



А.М. Газизов  
Е.С. Синегубова

# **РАСЧЕТ КЛЕЕНЫХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Екатеринбург  
2017

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инновационных технологий и оборудования деревообработки

А.М. Газизов  
Е.С. Синегубова

# **РАСЧЕТ КЛЕЕНЫХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям по курсу  
«Технология клееных деревянных конструкций»  
для обучающихся по направлению 35.03.02 «Технология  
лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»  
очной и заочной форм обучения

Екатеринбург  
2017

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБиДС.  
Протокол № 2 от 26 октября 2016 г.

Рецензент – Побединский В.В., профессор, доктор технических наук

Редактор А.Л. Ленская  
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

---

Подписано в печать		Поз. 52
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,93	Цена руб. коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## ВВЕДЕНИЕ

Строительные конструкции и изделия из древесины должны производиться в соответствии со Строительными нормами и правилами, которые определяют комплекс требований по параметрам эксплуатационной надежности. В связи с этим необходимо на этапе проектирования конструкций выполнить расчет элементов изделий на прочность, устойчивость, деформативность, подобрать наиболее эффективные материалы, способы и средства соединения деталей между собой, определить оптимальные размеры заготовок и схемы их сборки.

Древесина – особенный строительный материал. В отличие от стали, бетона, пластмасс она обладает ярко выраженной неоднородностью структуры. Прочностные и физические характеристики древесины зависят от направления ее волокон, породы и состояния. Пиломатериалы и заготовки в большинстве случаев склонны к изменению формы и размеров в условиях воздействия переменной влажности, температуры и нагрузок. Поэтому в процессе конструирования строительных изделий следует тщательно и технически обоснованно определять их структуру, комбинации заготовок, виды соединений и обеспечивать подбор материалов.

В пособии даются общие рекомендации по выполнению простейших расчетов для клееных балочных конструкций из древесины с целью определения их эксплуатационной надежности, приведены справочные материалы и основные нормативные параметры, необходимые и достаточные для самостоятельного решения задач на практических учебных занятиях.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Строительные конструкции на основе древесины чаще всего бывают представлены балками различных типов, сборно-составными рамами, арками или фермами, стеновыми панелями и перегородками. При их изготовлении применяют склеивание, механическое соединение гвоздями, стяжками, зубчатыми пластинами, сборку на шипы и др.

### 1.1. Оценка надежности элементов конструкций по нагрузке и деформации

Для несущих конструкций наиболее важна оценка по двум предельным их состояниям:

- по несущей способности (прочности или устойчивости), при достижении предельного значения которой утрачивается сопротивляемость внешним воздействиям и происходит разрушение;

- по деформациям (прогибу, осадке, смещению и т.д.), предельная величина которых означает для изделия невозможность удовлетворения предъявляемых к нему эксплуатационных требований, хотя еще сохраняются прочность и устойчивость конструкции.

Расчет оценочных параметров по несущей способности обязателен для всех конструкций, работающих с приложением к ним силовых воздействий. Проверка на деформативность характерна в основном лишь для балок, ферм, и т.п., чрезмерные прогибы которых могут ограничить возможность их нормальной эксплуатации.

Любые вычисления такого рода проводятся по наибольшим нагрузкам, которые могут проявляться в течение всего срока эксплуатации сооружения. Эти нагрузки называются *расчетными* и определяются умножением величин нормативных силовых воздействий на соответствующие *коэффициенты перегрузок*:

$$P_{расч} = P_n K_{н.н}, \quad (1)$$

где  $P_{расч}$  – предельная расчетная нагрузка, Н;  
 $P_n$  – величина нормативной нагрузки, Н;  
 $K_{н.н}$  – нормативный коэффициент перегрузки.

Расчет элементов и соединений деревянных конструкций ведется по наименьшему сопротивлению древесины – расчетному. При этом должны быть учтены все факторы, влияющие на несущую способность конструкции или ее элементов посредством включения в расчет *коэффициентов условий работы*, значения которых также определяются по справочным таблицам.

