

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

**РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕ-  
МЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ И ПЕРЕКРЫТИЙ  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Часть 2

Учебно-методическое пособие

к практическим занятиям по направлению подготовки 08.03.01 Строительство,  
профиль Организация инвестиционно-строительной деятельности

Нижегород  
2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ  
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
ПОКРЫТИЙ И ПЕРЕКРЫТИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ  
Часть 2

Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям по направлению подготовки 08.03.01 Строительство,  
профиль Организация инвестиционно-строительной деятельности

Нижегород  
ННГАСУ  
2021

УДК 624.011

Торопов А.С. Расчет и конструирование усиления эксплуатируемых деревянных конструкций покрытий и перекрытий зданий и сооружений. [Текст]: учеб. - метод. пособие. Ч.2. /А.С. Торопов; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун - т – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2021. – 20 с.

Приводится пример расчета деревянных наслонных стропил крыши здания. Рассмотрен вариант конструктивного решения усиления стропил и расчет элементов и соединений стропильной системы. Является обновленной версией «Расчет и конструирование усиления эксплуатируемых деревянных конструкций покрытий и перекрытий зданий и сооружений. Выпуск 2....» 2002г.

Предназначено обучающимся в ННГАСУ для подготовки к практическим занятиям по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль Организация инвестиционно-строительной деятельности

Рис. 6, табл. 1, библиогр. названий 6

© А.С. Торопов, 2021

© ННГАСУ, 2021

## Содержание

Задание .....	4
1 Расчет стропильной конструкции .....	4
1.1. Подсчет нагрузок на стропила .....	4
1.2. Статический расчет стропильной системы.....	7
1.3 Проверка прочности.....	7
2 Усиление стропильных ног .....	7
2.1 Статический расчет стропильной системы.....	8
2.2 Конструктивный расчет стропильной системы.....	11
Литература .....	18
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	19
Приложение 1 .....	19
Приложение 2 .....	20

## Задание

Выполнить проверочный расчет и при необходимости разработать усиление наслонных стропил неотапливаемого чердачного помещения мастерской (рис 1). Здание однопролетное, из кирпича,  $\ell = 11,8$  м. Стропильные ноги изготовлены из досок сосны 2 сорта сечением 75x175 мм, поставленных с шагом  $B=0,5$  м. К стропильным ногам сверху крепится сплошной настил из досок 25 мм. На доски укладывается оцинкованный профнастил. Угол наклона кровли  $\alpha=18^0$  (32,5%). Район строительства – г. Балахна. Здание защищено от прямого воздействия ветра. Температурно-влажностные условия эксплуатации – класс 2, имеет нормальный уровень ответственности.

### 1 Расчет стропильной конструкции

#### 1.1. Подсчет нагрузок на стропила

Вычисление нагрузок, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  покрытия здания приведены в таблице 1. Расчетная схема стропильной ноги покрытия приведена на рис.2.

Таблица.1

#### Постоянная нагрузка на $1 \text{ м}^2$ покрытия

№ п/п	Элементы	Нормативная нагрузка, Па	Коэфф. надежности по нагрузке $\gamma_f$	Расчётная нагрузка, Па
1. Постоянные нагрузки				
1.1	Стальная кровля (профнастил)	100	1,05	105
1.2	Сплошной настил из досок толщиной $\delta=25$ мм $0,025 \times 500 \times 10$	125	1,1	137,5
1.3	Стропильные ноги сечением 75x175 поставленные с шагом. $B=0,5$ м $\frac{b \times h \times \rho_d \times g}{B} = \frac{75 \times 0,0175 \times 500 \times 10}{0,5}$	131,3	1,1	144,4
	Итого постоянная нагрузка	356,3 $\approx$ 356		386,9 $\approx$ 387
Примечания: $\rho_d$ – плотность древесины, определяемая по таблице приложения [1].				

