

$$F = 1 \text{ кН}$$

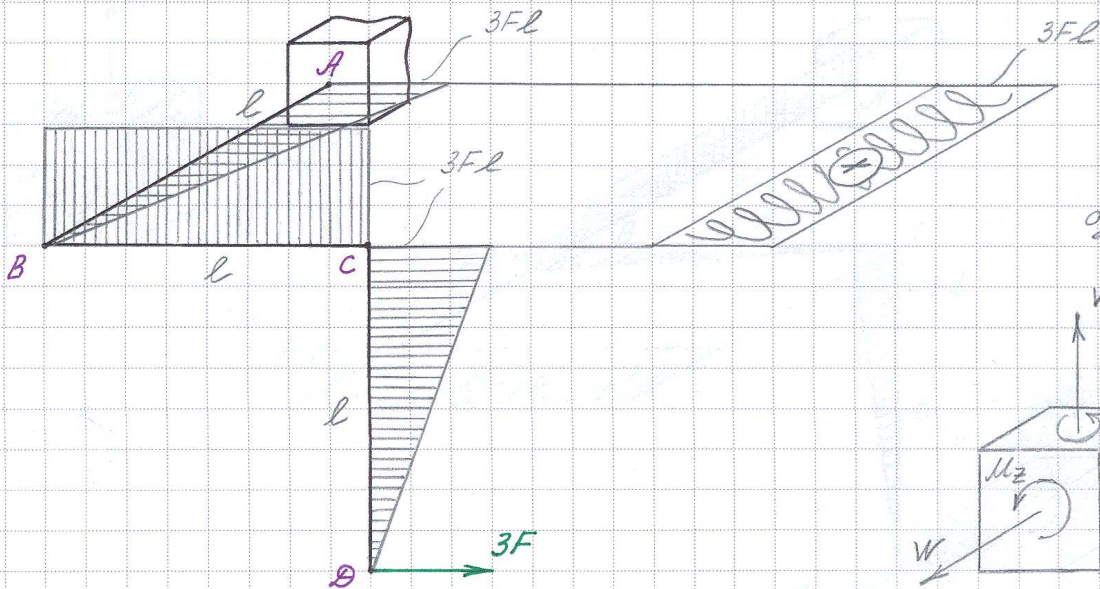
$$l = 500 \text{ мм}$$

$$n_T = 2$$

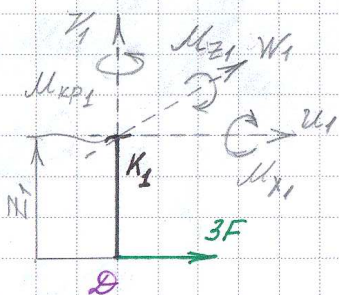
$$\sigma_{TP} = -\sigma_{TC} = \sigma_T = 320 \text{ МПа.}$$

1) Построить эпюры изгибающих и крутящих моментов от каждой из сил по-отдельности и от всей нагрузки в целом;

2) Из расчёта на прочность определить размеры поперечного сечения.



Правило буравчика
обязательно
только для
 $M_{кр}$



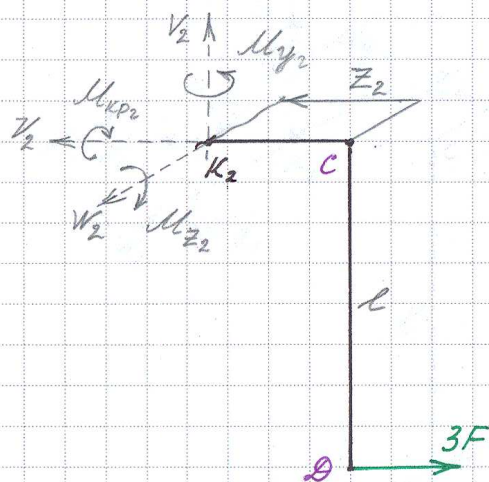
$$\sum M_{v_1} = 0 = M_{кр1}$$

$$\sum M_{w_1} = 0 = M_{z_1} - 3F \cdot z_1 \Rightarrow M_{z_1} = +3F \cdot z_1$$