Итогом расчета по предельному состоянию несущей способности является результат сравнения, выраженный в формуле

$$N \leq N_{\phi} \text{ или } \sigma \leq mR, \quad (2)$$

где  $N$  – расчетное усилие (нормальная сила, перерезывающая сила, изгибающий момент или их сочетания) от суммы воздействий расчетных нагрузок в наиболее невыгодной комбинации;

$N_{\phi}$  – расчетная несущая способность, зависящая от геометрических размеров, расчетного сопротивления и условий работы элемента;

$\sigma$  – наибольшее расчетное напряжение, возникающее в элементе при воздействии расчетных нагрузок;

$R$  – расчетное сопротивление;

$m$  – коэффициент условий работы.

Оценка конструкционной надежности по величине деформаций элементов основывается на результатах расчета величины прогиба (перемещения и т.д.) под воздействием только нормативных нагрузок. Если деформации или перемещения, вызванные действием этих нагрузок, меньше

предельных значений, установленных нормами, то исследуемая конструкция или элемент обеспечивают заказанные эксплуатационные гарантии. Это положение в общем виде характеризуется формулой

$$f_{расч} \leq [f], \quad (3)$$

где  $f_{расч}$  – перемещение или деформация, являющиеся функцией геометрической формы конструкции, модуля упругости;

$[f]$  – предельно допустимая величина перемещения или деформации.

## 1.2. Оценка надежности клеевых соединений

В современных строительных деревянных конструкциях процесс склеивания – один из наиболее распространенных способов соединения деталей и узлов. При этом очень важно правильно рассчитать параметры таких сопряжений, точно определить размеры деталей и самого изделия, выбрать соответствующий клей. Для этого необходимо выполнить расчет пределов прочности при скалывании по клеевому слою, при отрыве перпендикулярно плоскости склеивания, при скалывании от воздействия нормальных нагрузок и т.д. Выбор варианта проверочного расчета зависит от типа и конструкции изделия, условий его работы и характера наиболее опасных разрушений. Например, клееные балки необходимо проверить на скалывание по клеевому слою при действии изгибающей нагрузки. Для балок двутаврового сечения со стенкой из досок, приклеенных кромками к полкам, проводят проверку прочности на отрыв по клеевому соединению [1].

Прочность склеивания считается достаточной, если выполняются условия, выраженные неравенствами:

$$T_1 \leq R_{ск} B \quad \text{или} \quad \tau = \frac{T_1}{F_{ск}} \leq R_{ск}, \quad (4)$$

где  $T_1$  – расчетное сдвигающее усилие на единицу длины элемента, действующего на площадь скалывания;  $F_{ск} = B \cdot l = B$ ;

$B$  – ширина сечения в плоскости сдвига;

$\tau$  – расчетное напряжение скалывания;

$R_{ск}$  – расчетное (макс.) сопротивление скалыванию вдоль волокон.

Коэффициент условий работы элемента на скалывание при изгибе  $m_{ск}$ , являющийся множителем при  $R_{ск}$ , для балок цельного сечения равен 1 и из формулы исключен.

Сдвигающее усилие

$$T_1 = \frac{Q S_{бр}}{J_{бр}}, \quad (5)$$

где  $Q$  – расчетная нормальная сила;

$S_{бр}$  – статический момент брутто сдвигаемой части относительно нейтральной оси;

$J_{бр}$  – момент инерции брутто рассматриваемого сечения.

