

Устойчивость стержней. Задача

Для стержня заданного поперечного сечения (рис. 1) определить величину критической и допустимой силы и найти коэффициент запаса на устойчивость. Материал – Ст. 3.

Дано: $\sigma_T = 220$ МПа; $n_T = 1,5$; $a = 1$ м; уголок $160 \times 160 \times 10$;

($I_x = I_y = 774$ см⁴; $A_y = 31,4$ см²; $I_{x_0} = 1229$ см⁴; $I_{y_0} = 319$ см⁴; $z_0 = 4,3$ см.

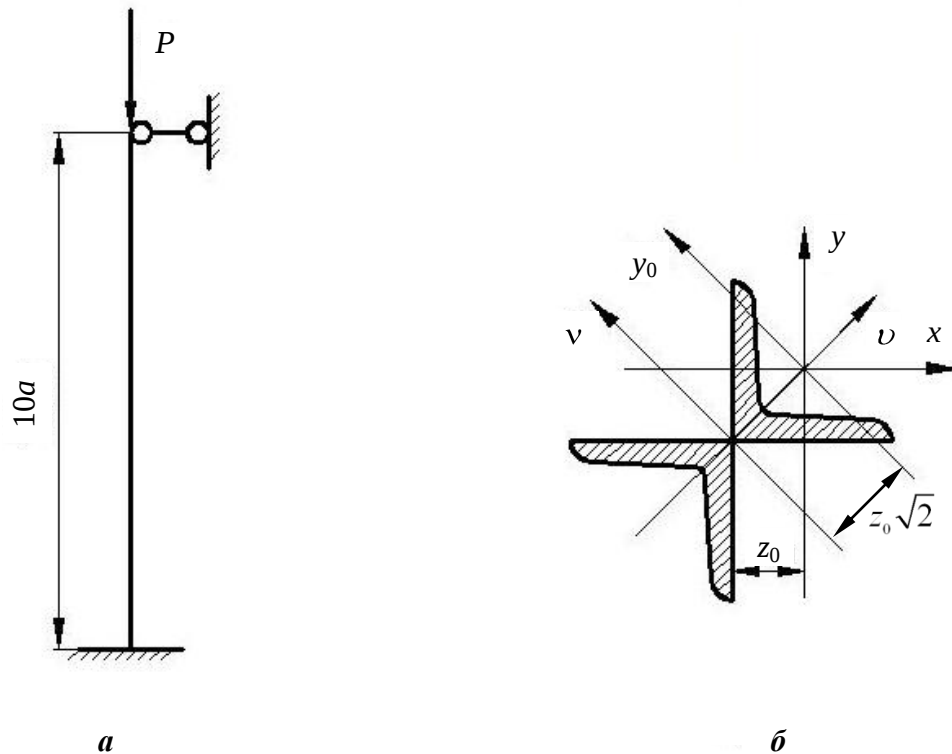


Рис. 1

Решение

1. Вычисляем площадь сечения

$$A = 2 A_y = 2 \cdot 31,4 = 62,8 \text{ см}^2.$$

2. Находим минимальный момент инерции сечения. Так как сечение имеет две оси симметрии, то эти оси U и V – главные и центральные (122, б)

$$I_U = 2 I_{x_0} = 2 \cdot 1229 = 2458 \text{ см}^4,$$

$$I_V = 2 [I_{y_0} + (z_0 \sqrt{2})^2 A_y] = 2 [319 + (4,3 \cdot \sqrt{2})^2 \cdot 31,4] = 2960 \text{ см}^4 > I_U,$$

т.е. $I_{\min} = I_U = 2458 \text{ см}^4$.

3. Вычисляем минимальный радиус инерции сечения

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{2458}{62,8}} = 6,26 \text{ см}.$$

4. Находим гибкость стержня (рис. 122, а)

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 10 \cdot 100}{6,26} = 111,9,$$

где $\mu = 0,7$ – коэффициент приведения длины.

5. Определяем величину критической силы, так как $\lambda > \lambda_{\text{пред}}$ (для Ст. 3 $\lambda_{\text{пред}} = 100$), используем формулу Эйлера

$$P_{\kappa} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{\mu l^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 245810^{-8}}{0,7 \cdot 10^2} = 0,99 \text{ МН.}$$

6. Находим величину допустимой нагрузки

$$[P] = \varphi [\sigma]_c A,$$

где $[\sigma]_c$ – допускаемое напряжение на сжатие; φ – коэффициент снижения допускаемого напряжения $[\sigma]_c$.

Из таблицы (материал – Ст. 3):

для $\lambda = 110$,

$$\varphi_{110} = 0,52,$$

для $\lambda = 120$,

$$\varphi_{120} = 0,45.$$

Интерполируя, получим

$$\varphi = 0,52 - \frac{0,52 \cdot 0,45}{10} \cdot 1,9 = 0,507,$$

тогда $[P] = 0,57 \cdot 146,7 \cdot 62,8 \cdot 10^{-4} = 0,47 \text{ МН.}$

7. Вычисляем коэффициент запаса на устойчивость

$$n_y = \frac{P_{\kappa}}{P} = \frac{0,99}{0,47} = 2,1.$$