

Тема: «Элементы металлических конструкций»

Лекция №17

"Прокатные балки"

В качестве прокатных балок, работающих на изгиб, применяются двутавры по ГОСТ 8239-72, двутавры с параллельными гранями полок, тип Б, по ТУ 14-2-24-72 и для прокатных прогонов скатных кровель – швеллеры по ГОСТ 8240-72.

17.1 Подбор сечения и проверка несущей способности прокатных балок

Расчет на прочность прокатных балок, изгибаемых в одной из главных плоскостей, выполняется по формуле:

$$\sigma = M/W_{нт} \leq R \cdot \gamma \quad (17.1)$$

Требуемый момент сопротивления балки «нетто» можно определить по формуле:

$$W_{нт.треб.} = M_{max} / R \cdot \gamma \quad (17.2)$$

R - расчетное сопротивление стали по изгибу; γ - коэффициент условий работы конструкции.

Выбрав тип профиля балки по требуемому моменту сопротивления, по сортаменту подбирают ближайший больший номер балки.

Для разрезных балок сплошного сечения из стали с пределом текучести до 580 МПа, следует использовать упругопластическую работу материала и проверять их прочность по формулам:

при изгибе в одной из главных плоскостей и $\tau \leq 0,9R_{\text{ср}}$.

$$\sigma = M_{\text{max}} / c_1 \cdot W_{\text{нт}} \leq R \cdot \gamma \quad (17.3)$$

при изгибе в двух главных плоскостях и $\tau \leq 0,5R_{\text{ср}}$.

$$\sigma = M_x / c_x \cdot W_{x\text{нт}} + M_y / c_y \cdot W_{y\text{нт}} \leq R \cdot \gamma \quad (17.4)$$

При $\tau \leq 0,5R_{\text{ср}}$ $c_1=c$; при $0,5R_{\text{ср}} < \tau \leq 0,9R_{\text{ср}}$ $c_1=1,05\beta c$; c, c_x, c_y – принимаются по приложению 5 [Беленя Е.И.]; $R_{\text{ср}}$ – расчетное сопротивление срезу (сдвигу); $\beta = \sqrt{[1-(\tau/R_{\text{ср}})^2] / [1-\alpha(\tau/R_{\text{ср}})^2]}$; $\tau=Q/t \cdot h$; $\alpha = 0,7$ для двутаврового сечения, изгибаемого в плоскости стенки, $\alpha = 0$ для других типов сечений.

При наличии зоны чистого изгиба в формулах (17.3) и (17.4) вместо коэффициентов c_1, c_x, c_y следует принимать:

$$C_{1m} = 0,5(1+c); C_{xm} = 0,5(1+c_x); C_{ym} = 0,5(1+c_y);$$

Для случая учета *упругопластической работы при изгибе* балки в одной из главных плоскостей подбор сечений проводим по формуле:

$$W_{\text{нт.}} = M_{\text{max}} / c_1 R \cdot \gamma \quad (17.5)$$

Первоначально принимается $c_1 \approx 1,1$, а затем уточняется.

Подобранное сечение проверяют на прочность от действия касательных напряжений:

$$\tau = Q_{\text{max}} S / J \cdot t_{\text{ст}} \quad (17.6)$$

Q_{\max} -наибольшая поперечная сила на опоре; S и t – статический момент и момент инерции сечения; $t_{\text{ст}}$ –толщина стенки балки.

Кроме проверки прочности балки необходимо в местах с большими нормальными напряжениями проверять их общую *устойчивость*

Устойчивость балок можно не проверять при передаче нагрузки через сплошной жесткий настил, непрерывно опирающийся на сжатый пояс балки и надежно с ним связанный, а также при отношении расчетной длины участка балки между связями, препятствующими поперечным смещениям сжатого пояса балки l_0 к его ширине b , не превышающем: при $1 \leq h/b \leq 6$ и $b/t \leq 35$.

$$l_0/b = \delta [0,41 + 0,0032 \cdot b/t + (0,73 - 0,016 \cdot b/t) b/h_0] \sqrt{E/R} \quad (17.7)$$

где b и t – соответственно ширина и толщина сжатого пояса; h_0 – расстояние (высота) между осями поясных листов; $\delta = [1 - 0,7 \cdot (c_1 - 1)/(c - 1)]$ (для сечений балок, работающих упруго $\delta = 1$).

При недостаточном закреплении сжатого пояса балки ее общую устойчивость проверяют по формуле:

$$\frac{M}{R \cdot \gamma} \leq \phi_b \cdot W_c \quad (17.8)$$

W_c -момент сопротивления для сжатого пояса; $\gamma = 0,95$ - коэффициент условий работы при проверке общей устойчивости балок.

Для балок двутаврового сечения с двумя осями симметрии $\phi_6 = \phi_1$, при $\phi_1 \leq 0,85$ и $\phi_6 = 0,68 + 0,21\phi_1$ при $\phi_1 > 0,85$. В этом случае критические напряжения потери устойчивости находятся в зоне упругопластической работы материала и определяются по формуле:

$$\phi_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{(J_x/J_y)(h/l_0)^2(E/R)}{12}}}$$
 (17.9)

Коэффициент ϕ принимают по приложению 6 в зависимости от закрепления балки, вида и места приложения нагрузки и параметра α , характеризующего сечения.

Для прокатных двутавров:

$$\alpha = 1,54 (J_x/J_y)(l_0/h)^2$$
 (17.10)

J_x - момент инерции сечения при кручении

Проверка устойчивости балок швеллерного и других типов сечений имеет свои особенности и должна проводиться в соответствии с указаниями СНиП.

Если при проверке выясняется, что общая устойчивость балки не обеспечена, то следует уменьшить расчетную длину сжатого пояса, изменив схему связей.

17.2 Проверка жесткости балок

Проверка второго предельного состояния (обеспечение условий для нормальной эксплуатации сооружения) ведется путем определения прогиба балки от действия нормативных нагрузок при допущении упругой работы материала. Полученный относительный прогиб является мерой жесткости балки и не должен превышать нормативного, зависящего от назначения балки (см. табл.7.1).

$$f/l \leq [f/l]$$

(17.11)

Для однопролетной балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, проверка деформативности проводится по формуле:

$$f = (5/384)ql^4/EJ$$

(17.12)

Если проверка по формуле (17.11) не выполняется, то следует увеличить сечение балки, взять менее прочный материал, или допустить недоиспользование прочности балки, что менее выгодно.