

Практическое занятие № 2

На тему: «Расчет деревянных элементов на центральное сжатие»

На сжатие вдоль волокон древесина работает более стабильно, чем на растяжение. Вариационный коэффициент для сжатия составляет $V=13-15\%$. Работа материала носит более пластический характер, чем при растяжении, меньше проявляется влияние на прочность материала пороков и технологических ослаблений. Временное сопротивление древесины сосны и ели сжатию вдоль волокон составляет для чистой древесины $R_{вр.ч.} = 44$ МПа, для пиломатериала $R_{вр.} = 20-33$ МПа. Расчетное сопротивление сжатию вдоль волокон для режима нагружения В (табл. 2 СП 64.13330.2017) $R_c = R_c^A \cdot m_{дл} = 13-16$ МПа.

Расчет центрально сжатых элементов производят на прочность и устойчивость. Проверку прочности центрально сжатого деревянного элемента производят по формуле

$$\sigma_c = N_c / F_{нт} \leq R_c$$

где σ_c - напряжения сжатия, МПа; N_c - расчетная продольная сила; R_c - расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон, МПа; $F_{нт}$ - площадь нетто поперечного сечения элемента, мм².

Проверку **устойчивости** центрально сжатого деревянного элемента производят по формуле

$$\sigma_c = N_c / (\varphi F_{расч}) \leq R_c$$

где σ_c - напряжения сжатия, МПа; N_c - расчетная продольная сила; φ - коэффициент продольного изгиба; R_c - расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон, МПа; $F_{расч}$ - площадь поперечного сечения элемента, мм², принимаемая равной;

- при отсутствии ослаблений $F_{расч} = F_{бр}$;
- при ослаблениях в опасных сечениях, не выходящих на кромки, если площадь ослабления не превышает 25% $F_{бр}$, $F_{расч} = F_{бр}$
- при ослаблениях в опасных сечениях, не выходящих на кромки, если площадь ослабления составляет более 25% $F_{бр}$, $F_{расч} = 4/3 F_{нт}$;

- при симметричных ослаблениях в опасных сечениях, выходящих на кромки $F_{расч} = F_{нт}$,

где $F_{бр}$ - площадь поперечного сечения брутто; $F_{нт}$ - площадь поперечного сечения нетто.

Коэффициент продольного изгиба φ определяют в зависимости от величины гибкости λ деревянного элемента: при $\lambda \leq 70$ $\varphi = 1 - 0.8(\lambda / 100)^2$, при $\lambda > 70$ $\varphi = 3000 / \lambda^2$.

Задача 3.

Подобрать сечение деревянного элемента из цельной древесины, работающего на центральное сжатие при следующих условиях (рис.1):

- Сжимающее усилие $N_c = 62$ кН;
- Длина элемента $L = 7,2$ м;
- Условия закрепления концов элемента – «шарнир-шарнир»;
- Назначение элемента – рядовой подкос;
- В элементе имеется ослабление - паз шириной $t = 70$ мм;
- Класс ответственности здания – II, $\gamma_n = 0.95$;
- Температурно-влажностные условия эксплуатации 2 (табл. 1 СП 64.13330.2017 /2/).

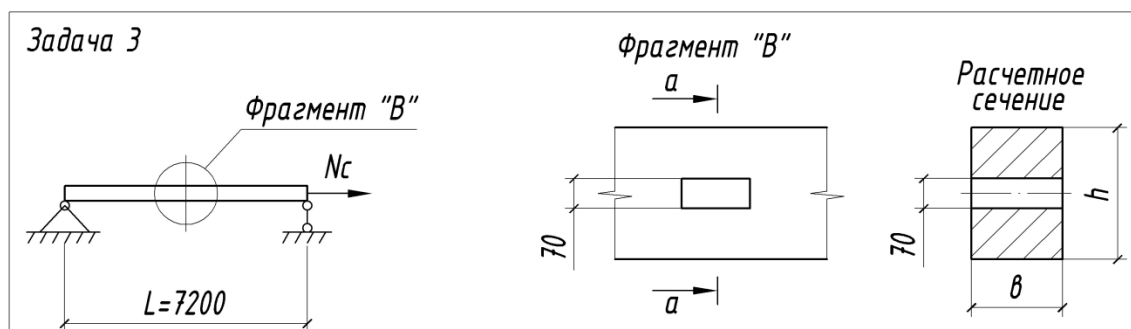


Рис. 1. К задаче № 3

Решение.