$$z_1 = 0: M_{z_1} = 0;$$

$$z_1 = l: M_{z_1} = 3F \cdot l > 0 \text{ сжатые правые волокна}$$

$$\sum M_{u_1} = 0 = -M_{y_1}$$

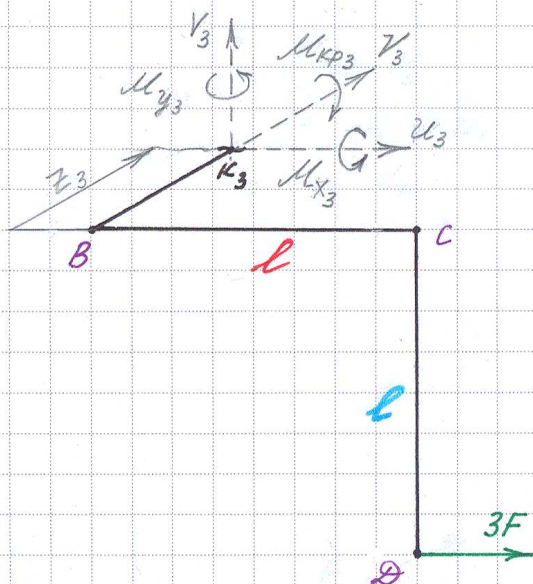


$$\sum M_{v_2} = 0 = M_{кр2}$$

$$\sum M_{w_2} = 0 = -M_{z_2} + 3Fl \Rightarrow M_{z_2} = 3Fl > 0$$

сжатые верхние
волокна

$$\sum M_{u_2} = 0 = M_{y_2}$$



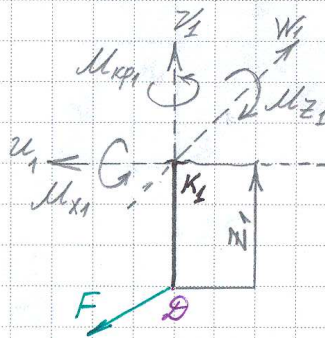
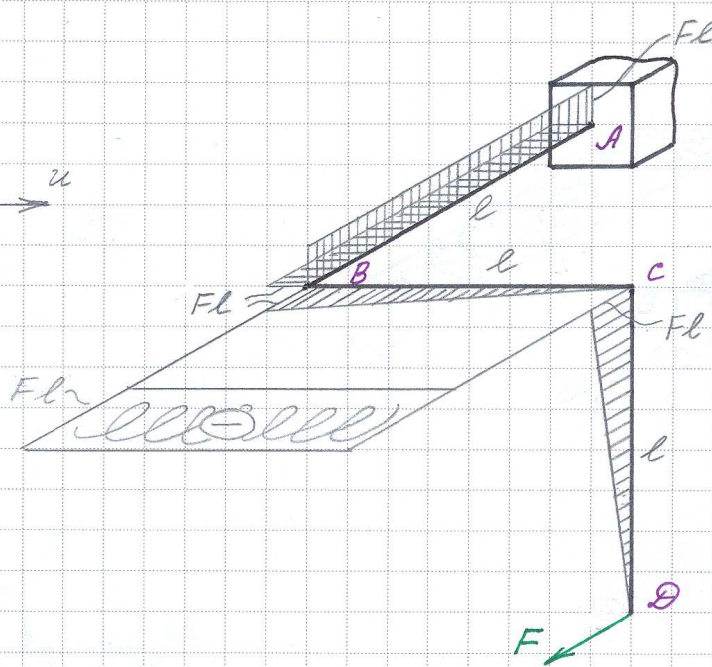
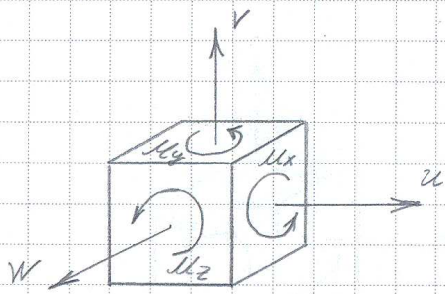
$$\sum M_{v_3} = 0 = M_{кр3} - 3Fl \Rightarrow M_{кр3} = +3Fl$$

$$\sum M_{w_3} = 0 = M_{y_3} + 3F \cdot z_3 \Rightarrow M_{y_3} = -3Fz_3$$

$$z_3 = 0: M_{y_3} = 0$$

$$z_3 = l: M_{y_3} = -3Fl < 0 \text{ сжатые правые волокна}$$

$$\sum M_{u_3} = 0 = M_{x_3}$$



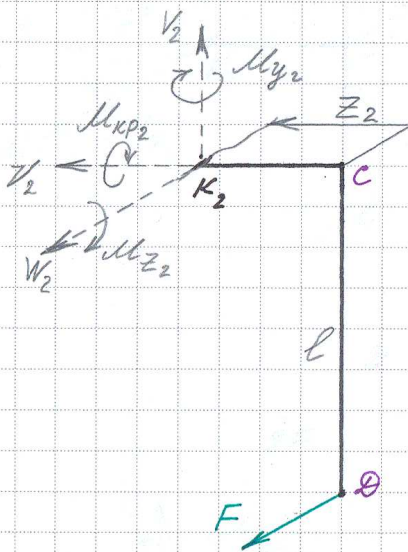
$$\sum M_{y_1} = 0 = M_{x_1}$$

$$\sum M_{x_1} = -M_{x_1} + F \cdot z_1 \Rightarrow M_{x_1} = F \cdot z_1$$

$$z_1 = 0: M_{x_1} = 0$$

$$z_1 = l: M_{x_1} = Fl > 0 \text{ сжатые передние волокна}$$

$$\sum M_{w_1} = 0 = M_{z_1}$$



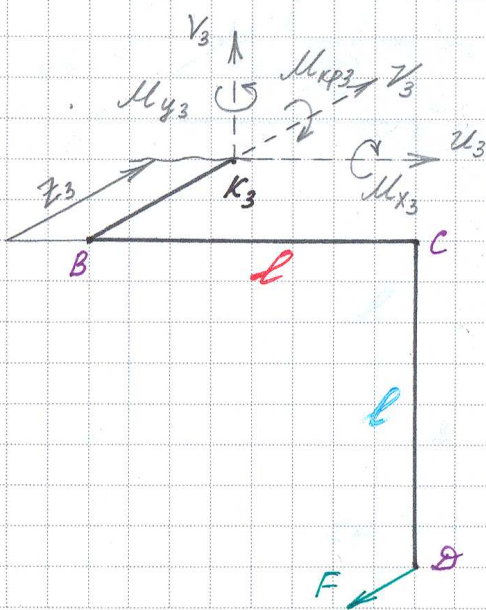
$$\sum M_{z_2} = 0 = M_{x_2} + F \cdot l \Rightarrow M_{x_2} = -Fl$$