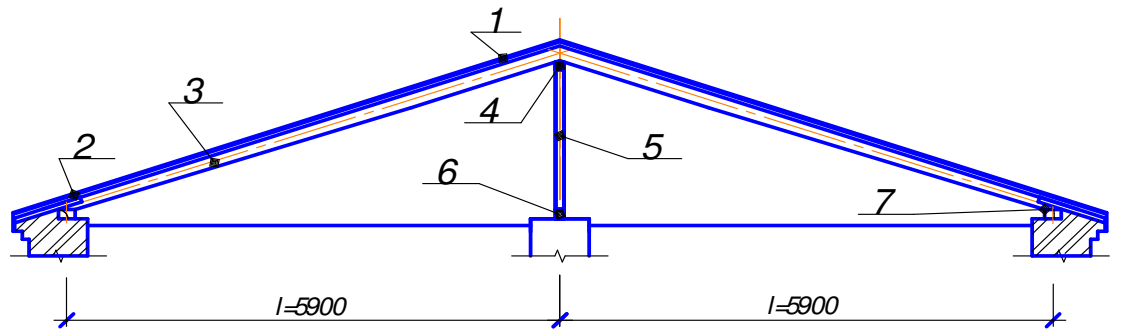


Рисунок 1 Схема покрытия:

1- ствольная кровля; 2- сплошной настил из досок; 3- стропильная нога  
4- прогон; 5- стойка; 6- лежень, 7- мауэрлатный брус.

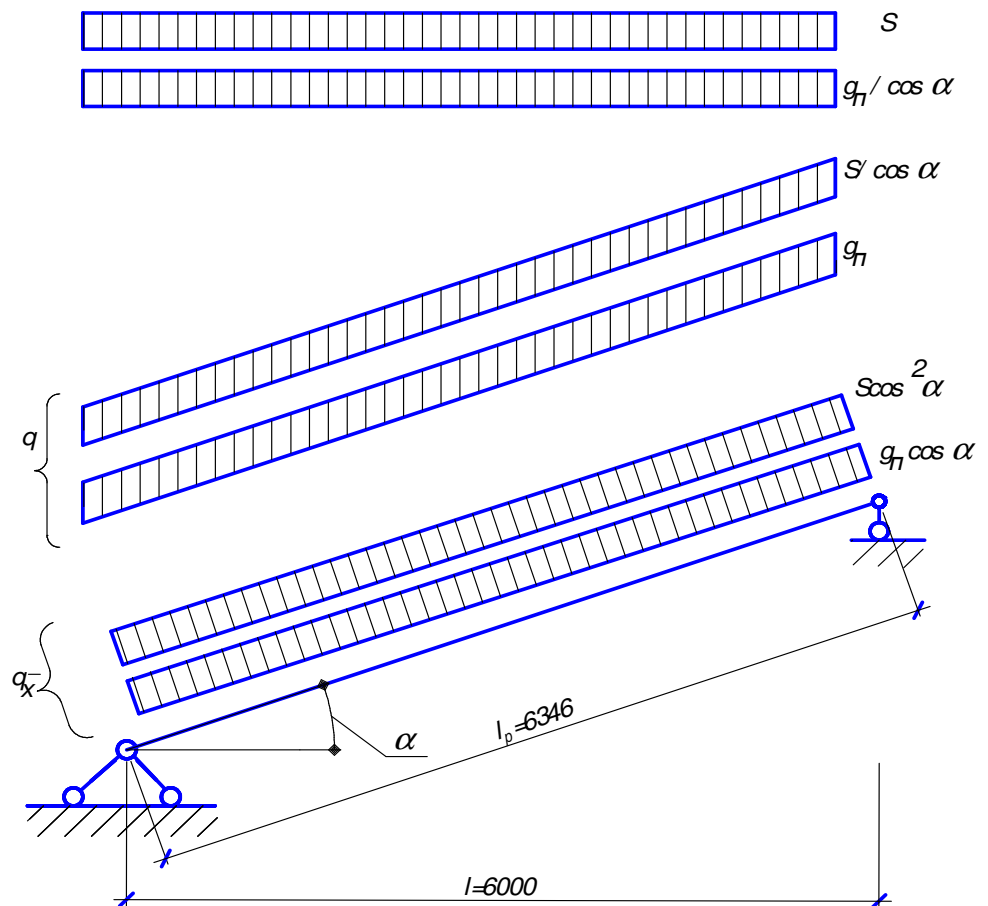


Рис.2 Расчетная схема стропильной ноги

Подсчет нагрузок на настил производится в соответствии со СП 20.13330.2016 “Нагрузки и воздействия” [2].