Если требуется оценить надежность приклеивания нижней полки балки ко всей конструкции (двутавровая балка с нагружением нижней полки), то необходимо рассчитать величину предела прочности на отрыв в направлении, перпендикулярном к плоскости клеевого слоя, по формуле:

$$P \leq 4ab \quad \text{или} \quad \sigma_{обр} = \frac{P}{ab_1} \leq R_{p90}, \quad (6)$$

где  $P$  – расчетный сосредоточенный груз, расположенный в месте установки опорных планок щитов наката;

$\sigma_{обр}$  – напряжение при обрыве нижней полки от стенки;

$a$  – ширина опорной планки щитового наката;

$b_1$  – толщина стенки;

$R_{p90}$  – расчетное сопротивление отрыву по клеевому слою поперек волокон (принимается с учетом неравномерного распределения напряжения по ширине и возможности частичных непрочных равным 0,4 МПа).

## 2. МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### Проверочный расчет клееной двутавровой балки

Клееные балки широко используются в конструкциях межэтажных и чердачных перекрытий строительных объектов. Как правило, это двутавровые конструкции из досок, склеенных между собой (рис. 1).

Преимущества двутавровых клееных балок:

- использование пиломатериалов и заготовок небольших размеров;
- возможность перекрытия больших пролетов (превышают длину стандартных цельных пиломатериалов).

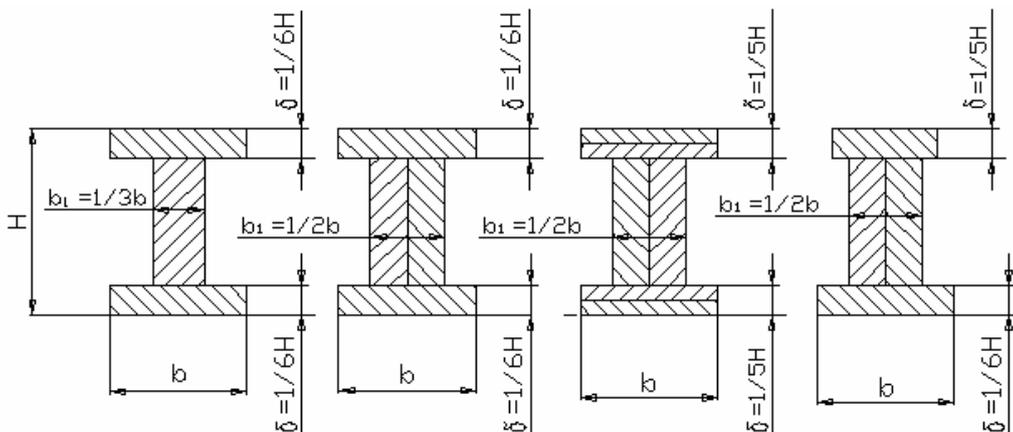


Рис. 1. Типы поперечных сечений клееных балок для перекрытий

**Задача.** Выполнить проверочный расчет двутавровой клееной деревянной балки, входящей в состав конструкции межэтажного перекрытия (рис. 2).

Условия задачи:

- расчетный пролет балки ( $L$ ) - 6 м;
- расстояние между осями балок ( $B$ ) - 1 м;
- материал для балок - доски сосновые  $40 \times 180$  мм;
- клей - резорциновый клей марки ФР-100.