$$\sum M_{x_2} = 0 = -M_{y_2} - F \cdot z_2 \Rightarrow M_{y_2} = -F \cdot z_2$$

$$z_2 = 0: M_{y_2} = 0$$

$$z_2 = l: M_{y_2} = -F \cdot l < 0 \text{ сжатые нижние волокна}$$

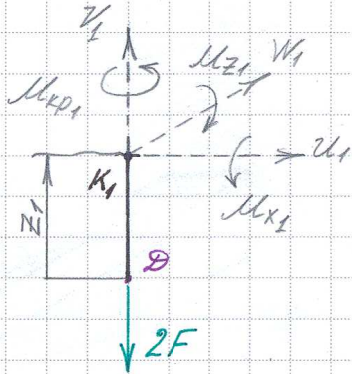
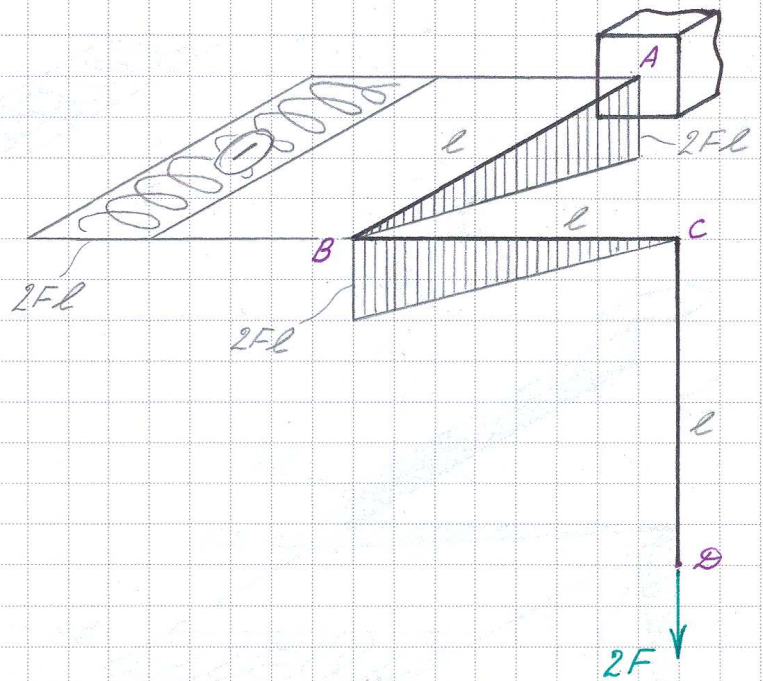
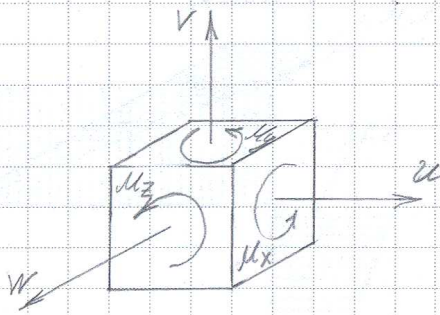
$$\sum M_{w_2} = 0 = M_{z_2}$$



$$\sum M_{y_3} = 0 = M_{x_3}$$

$$\sum M_{x_3} = 0 = -M_{x_3} - F \cdot l \Rightarrow M_{x_3} = -Fl < 0 \text{ сжатые верхние волокна}$$

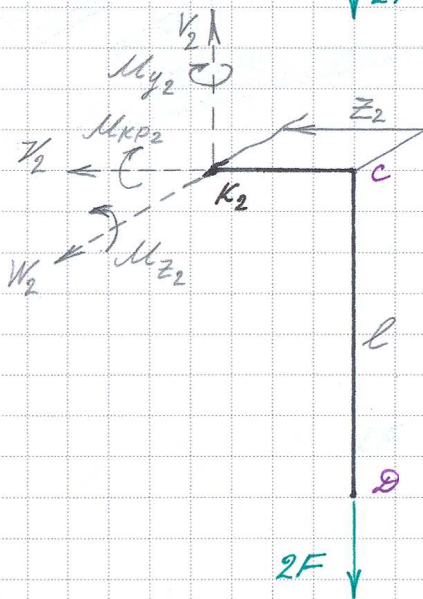
$$\sum M_{z_3} = 0 = M_{y_3} - F \cdot l \Rightarrow M_{y_3} = F \cdot l > 0 \text{ сжатые левые волокна}$$



