

ЛЕКЦИЯ 7 РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЦЕЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ НА ЦЕНТРАЛЬНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ, НА ЦЕНТРАЛЬНОЕ СЖАТИЕ. УЧЕТ ОСЛАБЛЕНИЯ СЕЧЕНИЙ

Цель лекции: освоение студентами компетенций по расчету деревянных конструкций цельного сечения

Вопросы к лекции:

7.1 Элементы деревянных конструкций.

7.2 Расчет деревянных элементов цельного сечения на центральное растяжение. Учет ослабления сечений элементов

7.3 Расчет деревянных элементов цельного сечения на центральное сжатие. Учет ослабления сечений элементов

Вопросы к экзамену

22 Расчет деревянных элементов цельного сечения на центральное растяжение. Как учитываются ослабления сечений элементов?

23 Расчет деревянных элементов цельного сечения на центральное сжатие. Как учитываются ослабления сечений элементов?

7.1 Элементы деревянных конструкций

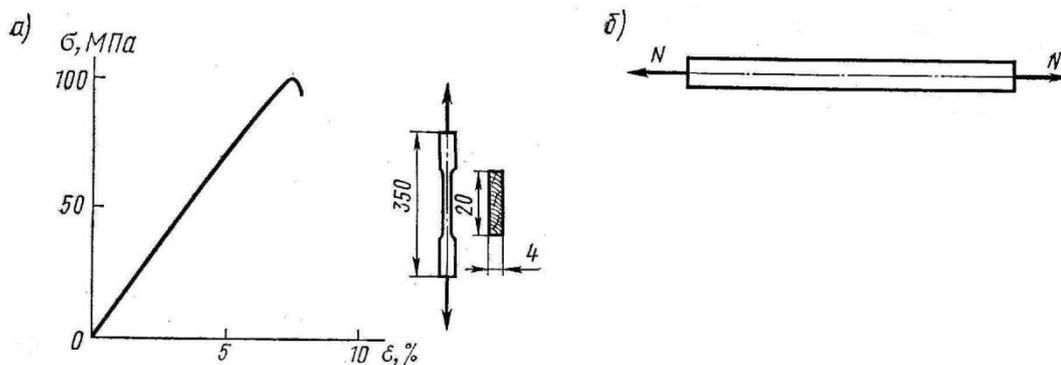
Элементы деревянных конструкций - доски, бруски, брусья и бревна цельного сечения с размерами, указанными в сортаментах пиленных и круглых материалов. Они могут являться самостоятельными конструкциями - балки или стойки, а также стержнями более сложных конструкций.

Усилия в элементах определяют общими методами строительной механики. Проверка прочности и прогибов элемента заключается в определении напряжений в сечениях, которые не должны превышать расчетных сопротивлений древесины, а также его прогибов, не превосходящих предельных, установленных нормами проектирования. Деревянные элементы рассчитывают в соответствии с [1].

7.2 Расчет деревянных элементов цельного сечения на центральное растяжение. Учет ослабления сечений элементов

На растяжение работают нижние пояса и отдельные раскосы ферм, затяжки арок и других сквозных конструкций. Растягивающее усилие, N , действует вдоль оси элемента и во всех точках его поперечного сечения возникают растягивающие напряжения, σ , которые с достаточной точностью считаются одинаковыми по величине.

Древесина на растяжение работает почти упруго и показывает высокую прочность. Разрушение происходит хрупко в виде почти мгновенного разрыва. Стандартные образцы при испытаниях на растяжение имеют вид «восьмерки».



а – график деформаций и стандартный образец; б – расчетная схема;
Рисунок 7.1 – Растянутый элемент

Как видно из диаграммы растяжения древесины без пороков, зависимость деформаций от напряжений близка к линейной, а прочность достигает 100 МПа (рисунок 7.1, а, б).

Однако прочность реальной древесины при растяжении, учитывая ее значительные колебания, большое влияние пороков и длительности нагружения значительно ниже:

- для неклееной древесины II сорта $R_p = 10,5$ МПа;
- для клееной древесины влияние пороков уменьшается, поэтому $R_p = 13,5$ МПа.

