

Практическое занятие № 8

на тему: «Расчет на поперечный изгиб деревянных элементов составного сечения на податливых связях»

Расчет деревянных элементов составного сечения на поперечный изгиб производят в следующей последовательности:

1. Принимают состав (количество слоев) и размеры $b \times h$ поперечного сечения составного элемента

2. Определяют требуемое количество податливых связей n_c , необходимое для восприятия суммарного сдвигающего усилия в шве сплачивания $T_{сдв}$. Для этого: вычисляют суммарное сдвигающее усилие в шве

$$T_{сдв} = \Delta M_p S_{бр} / J_{бр},$$

где $T_{сдв}$ - разность изгибающих моментов на участке, по которому устанавливают связи; $S_{бр}$ - статический момент брутто сдвигаемой части сечения относительно нейтральной оси; $J_{бр}$ - момент инерции брутто сечения составного элемента (например, для прямоугольного сечения $b \times h$ из двух слоев $S_{бр} = bh^2/8$, $J_{бр} = bh^3/12$). Принимают конструкцию соединительного элемента (податливой связи) и определяют $[T]$ - соответствующую расчетную несущую способность одной связи. Определяют требуемое количество податливых связей

$$n_c = k T_{сдв} / [T],$$

где $k=1,5$ - коэффициент, учитывающий неравномерную загрузку податливых связей. Установку расчетного количества связей выполняют в составном элементе на участке действия силы $T_{сдв}$.

3. Выполняют проверку прочности составного элемента на действие нормальных напряжений. Проверку выполняют как для элемента цельного сечения, с учетом податливости связей сдвига

$$\sigma_u = M_{расч} / (W_u K_w) \leq R_u,$$

где σ_u - максимальные изгибающие напряжения в составном элементе; R_u - расчетное сопротивление древесины изгибу; $W_u = bh^2/6$ - момент сопротивления поперечного сечения элемента как цельного; K_w -

коэффициент, учитывающий снижение прочности составного элемента за счет податливости связей сдвига: $K_w=1$ при абсолютно жестких связях, например для клеевых соединений или для цельных сечений. Для податливых связей $K_w=0,4-0,9$ в зависимости от пролета и числа слоев в составном элементе. При отсутствии связей для составного сечения из n одинаковых слоев $K_w=1/n$.

4. Выполняют проверку составного элемента по II предельному состоянию: $f = f_{\text{ц}}/K_{\text{ж}} \leq f_{\text{и}}$, где f - расчетный прогиб составного элемента на податливых связях; $f_{\text{ц}}$ - расчетный прогиб элемента как цельного; $K_{\text{ж}}$ - коэффициент, учитывающий снижение жесткости составного элемента за счет податливости связей сдвига: $K_{\text{ж}}=1$ при абсолютно жестких связях, например для клеевых соединений или для цельных сечений. Для податливых связей $K_{\text{ж}}<1$ в зависимости от пролета и числа слоев в составном элементе. (см. табл 1). При отсутствии связей для составного сечения из n одинаковых слоев $K_{\text{ж}}=1/n^2$.

Таблица 1.

Коэффициенты K_w и $K_{\text{ж}}$					
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
$k_{\text{ж}}$	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

Предельный прогиб $f_{\text{ц}}$ элементов составного сечения на податливых связях определяют, как и для элементов цельного сечения, исходя из эстетико-психологических, технологических, конструктивных и физиологических требований.

Задача 12+1.

Подобрать для междуэтажного перекрытия деревянную балку составного сечения на податливых связях при следующих условиях (см. рис. 1):

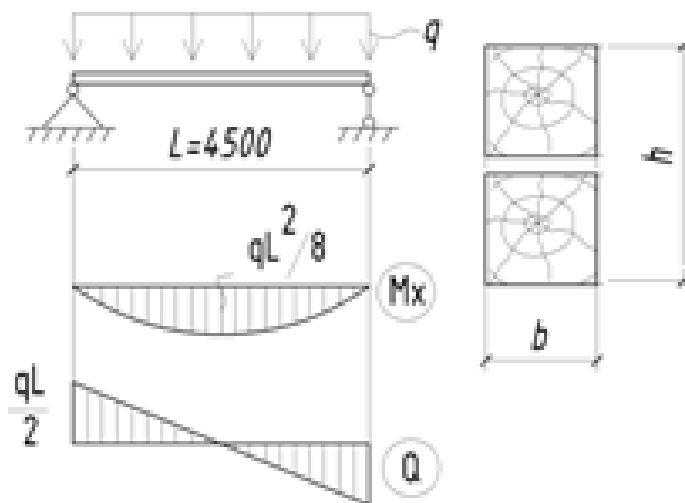


Рис. 1. К задаче № 12+1

- расчетный пролет балки $L=4.5$ м;
- нормативная погонная нагрузка на балку $q^H=10,2$ кН/м;
- расчетная погонная нагрузка на балку $q^P=11,1$ кН/м;
- Класс ответственности здания – II, $\gamma_n=0.95$;
- Температурно-влажностные условия эксплуатации 1

Решение.