Нормативное значение снеговой нагрузки на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной проекции покрытия определяется по формуле:

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2000 = 2000 \text{ Н/м}^2$$

где  $\mu$  – коэффициент формы, учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4 и приложением Г [2] (Для упрощения примера принимаем 1 вариант снеговой нагрузки);

$c_e$  – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытия здания, принимаемый в соответствии с п.10.5[2];

$c_t$  – термический коэффициент, принимаемый в соответствии с п.10.10[2];

$\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке, равный 1,4 для снеговой нагрузки (п.10.12[2]);

$S_g$  – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли для г. Балахна, расположенного в IV снеговом районе по табл.10.1[2]

Расчетное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле умножением нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  ,:

$$S = S_0 \cdot \gamma_f = 2000 \cdot 1,4 = 2800 \text{ Па}$$

Пониженное нормативное значение веса снеговой нагрузки согласно п.10.11[2] для 4 района:

$$S_{оп} = 0,5 \cdot S_0 = 0,5 \cdot 2000 = 1000 \text{ Па}$$

Полная линейная расчетная нагрузка на стропильную ногу

$$q = (g + S \cdot \cos \alpha) \cdot \gamma = (387 + 2800 \cdot 0,9511) \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 1525 \text{ Н/м},$$

где  $\gamma = 1,0$  – коэффициент надежности по ответственности (пр. А[3]).

Нагрузка перпендикулярно скату

$$q_x = q \cdot \cos \alpha = 910 \cdot 0,9511 = 1450 \text{ Н/м}$$

## 1.2. Статический расчет стропильной системы

Геометрические характеристики сечения:

- длина

$$l' = \frac{l}{\cos \alpha} = \frac{5,9}{0,9455} = 6,204 \text{ м}$$

- расчетный момент сопротивления сечения:

$$W = bh^2 / 6 = 0,075 \cdot 0,175^2 / 6 = 383 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 ;$$

Максимальный изгибающий момент

$$M = 0,125q_x l'^2 / 8 = 0,125 \cdot 1450 \cdot 6,204^2 / 8 = 6976 \text{ Нм}$$

### 1.3 Проверка прочности

Расчет балки на прочность по нормальным напряжениям производится по формуле 23[1]:

$$\frac{M}{W_{\text{расч}}} = \frac{6976}{383 \cdot 10^{-4}} = 18,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 18,2 \text{ МПа} < R_u = 12,9 \text{ МПа}$$

Расчетное сопротивление древесины сосны 2<sup>го</sup> сорта изгибу  $R_u$  определяется:

$$R_u = R_{и}^A \cdot m_{дл} \cdot m_{п} \cdot m_{в} = 19,5 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 12,9 \text{ МПа},$$

$R_{и}^A$ -расчетное сопротивление древесины сосны изгибу, приведенное в табл.3[1], влажностью 12% для режима нагружения А, согласно табл. 4[1], в сооружениях 3-го класса функционального назначения, согласно приложению А[1], при сроке эксплуатации 50 лет, табл. 3[1].

$m_{дл}$  - коэффициент длительной прочности, соответствующий режиму длительности нагружения А, табл. 4[1].

$m_{п}$ -п.б.1., таблица 5[1];

$m_{в}$ -п.5.3, табл. А.2 приложения А[1].

*Прочность по нормальным напряжениям не обеспечена и требуется усиление стропильных ног.*

## 2 Усиление стропильных ног

В данном случае усиление стропильных ног может быть рационально выполнено за счет изменения их расчетной схемы (рис.3). С целью уменьше-



ния значения изгибающего момента вводятся подкосы 8, нижние концы которые упираются в лежень 6. Для восприятия распора устанавливается затяжка 9.

#### 2.1.4 Геометрические параметры стропильной системы.

$$l_2 = l / (1 + \operatorname{ctg} \alpha) = 5900 / (1 + 3,077) = 1447 \text{ мм.}$$

$$\text{Тогда } l_1 = l - l_2 = 5900 - 1447 = 4453 \text{ мм.}$$

Длины верхнего и нижнего участков стропильной ноги  
 $l'_1 = l_1 / \cos \alpha = 4453 / 0,9511 = 4682 \text{ мм.}$

$$l'_2 = l_2 / \cos \alpha = 1447 / 0,9511 = 1522 \text{ мм.}$$

Острый угол между подкосом и стропильной ногой

$$\gamma = \alpha + \beta = 18^\circ + 45^\circ = 63^\circ, \sin \gamma = 0,8910; \cos \gamma = 0,4540.$$

$$\text{Длина подкоса } l_n = l_2 / \sin(90 - \beta) = 4477 / 0,7071 = 2046 \text{ мм.}$$

#### 2.2 Статический расчет стропильной системы.

При расчете стропильная нога рассматривается как двухпролетная неразрезная балка (рис.4). Опасным сечением стропильной ноги является сечение над промежуточной опорой (в месте примыкания подкоса) в результате ослабления врубкой.