1. Принимаем:

Материал - древесина сосны 2-го сорта.

2. Расчетная длина элемента $L_{расч} = L * \mu_0 = 7200 * 1 = 7200$ мм,

где коэффициент $\mu_0 = 1$ для условий закрепления концов сжатого стержня «шарнир-шарнир».

Предельная гибкость элемента (см. табл. 16 СП 64.13330.2017 /2/)

$$[\lambda] = 150.$$

Из формулы $\lambda = L_{расч} / (0,289 \cdot b_{min})$ определяем меньший размер поперечного сечения из условия обеспечения предельной гибкости

$$b_{min} \geq L_{расч} / (0,289 \cdot [\lambda]) = 7200 / (0,289 \cdot 150) = 166 \text{ мм.}$$

Принимаем по сортаменту $b = 175 \text{ мм.}$

Соответственно гибкость для размера $b=175 \text{ мм}$ составит

$$\lambda = L_{расч} / (0,289 \cdot b) = 7200 / (0,289 \cdot 175) = 142,4 < [\lambda] = 150$$

Т.к. $\lambda = 142,4 > 70$ коэффициент продольного изгиба

$$\varphi = 3000 / \lambda^2 = 3000 / 142,4^2 = 0,148.$$

Площадь ослабления составит $F_{осл} = 70 \cdot 175 = 12,25 \cdot 10^3 \text{ мм}^2$.

3. Проверка устойчивости центрально-сжатого элемента (п. 7.2 СП 64.13330.2017 /2/)

$$\sigma_c = N_c / (\varphi F_{расч}) \leq R_c ,$$

где R_c – расчетное сопротивление древесины сжатию, МПа,

$F_{расч}$ – расчетная площадь поперечного сечения, мм^2 ,

Определяем расчетное сопротивление древесины 2-го сорта сжатию

$$R_c = R_c^A \cdot m_{дл} \cdot m_b / \gamma_n = 22,5 \cdot 0,66 \cdot 0,9 / 0,95 = 14,2 \text{ МПа,}$$

где $m_b = 0,9$ (табл. 9 СП 64.13330.2017 /2/),

Тогда требуемая расчетная площадь поперечного сечения

$$F_{расч} \geq N_c / (\varphi R_c) = 62000 / (0,148 \cdot 14,2) = 29,5 \cdot 10^3 \text{ мм}^2.$$

4. Полагаем (в запас прочности), что площадь ослабления $F_{осл}$ составляет более 25% от площади брутто $F_{бр}$ определяем требуемую площадь брутто поперечного сечения сжатого элемента

$$F_{бр} = \frac{3}{4} \cdot F_{расч} + F_{осл} = \frac{3}{4} \cdot 29,5 \cdot 10^3 + 12,25 \cdot 10^3 = 34,4 \cdot 10^3 \text{ мм}^2.$$

При ширине $b=175 \text{ мм}$ требуемая высота поперечного сечения сжатого элемента составит $h_{треб} \geq F_{бр} / b = 34,4 \cdot 10^3 / 175 = 196 \text{ мм.}$

Принимаем по сортаменту $h=200 \text{ мм.}$

5. Выполняем проверку устойчивости центрально–сжатого элемента с размерами поперечного сечения $b \times h = 175 \times 200$ мм (см. п. 7.2 СП 64.13330.2017 /2/):

$$\sigma_c = N_c / (\varphi F_{расч}) \leq R_c$$

Площадь поперечного сечения брутто $F_{бр} = 175 \times 200 = 35 \times 10^3$ мм².

