

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ БАЛКИ

*Крючкова Алина Витальевна, студентка 2-го курса  
кафедры «Математические методы в строительстве»  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Югова М.В., старший преподаватель)*

Одним из важнейших элементов в строительстве являются балки – несущие конструкции, главная функция которых заключается в приеме на себя нагрузок и их передаче. Балка представляет собой горизонтальный, или наклонный брус, работающий преимущественно на изгиб.

Для уменьшения финансовых расходов балку необходимо правильно подобрать. Рационально выбранной будет считаться балка, на создание которой будет затрачено меньше материала, и, которая при меньшей собственной массе, будет максимально выполнять свои функции. Добиться этого можно путём подбора поперечного сечения. Подбор производится из условия прочности по нормальным напряжениям на изгиб:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{xmax}}{W_x} \leq R,$$

где  $M_{xmax}$  – максимальный изгибающий момент в рассматриваемом сечении,  $W_x$  – осевой момент сопротивления,  $R$  – расчетное сопротивление материала балки.

Балка выдержит нагрузку, если максимальное нормальное напряжение не превысит расчетное сопротивление.

Построим эпюры нормальных и касательных напряжений, возникающих в поперечном сечении балки прямоугольного сечения (Рис. 1).

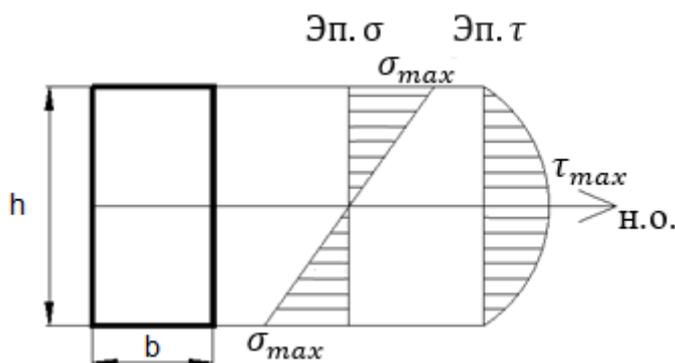


Рисунок 1 – Эпюры нормальных и касательных напряжений для прямоугольного сечения

Анализ эпюры нормальных напряжений показывает, что материал, примыкающий к нейтральной оси, испытывает малое напряжение. Часть его у нейтральной оси можно изъять и перенести к краям, где возникают наибольшие напряжения. Касательные напряжения у нейтральной оси обычно не опасны. Так возник двутавр (Рис.2, а) – наиболее рациональная форма поперечного сечения балки. Также существует коробчатое сечение (Рис. 2, б), которое близко по критерию рациональности к двутавровому сечению.

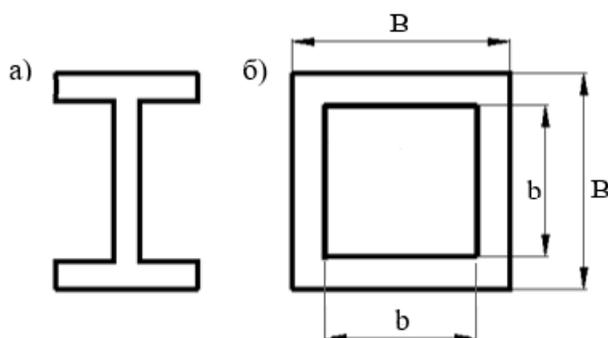


Рисунок 2 – а) двутавр; б) коробчатое сечение

Сравним на примере максимальные нормальные напряжения, возникающие в прямоугольном, двутавровом и коробчатом сечениях, если площадь их поперечного сечения одинакова.

Рассмотрим двутавр №20. Из ГОСТа 8239-89 возьмем следующие геометрические характеристики:  $A_1=26,8 \text{ см}^2$ ,  $W_{x1}=184 \text{ см}^3$ .

