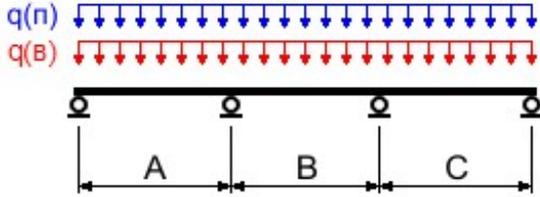


Расчет балки

1 Исходные данные

1.1 Схема балки



Пролет А: 6 м.

Пролет В: 1 м.

Пролет С: 1 м.

Шаг балок: 0,5 м.

1.2 Нагрузки

Наименование	$q_{н1}$, кг/м ²	$q_{н2}$, кг/м	γ_f	k_d	q_p , кг/м
Постоянная	100	50	1	1	50
Временная	150	75	1	1	75
ИТОГО	250	125			125

$q_{н1}$ - нормативное значение нагрузки по площади;

$q_{н2}$ - нормативное значение нагрузки по длине балки ($q_{н1} \cdot s$, где s - шаг балок);

γ_f - коэффициент надежности по нагрузке;

k_d - доля длительно-действующей части нагрузки;

q_p - расчетное значение нагрузки по длине балки ($q_{н2} \cdot \gamma_f$).

1.3 Параметры сечения

Наименование	Обозн.	Ед. изм.	Значение
Марка сечения			Б1-360.64Л
Материал полок			LVL, сорт 1
Материал стенки			OSB-3
Высота сечения	h	мм	360
Ширина сечения	b	мм	64
Высота полки	h_p	мм	39
Толщина стенки	$t_{ст}$	мм	10

1.4 Прочее

Класс условий эксплуатации - 1 (по табл.Г.2 [1]).

Сжатый пояс балки имеет сплошное раскрепление из плоскости.

2 Расчет

Расчет балки будем производить по СП 64.13330.2011 "Деревянные конструкции".

2.1 Внутренние усилия в сечениях балки

Результат статического расчета балки представлен ниже в табличной форме. В таблице приведены значения изгибающих моментов и поперечных сил на опорах (X_1 , X_3) и в пролетной части (X_2), если там эпюра моментов имеет экстремальное значение.

Усилия	Пролет А (L = 6 м)			Пролет В (L = 1 м)			Пролет С (L = 1 м)		
	X_1 , м	X_2 , м	X_3 , м	X_1 , м	X_2 , м	X_3 , м	X_1 , м	X_2 , м	X_3 , м
	0	2,344	6	0	-	1	0	-	1
M, кгм	0	343,4	-492	-492	-	107,4	107,4	-	0
Q, кг	293	0	-457	661,9	-	536,9	-44,89	-	-169,9

2.2 Прочностные характеристики

Наименование	Обозн.	Ед. изм.	Значение	Источник
Расчетное сопротивление LVL на сжатие	$R_{с,н}$	МПа	21	табл.4 [1]
Расчетное сопротивление LVL на растяжение	$R_{р,н}$	МПа	20,5	табл.4 [1]
Расчетное сопротивление OSB-3 на изгиб	$R_{и,н}$	МПа	11	табл.1 [3]
Расчетное сопротивление OSB-3 на срез	$R_{ср,н}$	МПа	6	табл.1 [3]
Расчетное сопротивление клеевого соединения полки со стенкой на срез	$R_{кл,ср,н}$	МПа	0,8	п.1.2.4 [4]
Модуль упругости LVL для расчетов по 1 группе предельных состояний	$E_{п,1,н}$	МПа	10000	п.5.3 [1]
Модуль упругости LVL для расчетов по 2 группе предельных состояний	$E_{п,2,н}$	МПа	12000	табл.13 [1]
Модуль упругости OSB-3	$E_{ст,н}$	МПа	3500	табл.13 [1]

В соответствии с п.5.2 [1] в расчетах прочностные и жесткостные характеристики используются с учетом коэффициентов условий работы:

- m_v - коэффициент, учитывающий условия эксплуатации конструкции (п.5.2а [1]), принимаем равным 1;
- m_t - коэффициент, учитывающий температуру среды эксплуатации (п.5.2б [1]), принимаем равным 1;
- m_d - коэффициент, учитывающий длительность действия нагрузок (п.5.3в [1]), принимаем для расчетов по 1 группе предельных состояний $m_{д,1} = 0,8$, для расчетов по 2 группе предельных состояний $m_{д,2} = 0,8$;
- m_o - коэффициент, учитывающий ослабление сечения растянутых элементов (п.5.2е [1]),

принимаем равным 1;

m_a - коэффициент, учитывающий обработку конструкции антипиренами под давлением (п.5.2ж [1]), принимаем равным 1;

m_{osb} - коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления OSB-3 на изгиб и растяжение в стыках по длине стенки (п.6.26 [1]), принимаем равным 0,6;

$\gamma_{н(сс)}$ - коэффициент надежности по сроку службы (п.5.2 [1]), принимаем равным 1.