Проверочный расчет растянутых элементов производится по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F_{HT}} \leq R_p \text{ (или } \leq R_{д.ш}^p \text{)}, \quad (7.1)$$

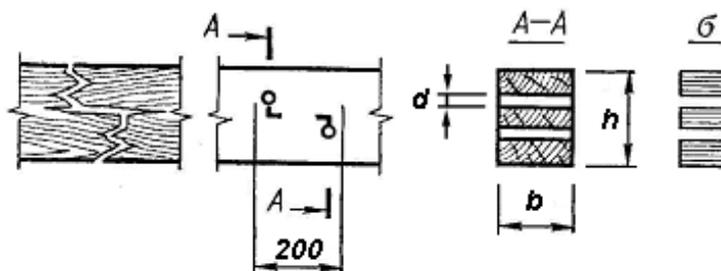
где F_{HT} – площадь рассматриваемого поперечного сечения элемента, причем ослабления, расположенные на участке длиной 20 см считаются совмещенными в одном сечении (рисунок 7.2);

N – расчетная продольная сила;

$F_{БР}$ – площадь брутто – полная площадь сечения элемента со всеми отверстиями и врезками;

R_p – расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон;

$R_{д.ш}^p$ – то же для древесины из однонаправленного шпона.



$F_{HT} = F_{БР} - F_{осл}$; $F_{БР} = b \cdot h$ – площадь сечения брутто;

$F_{осл} = b \cdot 2d$ – площадь ослаблений в сечении (на длине 200 мм).

Рисунок 7.2 – Характер разрушения, определение площади поперечного сечения нетто

Для подбора сечений пользуются этой же формулой, но относительно искомой (требуемой) площади, $F_{тр}$.

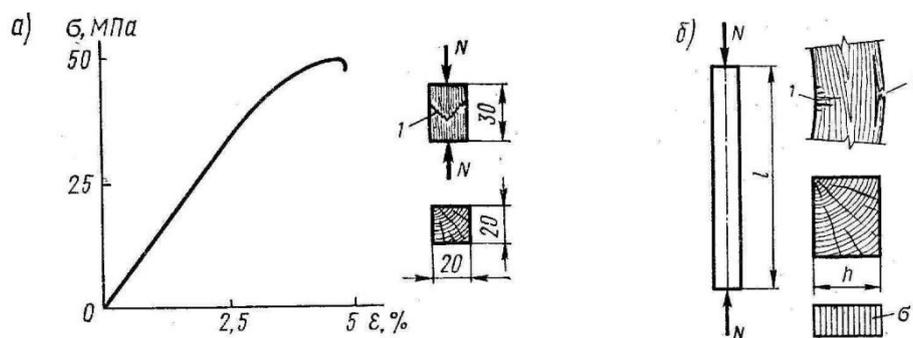
7.3 Расчет деревянных элементов цельного сечения на центральное сжатие. Учет ослабления сечений элементов

Работа древесины на сжатие

На сжатие работают стойки, подкосы, верхние пояса и отдельные стержни ферм. В сечениях элемента от сжимающего усилия, N , действующего вдоль его оси, возникают почти одинаковые по величине сжимающие напряжения, σ (эпюра прямоугольная).

Древесина работает на сжатие надежно, но не вполне упруго. Примерно до половины предела прочности рост деформаций происходит по закону близкому к линейному, и древесина работает почти упруго. При росте нагрузки увеличение деформаций все более опережает рост напряжений, указывая на упруго - пластический характер работы древесины (рисунок 7.3).

Разрушение образцов без пороков происходит при напряжениях, достигающих 44,0 МПа, пластично, в результате потери устойчивости ряда волокон, о чем свидетельствует характерная складка. Пороки меньше снижают прочность древесины, чем при растяжении, поэтому расчетное сопротивление реальной древесины при сжатии выше и составляет для древесины первого сорта $R_c = 14 \div 16$ МПа, а для 2 и 3 сортов эта величина немного ниже.



а – график деформаций и стандартный образец;

б – расчетная схема, характер напряжения, эпюра напряжений;

в – типы закрепления концов и расчетные длины, 1 – складки, 2 – разрыв.