Площадь ослабления $F_{осл} = 175 \times 70 = 12.25 \times 10^3$ мм².

$F_{осл} / F_{бр} = 12.25 \times 10^3 / 35 \times 10^3 \times 100\% = 35\% > 25\%$ - площадь ослабления $F_{осл}$ составляет более 25% от площади брутто $F_{бр}$.

Тогда площадь поперечного сечения расчетная

$$F_{расч} = 4/3 F_{нт} = 4/3 \times (35 \times 10^3 - 12.25 \times 10^3) = 30,3 \times 10^3 \text{ мм}^2.$$

Расчетное сопротивление древесины 2-го сорта сжатию $R_c = 14,2$ МПа.

Коэффициент продольного изгиба $\varphi = 0,148$.

$$\sigma_c = N_c / (\varphi F_{расч}) = 62 \times 10^3 / (0,148 \times 30,3 \times 10^3) = 13,9 \text{ МПа} \leq R_c = 14,2 \text{ МПа}.$$

Устойчивость центрально сжатого элемента при принятых размерах обеспечена.

Ответ: принимаем центрально-сжатый элемент сечением $b \times h = 175 \times 200$ мм.

Задача 4.

Определить несущую способность деревянного элемента из цельной древесины, работающего на центральное сжатие при следующих условиях (см. рис. 2):

Сечение элемента $b \times h = 150 \times 200$ мм;

Материал - древесина сосны 2-го сорта;

Длина элемента $L = 6,4$ м;

Условия закрепления концов элемента – «шарнир-шарнир»;

Назначение элемента – рядовой подкос;

В элементе присутствуют ослабления – 2 отверстия $d_{отв} = 24$ мм;

- Класс ответственности здания – II, $\gamma_n = 0.95$;

- Температурно-влажностные (t-W%) условия эксплуатации 2 (табл. 1 СП 64.133309.2017 /2/).

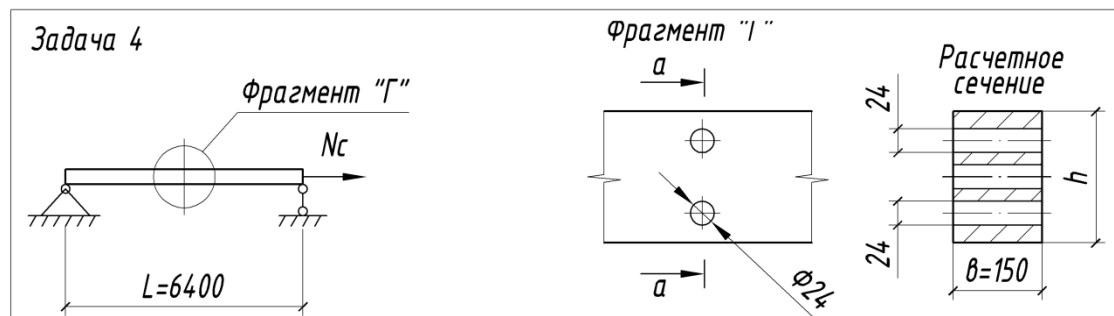


Рис. 2. К задаче № 4

Решение.

1. Проверяем гибкость центрально-сжатого элемента.

Предельная гибкость элемента $[\lambda] = 150$ (см. табл. 16 СП 64.13330.2017 /2/).

Расчетная длина элемента $L_{расч} = L * \mu_0 = 6400 * 1 = 6400$ мм,

где коэффициент $\mu_0 = 1$ — для условий закрепления концов сжатого стержня «шарнир-шарнир».

Гибкость центрально-сжатого стержня для размера $b=150$ мм составит

$$\lambda = L_{расч} / (0,289 * b) = 6400 / (0,289 * 150) = 147,7 < [\lambda] = 150$$

Гибкость элемента меньше предельной. Продолжаем расчет.