Вычислим расчетные значения прочностных и жесткостные характеристик материалов.

Расчетное сопротивление материала полок на сжатие:

$$R_c = R_{с,н} \cdot m_a \cdot m_\tau \cdot m_{д,1} \cdot m_o \cdot m_a / \gamma_{н(сс)} = 21 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 / 1 = 16,8 \text{ МПа}$$

Расчетное сопротивление материала полок на растяжение:

$$R_p = R_{р,н} \cdot m_a \cdot m_\tau \cdot m_{д,1} \cdot m_o \cdot m_a / \gamma_{н(сс)} = 20,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 / 1 = 16,4 \text{ МПа}$$

Расчетное сопротивление материала стенки на изгиб:

$$R_{и} = R_{и,н} \cdot m_a \cdot m_\tau \cdot m_{д,1} \cdot m_o \cdot m_a \cdot m_{osb} / \gamma_{н(сс)} = 11 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 / 1 = 5,28 \text{ МПа}$$

Расчетное сопротивление материала стенки на срез:

$$R_{ср} = R_{ср,н} \cdot m_a \cdot m_\tau \cdot m_{д,1} \cdot m_o \cdot m_a / \gamma_{н(сс)} = 6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 / 1 = 4,8 \text{ МПа}$$

Расчетное сопротивление клеевого соединения полки со стенкой на срез:

$$R_{кл,ср} = R_{кл,ср,н} = 0,8 \text{ МПа}$$

Модуль упругости материала полок для расчетов по 1 группе предельных состояний:

$$E_{п,1} = E_{п,1,н} \cdot m_a \cdot m_\tau \cdot m_{д,1} = 10000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 8000 \text{ МПа}$$

Модуль упругости материала полок для расчетов по 2 группе предельных состояний:

$$E_{п,2} = E_{п,2,н} \cdot m_a \cdot m_\tau \cdot m_{д,2} = 12000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 9600 \text{ МПа}$$

Модуль упругости материала стенки для расчетов по 1 группе предельных состояний:

$$E_{ст,1} = E_{ст,н} \cdot m_a \cdot m_\tau \cdot m_{д,1} = 3500 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 2800 \text{ МПа}$$

Модуль упругости материала стенки для расчетов по 2 группе предельных состояний:

$$E_{ст,2} = E_{ст,н} \cdot m_a \cdot m_\tau \cdot m_{д,2} = 3500 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 2800 \text{ МПа}$$

2.3 Геометрические характеристики сечения

Площадь полки:

$$A_{п} = h_{п} \cdot b - t_{ст} \cdot a = 39 \cdot 64 - 10 \cdot 15 = 2346 \text{ мм}^2$$

Площадь стенки:

$$A_{ст} = t_{ст} \cdot (h - 2 \cdot h_{п} + 2 \cdot a) = 10 \cdot (360 - 2 \cdot 39 + 2 \cdot 15) = 3120 \text{ мм}^2$$

Площадь сечения, приведенная к материалу полок:

$$A_{пр,л} = 2 \cdot A_{п} + A_{ст} \cdot \frac{E_{ст,1}}{E_{п,1}} = 2 \cdot 2346 + 3120 \cdot \frac{2800}{8000} = 5784 \text{ мм}^2$$

Расстояние между полками в свету:

$$h_{cr} = h - 2 \cdot h_n = 360 - 2 \cdot 39 = 282 \text{ мм}$$

Положение центра тяжести полки относительно края сечения:

$$y_n = \frac{0.5 \cdot b \cdot h_n^2 - t_{cr} \cdot a \cdot (h_n - 0.5 \cdot a)}{A_n} = \frac{0.5 \cdot 64 \cdot 39^2 - 10 \cdot 15 \cdot (39 - 0.5 \cdot 15)}{2346} = 18,73 \text{ мм}$$

