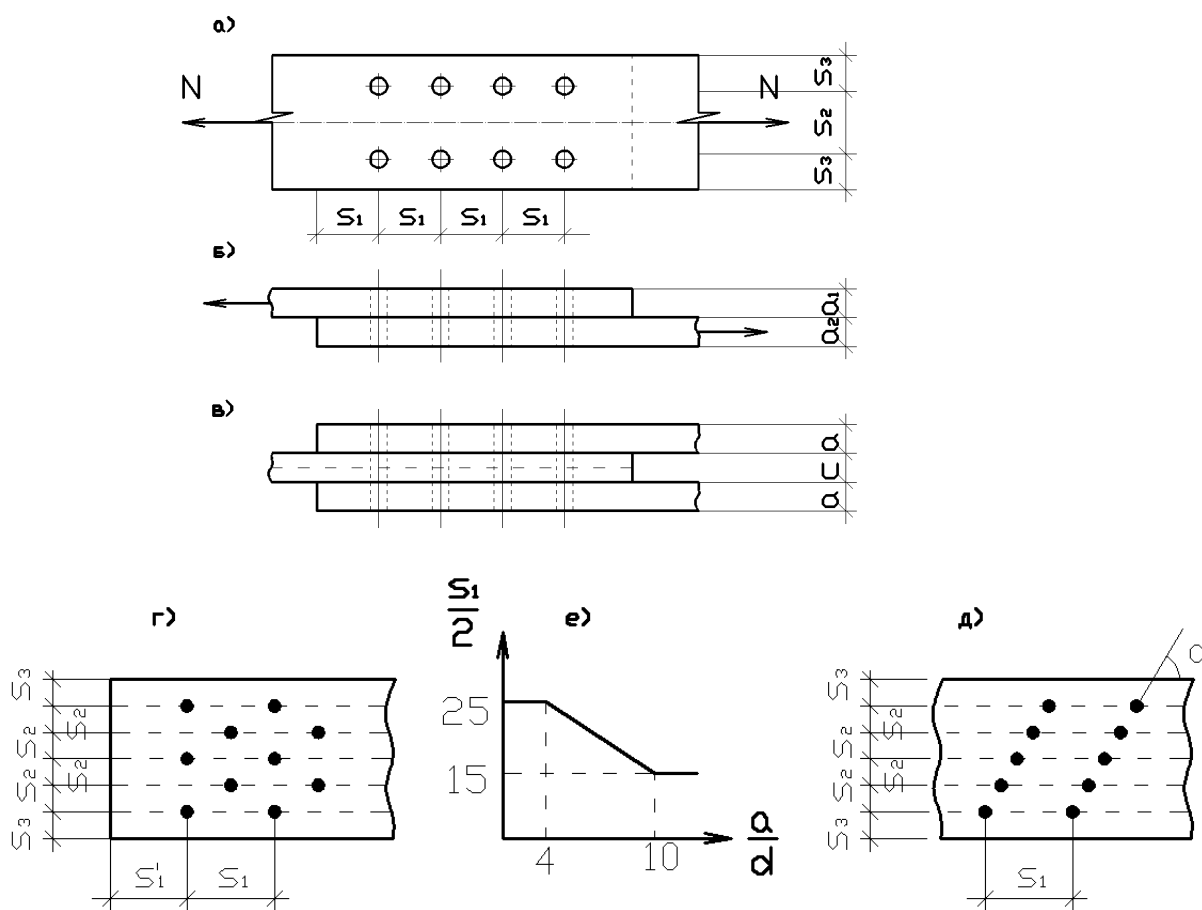


Рис.2.2. Общий вид стыка на цилиндрических нагелях

Конструируя нагельное соединение, необходимо учитывать следующие требования:

1. Размеры нагелей принимать в соответствии с сортаментом (см.2.2)
2. Под цилиндрические нагели (штыри, стержни, болты) отверстия сверлить в пакете после сборки соединения диаметром, равным диаметру нагеля. Гвозди $d_{гв} \leq 6$ мм забивать без рассверловки отверстий. При $d_{гв} > 6$ мм (а для пород древесины из ольхи,

лиственницы, дуба при $d_{гв} > 5\text{мм}$) требуется предварительно рассверливать гнезда диаметром $0,9d_{гв}$, о чем указывается в проекте.

3. Чтобы исключить раскалывание древесины, необходимо соблюдать нормы расстановки нагелей согласно [1].

Расстояния между осями цилиндрических нагелей вдоль волокон древесины S_1 , поперек волокон S_2 и от кромки элемента до первого ряда нагелей S_3 (см. рис.3) должны быть:

для стальных нагелей $S_1=7d$; $S_2=3,5d$; $S_3=3d$;

для алюминиевых и стеклопластиковых нагелей $S_1=6d$; $S_2=3,5d$; $S_3=3d$;

для дубовых нагелей $S_1=5d$; $S_2=3d$; $S_3=2,5d$.

При толщине пакета b меньше $10d$ допускается принимать:

для стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей $S_1=6d$; $S_2=3d$; $S_3=2,5d$;

для дубовых нагелей $S_1=4d$; $S_2= S_3= 2,5d$.

Расстояние между осями гвоздей вдоль волокон древесины для пробиваемых элементов должно быть принято согласно требованиям СНиП $s = 10d_{гв}$, при которой $s_1 \geq 15d_{гв}$, минимальной толщиной является $s = 4d_{гв}$, при которой $s_1=25d_{гв}$. Для элементов, не пробиваемых насквозь гвоздями, независимо от их толщины принимают $S_1 \geq 15d$. Расстояние от торца элемента до первого ряда гвоздей во всех случаях должно быть $S_1 \geq 15d$.

Расстояние между гвоздями поперек волокон древесины при прямой расстановке гвоздей должно быть $S_2 \geq 4d$, при шахматной расстановке или расстановке косыми рядами под углом 45^0 (см. рис.3,г,д) это расстояние может быть уменьшено до $S_2=3d$.

Расстояние S_3 во всех случаях принимается не меньше $4d$.

Для шурупов и глухарей при завинчивании их в отверстия диаметром $d = 0,8d_{ш}$ расстановка в соединении принимается следующая: $S_1 = 10d_{ш}$; $S_2= S_3= 5d_{ш}$.

4. Диаметр гвоздей следует принимать не более $0,25$ толщины пробиваемых элементов.
5. При определении расчетной длины защемления конца гвоздя не следует учитывать его заостренную часть длиной $1,5d$. Кроме того, из длины гвоздя следует отнимать по 2 мм на каждый шов между соединяемыми элементами.
При свободном выходе гвоздя из пакета расчетную толщину последнего элемента следует уменьшать на $1,5d$.
6. Расчетная длина защемленного гвоздя должна быть не меньше $4d$. Если она меньше, чем $4d$, то гвоздь в работе не учитывается.
7. Для обеспечения плотности нагельного соединения из общего числа нагелей должно быть поставлено с каждой стороны стыка не меньше 3 болтов (такого же диаметра). В соединениях на гвоздях, шурупах и глухарях плотность обеспечивается без болтов.