Рисунок 7.3 – Сжатый элемент

Расчет
Расчет

$$\sigma = \frac{N}{F_{нт}} \leq R_c \text{ (или } \leq R_{д.ш}^c \text{)}, \quad (7.2)$$

где R_c – расчетное сопротивление сжатию вдоль волокон;

$R_{д.ш}^c$ – то же для древесины из однонаправленного шпона.

N – расчетная продольная сила;

Для досок второго сорта расчетное сопротивление сжатию вдоль волокон, R_c , равно 19,5 МПа. Брусья имеют меньше перерезанных волокон при распиловке, чем доски, поэтому для элементов второго сорта прямоугольного сечения с шириной сечения 11,0...13,0 см при высоте сечения 11,0 см и более - $R_c = 21,0$ МПа.

Для брусьев с большими размерами сечения (ширина сечения больше 13,0 см и высота сечения 13,0 см и более) расчетное сопротивление сжатию, R_c , повышается до 22,5 МПа. Бревна совсем не имеют перерезанных волокон, поэтому их расчетное сопротивление $R_c = 24,0$ МПа.

Расчет на устойчивость центрально сжатых элементов

Явление продольного изгиба заключается в том, что гибкий центрально-сжатый прямой стержень теряет свою прямолинейную форму (теряет устойчивость) и начинает выпучиваться при напряжениях, значительно меньших предела прочности.

Проверку центрально-сжатого элемента с учетом его устойчивости производят по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F_{расч}} \leq R_c \text{ (или } \leq R_{д.ш}^c \text{)}, \quad (7.3)$$

где $F_{расч}$ – расчетная площадь поперечного сечения, принимаемая равной:

- при отсутствии ослаблений, $F_{расч} = F_{бр}$;
- при ослаблениях, не выходящих на кромки, если площадь ослаблений не превышает 25% площади сечений $F_{бр}$ – $F_{расч} = F_{бр}$;
- то же, если площадь ослаблений превышает 25% $F_{бр}$ площади сечений – $F_{расч} = 4/3 F_{нт}$;
- при симметричных ослаблениях, выходящих на кромки $F_{расч} = F_{нт}$;
- при несимметричном ослаблении, выходящем на кромки, элементы рассчитывают как внецентренно сжатые.

$R_{д.ш}^c$ – расчетное сопротивление сжатию вдоль волокон для древесины из однонаправленного шпона;

φ – коэффициент продольного изгиба.

Коэффициент продольного изгиба, φ , всегда меньше 1,0, учитывает влияние устойчивости на снижение несущей способности сжатого элемента в зависимости от его расчетной максимальной гибкости λ .

Гибкость элемента, λ , равна отношению расчетной длины, l_0 , к радиусу инерции сечения элемента, i :

$$\lambda = \frac{l_0}{i}, \quad (7.4)$$

где l_0 – расчетная длина элемента, которая определяется умножением его свободной длины l (расстояние между раскреплениями сечений от смещения) на коэффициент μ_0 , зависящий от типа закрепления концов элемента,

r – радиус инерции поперечного сечения элемента, определяемый по формуле

$$r = \sqrt{\frac{I}{F}}, \quad (7.5)$$

Радиус инерции принимается равным:

- прямоугольного сечения $r = 0,289h$;
- для круглого сечения $r = d/4$.

Расчетная длина элемента определяется по формуле

$$l_0 = \mu_0 \cdot l, \quad (7.6)$$

где коэффициент μ_0 принимается в зависимости от типа закрепления концов элемента:

- при шарнирно закрепленных концах $\mu_0=1$;
- при одном шарнирно закрепленном, а другом защемленном $\mu_0=0,8$;
- при обоих защемленных концах $\mu_0=0,65$ и т.д. (рисунок 7.4).

Примечание: на рисунке красным цветом выделены зоны опасных сечений, ослабления в которых влияют на устойчивость стержня.