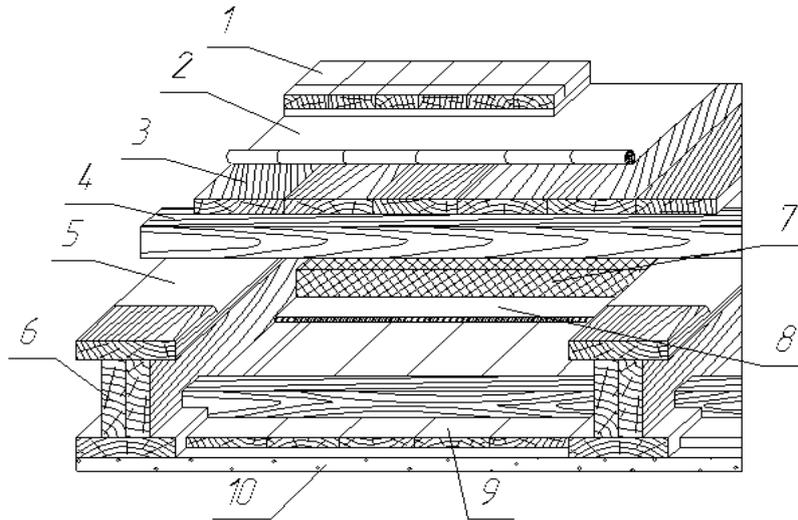


Рис. 2. Общий вид межэтажного перекрытия по клееным балкам:  
 1 – чистый пол; 2 – рубероид; 3 – половой настил; 4 – лаги;  
 5 – акустический картон; 6 – клееная балка; 7 – минеральный наполнитель  
 полости панели перекрытия; 8 – изолирующая прокладка; 9 – щиты наката;  
 10 – декоративная обшивка потолка.

### Подсчет нагрузок на балку

Двутавровая балка выполнена из сосновых досок сечением  $40 \times 180$  мм. После строгания поверхностей под склеивание получены следующие параметры:

- полки двутавровой балки -  $b = 180$  мм;  $\delta = 37$  мм;
- стенки двутавровой балки -  $b_1 = 2\delta = 2 \times 37 = 74$  мм;  $h_c = 174$  мм;
- общая высота балки -  $H = 2\delta + h_{ст} = 2 \times 37 + 174 = 248$  мм.

Общая масса одного погонного метра этой балки ( $g_{\delta}$ , кг/м<sup>2</sup>) при плотности сосны  $\rho = 500$  кг/м<sup>3</sup> составляет:

$$g_{\delta} = (2b \times \delta + b_1 \times h_1) \rho = (2 \times 0,18 \times 0,037 + 0,074 \times 0,074) 500 = 13,1 \text{ кг/м}^2.$$

Собственная масса конструкции ( $g_k$ , кг/м<sup>2</sup>) межэтажного перекрытия определяется из расчета суммарной массы составляющих его элементов на площади в 1 м<sup>2</sup>:

$$g_k = \sum h_i \rho_i, \quad (7)$$

где  $h_i$  – толщина элемента конструкции перекрытия, м;  
 $\rho_i$  – плотность материала элемента конструкции, кг/м<sup>3</sup>.

Для расчетов по данному примеру принимаем условно величину  $g_k = 228$  кг.

В соответствии со СНиП полезная нагрузка межэтажного перекрытия жилого дома составляет  $g_n = 150$  кг/м<sup>2</sup>. Следовательно, нагрузка, приходящаяся на один погонный метр балки ( $g$ ), определится по формуле

$$g = (g_k + g_n) B_n + g_b, \quad (8)$$

где  $B_n$  – величина пролета между двумя балками, м.

$$g = (228 + 150) 1,0 + 13,1 = 391,5 \text{ кг/м (около 3900 Н/м)}.$$

Нормативная полезная нагрузка на один погонный метр рассчитывается по формуле:

$$g_o = g_n B_n, \quad (9)$$

$$\text{или } g_o = 150 \times 1,0 = 150 \text{ кг/м (около 1,5 кН/м)}.$$

Полная расчетная нагрузка с учетом принятого среднего коэффициента перегрузки  $K_3 = 1,2$  составит:

$$G = 1,2 \times 391,5 = 469,8 \text{ кг/м}.$$

На рис. 3 представлены эпюры нагрузок для двутавровой клееной деревянной балки.