Момент инерции полки относительно оси x (горизонталь):

$$I_n = \frac{b \cdot h_n^3}{12} - \frac{t_{cr} \cdot a^3}{12} + A_n \cdot \left[\frac{h}{2} - y_n \right]^2 = \frac{64 \cdot 39^3}{12} - \frac{10 \cdot 15^3}{12} + 2346 \cdot \left[\frac{360}{2} - 18,73 \right]^2 = 61326283 \text{ мм}^4$$

Момент инерции стенки относительно оси x (горизонталь):

$$I_{cr} = \frac{t_{cr} \cdot (h_{cr} + 2 \cdot a)^3}{12} = \frac{10 \cdot (282 + 2 \cdot 15)^3}{12} = 25309440 \text{ мм}^4$$

Момент инерции сечения, приведенный к материалу полок:

$$I_{np,n} = 2 \cdot I_n + I_{cr} \cdot \frac{E_{cr,2}}{E_{n,2}} = 2 \cdot 61326283 + 25309440 \cdot \frac{2800}{9600} = 130034486 \text{ мм}^4$$

Момент инерции сечения, приведенный к материалу стенки:

$$I_{np,cr} = I_{cr} + 2 \cdot I_n \cdot \frac{E_{n,1}}{E_{cr,1}} = 25309440 + 2 \cdot 61326283 \cdot \frac{8000}{2800} = 375745343 \text{ мм}^4$$

Статический момент полусечения, приведенный к материалу стенки:

$$S_{np,cr} = A_n \cdot \frac{h - 2 \cdot y_n}{2} \cdot \frac{E_{n,1}}{E_{cr,1}} + \frac{t_{cr} \cdot (h_{cr} + 2 \cdot a)^2}{8} = 2346 \cdot \frac{360 - 2 \cdot 18,73}{2} \cdot \frac{8000}{2800} + \frac{10 \cdot (282 + 2 \cdot 15)^2}{8} = 1202631 \text{ мм}^3$$

Статический момент полки, приведенный к материалу стенки:

$$S_{np,n,cr} = A_n \cdot \frac{h - 2 \cdot y_n}{2} \cdot \frac{E_{n,1}}{E_{cr,1}} + \frac{t_{cr} \cdot a \cdot (h_{cr} + a)}{2} = 2346 \cdot \frac{360 - 2 \cdot 18,73}{2} \cdot \frac{8000}{2800} + \frac{10 \cdot 15 \cdot (282 + 15)}{2} = 1103226 \text{ мм}^3$$

Момент сопротивления сечения, приведенный к материалу полок:

$$W_{пр.л} = \frac{2 \cdot I_{пр.л}}{h} = \frac{2 \cdot 130034486}{360} = 722414 \text{ мм}^3$$

2.4 Проверка прочности растянутого пояса балки

Прочность будем проверять по условию 17 [1] с учетом п.6.30 [1]:

$$\frac{M_{\max}}{W_{пр.л}} \leq R_p$$

$$\frac{M_{\max}}{W_{пр.л}} = \frac{[10^4] \cdot 492}{722414} = 6,811 \text{ МПа} < R_p = 16,4 \text{ МПа}$$

Условие выполняется, значит прочность растянутого пояса балки обеспечена.

2.5 Проверка устойчивости плоской формы деформирования

Так как сжатый пояс балки имеет сплошное раскрепление из плоскости, устойчивость плоской формы деформирования обеспечена.

2.6 Проверка прочности стенки на срез

Прочность будем проверять по условию 47 [1] с учетом п.6.31 [1]:

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_{пр.ст}}{I_{пр.ст} \cdot t_{ст}} \leq R_{ср}$$

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_{пр.ст}}{I_{пр.ст} \cdot t_{ст}} = \frac{[10] \cdot 661,9 \cdot 1202631}{375745343 \cdot 10} = 2,119 \text{ МПа} < R_{ср} = 4,8 \text{ МПа}$$

Условие выполняется, значит прочность стенки на срез обеспечена.

2.7 Проверка прочности стенки на изгиб

Прочность будем проверять по условию:

$$\frac{M_{\max} \cdot (h_{ст}/2)}{I_{пр.ст}} \leq R_{и}$$

$$\frac{M_{\max} \cdot (h_{ст}/2)}{I_{пр.ст}} = \frac{[10^4] \cdot 492 \cdot (282/2)}{375745343} = 1,846 \text{ МПа} < R_{и} = 5,28 \text{ МПа}$$

Условие выполняется, значит прочность стенки на изгиб обеспечена.