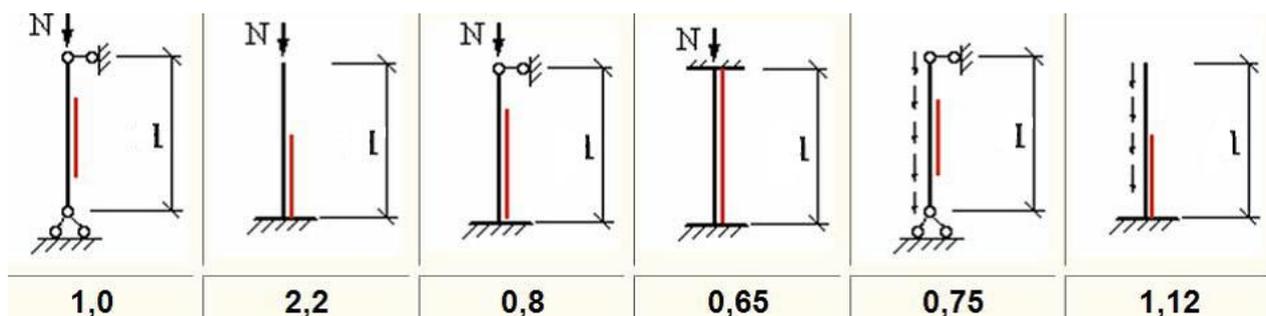


Рисунок 7.4 - Значения коэффициентов μ_0

Отдельные элементы конструкций (отдельные стойки, пояса, опорные раскосы ферм и т.п.) должны иметь гибкость не более 120, прочие сжатые элементы основных конструкций – не более 150, элементы связей – не менее 200.

При гибкости более 70 ($\lambda > 70$) сжатый элемент теряет устойчивость, когда напряжения сжатия в древесине еще невелики, и она работает упруго (рисунок 7.5 а).

Коэффициент продольного изгиба равный отношению напряжения в момент потери устойчивости, $\sigma_{кр}$, к пределу прочности при сжатии, $R_{пр}$, в этом случае определяют по формуле Эйлера с учетом постоянного отношения модуля упругости древесины к пределу прочности:

$$\varphi = \frac{A}{\lambda^2}, \quad (7.7)$$

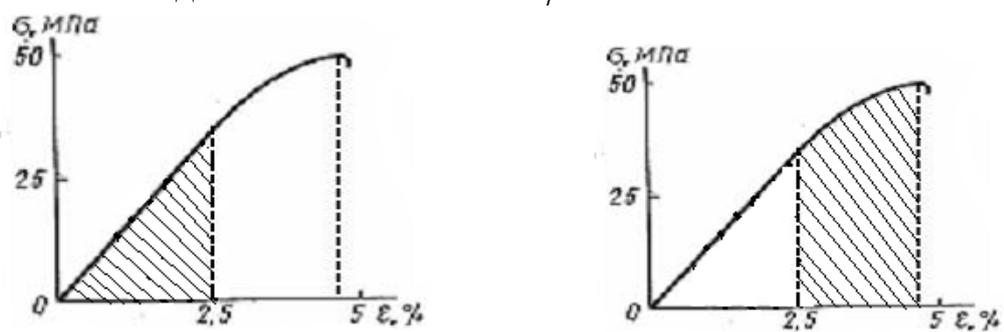
где A – коэффициент равный 3000 – для древесины, 2500 – для фанеры древесины из однонаправленного шпона.

При гибкостях, равных и меньших 70 ($\lambda \leq 70$) элемент теряет устойчивость, когда напряжения сжатия достигают упругопластической стадии и модуль упругости древесины понижается, в этом случае коэффициент продольного изгиба определяют с учетом переменного модуля упругости по упрощенной теоретической формуле:

$$\varphi = 1 - \alpha \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2, \quad (7.8)$$

где α – коэффициент равный 0,8 – для древесины, 1,0 – для фанеры.

При подборе сечения используют формулу расчета на устойчивость, предварительно задаваясь величиной λ и φ .



a - при гибкости более 70 ($\lambda > 70$), *б* - при гибкостях, равных и меньших 70 ($\lambda \leq 70$).
Рисунок 9.5 – График работы древесины при разных гибкостях.