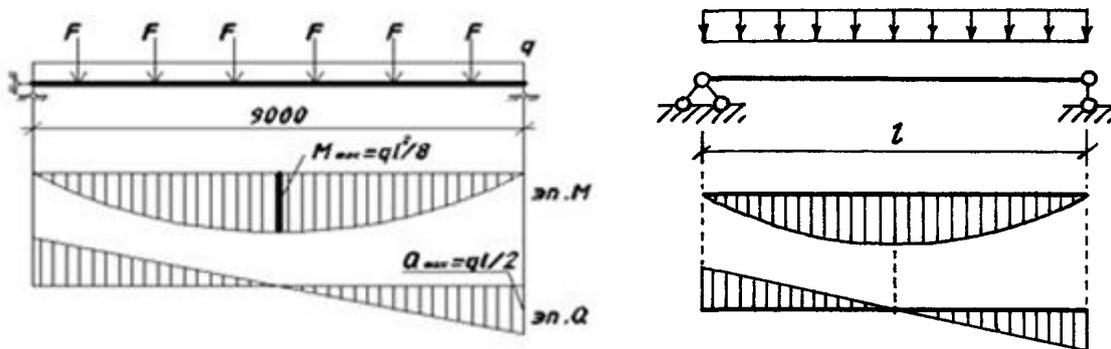


Рис. 3. Расчетная схема двутавровой клееной деревянной балки

### Проверка прочности

#### 1. Площадь сечения

$$F = 2b \delta + b_1 h_{cm}, \quad (10)$$

$$\text{или } F = 2 \times 18 \times 3,7 + 7,4 \times 17,4 = 262 \text{ см}^2.$$

#### 2. Момент инерции относительно нейтральной оси X – X

$$J = \frac{bH^3 - (b - b_1)h_{cm}^3}{12}, \quad (11)$$

или

$$J = \frac{18 \times 24,8^3 - (18 - 7,4) \times 17,4^3}{12} = 18226 \text{ см}^4.$$

#### 3. Момент сопротивления сечения относительно оси X – X

$$W = \frac{J}{0,5H}, \quad (12)$$

$$\text{или } W = 18226 / 0,5 \times 24,8 = 1470 \text{ см}^3.$$

#### 4. Расчетный изгибающий момент

$$M = \frac{GL^2}{8}, \quad (13)$$

$$\text{или } M = \frac{469,8 \times 6^2}{8} = 2110,5 \text{ кг} \cdot \text{м} = 211050 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

#### 5. Расчетное напряжение при изгибе балки

$$\sigma_{изг} = \frac{M}{W}, \quad (14)$$

$$\text{или } \sigma = \frac{211050}{1470} = 143,6 \text{ кг/см}^2 (\cong 14,4 \text{ МПа}).$$

Условием надежности работы балки по пределу прочности при статическом изгибе является обеспечение соотношения

$$\sigma_{изг} < m_u R_u, \quad (15)$$

где  $m_u$  – коэффициент условий работы элемента на изгиб, принимаемый для досок, брусков и брусьев с учетом влияния абсолютных размеров сечений по табл. 1;

$R_u$  – расчетное сопротивление древесины изгибу (табл. 2).

*Примечание.* Для балок двутаврового и рельсовидного сечений значение коэффициента условий работы принимается равным 0,9 при соотношении  $b_1 / b = 1/2$  и 0,8 при  $b_1 / b = 1/3$ . В данном примере по величине соотношения  $1 / 2,4$  принимаем  $m_u = 0,86$ . Тогда предельно допустимое значение

$$[\sigma] = 0,86 \times 130 = 111,8 \text{ кг/см}^2.$$

Так как  $\sigma_{изг} > [\sigma]$ , то из этого следует, что двутавровая клееная балка с принятыми конструкционными параметрами не обеспечивает необходимой прочности при нагрузке в 470 кг/м.

### Проверка прогиба

Упругий прогиб вызывается действием изгибающего момента и определяется по формуле

$$f = \frac{5gL^4}{384E8J}, \quad (16)$$

где  $E$  – модуль упругости древесины, кг/см<sup>2</sup>.

#### *Теоретические пояснения*

Прогиб деревянных изгибаемых элементов [2, с. 38] определяется под действием нормативной нагрузки и сравнивается с предельным значением прогиба, допустимым по нормам, установленным на основе опыта эксплуатации конструкций.