$$\sum M_{y_1} = 0 = M_{y_1}$$

$$\sum M_{x_1} = 0 = M_{x_1}$$

$$\sum M_{z_1} = 0 = M_{z_1}$$



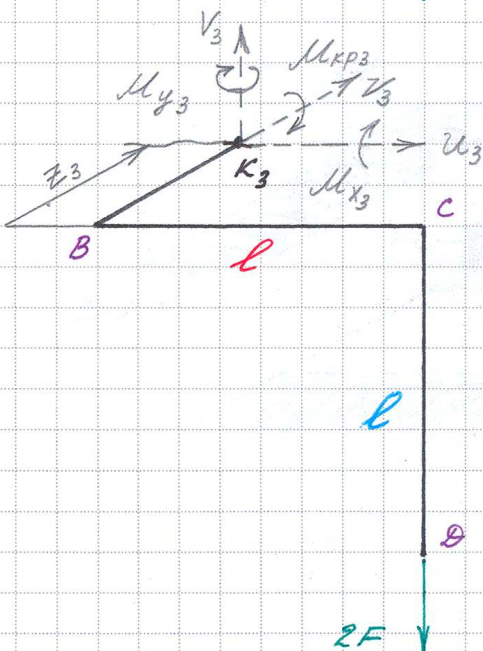
$$\sum M_{y_2} = 0 = M_{y_2}$$

$$\sum M_{x_2} = 0 = M_{x_2}$$

$$\sum M_{z_2} = 0 = M_{z_2} - 2F \cdot z_2 \Rightarrow M_{z_2} = 2F \cdot z_2$$

$$z_2 = 0: M_{z_2} = 0$$

$$z_2 = l: M_{z_2} = 2Fl > 0 \Rightarrow \text{статия нижние волокна}$$

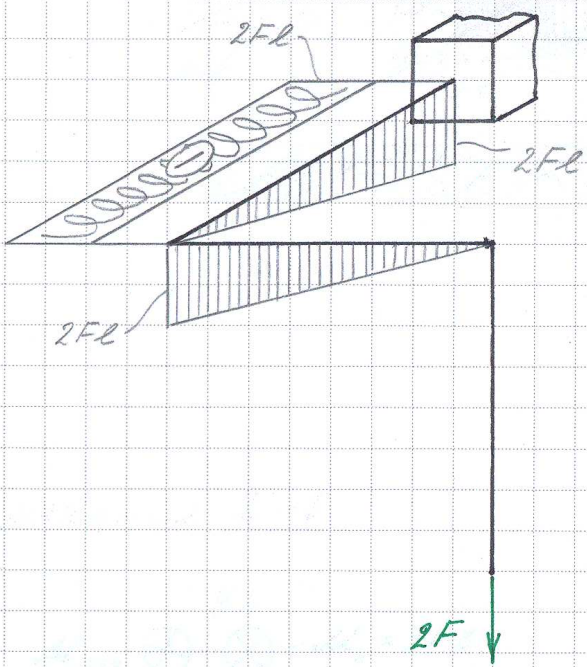
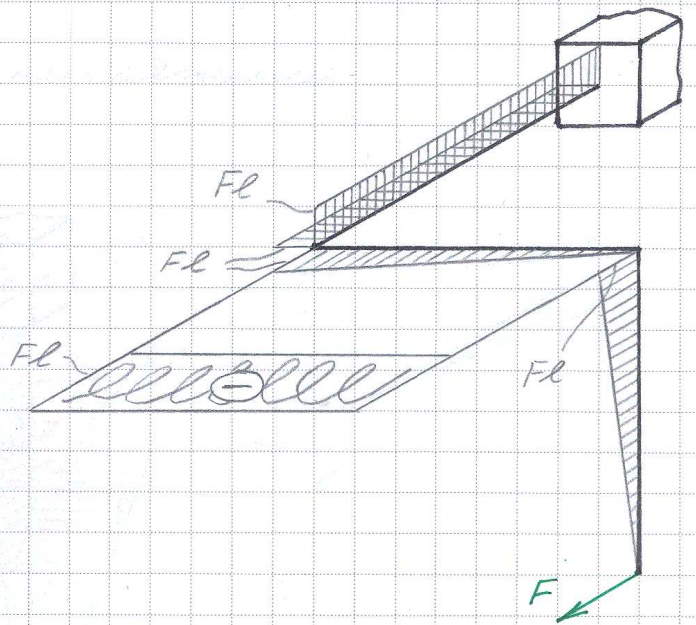
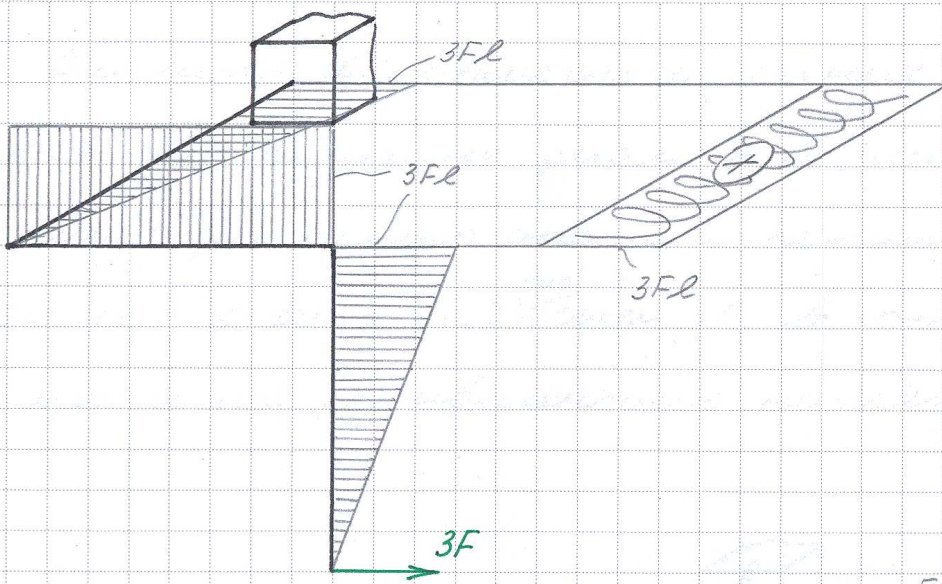