Принимаем:

- Брусья составного сечения из древесины хвойных пород 2-го сорта;
- сечение балки составное по высоте из двух брусьев;
- Сечение брусьев $b \times h=150 \times 150$ мм каждый. Высота поперечного сечения балки $h=300$ мм;
- Податливые связи - пластинчатые нагели стандартных размеров $12 \times 58 \times 150$ мм из древесины твердых лиственных пород.

Определяем геометрические характеристики сечения балки:

Момент сопротивления как для цельного сечения :

$$W_{ц} = bh^2/6 = 150 \times 300^2/6 = 2,25 \times 10^6 \text{ мм}^3$$

Момент инерции брутто (как для цельного сечения):

$$I_{br} = bh^3/12 = 150 \times 300^3/12 = 3,375 \times 10^8 \text{ мм}^4$$

Статический момент сдвигаемой части сечения относительно нейтральной оси $S_{br} = bh^2/8 = 150 \times 300^2/8 = 1,6875 \times 10^6 \text{ мм}^3$.

1-е предельное состояние.

Расчетный изгибающий момент в середине пролета конструкции

$$M_{расч} = q \cdot L^2/8 = 11,1 \times 4,5^2/8 = 312,9 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

Сдвигающая сила на полупролете конструкции

$$T_{сдв} = M_{расч} I_{br}/S_{br} = 312,9 \cdot 10^6 \cdot 3,375 \cdot 10^8 \text{ мм}^4 / 1,6875 \cdot 10^6 = 140438 \text{ Н} \\ = 140,5 \text{ кН}.$$

Расчетная несущая способность одного пластинчатого нагеля стандартных размеров

$$[T_1] = 0,75 b = 0,75 \cdot 15 = 11,25 \text{ кН}.$$

Требуемое количество пластинчатых нагелей на полупролете конструкции

$$n_{пл.н} = T_{сдв} / [T_1] = 140,5/11,25 = 12,5 \text{ шт.}$$

Принимаем по 14 пластинчатых нагелей на каждом полупролете конструкции. Всего на балку – 30 пластинчатых нагелей размерами 12x58x150 мм.

Проверка балки на действие нормальных напряжений.

Общая формула:

$$\sigma_u = M_{расч}/(W_u K_w) \leq R_u,$$

где $R_u = R^A_c \cdot m_{дл} \cdot m_v/Y_n = 22,5 \cdot 0,66 \cdot 1/0,95 = 15,7 \text{ МПа}$ – расчетное сопротивление древесины изгибу.

Для пролета $l=4,5$ м и сечения из двух брусев $K_w = 0,81$, $K_{ж}=0,67$.

$$\sigma_u = M_{расч}/(W_u K_w) = 312,9 \cdot 10^6 / (2,25 \cdot 10^6 \cdot 0,81) = 15,4 \text{ МПа} < R_u = 15,7 \text{ МПа}.$$

Вывод: несущая способность составной балки из условия действия нормальных напряжений обеспечена.

2. Проверка балки по 2-му предельному состоянию.

Проверка выполняется из эстетико-психологических требований

$$f \leq f_u,$$

где $f_u = 1/175 L = 4500/175 = 25.7$ мм – предельный прогиб балки,

Прогиб балки без учета деформаций сдвига

$$f = 5/384 * (q_H L^4 / E I_{\text{бркж}}) = 5/384 * 10,2 * 4500^4 / (10000 * 3.375 * 10^8 * 0,67) = 24,1 \text{ мм.}$$

$$f = 24,1 \text{ мм} < f_u = 25,7 \text{ мм.}$$

Вывод: несущая способность составной балки по прогибам из эстетико-психологических требований обеспечена.

Ответ: принимаем деревянную балку составного сечения $b * h = 150 \times 300$ мм из двух брусьев 150×150 мм каждый. Соединение на пластинчатых нагелях стандартных размеров $12 \times 58 \times 150$ мм в количестве 30 шт, по 15 шт. на каждом полупролете балки.

Задача 14.

Подобрать для междуэтажного перекрытия деревянную балку составного сечения на податливых связях при следующих условиях (см. рис. 2):