Глубина врубки принимается равной

$$h_{вр} = 35 \text{ мм} < 1/4 h = 1/4 \cdot 175 = 44 \text{ мм.}$$

Геометрические характеристики расчетного (ослабленного врубкой) сечения:

- высота сечения

$$h_{осл} = h - h_{вр} = 175 - 35 = 140 \text{ мм.}$$

- площадь поперечного сечения

$$F_{нт} = b \cdot h_{осл} = 7,5 \cdot 14 \cdot 10^{-4} = 105 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

- момент сопротивления

$$W_{нт} = (b \cdot h_{осл}^2) / 6 = (7,5 \cdot 14 \cdot 10^{-6}) / 6 = 245 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Изгибающий момент в сечении над средней опорой определяется по формуле

$$M_B = - \frac{q_x (l_1'^3 - l_2'^3)}{8(l_1' - l_2')} = - \frac{1450(4,682^3 - 1,522^3)}{8(4,682 - 1,522)} = -2805 \text{ Нм}$$

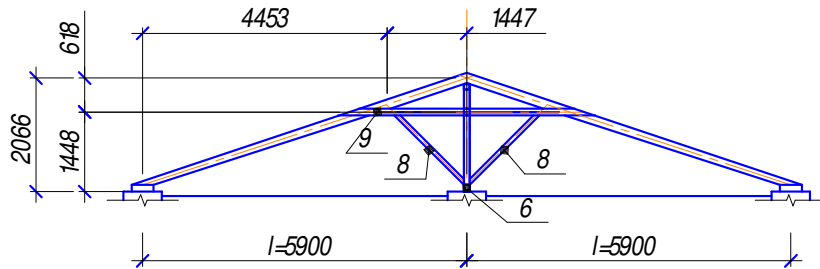
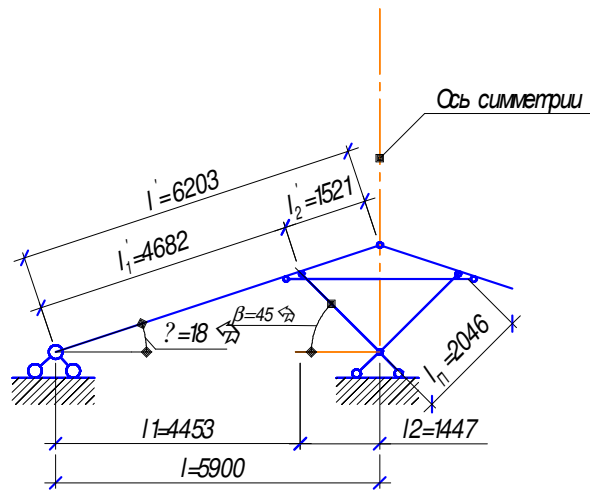
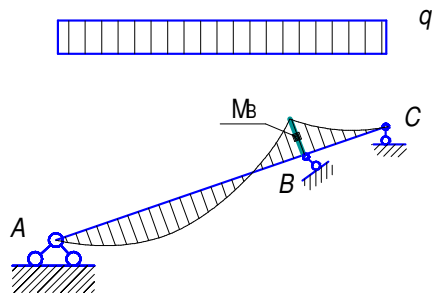


Рисунок 3 Схема усиления стропил:  
6- лежень, 8- подкосы, 9- затяжка.



б.



в.

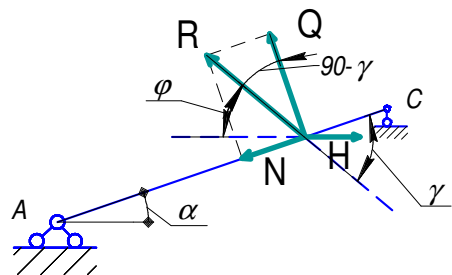


Рисунок 4 -К расчету элементов наклонных стропил:  
ф-геометрическая схема;б-к расчету стропильной ноги;  
в-к расчету подкоса затяжки.