8. Нагели следует размещать преимущественно в 2 или 4 ряда. Постановка нагелей по середине ширины доски нежелательна, так как здесь возможны усушечные трещины.
9. При расчете нагельных соединений расчетная несущая способность определяется на один «срез» нагеля как минимальная величина из условия смятия древесины нагельного гнезда в крайнем и среднем (если такой имеется) элементах и изгиба нагеля. «Срез» нагеля – понятие условное, под ним понимается пересечение оси нагеля со швом между сдвигаемыми элементами.

Эти три условия получают непосредственным расчетом по формулам табл.17 [1]. Некоторые данные этой таблицы приведены в () приложения.

Несущая способность шурупов и глухарей (винтов) определяется по правилам расчета для стальных цилиндрических нагелей с диаметром d , равным диаметру ненарезной части винта, кроме случая, когда заглубление гладкой части винта в древесину менее $2d$. В этом случае расчет следует вести по внутреннему диаметру ослабленного резьбой сечения.

Нагельные соединения со стальными накладками (рис.4) применяют в тех случаях, когда обеспечена необходимая плотность постановки нагелей. С этой целью в них используют шурупы, глухари и болты. Глухие стальные нагели должны иметь заглубление в древесину не менее $5d$.

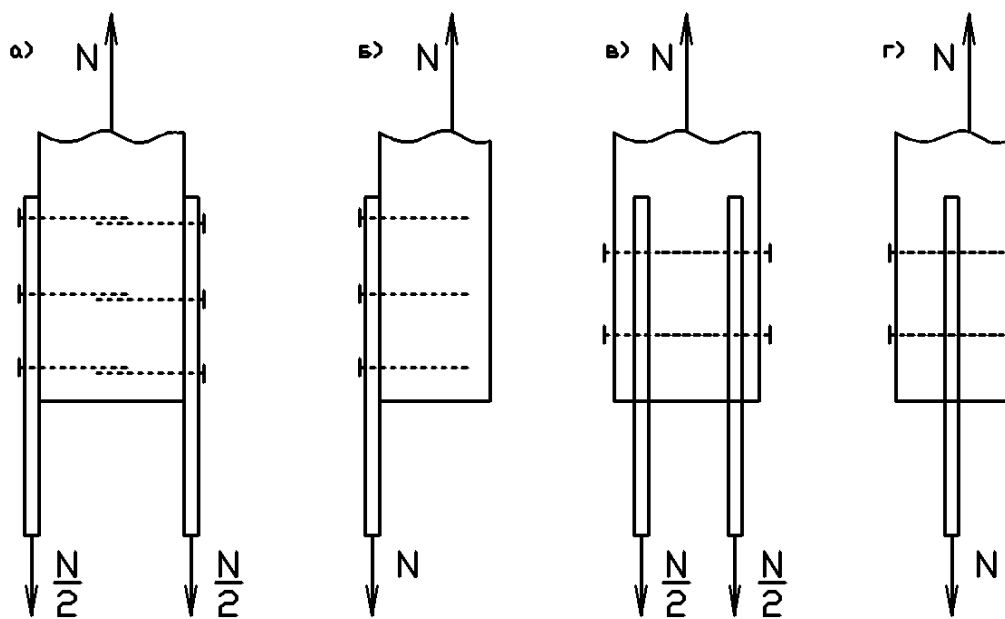


Рис.2.3. Нагельные соединения со стальными накладками

Соединения со стальными накладками, вставляемыми в прорези деревянного элемента (см. рис.4,в,г), более предпочтительны, так как при прочих одинаковых условиях они обладают большей несущей способностью, чем соединения с накладными стальными полосами (см. рис.4.а,б). Однако такие соединения более сложны в изготовлении и возможны к применению

лишь тогда, когда есть условия производить сверловку отверстий одновременно и в древесине, и в металле.

Нагельные соединения со стальными накладками и прокладками рассчитываются согласно общим указаниям, отмеченными выше, причем в расчете из условия изгиба нагеля следует принимать наибольшее значение несущей способности.

Стальные накладки и прокладки следует проверять на растяжение по ослабленному сечению и на смятие под нагелем.

При направлении передаваемого нагелем усилия под углом к волокнам древесины сопротивление смятию в нагельном гнезде изменится, поэтому расчетную несущую способность надо дополнительно умножить:

а) на коэффициент $k\alpha$ – при расчете на смятие древесины;

б) на $\sqrt{k\alpha}$ - при расчете нагеля на изгиб, причем угол α принимается равным наибольшему из углов смятия нагелем элементов, примыкающих к рассматриваемому шву. Значения $k\alpha$ приведены в табл. приложения.

При $d < 6$ мм (т.е. для гвоздей) $k\alpha = 1$.

Для элементов из древесины других пород, при других условиях температурно-влажностного режима эксплуатации, наличии только постоянной или кратковременной нагрузки, а также в конструкциях гидротехнических сооружений несущая способность соединения должна быть скорректирована умножением:

на соответствующие коэффициенты $m_{пл}$, $m_{в}$, $m_{н}$, (см. табл.) – при расчете из условия смятия древесины элементов;

на корень квадратный из этих коэффициентов – при расчете из условия изгиба нагеля.

Соединения на пластинчатых нагелях в соединениях деревянных конструкций применяются для сплачивания брусьев в составных балках, арках, верхних поясах ферм. Пластинчатые нагели изготавливаются из твердых пород дерева (дуб, бук, береза) с размерами, изображенными на рис.5.

Сплачивание по высоте более трех брусьев не допускается.

Расчетная несущая способность одного дубового или березового нагеля с размерами, изображенными на рис.5, определяется по формуле

$$T = 0,75b_{пл} \text{ (или } 75 b_{пл}, \text{ кгс),}$$

где $b_{пл}$ – ширина пластинчатого нагеля в см, для сквозных нагелей

$b_{пл} = b$, для глухих нагелей $b_{пл} = 0,5 b$.

Задача 2.

Рассчитать и сконструировать стык нижнего пояса фермы. Схема стыка представлена на рис.6.

В результате решения задачи должны быть получены сечения поясных досок $b \times \delta$, определено необходимое количество нагелей и произведена их расстановка, определена длина накладок L_n и прокладок (сечение их принять

как для поясных досок), проверены напряжения растяжения в ослабленном сечении.