$$\sum M_{y_3} = 0 = M_{y_3} + 2F \cdot l \Rightarrow M_{y_3} = -2Fl$$

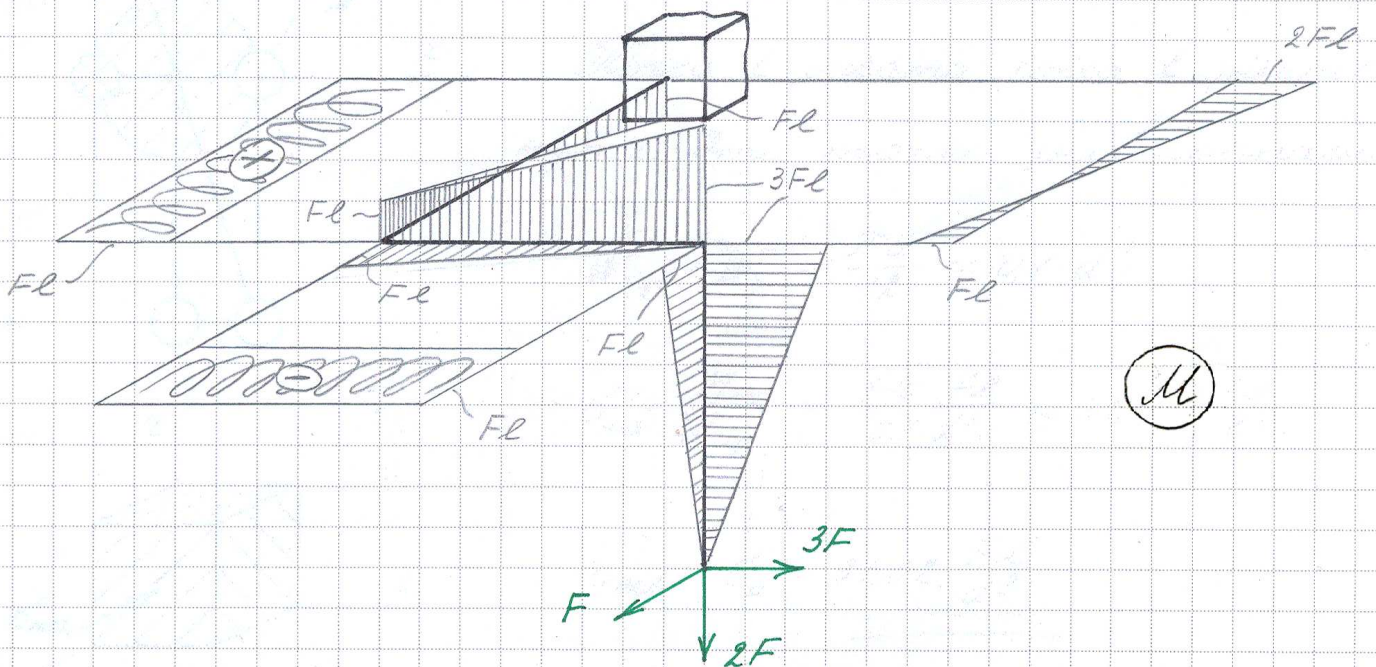
$$\sum M_{x_3} = 0 = -M_{x_3} + 2F \cdot z_3 \Rightarrow M_{x_3} = 2F \cdot z_3$$