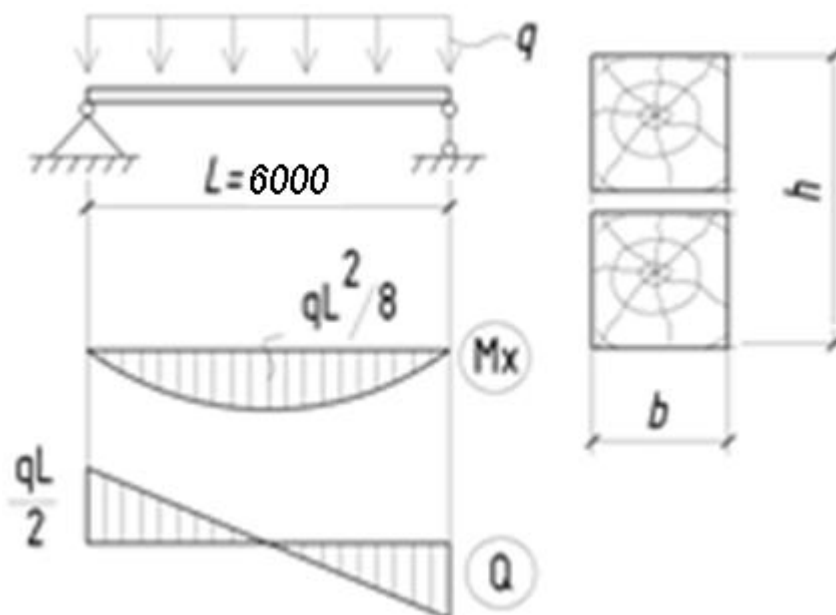


Рис. 2. К задаче № 4

- расчетный пролет балки $L=6$ м;
- нормативная погонная нагрузка на балку $q^H=10,5$ кН/м;
- расчетная погонная нагрузка на балку $q^P=12$ кН/м;
- Класс ответственности здания – II, $\gamma_n=0.95$;
- Температурно-влажностные условия эксплуатации 1

Решение.

Принимаем:

- Брусья составного сечения из древесины хвойных пород 2-го сорта;
- сечение балки составное по высоте из двух брусьев;
- Сечение брусьев $b \times h = 150 \times 200$ мм каждый. Высота поперечного сечения балки $h = 400$ мм;
- Податливые связи - пластинчатые нагели стандартных размеров $12 \times 58 \times 150$ мм из древесины твердых лиственных пород.

Определяем геометрические характеристики сечения балки:

Момент сопротивления как для цельного сечения :

$$W_{ц} = bh^2/6 = 150 \times 400^2/6 = 4 \times 10^6 \text{ мм}^3$$

Момент инерции брутто (как для цельного сечения):

$$I_{бр} = bh^3/12 = 150 \times 400^3/12 = 8 \times 10^8 \text{ мм}^4$$

Статический момент сдвигаемой части сечения относительно нейтральной оси $S_{бр} = bh^2/8 = 150 \times 400^2/8 = 3 \times 10^6 \text{ мм}^3$.

1-е предельное состояние.

Расчетный изгибающий момент в середине пролета конструкции

$$M_{расч} = q \cdot L^2/8 = 12 \cdot 6^2/8 = 54 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

Сдвигающая сила на полупролете конструкции

$$T_{сдв} = M_{расч} I_{бр}/S_{бр} = 54 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^8 \text{ мм}^4 / 3 \cdot 10^6 = 202500 \text{ Н} = 202,5 \text{ кН}.$$

Расчетная несущая способность одного пластинчатого нагеля стандартных размеров

$$[T_1] = 0,75 b = 0,75 \cdot 15 = 11,25 \text{ кН}.$$

Требуемое количество пластинчатых нагелей на полупролете конструкции

$$n_{пл.н} = T_{сдв} / [T_1] = 202,5/11,25 = 18 \text{ шт.}$$

Принимаем по 20 пластинчатых нагелей на каждом полупролете конструкции. Всего на балку – 40 пластинчатых нагелей размерами $12 \times 58 \times 150$ мм.

Проверка балки на действие нормальных напряжений.

Общая формула:

$$\sigma_u = M_{расч} / (W_u K_w) \leq R_u,$$

где $R_u = R_{Ac} * m_{дл} * m_{в} / \gamma_n = 22,5 * 0,66 * 1 / 0,95 = 15,7$ МПа – расчетное сопротивление древесины изгибу.

Для пролета $l=6$ м и сечения из двух брусев $K_w = 0,9$, $K_{ж}=0,75$.

$$\sigma_u = M_{расч} / (W_u K_w) = 54 * 10^6 / (4 * 10^6 * 0,9) = 15,0 \text{ МПа} < R_u = 15,7 \text{ МПа}.$$

Вывод: несущая способность составной балки из условия действия нормальных напряжений обеспечена.

2. Проверка балки по 2-му предельному состоянию.

Проверка выполняется из эстетико-психологических требований

$$f \leq f_u,$$

где $f_u = 1/200 L = 6000/200 = 30$ мм – предельный прогиб балки,

Прогиб балки без учета деформаций сдвига

$$f = 5/384 * (q_n L^4 / E I_{бпкж}) = 5/384 * 10,5 * 6000^4 / (10000 * 8 * 10^8 * 0,75) = 29,5 \text{ мм}.$$

$$f = 29,5 \text{ мм} < f_u = 30 \text{ мм}.$$

Вывод: несущая способность составной балки по прогибам из эстетико-психологических требований обеспечена.

Ответ: принимаем деревянную балку составного сечения $b * h = 150 \times 400$ мм из двух брусев 150×200 мм каждый. Соединение на пластинчатых нагелях стандартных размеров $12 \times 58 \times 150$ мм в количестве 40 шт, по 20 шт. на каждом полупролете балки.