2. Определяем расчетную несущую способность центрально-сжатого элемента из условия прочности $\sigma_c = N_c / F_{нт} \leq R_c$ (см. п. 7.2 СП 64.13330.2017 /2/):

$$N_{с\ расч} = F_{нт} * R_c,$$

где R_c - расчетное сопротивление древесины 2-го сорта сжатию ,

$$R_c = R_c^A * m_{дл} * m_b / \gamma_n = 22,5 * 0,66 * 0,9 / 0,95 = 14,2 \text{ МПа};$$

$F_{нт} = F_{бр} - F_{осл} = 30 * 10^3 - 7,2 * 10^3 = 22,8 * 10^3 \text{ мм}^2$ — площадь поперечного сечения нетто,

$F_{бр} = 150 * 200 = 30 * 10^3 \text{ мм}^2$ - площадь поперечного сечения брутто,

$F_{осл} = 150 * 24 * 2 = 7,2 * 10^3 \text{ мм}^2$ - площадь ослабления.

Расчетная несущая способность центрально-сжатого элемента из условия прочности

$$N_{с\text{ расч}} = F_{нт} * R_c = 22,8 * 10^3 * 14,2 = 323,76 * 10^3 \text{ Н} = 323,76 \text{ кН}.$$

2. Определяем расчетную несущую способность центрально-сжатого элемента из условия устойчивости $\sigma_c = N_c / (\varphi F_{расч}) \leq R_c$ (см. п. 7.2 СП 64.13330.2017 /2/):

$$N_{с\text{ расч}} = \varphi * F_{расч} * R_c,$$

где $R_c = 14,2 \text{ МПа}$ - расчетное сопротивление древесины 2-го сорта сжатию.

$F_{осл} / F_{бр} = 7,2 * 10^3 / 30 * 10^3 * 100\% = 24\% < 25\%$ - площадь ослабления $F_{осл}$ составляет менее 25% от площади брутто $F_{бр}$.

Тогда расчетная площадь поперечного сечения центрально-сжатого стержня составит

$$F_{расч} = F_{бр} = 30 * 10^3 = 30 * 10^3 \text{ мм}^2.$$

Т.к. $\lambda = 147,7 > 70$ коэффициент продольного изгиба $\varphi = 3000 / \lambda^2 = 3000 / 147,7^2 = 0,1375$.

Расчетная несущая способность центрально-сжатого элемента из условия устойчивости

$$N_{с\text{ расч}} = \varphi * F_{расч} * R_c = 0,1375 * 30 * 10^3 * 14,2 = 58,6 * 10^3 \text{ Н} = 58,6 \text{ кН}.$$

Принимаем расчетную несущую способность центрально-сжатого элемента из условия устойчивости $N_{с\text{ расч}} = 58,6 \text{ кН}$.

Ответ:

расчетная несущая способность центрально-сжатого элемента

$N_{с\text{ расч}} = 58,6 \text{ кН}$ - из условия устойчивости.

Задания для самостоятельного решения

1. Подобрать сечение деревянного элемента из цельной древесины, работающего на центральное сжатие при следующих условиях (рис.3):