Необходимо, чтобы обеспечивалось соотношение  $\frac{f}{L} \leq \left[ \frac{f}{L} \right]$ ,

где  $\frac{f}{L}$  – расчетный, а  $\left[ \frac{f}{L} \right]$  – предельно допустимый относительный прогиб изгибаемого элемента.

Для свободно лежащей балки, находящейся под действием равномерно распределенной нагрузки, наибольший относительный прогиб в середине пролета балки равен

$$\frac{f}{L} \leq \left[ \frac{50q_n L^3}{384EJ} \right], \quad (17)$$

где  $q$  – полная нормативная нагрузка на единицу длины балки;

Упругий прогиб  $f = \frac{5 \times 3,9158 \times 600^4}{384 \times 100000 \times 18226} = 5,49 \text{ см.}$

Полный прогиб с учетом влияния сдвигающих сил

$$f_n = f \left( 1 + \Psi \frac{H^2}{L^2} \right), \quad (18)$$

где  $H/L$  – отношение высоты балки к пролету;

$\psi$  – коэффициент, зависящий от формы сечения.

Для двутавровых балок с равномерным распределением нагрузки и двух опор  $\psi = 37$  при соотношении толщины стенки к ширине полки  $b_1/b = 1:2$  и  $\psi = 50$  при  $b_1/b = 1:3$ .

Относительный прогиб

$$\frac{f_n}{L} = \frac{5,88}{600} = \frac{1}{102} \text{ по табл. 3 } \left( \frac{f}{L} \right) = \frac{1}{250}.$$

Так как соотношение  $\frac{f_n}{L} \leq \left( \frac{f}{L} \right)$  не выполняется, то данная балка не обладает требуемой жесткостью.

### Проверка прочности на скалывание по клеевому слою

1. В местах соединения полки со стенкой

Перерезывающая сила на опоре:

$$Q_{\text{макс.}} = \frac{gL}{2} = \frac{469,8 \times 6}{2} = 1409,4 \text{ кг (около 14 кН).}$$

Статический момент сечения полки, сдвигаемой по клеевому слою относительно нейтральной оси X-X, определяется по формуле

$$S_o = b \delta \left( \frac{h_{cm} + \delta}{2} \right), \quad (19)$$

$$\text{или } S_o = 18 \times 3,7 \left( \frac{17,4 + 3,7}{2} \right) = 703 \text{ см}^3.$$

Расчетное напряжение скалывания определится из выражения

$$\tau = \frac{Q_{\text{макс}} S_o}{b_1 J}, \quad (20)$$

$$\text{или} \quad \tau = \frac{1409,4 \times 703}{7,4 \times 18226} = 7,35 \text{ кг/см}^2.$$

Нормативное значение  $[R_{\text{скл}}] = 24 \text{ кг/см}^2$  (см. табл. 2). С учетом коэффициента условий работы  $K = 0,75$   $[R_{\text{скл}}]^{\text{пр}} = 0,75 \times 24 = 18$  (1,8 МПа).

Коэффициент условий работы на скалывание по клеевому слою с учетом возможности непрочности при толщине стенки более 8 см составляет 0,75.

Так как  $\tau < [R_{\text{скл}}]^{\text{пр}}$ , или  $7,35 < 18$ , то из этого следует, что прочность на скалывание в местах соединения полки со стенкой обеспечивается почти с двукратным запасом.

### 2. При скалывании по нейтральному слою

Статический момент половины площади сечения относительно нейтральной оси X – X определяется по формуле

$$S_x = S_o + b_1 \frac{h_{\text{см}}}{8}, \quad (21)$$

$$\text{или} \quad S_x = 703 + 7,4 \frac{17,4^2}{8} = 983 \text{ см}^3.$$

Прочность древесины при скалывании по нейтральному слою X – X

$$\tau_{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{макс}} S_x}{J b_1}, \quad (22)$$

$$\text{или} \quad \tau_{\text{макс}} = \frac{1409,4 \times 983}{18226 \times 7,4} = 10,3 \text{ кг/см}^2.$$

Предельно допустимое значение  $[\tau_{\text{макс}}] = m_{\text{ск}} [R_{\text{скл}}] = 1,0 \times 24 = 24 \text{ кг/см}^2$ ;  $\tau_{\text{макс}} < [\tau_{\text{макс}}]$ . Прочность обеспечена с  $K = 2,3$ .