$$z_3 = 0: M_{x_3} = 0$$

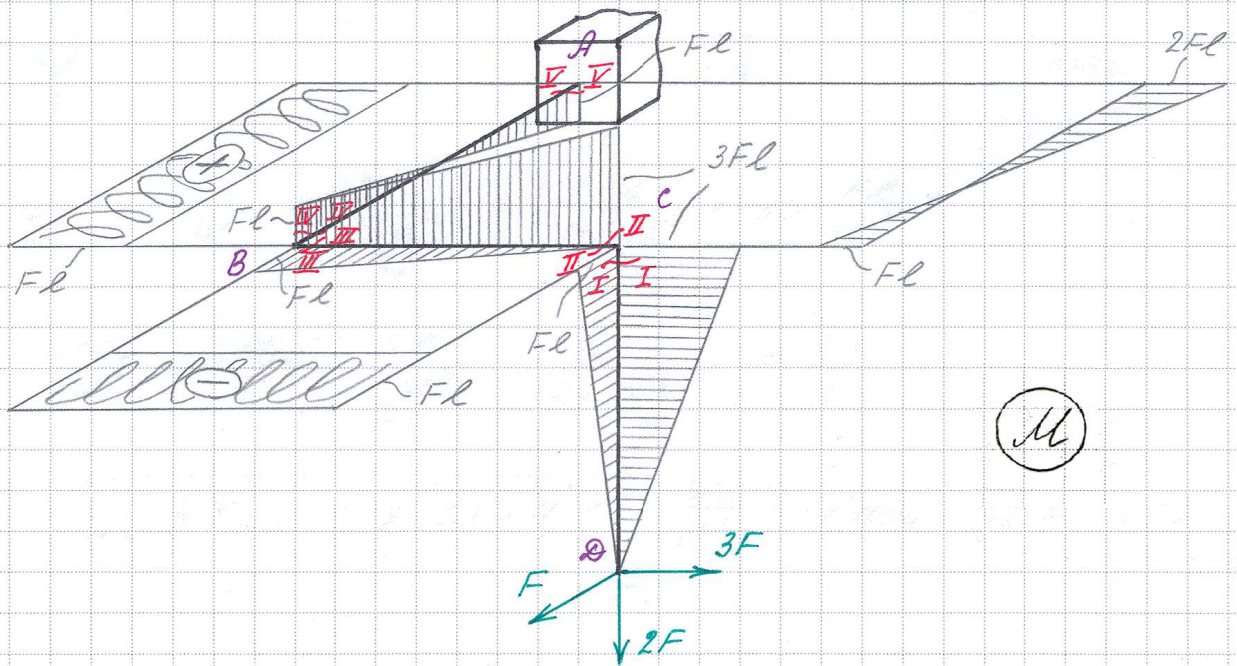
$$z_3 = l: M_{x_3} = 2Fl > 0 \Rightarrow \text{статия нижние волокна}$$



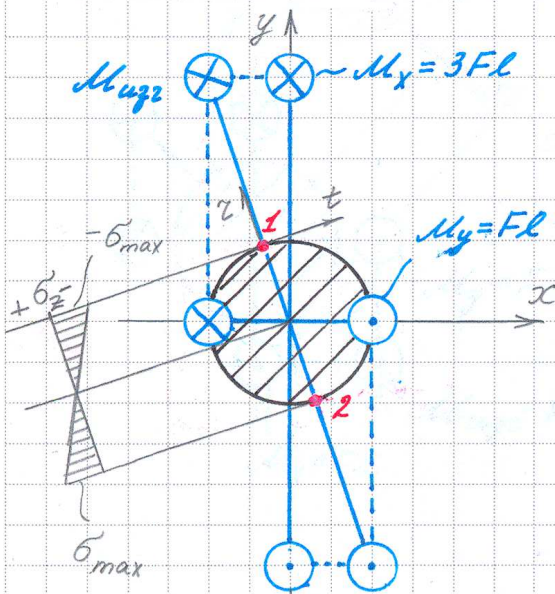
Суммирование эгюр:



Диаметр d поперечного сечения стержневой пружины берем по величине диаметра, минимально необходимого для самого опасного поперечного сечения в раме. То есть для ^{того} сечения, в котором реализуется наибольшее эквивалентное напряжение.



Сечение I-I



$$M_{eqz} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{(3Fl)^2 + (Fl)^2} = \sqrt{10} \cdot Fl$$

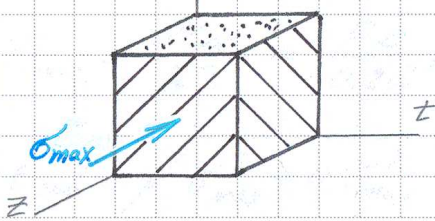
Точка 1 сжата, точка 2 растянута. Эти точки равноопасны.

$$W_{eqz} = \frac{W_x}{\sqrt{2}} = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1 \cdot d^3$$

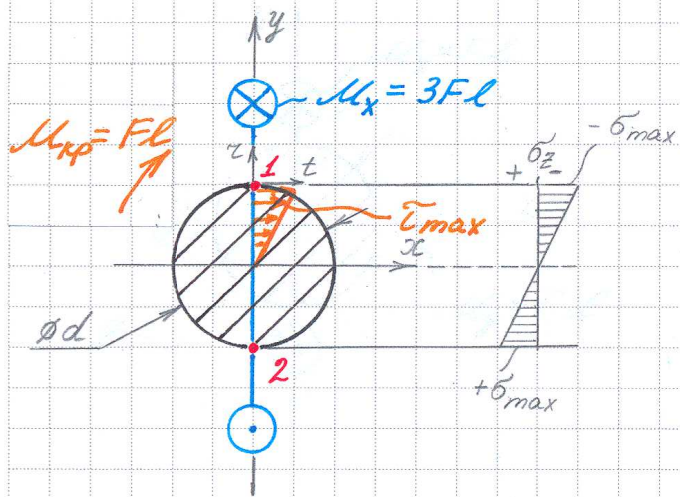
$$\sigma_{max} = \frac{M_{eqz}}{W_{eqz}} = \frac{\sqrt{10} \cdot Fl}{0,1 \cdot d^3} \approx 31,62 \frac{Fl}{d^3}$$

$$\sigma_{экр}^I = \sigma_z = \underline{\underline{31,62 \frac{Fl}{d^3}}}$$

I.1

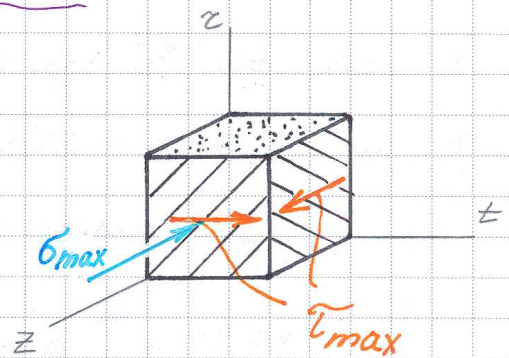


II - II



Площи 1 и 2 равноотрасни.