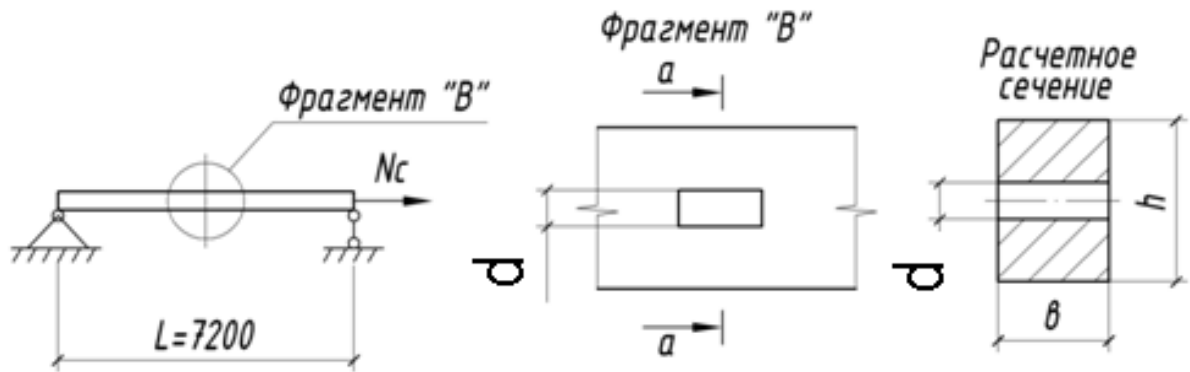


Рис. 3. Для самостоятельного выполнения по задаче № 3

Условия закрепления концов элемента – «шарнир-шарнир»;

Назначение элемента – рядовой подкос;

В элементе имеется ослабление - паз шириной $t = d$ мм;

№	N_c кН	Длина l , м	d паза мм	b мм	Класс отв. здания	Температурно- влажностные условия эксплуатации
1	70	6,0	30	150	I	2
2	80	5,0	40	125	II	2
3	90	4,5	50	125	III	3
4	100	4,0	60	100	I	3
5	120	3,0	30	100	II	2

2. Определить несущую способность деревянного элемента из цельной древесины, работающего на центральное сжатие при следующих условиях (см. рис. 4):

Материал - древесина сосны 2-го сорта;

Условия закрепления концов элемента – «шарнир-шарнир»;

Назначение элемента – рядовой подкос;

В элементе имеются ослабления – 2 отверстия $d_{\text{отв}} = d$ мм;

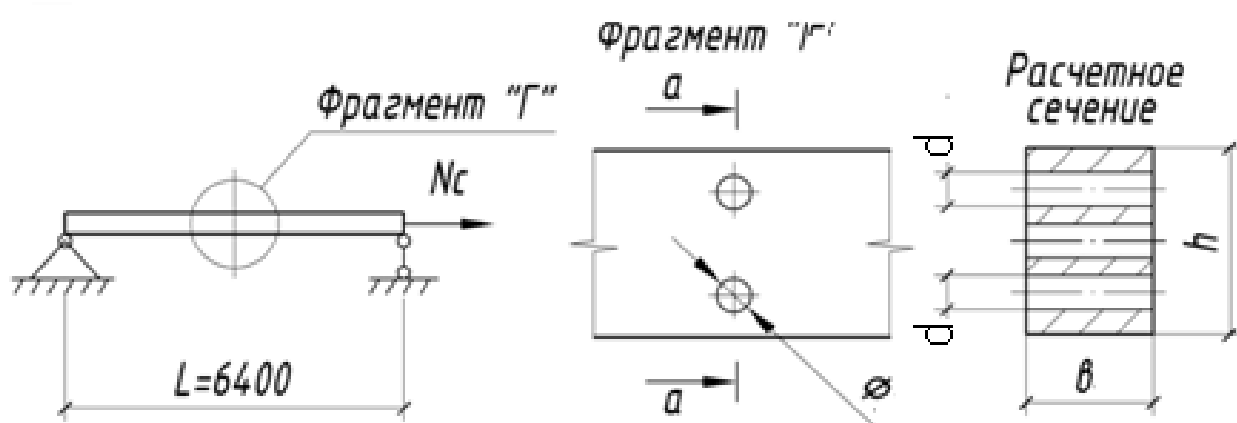


Рис. 4. Для самостоятельного выполнения по задаче № 4

№ п/п	b мм	h мм	Длина l, м	d паза мм	Класс отв. здания	Температурно- влажностные условия эксплуатации
1	200	200	6,0	20	I	2
2	150	150	5,0	30	II	2
3	125	150	4,5	20	III	3
4	100	150	4,0	25	I	3
5	100	100	3,0	20	II	2