2.8 Проверка прочности клеевого соединения полки со стенкой

Прочность будем проверять по условию 47 [1], заменив статический момент полусечения $S_{пр,ст}$ на статический момент полки $S_{п,пр,ст}$, толщину стенки $t_{ст}$ на длину клеевого шва $2a$, расчетное сопротивление стенки срезу $R_{ср}$ на расчетное сопротивления клея срезу $R_{кл,ср}$:

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_{п.пр.ст}}{I_{пр.ст} \cdot 2 \cdot a} \leq R_{кл.сп}$$

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_{п.пр.ст}}{I_{пр.ст} \cdot 2 \cdot a} = \frac{[10] \cdot 661,9 \cdot 1103226}{375745343 \cdot 2 \cdot 15} = 0,648 \text{ МПа} < R_{кл.сп} = 0,8 \text{ МПа}$$

Условие выполняется, значит прочность клеевого соединения полки со стенкой обеспечена.

2.9 Проверка по прогибам

Значение прогиба будем определять по формуле 55 [1]:

$$f = \frac{f_0}{k} \cdot \left[1 + c \cdot \left[\frac{h}{L} \right]^2 \right]$$

Коэффициент $k = 1$ для балок постоянного сечения по длине. Величина c определяется по табл.Е.3 [1]. При ее вычислении коэффициент $\beta = 1$, так как балка постоянного сечения, а коэффициент γ вычисляется согласно примечания к табл.Е.3 [1]. Вычислим коэффициенты γ и c :

$$\gamma = \frac{2 \cdot b \cdot h_n}{t_{ст} \cdot (h - h_n)} = \frac{2 \cdot 64 \cdot 39}{10 \cdot (360 - 39)} = 1,555$$

$$c = (45,3 - 6,9 \cdot \beta) \cdot \gamma = (45,3 - 6,9 \cdot 1) \cdot 1,555 = 59,72$$

Пролет А.

Прогиб от деформаций изгиба f_0 определен из решения дифференциального уравнения изогнутой оси, при этом согласно п.6.36 [1] жесткость балки принята равной $0,7EI_{пр.п.}$

$$f_0 = 11,74 \text{ мм.}$$

Вычислим полное значение прогиба:

$$f = \frac{f_0}{k} \cdot \left[1 + c \cdot \left[\frac{h}{L} \right]^2 \right] = \frac{11,74}{1} \cdot \left[1 + 59,72 \cdot \left[\frac{360}{6000} \right]^2 \right] = 14,26 \text{ мм}$$

Предельно-допустимый прогиб:

$$f_{пред} = \frac{L}{250} = \frac{[10^3] \cdot 6}{250} = 24 \text{ мм}$$

Расчетный прогиб меньше предельно-допустимого, значит жесткость балки достаточна.

Пролет В.

Прогиб от деформаций изгиба f_0 определен из решения дифференциального уравнения изогнутой оси, при этом согласно п.6.36 [1] жесткость балки принята равной $0,7EI_{пр.п.}$

$$f_0 = -0,274 \text{ мм.}$$

Вычислим полное значение прогиба:

$$f = \frac{f_0}{k} \cdot \left[1 + c \cdot \left[\frac{h}{L} \right]^2 \right] = \frac{-0,274}{1} \cdot \left[1 + 59,72 \cdot \left[\frac{360}{1000} \right]^2 \right] = -2,397 \text{ мм}$$

Предельно-допустимый прогиб:

$$f_{\text{пред}} = \frac{L}{250} = \frac{[10^3] \cdot 1}{250} = 4 \text{ мм}$$

Расчетный прогиб меньше предельно-допустимого, значит жесткость балки достаточна.

Пролет С.

Прогиб от деформаций изгиба f_0 определен из решения дифференциального уравнения изогнутой оси, при этом согласно п.6.36 [1] жесткость балки принята равной $0,7EI_{\text{пр.п.}}$

$$f_0 = 0,097 \text{ мм.}$$

Вычислим полное значение прогиба:

$$f = \frac{f_0}{k} \cdot \left[1 + c \cdot \left[\frac{h}{L} \right]^2 \right] = \frac{0,097}{1} \cdot \left[1 + 59,72 \cdot \left[\frac{360}{1000} \right]^2 \right] = 0,848 \text{ мм}$$

Предельно-допустимый прогиб:

$$f_{\text{пред}} = \frac{L}{250} = \frac{[10^3] \cdot 1}{250} = 4 \text{ мм}$$

Расчетный прогиб меньше предельно-допустимого, значит жесткость балки достаточна.