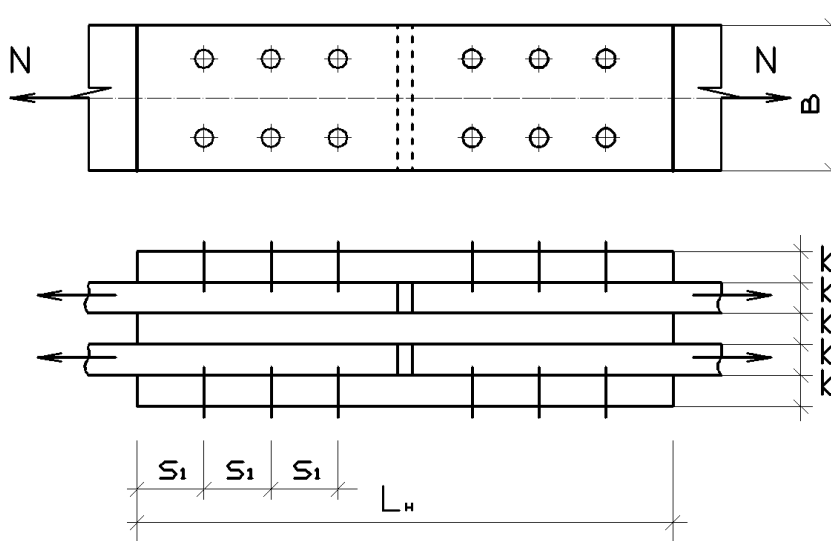


Рис.2.4. Схема стыка

Решение: $N = 70$ кН, материал элементов – ель первого сорта, условия эксплуатации – А3, нагели стеклопластик, диаметр нагелей – 14мм.

Для материала ели первого сорта, имеющего ослабления в сечении, согласно приложения находим $R_p m_o = 10 \cdot 0,8 = 8$ МПа. Для условий эксплуатации А3 по табл.9П приложения имеем $m_b = 0,9$.

Из формулы (7) расчета растянутого элемента с ослаблениями находим требуемую площадь сечения:

$$F_{нт1}^{mp} = \frac{N}{R_p \cdot m_o \cdot m_b} = \frac{70}{0,72} = 97,2 \text{ см}^2$$

Пояс состоит из двух досок, поэтому требуемая площадь одной доски будет равна $F_{нт1}^{mp} = 97,2/2 \approx 48,6 \text{ см}^2$.

Сечение ослаблено двумя отверстиями под нагели, поэтому площадь брутто одной доски будет равна $F_{бр1}^{mp} = F_{нт1}^{mp} + 2d\delta$.

Принимаем по сортаменту доски сечением 50x125мм ($F_{бр1} = 62,5 \text{ см}^2$, $F_{нт1} = 52,5 \text{ см}^2 > 48,6 \text{ см}^2$). (Близкие по сортаменту сечения 40x125мм или 50x100мм не подходят, так как для них $F_{нт1} < F_{нт1}^{TP}$).

Подсчитаем несущую способность нагеля. По табл.18П приложения для симметричного соединения на стальных цилиндрических нагелях, несущая способность одного среза нагеля равна:

- из условия смятия древесины крайнего элемента

$$T_{см,а} = 0,8ad = 0,8 \cdot 5 \cdot 1,4 = 5,6 \text{ кН};$$

- из условия смятия древесины среднего элемента

$$T_{см,с} = 0,5cd = 0,5 \cdot 5 \cdot 1,4 = 3,5 \text{ кН};$$

- из условия изгиба нагеля

$$T_{и} = 1,45d^2 + 0,02a^2 = 1,45 \cdot 1,4^2 + 0,02 \cdot 5^2 = 3,34 \text{ кН}$$

$$\text{(но не более } 1,8d^2 = 1,8 \cdot 1,4^2 = 3,528 \text{ кН).}$$

За несущую способность среза нагеля принимаем $T_{min} = 3,34 \text{ кН}$.

Нагель четырехсрезной, поэтому его несущая способность

$$T_{\text{наг}} = 4T_{\text{мин}} = 4 \cdot 3,34 = 13,36 \text{ кН.}$$

Необходимое количество нагелей с каждой стороны стыка должно быть не менее

$$n \geq N/T_{\text{наг}} = 70/13,36 = 5,24 \text{ шт.}$$

Принимаем 6 нагелей, располагая их в два ряда.

По длине накладки нагели расстанавливаем с шагом $S_1 = 15d = 15 \cdot 14 = 210$ мм. Тогда длина полунакладки (или полупрокладки) будет равна $L_{\text{п}}/2 = 4 S_1 = 840$ мм. Полная длина будет в два раза больше, т.е. $L_{\text{п}} = 1680$ мм.

Проверяем возможность расстановки нагелей по высоте сечения пояса. Для этого подсчитаем предельные шаги расстановки нагелей:

$$S_2 = 3,5d = 3,5 \cdot 14 = 49 \text{ мм}; S_3 = 3d = 3 \cdot 14 = 42 \text{ мм.}$$

Вся высота пояса состоит из $2S_3$ и S_2 , т.е. равна $(2S_3 + S_2) = 2 \cdot 42 + 49 = 133$ мм. Поскольку принят пояс высотой $h_{\text{п}} = 125$ мм < 133 мм, то

увеличиваем высоту пояса и принимаем 150 мм, шаги S_2 и S_3 можно увеличить и принять их равными

$$S_2 = 50 \text{ мм } (>49\text{мм}) \text{ и } S_3 = 50 \text{ мм } (>42\text{мм}).$$

Напряжения в ослабленном сечении пояса можно не проверять, так как для него принято $F_{\text{нт}} > F_{\text{нт}}^{\text{тр}}$.

Задача 3.

Найти необходимое число нагелей (гвоздей, болтов или винтов) и произвести их расстановку для крепления стальных накладок по рис.4.

Решение. Сначала найдем несущую способность одного среза нагеля (гвоздя). Для заданного случая она определяется исходя из работы гвоздя на изгиб и притом по максимальной величине согласно табл.16 приложения, т.е. $4,0d^2$. С учетом породы древесины соединяемых элементов и усилий эксплуатации несущая способность одного среза гвоздя

$$T_{\text{зг,и}} = \sqrt{m_n} \sqrt{m_g} \cdot 4,0d_{\text{зг}}^2 = \sqrt{1,3} \sqrt{1} \cdot 4 \cdot 0,4^2 = 0,73 \text{ кН};$$

Принимаем стальную накладку толщиной 4 мм, тогда глубина защемления гвоздя

$$a_{\text{заш}} = L_{\text{гв}} - t - 0,2 - 1,5d_{\text{гв}} = 10,0 - 0,4 - 0,2 - 1,5 \cdot 0,4 = 8,8 \text{ см} > 4d_{\text{гв}} = 4 \cdot 0,4 = 2 \text{ см (гвоздь защемлен)}.$$

Несущая способность одного среза гвоздя из условия смятия древесины

$$T_{\text{см}} = 0,35ad_{\text{гв}}m_{\text{п}}m_{\text{в}} = 0,35 \cdot 8,8 \cdot 0,4 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1,6 \text{ кН} > T_{\text{гв,и}}.$$

Она заведомо больше, чем из условия изгиба гвоздя, поэтому за расчетную несущую способность среза гвоздя принимаем $T_{\text{зг}}^{\text{мин}} = 0,73 \text{ кН}$.