Поперечная составляющая  $Q$  реакции в промежуточной опоре стропил  $R$  определяется по формуле:

$$Q = \frac{q_x l'}{2} + \frac{M_B l'}{l'_1 \cdot l'_2} = \frac{1450 \cdot 6,204}{2} + \frac{2805 \cdot 6,204}{4,682 \cdot 1,522} = 7194 \text{ Нм}$$

Продольная составляющая  $N$  реакции  $R$  составит:

$$N = Q \cdot \operatorname{tg}(90 - \gamma) = 7194 \cdot \operatorname{tg}(90 - 63) = 7194 \cdot 0,5095 = 3665 \text{ Н.}$$

Сжимающее усилие в подкосе

$$R = \sqrt{Q^2 + N^2} = \sqrt{7194^2 + 3665^2} = 8073 \text{ Н}$$

Изгибающий момент в середине нижнего участка АВ стропильной ноги определяется как для однопролетной шарнирно опертой балки пролетом

$l'_1 = 4,682$  м, считая в запас прочности, что при возможной просадке среднего узла опорный изгибающий момент  $M_B = 0$ . В этом случае  $M_1 = 0,125 \cdot q_x \cdot l_1^2 = 0,125 \cdot 1450 \cdot 4,682^2 = 3973$  Нм.

Геометрические характеристики расчетного сечения (в сечении, где действует изгибающий момент  $M$ ):

- площадь поперечного сечения

$$F_{\text{расч}} = bh = 0,075 \cdot 0,175 = 131 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3;$$

- момент сопротивления

$$W_{\text{расч}} = bh^2 / 6 = 0,075 \cdot 0,175^2 / 6 = 383 \times 10^{-4} \text{ м}^3;$$

- момент инерции

$$I_{\text{расч}} = bh^3 / 12 = 0,075 \cdot 0,175^3 / 12 = 8,33 \times 10^{-5} \text{ м}^4;$$

гибкость стропильной ноги на участке

$$\lambda = \frac{l'_1}{0,289 \cdot h} = \frac{4682}{0,289 \cdot 175} = 92,6;$$

$\xi$  - коэффициент, учитывающий дополнительный изгибающий момент от продольной сжимающей силы  $N = 3665$  Н.

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2}{3000} \cdot \frac{N}{F_{\text{расч}} \cdot R_c} = 1 - \frac{92,6}{3000} \cdot \frac{3665}{131 \cdot 10^{-4} \cdot 12,9 \cdot 10^6} = 0,94$$

Изгибающий момент, определяемый по деформированной схеме

$$M_D = M_1 / \xi = 3973 / 0,94 = 4226 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

## 2.2 Конструктивный расчет стропильной системы.

### 2.2.1. Расчет стропильных ног.

Проверка прочности по нормальным напряжениям в ослабленном сечении стропильной ноги от действия отрицательного изгибающего момента  $M_B = -2085 \text{ Н}\cdot\text{м}$  и сжимающей силы  $N = 3665 \text{ Н}$ .

$$\frac{N}{F_{\text{расч}}} + \frac{M_B}{W_{\text{расч}}} = \frac{3665}{105 \cdot 10^{-4}} + \frac{2085}{245 \cdot 10^{-6}} = 11,8 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq R_c = 12,9 \text{ МПа}$$

Проверка прочности по нормальным напряжениям в середине нижнего участка стропильной ноги от действия изгибающего момента  $M_D = 4226 \text{ Н}\cdot\text{м}$  и силы  $N = 3665 \text{ Н}$  выполняется как для сжато-изгибаемого элемента по формуле

$$\frac{N}{F_{\text{расч}}} + \frac{M_D}{W_{\text{расч}}} = \frac{3665}{131 \cdot 10^{-4}} + \frac{4226}{383 \cdot 10^{-6}} = 11,3 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq R_c = 12,9 \text{ МПа}$$

расчетное сопротивление древесины сосны второго сорта сжатию вдоль волокон находим по формуле:

$$R_c = R_c^A \cdot m_{\text{дл}} \cdot m_{\text{п}} \cdot m_{\text{в}} = 19,5 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 12,9 \text{ МПа},$$

здесь  $R_c$  - расчетное сопротивление древесины сосны сжатию, приведенное в табл.3[1], влажностью 12% для режима нагружения А, согласно табл. 4[1], в сооружениях 3-го класса функционального назначения, согласно приложению А[1], при сроке эксплуатации 50 лет,

*Прочность стропильных ног обеспечена.*

При определении прогиба стропильной ноги в соответствии с таблицей 19 [2] используется снеговая нагрузка с пониженным нормативным значением  $S_{оп}$ .