2.10 Проверка по зыбкости

Проверка выполняется согласно раздела Е.2.2 [2]. Нагрузки, от которых определяется прогиб:

Наименование	Обознач.	Знач.	Ед. изм.	Примечание
Постоянная	$q_{\text{п}}$	кг/м ²	100	
Временная (возбуждающая колебания)	$q_{\text{в}}$	кг/м ²	25	по табл.Е.2 [2]
Временная (длительная часть)	$q_{\text{в,1}}$	кг/м ²	150	по табл.Е.2 [2]

Значение прогиба определяется аналогично тому, как это делалось при проверке по прогибам.

Пролет А.

Расчетный прогиб $f = 15,68$ мм.

Вычислим параметр b из табл.Е.2 [2]:

$$b = 125 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\alpha \cdot p_{\text{в}} \cdot s \cdot L}} = 125 \cdot \sqrt{\frac{80}{1 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 6}} = 129,1$$

Предельно-допустимый прогиб:

$$f_{\text{пред}} = \frac{g \cdot (q_{\text{в}} + q_{\text{в,1}} + q_{\text{п}})}{30 \cdot n^2 \cdot (b \cdot q_{\text{в}} + q_{\text{в,1}} + q_{\text{п}})} = \frac{[10^3] \cdot 9,8 \cdot (25 + 150 + 100)}{30 \cdot 1,5^2 \cdot (129,1 \cdot 25 + 150 + 100)} = 11,48 \text{ мм}$$

Расчетный прогиб больше предельно-допустимого, значит балка по зыбкости не проходит.

Пролет В.

Расчетный прогиб $f = -2,637$ мм.

Вычислим параметр b из табл.Е.2 [2]:

$$b = 125 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\alpha \cdot p_{\text{в}} \cdot s \cdot L}} = 125 \cdot \sqrt{\frac{80}{1 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 1}} = 316,2$$

Предельно-допустимый прогиб:

$$f_{\text{пред}} = \frac{g \cdot (q_{\text{в}} + q_{\text{в,1}} + q_{\text{п}})}{30 \cdot n^2 \cdot (b \cdot q_{\text{в}} + q_{\text{в,1}} + q_{\text{п}})} = \frac{[10^3] \cdot 9,8 \cdot (25 + 150 + 100)}{30 \cdot 1,5^2 \cdot (316,2 \cdot 25 + 150 + 100)} = 4,895 \text{ мм}$$

Расчетный прогиб меньше предельно-допустимого, значит балка по зыбкости проходит.

Пролет С.

Расчетный прогиб $f = 0,933$ мм.

Вычислим параметр b из табл.Е.2 [2]:

$$b = 125 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\alpha \cdot p_{\text{в}} \cdot s \cdot L}} = 125 \cdot \sqrt{\frac{80}{1 \cdot 25 \cdot 0,5 \cdot 1}} = 316,2$$

Предельно-допустимый прогиб:

$$f_{\text{пред}} = \frac{g \cdot (q_{\text{в}} + q_{\text{в,1}} + q_{\text{п}})}{30 \cdot n^2 \cdot (b \cdot q_{\text{в}} + q_{\text{в,1}} + q_{\text{п}})} = \frac{[10^3] \cdot 9,8 \cdot (25 + 150 + 100)}{30 \cdot 1,5^2 \cdot (316,2 \cdot 25 + 150 + 100)} = 4,895 \text{ мм}$$

Расчетный прогиб меньше предельно-допустимого, значит балка по зыбкости проходит.

2.11 Проверка стенки на устойчивость

Стенку на устойчивость нужно проверять если выполняется условие 52 [1]:

$$\frac{h_{\text{ст}}}{t_{\text{ст}}} > 50$$

Проверим это условие:

$$\frac{282}{10} = 28,2 < 50$$

Условие не выполняется, значит устойчивость стенки обеспечена.

