

$$\text{ЦНВ1} = "1" \quad \text{ЦНВ2} = "7" \quad \text{ЦНВ3} = "2" \quad \text{ЦНВ4} = "2"$$

Дано :

Прямоугольник

$$b = 3.4 \text{ см}$$

$$h = 22 \text{ см}$$

уголок = "100х100х8"

Сталь = "18кп"

$$\sigma_{\tau} = 235 \text{ МПа}$$

$$n_{\tau} = 2.7$$

Решение:

1. с учетом цифр номера и сортамента прокатной стали вычерчиваем в масштабе оставшее сечение

2. Находим геометрические характеристики сечений отдельных элементов относительно собственных центральных осей $x_i - y_i$

Прямоугольник $F_1 = b \cdot h \quad F_1 = 74.8 \text{ см}^2$

$$I_{x1} = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad J_{x1} = 3.017 \times 10^3$$

$$J_{y1} = \frac{h \cdot b^3}{12} \quad J_{y1} = 72.057 \quad J_{x1y1} = 0 \text{ см}^4$$

уголок = "100х100х8"

Из таблицы находим: $F_2 = 15.6 \text{ см}^2 \quad x_0 = 2.75 \text{ см} \quad y_0 = 2.75 \text{ см}$

$$J_{x2} = 147.19 \text{ см}^4 \quad J_{y2} = 147.19 \text{ см}^4 \quad J_{x2y2} = 86.3 \text{ см}^4$$

3. Выбираем координатные оси x-y и находим координаты центров тяжести элементов в этих осях

$$\text{С}_1 \quad x_{1c} = \frac{b}{2} \quad x_{1c} = 1.7 \text{ см} \quad y_{1c} = \frac{h}{2} \quad y_{1c} = 11 \text{ см}$$

$$\text{С}_2 \quad x_{2c} = b + x_0 \quad x_{2c} = 6.15 \text{ см} \quad y_{2c} = y_0 \quad y_{2c} = 2.75 \text{ см}$$

4. Вычисляем координаты центра тяжести С составного сечения в произвольных осях x-y

$$x_c = \frac{F_1 \cdot x_{1c} + F_2 \cdot x_{2c}}{F_1 + F_2} \quad y_c = \frac{y_{1c} \cdot F_1 + y_{2c} \cdot F_2}{F_1 + F_2}$$

$$x_c = 2.468 \text{ см} \quad y_c = 9.576 \text{ см}$$

5. определяем координаты центров тяжести элементов в центральных осях оставшего сечения

$$\text{С}.1 \quad x_{c1} = -x_c + x_{1c} \quad x_{c1} = -0.768 \text{ см} \quad y_{c1} = y_{1c} - y_c \quad y_{c1} = 1.424 \text{ см}$$

$$C.2 \quad x_{c2} = x_{2c} - x_c \quad x_{c2} = 3.682 \text{ см} \quad y_{c2} = -y_c + y_{2c} \quad y_{c2} = -6.826 \text{ см}$$

3. Находим осевые и центробежные моменты инерции составного сечения относительно центральных осей $x_c - y_c$

$$J_{xc} = J_{x1} + F_1 \cdot y_{c1}^2 + J_{x2} + F_2 \cdot y_{c2}^2 \quad J_{xc} = 4.043 \times 10^3 \text{ см}^4$$

$$J_{yc} = J_{y1} + F_1 \cdot x_{c1}^2 + J_{y2} + F_2 \cdot x_{c2}^2 \quad J_{yc} = 990.297 \text{ см}^4$$

$$J_{xcyc} = J_{x1y1} + F_1 \cdot x_{c1} \cdot y_{c1} + J_{x2y2} + F_2 \cdot x_{c2} \cdot y_{c2}$$

$$J_{xcyc} = -387.584$$

7. Находим положение главных центральных осей инерции сечения

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{2 \cdot J_{xcyc}}{J_{xc} - J_{yc}} \quad \operatorname{tg} 2\alpha_0 = -0.254$$

$$\alpha_0 = -7.128 \text{ градусов}$$

угол = "меньше нуля то он откладывается против часовой стрелки"