T. 1

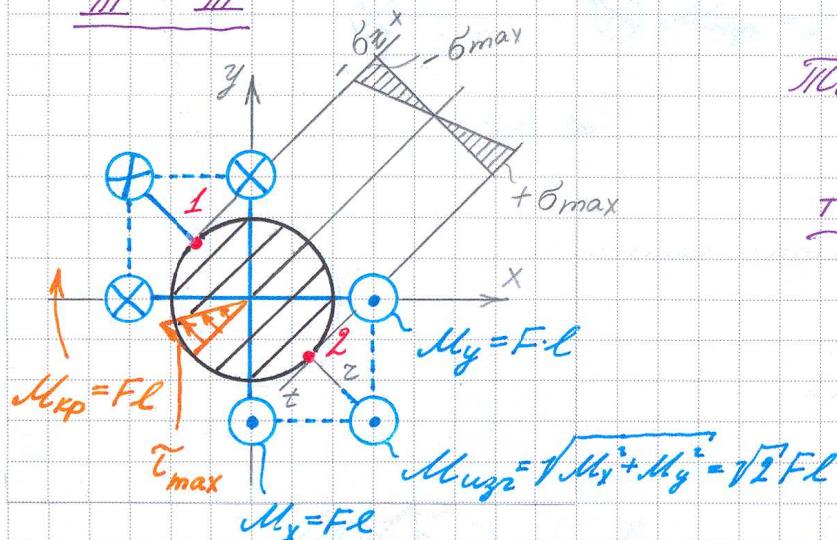


$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{M_x}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{3Fl}{\frac{\pi d^3}{32}} \approx \frac{3Fl}{0,1 \cdot d^3} = 30 \frac{Fl}{d^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{M_{xp}}{W_p} = \frac{M_{xp}}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{Fl}{\frac{\pi d^3}{16}} \approx \frac{Fl}{0,2 \cdot d^3} = 5 \frac{Fl}{d^3}$$

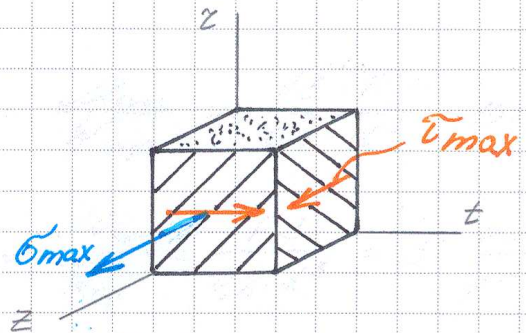
$$\sigma_{\text{экв}}^{\text{II}} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{max}^2} = \sqrt{30^2 + 4 \cdot 5^2} \cdot \frac{Fl}{d^3} = \sqrt{1000} \cdot \frac{Fl}{d^3} \approx \underline{\underline{31,62 \frac{Fl}{d^3}}}$$

III - III



Площи 1 и 2 равноотрасни.

T. 2



$$\sigma_{max} = \frac{M_{uzr}}{W_{uzr}} \approx \frac{\sqrt{2} \cdot F \cdot l}{0,1 \cdot d^3} = 10\sqrt{2} \frac{Fl}{d^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{M_{xp}}{W_p} = \frac{Fl}{0,2d^3} = 5 \frac{Fl}{d^3}$$

$$\sigma_{\text{экв}}^{\text{III}} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{max}^2} = \sqrt{(10\sqrt{2})^2 + 4 \cdot 5^2} \cdot \frac{Fl}{d^3} = \underline{\underline{17,32 \frac{Fl}{d^3}}}$$

Наиболее опасными поперечными сечениями стержневой рамы являются сечения I-I и II-II:

$$\sigma_{\text{эпб}}^{\text{I}} = \sigma_{\text{эпб}}^{\text{II}} > \sigma_{\text{эпб}}^{\text{V}} > \sigma_{\text{эпб}}^{\text{IV}} = \sigma_{\text{эпб}}^{\text{III}}$$

$$\sigma_{\text{эпб max}} = \sigma_{\text{эпб}}^{\text{I}} = 31,62 \cdot \frac{F \cdot l}{d^3}$$