2.12 Проверка стенки на главные растягивающие напряжения

Прочность стенки проверяется по условию 50 [1]:

$$\frac{\sigma_{ст}}{2} + \sqrt{\left[\frac{\sigma_{ст}}{2}\right]^2 + \tau_{ст}^2} \leq R_{ра,ст} ,$$

где $R_{ра,ст}$ - расчетное сопротивление стенки на растяжение под углом α к волокнам, с учетом понижающего коэффициента m_{obs} .

Главные растягивающие напряжения по высоте сечения будем определять на уровне стыка полки и стенки, где нормальные и касательные напряжения близки к максимальным значениям.

Сечение балки слева от первой промежуточной опоры.

Значение внутренних усилий:

$$M = 492 \text{ кгм,}$$

$$Q = 457 \text{ кг.}$$

Вычислим нормальные напряжения:

$$\frac{M \cdot (h_{ст}/2)}{I_{пр,ст}} = \frac{[10^4] \cdot 492 \cdot (282/2)}{375745343} = 1,846 \text{ МПа}$$

Вычислим касательные напряжения:

$$\frac{Q_{max} \cdot S_{п,пр,ст}}{I_{пр,ст} \cdot t_{ст}} = \frac{[10] \cdot 457 \cdot 1103226}{375745343 \cdot 10} = 1,342 \text{ МПа}$$

Вычислим главные растягивающие напряжения:

$$\frac{\sigma_{ст}}{2} + \sqrt{\left[\frac{\sigma_{ст}}{2}\right]^2 + \tau_{ст}^2} = \frac{1,846}{2} + \sqrt{\left[\frac{1,846}{2}\right]^2 + 1,342^2} = 2,552 \text{ МПа}$$

Вычислим угол действия главных растягивающих напряжений из формулы 51 [1]:

$$\alpha = \frac{\arctg\left[\frac{2 \cdot \tau_{ст}}{\sigma_{ст}}\right]}{2} = \frac{\arctg\left[\frac{2 \cdot 1,342}{1,846}\right]}{2} = 27,74^\circ$$

Полученное значение главных растягивающих напряжений нужно сравнить с расчетным сопротивлением стенки на растяжение под углом $27,74^\circ$ к волокнам.

Сечение балки справа от первой промежуточной опоры.

Значение внутренних усилий:

$$M = 492 \text{ кгм,}$$

$$Q = 661,9 \text{ кг.}$$

Вычислим нормальные напряжения:

$$\frac{M \cdot (h_{ст}/2)}{I_{пр.ст}} = \frac{[10^4] \cdot 492 \cdot (282/2)}{375745343} = 1,846 \text{ МПа}$$

Вычислим касательные напряжения:

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_{п.пр.ст}}{I_{пр.ст} \cdot t_{ст}} = \frac{[10] \cdot 661,9 \cdot 1103226}{375745343 \cdot 10} = 1,943 \text{ МПа}$$

Вычислим главные растягивающие напряжения:

$$\frac{\sigma_{ст}}{2} + \sqrt{\left[\frac{\sigma_{ст}}{2}\right]^2 + \tau_{ст}^2} = \frac{1,846}{2} + \sqrt{\left[\frac{1,846}{2}\right]^2 + 1,943^2} = 3,075 \text{ МПа}$$

Вычислим угол действия главных растягивающих напряжений из формулы 51 [1]:

$$\alpha = \frac{\arctg\left[\frac{2 \cdot \tau_{ст}}{\sigma_{ст}}\right]}{2} = \frac{\arctg\left[\frac{2 \cdot 1,943}{1,846}\right]}{2} = 32,3^\circ$$

Полученное значение главных растягивающих напряжений нужно сравнить с расчетным сопротивлением стенки на растяжение под углом $32,3^\circ$ к волокнам.

Сечение балки слева от первой промежуточной опоры.

Значение внутренних усилий:

$$M = 107,4 \text{ кгм,}$$

$$Q = 536,9 \text{ кг.}$$

Вычислим нормальные напряжения:

$$\frac{M \cdot (h_{ст}/2)}{I_{пр.ст}} = \frac{[10^4] \cdot 107,4 \cdot (282/2)}{375745343} = 0,403 \text{ МПа}$$

Вычислим касательные напряжения:

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_{п.пр.ст}}{I_{пр.ст} \cdot t_{ст}} = \frac{[10] \cdot 536,9 \cdot 1103226}{375745343 \cdot 10} = 1,576 \text{ МПа}$$