### Проверка прочности клеевого соединения на отрыв нижней полки от стенки

В принятой конструкции опора щитов наката на полку балки осуществляется сосредоточенно, т. е. на планки 2 (см. рис. 2). Расчетное сосредоточенное усилие  $P$ , действующее на полку балки и отрывающее ее в местах примыкания опорных планок с двух сторон балки, составит:

$$\frac{P}{2} + \frac{P}{2} = P = 2 \left( g_{\text{щ}} S \frac{B_n - b_1}{2} \right) = g_{\text{щ}} S (B_n - b_1), \quad (23)$$

где  $g_{\text{щ}}$  – расчетная собственная масса  $1 \text{ м}^2$  перекрытия, создающая давление на полку балки через опорные планки (см. рис. 2);

$S$  – расстояние между опорными планками, м.

По схеме (см. рис. 2) давление на полки двутавровой балки создается элементами конструкции 2, 3 и 8. В расчетах принимаем  $g_{ш} = 190$  кг.

$$P = 190 \times 0,65 (1,0 - 0,074) = 114,4 \text{ кг.}$$

Площадь приклеивания нижней полки к стенке, оказывающая сопротивление отрыву, составляет:

$$F_{отр} = Cb_1, \text{ или } F_{отр} = 10 \times 7,4 = 74 \text{ см}^2.$$

Предел прочности при отрыве по клеевому слою ( $\tau_{отр}$ ) определяется по формуле

$$\tau_{отр} = \frac{P}{F_{отр}}, \quad (24)$$

$$\text{или } \tau_{отр} = \frac{114,4}{74} = 1,55 \text{ кг/см}^2.$$

Нормативное значение  $[\tau_{отр}]$  для склеивания заготовок клеем ФР-100 составляет 0,3 МПа (3 кг/см<sup>2</sup>). Так как  $\tau_{отр} < [\tau_{отр}]$ , или  $1,55 < 3$ , то клеевое соединение обеспечивает надежность конструкции по данному параметру с коэффициентом запаса  $K_3 = \frac{3}{1,55} = 1,94$ .

### 3. НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ)

#### Предел прочности (временное сопротивление)

Для древесины сосны и ели при влажности 15 % предел прочности должен быть не менее:

- при сжатии вдоль волокон - 300 кг/см<sup>2</sup> (30 МПа);
- при изгибе - 500 кг/см<sup>2</sup> (50 МПа);
- при скалывании вдоль волокон – 60 кг/см<sup>2</sup> (6,0 МПа).

В табл. 1 представлены коэффициенты условий работы балки на изгиб

Таблица 1

#### Коэффициенты условий работы балки на изгиб ( $m_i$ )

Высота сечения балки, Н, см	Ширина балки, b, см	
	< 15	> 15
< 50	1,0	1,15
> 100	0,75	0,8

### Расчетное сопротивление

Сопротивление древесины в крупноразмерных элементах конструкций значительно меньше, чем в малых стандартных образцах. Это обусловлено неоднородностью древесины и влиянием пороков произрастания (сучки, косослой). Для перехода от сопротивления чистой древесины в малых образцах к сопротивлению строительной древесины установлены переходные коэффициенты – коэффициенты однородности. Они учитывают суммарное влияние действительных размеров элементов, влияние допустимых по нормам пороков и других факторов. Нижний предел сопротивления древесины в элементах больших размеров (досок, брусков, бревен), определяемый произведением нормативных длительных сопротивлений для малых чистых образцов на соответствующие коэффициенты однородности, это расчетное сопротивление (R).