Полная линейная нормативная нагрузка на стропильную ногу для расчета прогиба составит:

$$q = (g_n + S_{оп} \cdot \cos \alpha) \cdot \gamma = (356 + 1000 \cdot 0,9511) \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 654 \text{ Н/м},$$

Прогиб без учета деформаций сдвига при загрузении балки равномерно распределенной нагрузкой  $f_0$  определяется по формуле

$$f_0 = \frac{5}{384} \times \frac{q_{дл}^H \times \ell^4}{E^{II} \times I} = \frac{5 \times 654 \times 5,9^4}{384 \times 10^{10} \times 8,33 \times 10^{-5}} = 0,012 \text{ м}$$

где  $E^{II} = E_{ср} \cdot m_{дл,Е} \cdot m_{п} \cdot m_{в} = 10 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 10 \text{ ГПа}$

модуль упругости древесины при расчете по предельным состояниям II группы, принимаемый согласно п.6.10 [1];

коэффициенты К и С для вычисления прогиба балки с учетом переменности сечения и деформаций сдвига определяются согласно таблицы Е.4 [1];

$$K = 1 - \text{для балки постоянного сечения.}$$

$$C = 15,4 + 3,8\beta = 15,4 + 3,8 \times 1 = 19,2$$

Прогиб с учетом деформаций сдвига

$$f = \frac{0,012}{1} \left[ 1 + 19,2 \times \left( \frac{0,175}{5,9} \right)^2 \right] = 0,013$$

Прогиб с учетом дополнительного момента от продольной сжимающей силы N:

$$f_{д} = f / \xi = 0,013 / 0,94 = 0,014 \text{ м.}$$

Согласно таблицы Д.1(2) для пролета  $l_1 = 3 \text{ м}$  предельно допустимый прогиб составляет:

$$f_{u1} = (1/150) \cdot l_1 = (1/150) \cdot 3 = 0,02 \text{ м}$$

$$f_{u2} = (1/150) \cdot l_2 = (1/150) \cdot 6 = 0,03 \text{ м.}$$

Для определения предельного прогиба стропильной ноги пролетом  $l_2 = 3,169 \text{ м}$  используется формула линейной интерполяции:

$$f_u = V \cdot f_{u1} + U \cdot f_{u2},$$

$$\text{где } U = \frac{l_1' - l_1}{l_2 - l_1} = \frac{4,72 - 3}{6 - 3} = 0,573$$

$$V = 1 - U = 1 - 0,573 = 0,427.$$

$$\text{Следовательно } f_u = 0,427 \cdot 0,02 + 0,573 \cdot 0,03 = 0,020 \text{ м.}$$

Таким образом требование  $f_a = 0,014 \text{ м} < f_u = 0,020 \text{ м}$  выполнено.

*Стропильная нога удовлетворяет требованиям жесткости.*

### 2.2.2 Расчет подкоса.

Ширина сечения подкоса равна ширине стропильной ноги, т.е.  $b=75$  мм. Высота поперечного сечения подкоса определяется из условия предельной гибкости сжатого элемента  $\lambda_{пр}=150$ .

$$h \geq \frac{l_{п}}{0.289 \cdot \lambda_{пр}} = \frac{2046}{0.289 \cdot 150} = 48 \text{ мм}$$

В соответствии с существующим сортаментом пиломатериалов, запасом принимаем  $h=75$  мм.

Площадь сечения подкоса

$$F_n = 7,5 \cdot 7,5 \cdot 10^{-4} = 56,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Гибкость

$$\lambda = \frac{l_{п}}{0.289 \cdot h} = \frac{2046}{0.289 \cdot 75} = 94 > 70$$

Коэффициент продольного изгиба

$$\varphi = 3000/\lambda^2 = 3000/94^2 = 0,34.$$

Проверка устойчивости подкоса

$$\frac{R}{\varphi F_{п}} = \frac{8073}{0,34 \cdot 56,3 \cdot 10^{-4}} = 4,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 4,7 \text{ МПа} < R_c = 12,9 \text{ МПа}$$

*Устойчивость подкоса обеспечена.*

### 2.2.3 Расчет соединения подкоса со стропильной ногой на смятие древесины.

Подкос упирается в стропильную ногу лобовой врубкой под углом  $\gamma=63^\circ$ .