Вычислим главные растягивающие напряжения:

$$\frac{\sigma_{ст}}{2} + \sqrt{\left[\frac{\sigma_{ст}}{2}\right]^2 + \tau_{ст}^2} = \frac{0,403}{2} + \sqrt{\left[\frac{0,403}{2}\right]^2 + 1,576^2} = 1,791 \text{ МПа}$$

Вычислим угол действия главных растягивающих напряжений из формулы 51 [1]:

$$\alpha = \frac{\arctg\left[\frac{2 \cdot \tau_{ст}}{\sigma_{ст}}\right]}{2} = \frac{\arctg\left[\frac{2 \cdot 1,576}{0,403}\right]}{2} = 41,36^\circ$$

Полученное значение главных растягивающих напряжений нужно сравнить с расчетным

сопротивлением стенки на растяжение под углом $41,36^\circ$ к волокнам.

Сечение балки справа от первой промежуточной опоры.

Значение внутренних усилий:

$$M = 107,4 \text{ кгм,}$$

$$Q = 44,89 \text{ кг.}$$

Вычислим нормальные напряжения:

$$\frac{M \cdot (h_{ст}/2)}{I_{пр.ст}} = \frac{[10^4] \cdot 107,4 \cdot (282/2)}{375745343} = 0,403 \text{ МПа}$$

Вычислим касательные напряжения:

$$\frac{Q_{\max} \cdot S_{п.пр.ст}}{I_{пр.ст} \cdot t_{ст}} = \frac{[10] \cdot 44,89 \cdot 1103226}{375745343 \cdot 10} = 0,132 \text{ МПа}$$

Вычислим главные растягивающие напряжения:

$$\frac{\sigma_{ст}}{2} + \sqrt{\left[\frac{\sigma_{ст}}{2}\right]^2 + \tau_{ст}^2} = \frac{0,403}{2} + \sqrt{\left[\frac{0,403}{2}\right]^2 + 0,132^2} = 0,442 \text{ МПа}$$

Вычислим угол действия главных растягивающих напряжений из формулы 51 [1]:

$$\alpha = \frac{\arctg\left[\frac{2 \cdot \tau_{ст}}{\sigma_{ст}}\right]}{2} = \frac{\arctg\left[\frac{2 \cdot 0,132}{0,403}\right]}{2} = 16,59^\circ$$

Полученное значение главных растягивающих напряжений нужно сравнить с расчетным сопротивлением стенки на растяжение под углом $16,59^\circ$ к волокнам.

3 Заключение

Балка не проходит по одной или нескольким проверкам.

Осталась невыполненной проверка на главные растягивающие напряжения в стенке.

Обобщенные данные по всем проверкам сведены в таблицу:

Наименование проверки	Ед. изм.	Дейст. знач.	Пред. знач.	Заключение	
Прочность растянутого пояса	МПа	6,811	16,4	проходит	
Прочность сжатого пояса	Пролет А	проверка не нужна		проходит	
	Пролет В	проверка не нужна		проходит	
	Пролет С	проверка не нужна		проходит	
Прочность стенки на срез	МПа	2,119	4,8	проходит	
Прочность стенки на изгиб	МПа	1,846	5,28	проходит	
Прочность клеевого стыка стенки с полкой	МПа	0,648	0,8	проходит	
	Пролет А	мм	14,26	24	проходит

Проверка по прогибам	Пролет В	мм	-2,397	4	проходит
	Пролет С	мм	0,848	4	проходит
Проверка по зыбкости	Пролет А	мм	15,68	11,48	не проходит
	Пролет В	мм	-2,637	4,895	проходит
	Пролет С	мм	0,933	4,895	проходит
Проверка устойчивости стенки		-	28,2	50	проходит
Главные растягивающие напряжения в стенке	Сечение 1	МПа	2,552	-	не проверено
	Сечение 2	МПа	3,075	-	не проверено
	Сечение 3	МПа	1,791	-	не проверено
	Сечение 4	МПа	0,442	-	не проверено

Литература

1. СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80.
2. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
3. "Рекомендации по проектированию и применению двутавровых деревянных балок и стоек на основе ориентированно-стружечной плиты OSB-3 для строительства и реконструкции малоэтажных зданий в Российской Федерации." НПО Экотехносервис, 2010 г.
4. ТУ 5366-002-79366690-2010 Балки перекрытий, покрытий и стойки стен деревянные двутавровые.