В табл. 2 представлены основные расчеты сопротивления древесины сосны и ели.

Таблица 2

Основные расчеты сопротивления древесины сосны и ели

Вид напряженного состояния	Расчетное сопротивление, кг/см <sup>2</sup>		
	Для постоянных сооружений	Для временных сооружений	Для опалубки
Изгиб, $R_u$	130	150	180
Растяжение вдоль волокон, $R_p$	100	85	100
Сжатие и смятие вдоль волокон, $R_c, R_{cm}$	130	150	180
Смятие вдоль волокон в лобовых срубах, $R_{cm}$	150	150	–
Сжатие и смятие поперек волокон по всей поверхности, $R_{c90}, R_{cm90}$	18	20	25
Скалывание вдоль волокон (максимальное), $R_{ck}$	24	24	24
Скалывание поперек волокон (максимальное), $R_{ck90}$	12	12	12

Значения основных расчетных сопротивлений для древесины других пород получают умножением данных табл. 1 на коэффициенты, приведенные в табл. 2. В табл. 4 представлены коэффициенты расчетных сопротивлений древесины разных пород по отношению к древесине сосны и ели.

Таблица 3

Предельные допустимые прогибы изгибаемых элементов

Изгибаемые элементы	Предельные допустимые прогибы в долях от пролета
Междуэтажные перекрытия	1/ 250
Чердачные перекрытия	1/ 200
Покрытия: прогоны, стропильные ноги; обрешетка и настилы	1/ 200 1/ 150

Таблица 4

Коэффициенты расчетных сопротивлений древесины разных пород  
по отношению к древесине сосны и ели

Порода древесины	Коэффициенты расчетного сопротивления		
	растяжению, изгибу, сжатию и смятию вдоль волокон	сжатию и смятию поперек волокон	скалыванию
Хвойные			
1. Лиственница	1,2	1,2	1,0
2. Кедр сибирский	0,9	0,9	0,9
3. Пихта	0,8	0,8	0,8
Твердые лиственные			
4. Дуб	1,3	2,0	1,3
5. Береза, бук	1,1	1,6	1,3
Мягкие лиственные			
6. Ольха, липа	0,8	1,3	1,1
7. Осина, тополь	0,8	1,0	0,8

**Модуль упругости.** Модуль упругости древесины вдоль волокон принимается при определении деформаций независимо от породы равным  $E=100000 \text{ кг/см}^2$ . При отклонении условий эксплуатации от нормальных вносится поправка согласно табл. 3.

В табл. 4 представлены коэффициенты снижения расчетных сопротивлений и модуля упругости древесины для конструкций, работающих в неблагоприятных условиях.

Таблица 5

Коэффициенты снижения расчетных сопротивлений и модуля упругости древесины для конструкций, работающих в неблагоприятных условиях

Условия эксплуатации конструкций	Значение коэффициентов
Кратковременное увлажнение древесины с последующим высыханием	0,85
Длительное увлажнение древесины	0,75
Воздействие установившейся температуры воздуха 35–50 °С	0,8
Воздействие одной постоянной нагрузки, составляющей свыше 80 % от полного расчетного воздействия	0,8

В табл. 6 представлены нормативные нагрузки и коэффициенты перегрузки.

Таблица 6

Нормативные нагрузки и коэффициенты перегрузки

Действие нагрузки	Нормативная нагрузка, кг/см (МПА)	Коэффициент перегрузки
На чердачные перекрытия	75 (7,5)	1,4
На междуэтажные перекрытия	150	1,4
На перекрытия в административных, бытовых и коллективных помещениях	200	1,4
В залах больших помещений	300	1,3
На лестницы, балконы, террасы	400	1,4

#### Библиографический список

1. Волынский В.Н. Технология клееных материалов. Архангельск, 2003. 293 с.
2. Ковальчук Л.М. Производство клееных деревянных конструкций. М.: Лесная пр-ть. 1984. 346 с.