Площадь смятия врубки глубиной  $h_{вр}=35$  мм.

$$F_{см} = (h_{вр}/\text{Cos}\gamma) \cdot b = (3,5/0,4540) \cdot 7,5 \cdot 10^{-4} = 59,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Проверка прочности древесины на смятие под углом  $\gamma$ :

$$R/F_{см} = 8073/59,9 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,3 \text{ МПа} < R_{см 90} = 3 \text{ МПа}.$$

$$R_{см 90} = R_{см 90}^A \cdot m_{дл} \cdot m_{п} \cdot m_{в} = 4,5 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 3 \text{ МПа}$$

где  $R_{см90}$  - расчетное сопротивление древесины сосны изгибу смятие поперек волокон местное в узловых примыканиях элементов, приведенное в табл.3[1], влажностью 12% для режима нагружения А, согласно табл. 4[1], в сооружениях 3-го класса функционального назначения, согласно приложению А[1], при сроке эксплуатации 50 лет.

*Прочность на смятие обеспечена.*

#### 2.2.4 Расчет затяжки.

Горизонтальная составляющая усилия в раскосе, равная  $H=R \cdot \cos\varphi=8073 \cdot 0,7071=5708$  Н, создает распор стропильной системы, который воспринимается затяжкой.

Требуемая площадь сечения растянутой затяжки

$$F_{mp} = \frac{H}{R_p} = \frac{5708}{4,9 \cdot 10^{-6}} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$R_{см90} = R_{см90}^A \cdot m_{дл} \cdot m_{п} \cdot m_{в} \cdot 0,7 = 10,5 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 4,9 \text{ МПа}$$

где  $R_p$  - расчетное сопротивление древесины сосны растяжение вдоль волокон элементы из цельной древесины, приведенное в табл.3[1], влажностью 12% для режима нагружения А, согласно табл. 4[1], в сооружениях 3-го класса функционального назначения, согласно приложению А[1], при сроке эксплуатации 50 лет.

0,7 - коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления растяжению в конструкциях построечного изготовления прим.1 табл. 3[1].

Затяжку принимаем из одной доски сечением  $b_3 \times h_3=40 \times 100$  мм с площадью поперечного сечения (Приложение 1), учетом установки гвоздей, см. рис. 6:

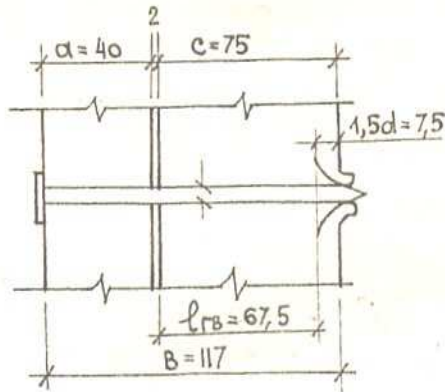
$$F=40 \text{ см}^2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 > F_{mp}=1,16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

#### 2.3.5 Расчет соединения затяжки со стропильной ногой.

а) Соединения затяжки со стропильной ногой принимаем на гвоздях диаметром  $d = 5$  мм, длиной  $l = 120$  мм (Приложение 2).

Поскольку длина гвоздя превышает общую толщину пакета

$$B = b_3 + b + 2 = a + c + 2 = 40 + 75 + 2 = 117 \text{ мм},$$



то согласно п.8.24 [1] при свободном выходе конца гвоздя элементе не следует учитывать заостренную часть длиной  $1,5d$ ; 2 мм зазор на шов между соединяемыми элементами.

Расчетная длина защемления гвоздя определяется:

$$l_{зг} = c - 1,5 d = 75 - 1,5 \cdot 5 = 67,5 \text{ мм.}$$

Определяется несущая способность одного условного среза гвоздя  $T_p$  по формулам табл.18 [1] (все размеры в формуле подставляются в см., а значение  $T$  в кН):

- из условия изгиба гвоздя:

$$\begin{aligned} T_u &= (3,1d^2 + 0,012a^2) \cdot m_{дл} \cdot m_n \cdot m_г \\ &= (3,1 \times 0,5^2 + 0,012 \times 4^2) \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 0,638 \text{ кН,} \end{aligned}$$

не более

$$T_u = 5d^2 \cdot m_{дл} \cdot m_n \cdot m_г = 5 \cdot 0,5^2 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 0,825 \text{ кН;}$$

- из условия смятия древесины более толстого элемента односрезных соединений ( $c = l_{зг} = 6,75 \text{ см}$ )

$$T_c = 0,55 \cdot c \cdot d \cdot m_{дл} \cdot m_n \cdot m_г = 0,55 \cdot 6,75 \cdot 0,5 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 1,225 \text{ кН;}$$

- из условия смятия древесины в более тонких элементах односрезных соединений :

$$T_a = 1,5 \cdot K_n \cdot a \cdot d \cdot m_{дл} \cdot m_n \cdot m_г = 1,5 \cdot 0,48 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 0,950 \text{ кН,}$$

где  $K_n = 0,48$  – коэффициент, определяемый по табл.20 [1] в зависимости от отношения  $a/c = 4/6,75 \approx 0,6$ .