3. Вычисляем главные центральные моменты инерции составного сечения

$$J_{x0} = \frac{J_{xc} + J_{yc}}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(J_{xc} - J_{yc})^2 + 4 \cdot J_{xcyc}^2}$$

$$J_{x0} = 4.091 \times 10^3 \text{ см}^4$$

$$J_{y0} = \frac{J_{xc} + J_{yc}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(J_{xc} - J_{yc})^2 + 4 \cdot J_{xcyc}^2}$$

$$J_{y0} = 941.852 \text{ см}^4$$

9. Определяем координаты точки приложения силы P в центральных осях

$$x_p = 0.932 \text{ см}$$

$$y_p = -9.576 \text{ см}$$

10. Находим координаты точки приложения нормальной силы N в главных центральных осях инерции $x_0 - y_0$

$$x_N = x_p \cdot \cos\left(\alpha_0 \cdot \frac{3.14}{180}\right) + y_p \cdot \sin\left(\alpha_0 \cdot \frac{3.14}{180}\right) \quad x_N = 0.953 \text{ см}$$

$$y_N = y_p \cdot \cos\left(\alpha_0 \cdot \frac{3.14}{180}\right) - x_p \cdot \sin\left(\alpha_0 \cdot \frac{3.14}{180}\right) \quad y_N = -9.574 \text{ см}$$

11. записываем уравнение нейтральной линии

$$y_0 = -\frac{J_{x0} \cdot x_N}{J_{y0} \cdot y_N} \cdot x_0 - \frac{J_{x0}}{\Sigma F \cdot y_N}$$

где коэффициент

$$\frac{J_{x0} \cdot x_N}{J_{y0} \cdot y_N} = -0.432 \quad \frac{J_{x0}}{(F_1 + F_2) \cdot y_N} = -4.727$$

или на отрезках на осях $a_{x0} = -10.934$ $a_{y0} = -4.727$

12. Наносим нейтральную динию на составное сечение и проводим касательную к сечению, параллельную к нейтральной линии , видно, что опасной является точка А

точка расположена в = "нижнем правом углу" с координатами

$$x_{Ac} = 10.932 \text{ см}$$

$$y_{Ac} = -9.576 \text{ см}$$

13. вычисляем координаты опасной точки А в главных центральных осях инерции

$$x_A = x_{Ac} \cdot \cos(\alpha_0) + y_{Ac} \cdot \sin(\alpha_0) \quad x_A = 12.035 \text{ см}$$

$$y_A = y_{Ac} \cdot \cos(\alpha_0) - x_{Ac} \cdot \sin(\alpha_0) \quad y_A = -8.146 \text{ см}$$

14. Вычисляем допускаемое напряжение

$$I\sigma I = \frac{\sigma_T}{n_T} \cdot 10^6$$

$$I\sigma I = 8.704 \times 10^7 \text{ Па}$$

15. Записываем условие прочности

$$\tau_{max} = \frac{N}{\Sigma F} + \frac{N \cdot y_N \cdot y_A}{J_{x0}} + \frac{N \cdot x_N \cdot x_A}{J_{y0}} \leq I\sigma I \quad \text{откуда}$$

$$\frac{P}{F_1 + F_2} + \frac{P \cdot y_N \cdot y_A}{J_{x0}} + \frac{P \cdot x_N \cdot x_A}{J_{y0}} = I\sigma I$$

$$P = \left| \frac{I\sigma I}{\frac{1}{F_1 + F_2} + \frac{y_N \cdot y_A}{J_{x0}} + \frac{x_N \cdot x_A}{J_{y0}}} \cdot 10^{-4} \right|$$

$$P = 2.057 \times 10^5 \text{ Н}$$