Найдем максимальное напряжение на нейтральной оси:

$$\sigma_1 = \frac{M_x}{W_{x1}} = \frac{M_x}{184}.$$

Далее рассмотрим прямоугольное сечение с той же площадью поперечного сечения:  $A_2=26,8 \text{ см}^2$ . Условно принимаем  $\frac{h}{b} = 2$ . Тогда  $A=b*h=b*2b=2b^2$ .

Следовательно,  $b = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{26,8}{2}} = 3,7 \text{ см}$ ,  $h=2*b=7,4 \text{ см}$ ,  $W_{x2} = \frac{b*h^2}{6} = \frac{3,7*7,4^2}{6} = 34 \text{ см}^3$ .

Нормальное напряжение:

$$\sigma_2 = \frac{M_x}{W_{x2}} = \frac{M_x}{34}.$$

Наконец, рассмотрим коробчатое сечение, которое для упрощения расчетов возьмем квадратным. Для этого сечения:  $A_3=26,8 \text{ см}^2$ ,  $A=B^2-b^2$ . Принимаем условно  $b=0,7B$ . Тогда  $A=B^2 - (0,7B)^2 = 0,51B^2$ .

Следовательно,  $B = \sqrt{\frac{A}{0,51}} = \sqrt{\frac{26,8}{0,51}} = 7,2 \text{ см}$ ,  $b=5,04 \text{ см}$ .

Определим момент сопротивления сечения:

$$W_{x3} = \frac{I_x - I'_x}{y_{max}}$$

где  $y_{max} = B/2 = 3,6$  см,  $I_x = \frac{B \cdot B^3}{12} = 223,9$  см<sup>4</sup>,  $I'_x = \frac{b \cdot b^3}{12} = 53,8$  см<sup>4</sup>,  $W_{x3} = 47,25$  см<sup>3</sup>.

Нормальное напряжение:

$$\sigma_3 = \frac{M_x}{W_{x3}} = \frac{M_x}{47,25}$$

В результате всех вычислений получаем, что  $\sigma_2 > \sigma_3 > \sigma_1$ . Делаем вывод, что при равной площади поперечного сечения и равном расходе материала двутавровая балка может выдержать большую нагрузку. Поэтому она будет более рациональной и экономичной. Следом идет коробчатое сечение, а на последнем месте – прямоугольное.

Рассмотрим круглое поперечное сечение, которое является самой нерациональной формой поперечного сечения балки. Однако и его можно улучшить. Построим эпюры нормальных и касательных напряжений для балки круглого поперечного сечения (Рис. 3, а).

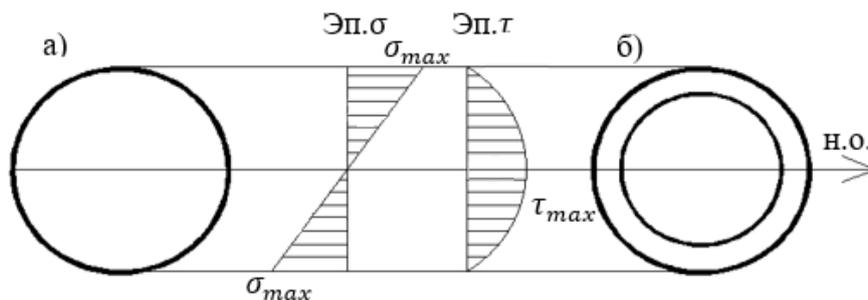


Рисунок 3 – а) эпюра нормальных и касательных напряжений круглого сечения; б) трубчатое сечение

Анализ эпюры нормальных напряжений опять показывает, что чем дальше сечение расположено от нейтральной оси, тем большими становятся нормальные напряжения. При этом балка будет иметь большой вес из-за большого количества лишнего материала у нейтрально слоя. Поэтому чаще всего используются балки трубчатого поперечного сечения (Рис. 3, б).

Таким образом, грамотный выбор поперечного сечения балки – одна из важнейших задач для инженеров в области строительства. Подбор рационального поперечного сечения позволяет достичь необходимых характеристик надежности и долговечности при минимальном расходе материала, и, следовательно, меньших финансовых затратах и меньшем весе конструкций.