За расчетную несущую способность одного условного среза гвоздя принимается минимальное значение, т.е.  $T_p = T_{мин} = 638 \text{ Н}$ .

Определяется требуемое число гвоздей, необходимых для постановки в местах гвоздевого забоя



$$n_{\text{тр}} = \frac{H}{T_p} = \frac{5708}{638} = 8,9 \text{ шт} \sim 9 \text{ шт.};$$

Принимаем 9 штук, расставленных тремя косыми рядами (рис.б).

Для определения расстояния между осями гвоздей определяем необходимые размеры по их расстановке:

-вдоль волокон древесины затяжки

$$S^T_1 \geq 15d = 15 \cdot 5 = 75 \text{ мм};$$

-поперек волокон древесины затяжки и стропильной ноги от кромок и между гвоздями  $S^T_2 = S^T_3 \geq 4d = 4 \cdot 5 = 20 \text{ мм}$

Длина нахлеста затяжки на стропильную ногу

$$l' = \frac{h_c}{\sin \alpha} = \frac{175}{0,3090} = 566 \text{ мм}$$

Среднее расстояние между осями гвоздей вдоль волокон древесины затяжки

$$S_1^\phi = \frac{l'}{n_p + 1} = \frac{566}{3 + 1} = 141 \text{ мм} > S^T_1 = 75 \text{ мм};$$

Расстояние между осями гвоздей поперек волокон древесины от кромок стропильной ноги

$$S^\phi_2 = S^\phi_1 \sin \alpha = 141 \cdot 0,3090 = 44 > S^T_2 = 20 \text{ мм}$$

и от кромок затяжки  $S^\phi_2 = 44 \text{ мм} > S^T_2 = 20 \text{ мм}$ .

Расстановка в 3 ряда возможна для доски шириной 125 мм.

Расстановка гвоздей в соединении представлена на рисунке б.



## Литература

1. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80./Минстрой России-М.2018.-97 стр.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*/Минстрой России - М.2019-110 стр.
3. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
4. ГОСТ 24454 – 80 Пиломатериалы хвойных пород. Размеры.
5. ГОСТ 4028-80 Гвозди строительные
6. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ И ПЕРЕКРЫТИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. Выпуск 2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Реконструкция и усиление деревянных конструкций» для студентов очной формы обучения направления 550100 – «Промышленное и гражданское строительство» и специализацией 290304 – «Реконструкция и реставрация зданий и сооружений»/ Цепяев В.А. Савичев Ю.В.- Н. Новгород: Полиграфцентр ННГАСУ,2002.-23с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

Рекомендуемый сортамент пиломатериалов для несущих  
деревянных конструкций (применительно к ГОСТ 24454 – 80)

Толщина, мм	Ширина, мм								
	рекомендуемая				допускаемая				
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	-	-	-	-	-	-	225	250	-

## Гвозди строительные (ГОСТ 4028-80)

Диаметр гвоздя, мм	Длина гвоздя, мм	Масса 1000 гвоздей, кг
2,0	40	0,95
	50	1,19
	60	1,36
2,4	50	1,85
2,5	50	1,87
	55	2,23
	60	2,23
2,8	60	3,06
3,0	70	3,77
	70	3,77
	80	4,33
3,5	70	5,6
	80	6,4
	90	6,6
4,0	100	9,5
	120	11,5
5,0	100	16,3
	120	17,8
	150	21,9
6,0	150	32,4
	200	43,1
8,0	300	126
	400	164

Торопов Александр Сергеевич

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ  
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
ПОКРЫТИЙ И ПЕРЕКРЫТИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ  
Часть 2

Учебно-методическое пособие

к практическим занятиям по направлению подготовки 08.03.01 Строительство,  
профиль Организация инвестиционно-строительной деятельности

Подписано в печать      Формат 60x90 1/16 Бумага газетная. Печать трафаретная.  
Уч. изд. л. 1,1. Усл. печ. л. 1,3. Тираж 300 экз. Заказ №

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.  
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65  
<http://www.nngasu.ru>, [srec@nngasu.ru](mailto:srec@nngasu.ru)