Гвоздь работает как односрезной, поэтому расчетная несущая способность его будет равна 0,73 кН.

Необходимое количество гвоздей для крепления одной пластины

$$n = \frac{N}{T_{\text{зг}}} = \frac{17}{0,73} = 23,3.$$

Принимаем 24 гвоздя, расставляя их в два ряда по 12 шт.

Расстояние между осями гвоздей вдоль длины элемента принимаем $S_1 = 15d_{гв} = 15 \cdot 4 = 60\text{мм}$. Расстановка гвоздей показана на рис.6.

Проверка прочности стальных накладок по ослабленному сечению:

$$\sigma_p = \frac{N}{F_{нт}} = \frac{17}{4 \cdot 0,4 - 2 \cdot 0,4 \cdot 0,4} = \frac{17 \cdot 10}{1,28} = 132,8\text{МПа} \leq R = 210\text{МПа}.$$

Прочность обеспечена.

2.3. Соединение на растянутых связях

К растянутым связям в деревянных конструкциях относятся болты, хомуты, тяжи, скобы, а также гвозди, шурупы, глухарь, работающие на выдергивание.

Болты, хомуты и тяжи, работающие на растяжение рассчитываются в соответствии с требованиями СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования». При этом необходимо учитывать ослабление их резьбовой нарезкой (вводится коэффициент $m_0 = 0,85$) и перегрузку отдельных ветвей, вследствие неравномерной передачи усилий на них (вводится коэффициент $m = 0,85$). При наличии того и другого явления указанные коэффициенты перемножаются.

Особое место в этой группе соединений занимают такие, в которых гвозди, шурупы или глухарь работают на выдергивание. Общий вид их показан на рис.7.

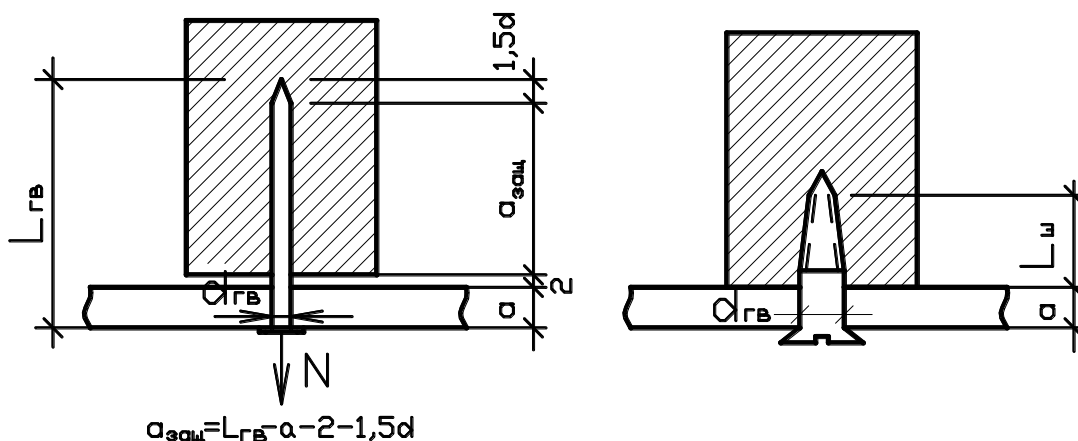


Рис.2.5. Соединения на гвоздях и шурупах, работающих на выдергивание

Несущая способность гвоздя выдергиванию обеспечивается силами трения. При уменьшении сил обжатия гвоздя (например, при наличии трещин в древесине или при забивке гвоздя вдоль волокон, т.е. в торец) силы трения уменьшаются и несущая способность может оказаться незначительной.

Расчетная длина заземления гвоздя $a_{защ}$ должна быть не менее $10d_{гв}$ и не менее двух толщин прибываемых элементов. В свою очередь, толщина прибываемых элементов должна быть не менее $4d_{гв}$. Шаги забивки гвоздей S_1 ,

S_2 и S_3 принимаются такими же, как и в гвоздевых соединениях, работающих на сдвиг.

При соблюдении требований забивки гвоздей расчет их на выдергивание производится по формуле

$$N \leq \pi d_{зв} a_{зак} R_{зв}^{выд}, \quad (9)$$

где $R_{зв}^{выд}$ - расчетное сопротивление гвоздя выдергиванию, принимается равным 0,3 МПа для воздушно-сухой древесины и 0,1 МПа для влажной древесины.

Аналогично производят расчет шурупов и глухарей, работающих на выдергивание, т.е. по формуле

$$N \leq \pi d_{г} L_{расч} R_{г}^{выд}, \quad (10)$$

где $L_{расч}$ - расчетная длина, равная длине нарезной части винта, непосредственно входящей в прикрепляемый элемент;

$d_{в}$ - диаметр ненарезной части винта;

$R_{г}^{выд}$ - расчетное сопротивление винта выдергиванию, равное для воздушно-сухой древесины 10 МПа.

Расчетное сопротивление винта выдергиванию следует умножать в соответствующих случаях на коэффициенты $m_{в}$, $m_{н}$, $m_{г}$, приведенные в табл.4П, 5П, 6П приложения; [1, п.3.2,б].

Расстановка винтов принимается такой же, как и в нагельных соединениях, работающих на сдвиг, т.е. $S_1 = 10d_{в}$, $S_2 = S_3 = 4d_{в}$.

Задача 4.

Подсчитать количество гвоздей n и расставить их в соединении при подшивке досок толщиной 40мм и шириной 150мм к брусу сечением 150x150мм. Исходные данные $N=1,4кН$, $d=5мм$, $L=120мм$, тип связей - гвозди, условия эксплуатации - А3.

Решение. Определяем расчетную длину заземления гвоздя:

$$a_{зак} = 120 - 40 - 2 - 1,5 \cdot 5 = 70,5мм > 10d_{гв} = 50мм.$$

Следовательно, гвозди можно учитывать в расчете на восприятие силы N . Для условий эксплуатации группы А3 по табл.4П приложения находим коэффициент $m_{в} = 0,9$. Расчетная несущая способность одного гвоздя

$$[N] \leq \pi d_{зв} a_{зак} m_{г} R_{зв}^{выд} = 3,14 \cdot 0,5 \cdot 70,5 \cdot 0,9 \cdot 0,3 \cdot 10^{-4} = 2,99 \cdot 10^{-4} МН = 0,3кН (30кгс).$$

Необходимое количество гвоздей для крепления досок

$$n = N/[N] = 1,4/0,3 = 4,6.$$

Принимаем $n = 5$ шт. гвоздей. Расстановка гвоздей показана на рис. 8.

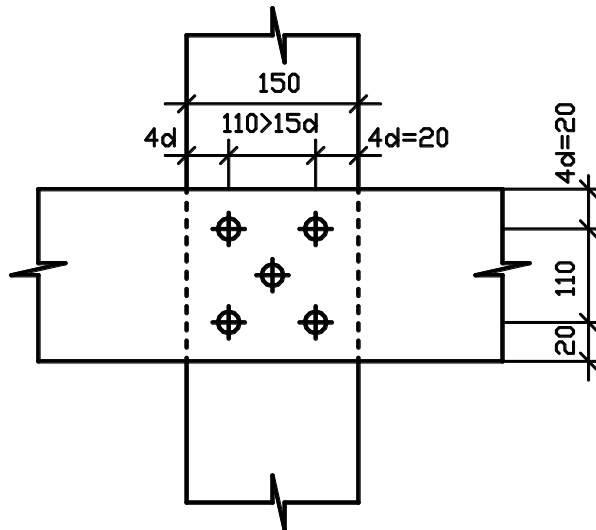


Рис.2.6. Расстановка гвоздей в соединении

2.4. Соединения на клеенных стальных стержнях

Применение соединений на клеенных стальных стержнях из арматуры класса А240 или выше диаметром от 12 до 25мм, работающих на выдергивание или продавливание, допускается в условиях эксплуатации А1, А2 и Б2 при температуре окружающего воздуха, не превышающей 35⁰С.

Диаметры отверстий или размеры пазов должны приниматься более номинальных диаметров клеиваемых стержней на 5мм.

Расчетная несущая способность клеиваемого стержня на выдергивание или продавливание в соединениях сжатых или растянутых элементов из сосны или ели определяется по формуле

$$T = \pi(d + 0,005)L_1 R_{ск} k_c, \quad (11)$$

где d – диаметр стержня, м;

L_1 – длина клеивания стержня, м, которую следует принимать не менее 10d и не более 30d;

k_c – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения напряжений по длине клеивания, определяется по формуле $k_c = 1,2 - 0,02(L_1/d)$;

$R_{ск}$ – расчетное сопротивление древесины скалыванию.

Следует заметить, что клеенные стержни нужны как средство для передачи усилий от промежуточных соединительных металлических элементов и деталей на деревянные элементы, например, при выполнении жестких узлов конструкций, растянутых стыков, стыков изгибаемых или сжато-изгибаемых элементов.

Задача 5.

Рассчитать стык растянутого и изгибаемого элементов конструкции, выполненных на клеенных стальных стержнях, согласно рис.2.7. Исходные данные: $N=1,8$ кН, $d=10$ мм, условия эксплуатации – А3.

В задаче требуется, исходя из условия равнопрочности работы стержней на растяжение и выдергивание, определить необходимую длину их вклеивания и подсчитать несущую способность стыка.

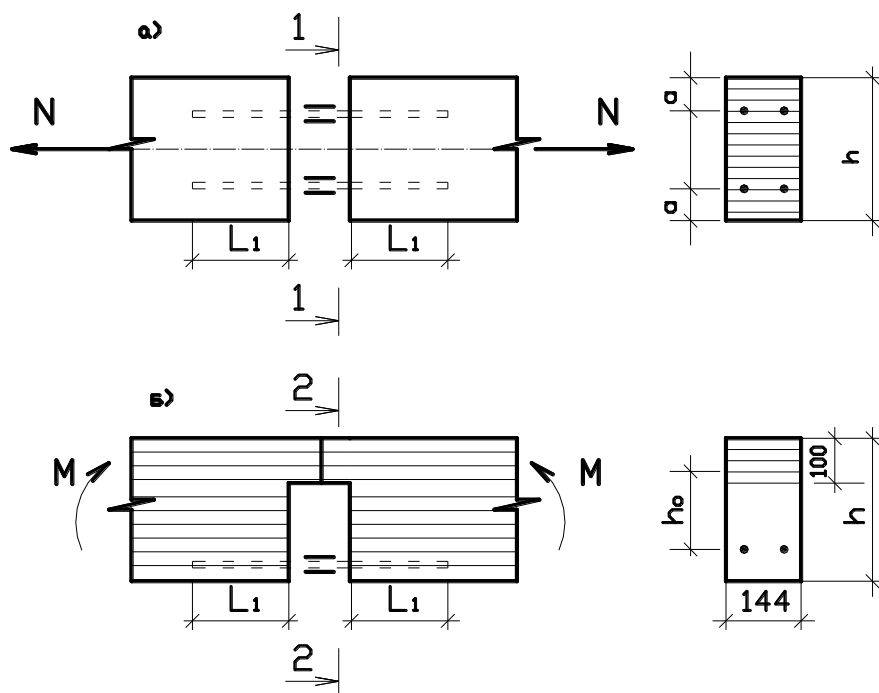


Рис.2.7. Стык растянутого и изгибаемого элементов

ПРИЛОЖЕНИЕ

(номера таблиц сохранены согласно соответствующих СП и ГОСТ)

Таблица 1[1]

Класс условий эксплуатации		Эксплуатационная влажность древесины, %	Максимальная относительная влажность воздуха при температуре 20 °С, %
1 (сухой)	1а	Не более 8	40
	1б	Не более 10	50
2 (нормальный)		Не более 12	65
3 (влажный)		Не более 15	75
4 (мокрый)	4а	Не более 20	85
	4б	Более 20	Более 85
<p>Примечания</p> <p>1 Допускается в качестве "эксплуатационной" принимать "равновесную" влажность древесины (рисунок А.1) [1].</p> <p>2 Допускается кратковременное превышение максимальной влажности в течение 2 - 3 нед. в году.</p>			

Таблица 3[1]

Напряженное состояние и характеристика элементов	Расчетное сопротивление R^A , МПа, для сортов древесины			
	Обозначение	1	2	3
1 Изгиб, сжатие и смятие вдоль волокон:	$R_{и}^A, R_{с}^A, R_{см}^A$			
а) элементы прямоугольного сечения [за исключением указанных в б), в)] высотой не более 50 см. При высоте сечения более 50 см [см. 6.9 в)]		21	19,5	13
б) элементы прямоугольного сечения шириной от 11 до 13 см при высоте сечения от 11 до 50 см		22,5	21	15
в) элементы прямоугольного сечения шириной более 13 см при высоте сечения от 13 до 50 см		24	22,5	16,5
г) элементы из круглых лесоматериалов без врезок в расчетном сечении		-	24	15
2 Растяжение вдоль волокон:	R_p^A			
а) элементы из цельной древесины		15	10,5	-
б) клееные элементы		18	13,5	-
3 Сжатие и смятие по всей площади поперек волокон	$R_{с90}^A, R_{см90}^A$	2,7	2,7	2,7
4 Смятие поперек волокон местное:	$R_{см90}^A$			
а) в опорных частях конструкций, лобовых врубках и узловых примыканиях элементов		4,5	4,5	4,5
б) под шайбами при углах смятия от 90° до 60°		6	6	6
5 Скалывание вдоль волокон:	$R_{ск}^A$			

а) при изгибе элементов из цельной древесины		2,7	2,4	2,4
б) при изгибе клееных элементов		2,4	2,25	2,25
в) в лобовых врубках для максимального напряжения		3,6	3,2	3,2
г) местное в клеевых соединениях для максимального напряжения		3,2	3,2	3,2
6 Скалывание поперек волокон в соединениях:	$R_{ск90}^A$			
а) элементов из цельной древесины		1,5	1,2	0,9
б) клееных элементов		1,05	1,05	0,9
7 Растяжение поперек волокон элементов из клееной древесины	R_{R90}^A	0,23	0,15	0,12
8 Срез под углом к волокнам 45°	$R_{ср45}^A$	9	7,5	6
То же 90°	$R_{ср90}^A$	16,5	13,5	12
Примечания				
1 В конструкциях построечного изготовления величины расчетных сопротивлений на растяжение, принятые по пункту 2 а) настоящей таблицы, следует снижать на 30%.				
2 Расчетное сопротивление изгибу для элементов настила и обрешетки под кровлю из древесины 3-го сорта следует принимать равным 19,5 МПа.				

Таблица 4[1]

Обозначение режимов нагружения	Характеристика режимов нагружения	Приведенное расчетное время действия нагрузки, с	Коэффициент длительной прочности $m_{дл}$
А	Линейно возрастающая нагрузка при стандартных машинных испытаниях	1 - 10	1,0
Б	Совместное действие постоянной и длительной временной нагрузок, напряжение от которых превышает 80% полного напряжения в элементах конструкций от всех нагрузок	$10^8 - 10^9$	0,53
В	Совместное действие постоянной, длительной временной нагрузок и нагрузок от людей на перекрытия жилых и общественных зданий	$10^6 - 10^7$	0,66
Г	Совместное действие постоянной и снеговой нагрузок	$10^6 - 10^7$	0,66
Д	Совместное действие постоянной и ветровой нагрузок или постоянной, снеговой и ветровой нагрузок	$10^3 - 10^4$	0,8
Е	Совместное действие постоянной и монтажной нагрузок	$10^3 - 10^4$	0,8
Ж	Совместное действие постоянной и сейсмической нагрузок	$10 - 10^2$	0,92
И	Действие импульсных и ударных нагрузок	$10^{-1} - 10^{-8}$	1,1
К	Совместное действие постоянной и кратковременной снеговой нагрузок в условиях пожара	$10^3 - 10^4$	0,8
Л	Для опор воздушных линий электропередачи - гололедная, монтажная, ветровая при гололеде, от тяжения проводов при температуре	$10^4 - 10^5$	0,75

	ниже среднегодовой и обрыва		
М	Для опор воздушных линий электропередачи - при обрыве проводов и тросов	$10^{-1} - 10^{-2}$	1,0
Примечание - Для определения процентов от полного напряжения для режима Б рассматриваются расчетные нагрузки.			

Таблица 5[1]

Древесная порода	Коэффициент m_n для расчетных сопротивлений		
	растяжению, изгибу, сжатию и смятию вдоль волокон $R_p, R_{и}, R_c, R_{см}$	сжатию и смятию поперек волокон $R_{с90}, R_{см90}$	скалыванию $R_{ск}$
Хвойные			
1 Лиственница, кроме европейской	1,2	1,2	1
2 Кедр сибирский, кроме кедра Красноярского края	0,9	0,9	0,9
3 Кедр Красноярского края	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 Вяз, ильм	1	1,6	1
Мягкие лиственные			
10 Ольха, липа, осина, тополь	0,8	1	0,8
Примечание - Коэффициенты m_n , указанные в таблице, для конструкций опор воздушных линий электропередачи, изготавливаемых из не пропитанной антисептиками лиственницы (при влажности $\leq 25\%$), умножаются на коэффициент 0,85.			

Таблица 9[1]

Условие эксплуатации (таблица 1)	1 и 2	3	4а	4б
Коэффициент m_b	1	0,9	0,85	0,75

Таблица 10[1]

Высота сечения, см	50 и менее	60	70	80	100	120 и более
Коэффициент m_6	1	0,96	0,93	0,90	0,85	0,8

Таблица 11[1]

Толщина слоя, мм	10 и менее	19	26	33	42
Коэффициент $m_{сл}$	1,2	1,1	1,05	1,0	0,95

Таблица 12[1]

Напряженное состояние	Обозначение расчетных сопротивлений	Коэффициент $m_{тн}$ при отношении r_k/a			
		150	200	250	500 и более
Сжатие и изгиб	$R_c, R_{и}$	0,8	0,9	1	1
Растяжение	R_p	0,6	0,7	0,8	1

Примечание - r_k - радиус кривизны гнутой доски или бруска; a - толщина гнутой доски или бруска в радиальном направлении.

Таблица 13[1]

Вид напряженного состояния	Значение коэффициента $m_{с.с}$ при сроке службы сооружения		
	≤ 50 лет	75 лет	100 лет и более
Изгиб, сжатие, смятие вдоль и поперек волокон древесины	1,0	0,9	0,8
Растяжение и скалывание вдоль волокон древесины	1,0	0,85	0,7
Растяжение поперек волокон древесины	1,0	0,8	0,5

Примечание - Значение коэффициента $m_{с.с}$ для промежуточных сроков службы сооружения принимаются по линейной интерполяции.

Таблица 14[1]

Вид связей	Коэффициент k_c	
	при центральном сжатии	сжатии с изгибом
1 Гвозди, шурупы	$\frac{1}{10d^2}$	$\frac{1}{5d^2}$
2 Стальные цилиндрические нагели:		
а) диаметром $\leq 1/7$ толщины соединяемых элементов	$\frac{1}{5d^2}$	$\frac{1}{2,5d^2}$
б) диаметром $> 1/7$ толщины соединяемых элементов	$\frac{1,5}{ad}$	$\frac{3}{ad}$
3 Вклеенные стержни из арматуры А400 - А600	$\frac{1}{10d^2}$	$\frac{1}{5d^2}$

4 Дубовые цилиндрические нагели	$\frac{1}{d^2}$	$\frac{1,5}{d^2}$
5 Дубовые пластинчатые нагели	-	$\frac{1,4}{\delta b_{пл}}$
6 Клей	0	0

Примечание - Диаметры гвоздей, шурупов, нагелей и вклеенных стержней d , толщина элементов a , ширина $b_{пл}$ и толщина δ пластинчатых нагелей должны быть выражены в сантиметрах.

Таблица 15[1]

Коэффициент	Число слоев в элементе	Значение коэффициента для расчета изгибаемых составных элементов при пролетах, м			
		2	4	6	9 и более
k_w	2	0,7	0,85	0,9	0,9
	3	0,6	0,8	0,85	0,9
	10	0,4	0,7	0,8	0,85
$k_{ж}$	2	0,45	0,65	0,75	0,8
	3	0,25	0,5	0,6	0,7
	10	0,07	0,2	0,3	0,4

Примечания
1 Для промежуточных значений величины пролета и числа слоев коэффициенты определяются интерполяцией.
2 Для составных балок на наклонно вклеенных связях при числе слоев не более 4 независимо от пролета, следует принимать $k_w = 0,95$, $k_{ж} = 0,9$.

Таблица 16[1]

Наименование элементов конструкций	Предельная гибкость λ_{\max}
1 Сжатые пояса, опорные раскосы и опорные стойки ферм, колонны	120
2 Прочие сжатые элементы ферм и других сквозных конструкций	150
3 Сжатые элементы связей	200
4 Растянутые пояса ферм в вертикальной плоскости	150
5 Прочие растянутые элементы ферм и других сквозных конструкций	200
Для опор воздушных линий электропередачи	
6 Основные элементы (стойки, приставки, опорные раскосы)	150
7 Прочие элементы	175

8 Связи	200
Примечание - Для сжатых элементов переменного сечения величина предельной гибкости $\lambda_{\text{макс}}$ умножается на $\sqrt{k_{жN}}$, где коэффициент $k_{жN}$ принимается по таблице Е.2 приложения Е[1].	

Таблица 17[1]

Вид соединения	Деформация соединения, мм
Соединение:	
- на лобовых врубках и торец в торец	1,5
- в примыканиях поперек волокон	3
- на нагелях всех видов	2
- на металлических зубчатых пластинах (МЗП)	1,5
- на стержнях, вклеенных перпендикулярно плоскости сплачивания	1,5
- на наклонно вклеенных стержнях	0,5
- в клеевых соединениях	0

Таблица 18[1]

Схема соединений	Напряженное состояние соединения	Расчетная несущая способность T на один шов сплачивания (условный срез), кН	
		гвоздя, стального, алюминиевого, стеклопластикового нагеля	дубового нагеля
1 Симметричные соединения (рисунок 9, а)	а) Смятие в средних элементах	$0,75cd$	$0,45cd$
	б) Смятие в крайних элементах	$1,2ad$	$0,75ad$
2 Несимметричные соединения (рисунок 9, б)	а) Смятие во всех элементах равной толщины, а также в более толстых элементах односрезных соединений	$0,55cd$	$0,3cd$
	б) Смятие в более толстых средних элементах двухсрезных соединений при $a \leq 0,5c$	$0,4cd$	$0,2cd$
	в) Смятие в более тонких крайних элементах при $a \leq 0,35c$	$1,2ad$	$0,75ad$

	г) Смятие в более тонких элементах односрезных соединений и в крайних элементах при $c > a > 0,35c$	$1,5k_{н}ad$	$1,5k_{н}ad$
3 Симметричные и несимметричные соединения	а) Изгиб гвоздя	$3,1d^2 + 0,012a^2$, но не более $5d^2$	-
	б) Изгиб нагеля из стали С235 и арматуры А240 ($R_{ин} = 440$ МПа)	$2,2d^2 + 0,025a^2$, но не более $3,1d^2$	-
	в) Изгиб нагеля из алюминиевого сплава Д16-Т	$2d^2 + 0,025a^2$, но не более $2,2d^2$	-
	г) Изгиб нагеля из стеклопластика АГ-4С	$1,8d^2 + 0,025a^2$, но не более $2,2d^2$	-
	д) Изгиб нагеля из древесно-слоистого пластика ДСПБ	$d^2 + 0,025a^2$, но не более $1,5d^2$	-
	е) Изгиб дубового нагеля	-	$0,55d^2 + 0,025a^2$, но не более $0,8d^2$
4 Торцевые соединения с металлической накладкой с жестким креплением нагелей (рисунок 11, в)	Изгиб нагеля из стали С235 и арматуры А240 ($R_{ин} = 440$ МПа)	$2d^2$	-

Примечания

1 В таблице: c - толщина средних элементов, а также равных по толщине или более толстых элементов односрезных соединений, a - толщина крайних элементов, а также более тонких элементов односрезных соединений; d - диаметр нагеля; все размеры приведены в сантиметрах.

2 Расчетную несущую способность нагеля в двухсрезных несимметричных соединениях при неодинаковой толщине элементов следует определять с учетом следующего:

а) расчетную несущую способность нагеля из условия смятия в среднем элементе толщиной c при промежуточных значениях a между c и $0,5c$ следует определять интерполяцией между значениями по [пункту 2, а](#) и [2, б](#) настоящей таблицы;

б) при толщине крайних элементов $a > c$ расчетную несущую способность нагеля следует определять из условия смятия в крайних элементах по [пункту 2, а](#) настоящей таблицы с заменой c на a ;

в) при определении расчетной несущей способности из условий изгиба нагеля толщину крайнего элемента a в [пункте 3](#) таблицы следует принимать не более $0,6c$.

3 Значения коэффициента $k_{н}$ для определения расчетной несущей способности при смятии в более тонких элементах односрезных соединениях при $c \geq a \geq 0,35c$ приведены в [таблице 20](#).

4 Расчетную несущую способность нагеля в рассматриваемом шве следует принимать равной меньшему из всех значений, полученных по формулам данной таблицы.

5 Расчет нагельных соединений на скалывание производить не следует, если выполнены условия расстановки нагелей в соответствии с [8.22](#), [8.25](#) и [8.27](#).

6 Диаметр нагеля d следует назначать из условия наиболее полного использования его

несущей способности по изгибу.

7 Число нагелей n_n в соединении следует определять по формуле

$$n_n = \frac{N}{Tn_{ш}} \geq 2, \quad (66)$$

где N - расчетное усилие;

T - наименьшая расчетная несущая способность, найденная по формулам настоящей таблицы;

$n_{ш}$ - число расчетных швов одного нагеля.

8 В соединениях число нагелей должно быть не менее 2. Исключение составляют нагели, устанавливаемые конструктивно (например, на период сборки и монтажа).

9 Для гвоздей, установленных в предварительно рассверленные отверстия диаметром, равным диаметру гвоздя, несущая способность по изгибу определяется как для нагеля из стали С235.

Таблица 19[1]

Угол, град	Коэффициент k_α					для дубовых нагелей
	для стальных, алюминиевых и стеклопластиковых нагелей диаметром, мм					
	12	16	20	24		
30	0,95	0,9	0,9	0,9	1	
60	0,75	0,7	0,65	0,6	0,8	
90	0,7	0,65	0,55	0,5	0,7	

Примечания

1 Значение k_α для промежуточных углов определяется интерполяцией.

2 При расчете односрезных соединений для более толстых элементов, работающих на смятие под углом, значение k_α следует умножать на дополнительный коэффициент 0,9 при $c/a < 1,5$ и на 0,75 при $c/a \geq 1,5$.

(в ред. [Изменения N 2](#), утв. Приказом Минстроя России от 30.01.2019 N 62/пр)

Таблица № 1[3]

Номинальные размеры толщины и ширины
(ГОСТ 24454 – 80)

Толщина, мм	Ширина, мм								
	75	100	125	150	-	-	-	-	-
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	-

Примечание. По требованию потребителя допускается изготавливать пиломатериалы с размерами, не указанными в таблице.

Таблица № 20

Рекомендуемый сортамент болтов

Диаметр, мм		Площадь сечения, см ²		Размеры квадратных шайб стяжных болтов, мм	
по стержню	по нарезке	по стержню	по нарезке	ширина	толщина
12	9,7	1,13	0,74	45	4
16	13,4	2,01	1,41	55	4
20	16,7	3,14	2,18	70	5
24	20,1	4,52	3,16	90	7
27	23,1	5,72	4,18	100	8
30	25,4	7,06	5,06	-	-
36	30,8	10,17	7,44	-	-

Таблица № 21

Рекомендуемый сортамент гвоздей

Диаметр, мм	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Длина, мм	70; 80	80; 90	100; 110	125	150	175	200

Таблица № 22

Рекомендуемый сортамент шурупов с потайной и полукруглой головкой

Диаметр, мм	Длина, мм
2	7,10,13
3	10,13,16,20,25,30
4	13,16,20,.....,60 с градаций через 5 мм
5	13,16,20,.....,70 с градаций через 5 мм
6	20,.....,100 с градаций через 5 мм
8	50,.....,100 с градаций через 5 мм
10	80,90,100 с градаций через 5 мм

Таблица Д.1[2]

Элементы конструкций	Предъявляемые требования	Вертикальные предельные прогибы f_u	Нагрузки для определения вертикальных прогибов
1 Балки крановых путей подмостовые и подвесные краны, управляемые из кабины при группах режимов работы: 1К - 6К 7К 8К	Физиологические	$l/400$ $l/500$ $l/600$	От одного крана То же "
2 Балки, фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы (включая поперечные ребра)	Эстетико-психологические		

<p>плит и настилов):</p> <p>а) покрытий и перекрытий, открытых для обзора, при пролете l, м:</p> <p>$l \leq 1$</p> <p>$l = 3$</p> <p>$l = 6$</p> <p>$l = 24$ (12)</p> <p>$l \geq 36$ (24)</p>		<p>$l/120$</p> <p>$l/150$</p> <p>$l/200$</p> <p>$l/250$</p> <p>$l/300$</p>	<p>Постоянные и длительные, а также нагрузки, указанные в таблице 8.3, с понижающим коэффициентом, равным 0,35, и снеговые нагрузки с понижающим коэффициентом, равным 0,5</p>
<p>б) покрытий и перекрытий при наличии тельферов (талей), подвесных кранов, управляемых из кабины</p>	<p>Физиологические</p>	<p>$l/400$ или $a/200$ (меньшее из двух)</p>	<p>От одного крана или тельфера (тали) на одном пути</p>
<p>в) перекрытий, подверженных действию:</p> <p>перемещаемых грузов, материалов, узлов и элементов оборудования и других подвижных нагрузок (в том числе при безрельсовом напольном транспорте)</p> <p>нагрузок от рельсового транспорта:</p> <p>узкоколейного</p> <p>ширококолейного</p>	<p>Физиологические</p>	<p>$l/350$</p> <p>$l/400$</p> <p>$l/500$</p>	<p>Наиболее неблагоприятное из следующих двух значений:</p> <p>0,7 полных нормативных значений кратковременных нагрузок на перекрытие или нагрузки от одного транспортного средства</p> <p>От одного состава вагонов (или одной напольной машины) на одном пути</p> <p>То же</p>
<p>г) покрытий и перекрытий автостоянок в зданиях, при пролете l, м:</p> <p>$l = 6$</p> <p>$l = 12$</p> <p>$l \geq 24$</p>	<p>Физиологические</p>	<p>$l/200$</p> <p>$l/250$</p> <p>$l/300$</p>	<p>Постоянные и длительные, а также нагрузки, указанные в таблице 8.3 с понижающим коэффициентом, равным 0,35, и снеговые нагрузки с понижающим коэффициентом, равным 0,5</p>
<p>3 Элементы лестниц (марши, площадки, косоуры),</p>	<p>Эстетико-психологические</p>	<p>Те же, что в позиции 2, перечисление а)</p>	

балконов, лоджий	Физиологические	Определяются в соответствии с Д.2.2
4 Перемычки и навесные стеновые панели над оконными и дверными проемами (ригели и прогоны остекления)	Эстетико-психологические	Те же, что в позиции 2, перечисление а)
<p><i>Обозначения, принятые в настоящей таблице:</i> <i>l</i> - расчетный пролет элемента конструкции; <i>a</i> - шаг балок или ферм, к которым крепятся подвесные крановые пути.</p> <p>Примечания</p> <p>1 Для консоли вместо <i>l</i> следует принимать удвоенный ее вылет.</p> <p>2 Для промежуточных значений <i>l</i> в позиции 2, перечисление а), предельные прогибы следует определять линейной интерполяцией, учитывая требования Д.1.7 приложения Д.</p> <p>3 В позиции 2, перечисление а), цифры, указанные в скобках, следует принимать при высоте помещений до 6 м включительно.</p> <p>4 Особенности вычисления прогибов по позиции 2, перечисление б), указаны в Д.1.8 приложения Д.</p> <p>5 При ограничении прогибов эстетико-психологическими требованиями допускается пролет <i>l</i> принимать равным расстоянию между внутренними поверхностями несущих стен (или колонн).</p>		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 64.13330.2017. Свод правил. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80.
2. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
3. ГОСТ 24454-80. Пиломатериалы хвойных пород. - М. : Изд-во стандартов, 1980.-30 с.
4. Гринь, И. М. Проектирование и расчет деревянных конструкций: справочник / И. М. Гринь. - Липецк : Интеграл, 2006. - 236 с.
5. Конструкции из дерева и пластмасс: Учебное пособие для студентов ВУЗов/ Г.Н.Зубарев, Ф.А.Бойтемиров, В.М.Головина и др./Под ред. Ю.Н. Хромца. -3-изд., перераб. И доп.-М.:Издательский центр «Академия», 2004ю-304 с.
6. Пособие по проектированию деревянных конструкций. - М. : Стройиздат, 1986.-216 с.