Минимально необходимый диаметр для сечения I-I:

$$\sigma_{\text{эпб max}} = \sigma_{\text{T}} / n_{\text{T}}$$

$$31,62 \cdot \frac{F \cdot l}{d^3} = \sigma_{\text{T}} / n_{\text{T}}$$

⇓

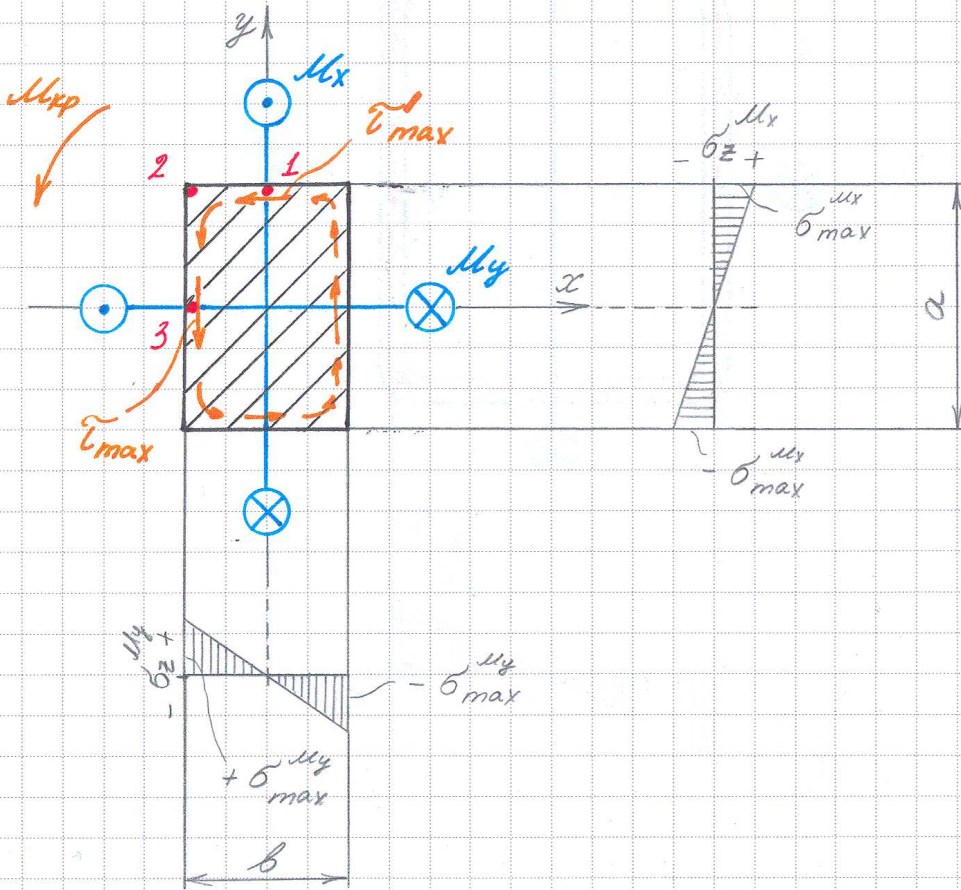
$$d = \sqrt[3]{\frac{31,62 \cdot F \cdot l \cdot n_{\text{T}}}{\sigma_{\text{T}}}} = \sqrt[3]{\frac{31,62 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 2}{320 \cdot 10^6}} =$$

$$= 0,04623 \text{ м} = 47 \text{ мм}$$

Его и принимаем для всех стержневых рам.

Замечания:

1) В стержне прямоугольной поперечной сечением следует вычислить σ_{\max} для каждой из трёх опасных точек:



$$\sigma_{\max}^{M_x} = \frac{M_x}{W_x};$$

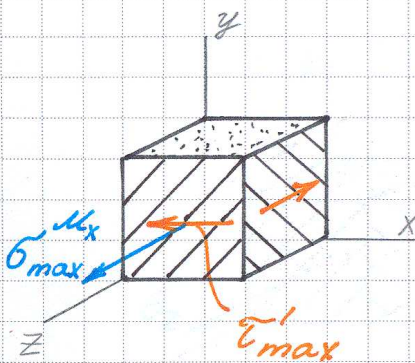
$$\sigma_{\max}^{M_y} = \frac{M_y}{W_y};$$

$$\tau_{\max} = \frac{M_{kp}}{W_k} = \frac{M_{kp}}{2 \cdot a \cdot b^2};$$

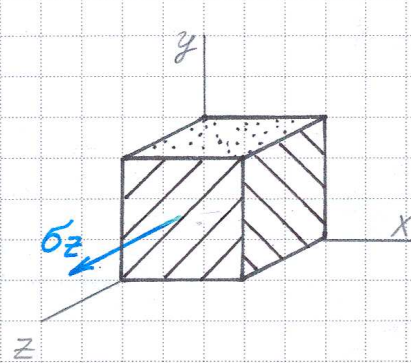
$$\tau'_{\max} = \frac{M_{kp}}{W'_k} =$$

$$= \frac{M_{kp}}{\frac{2}{3} a \cdot b^2}.$$

Т. 1

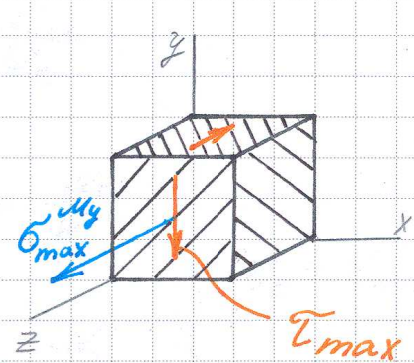


Т. 2



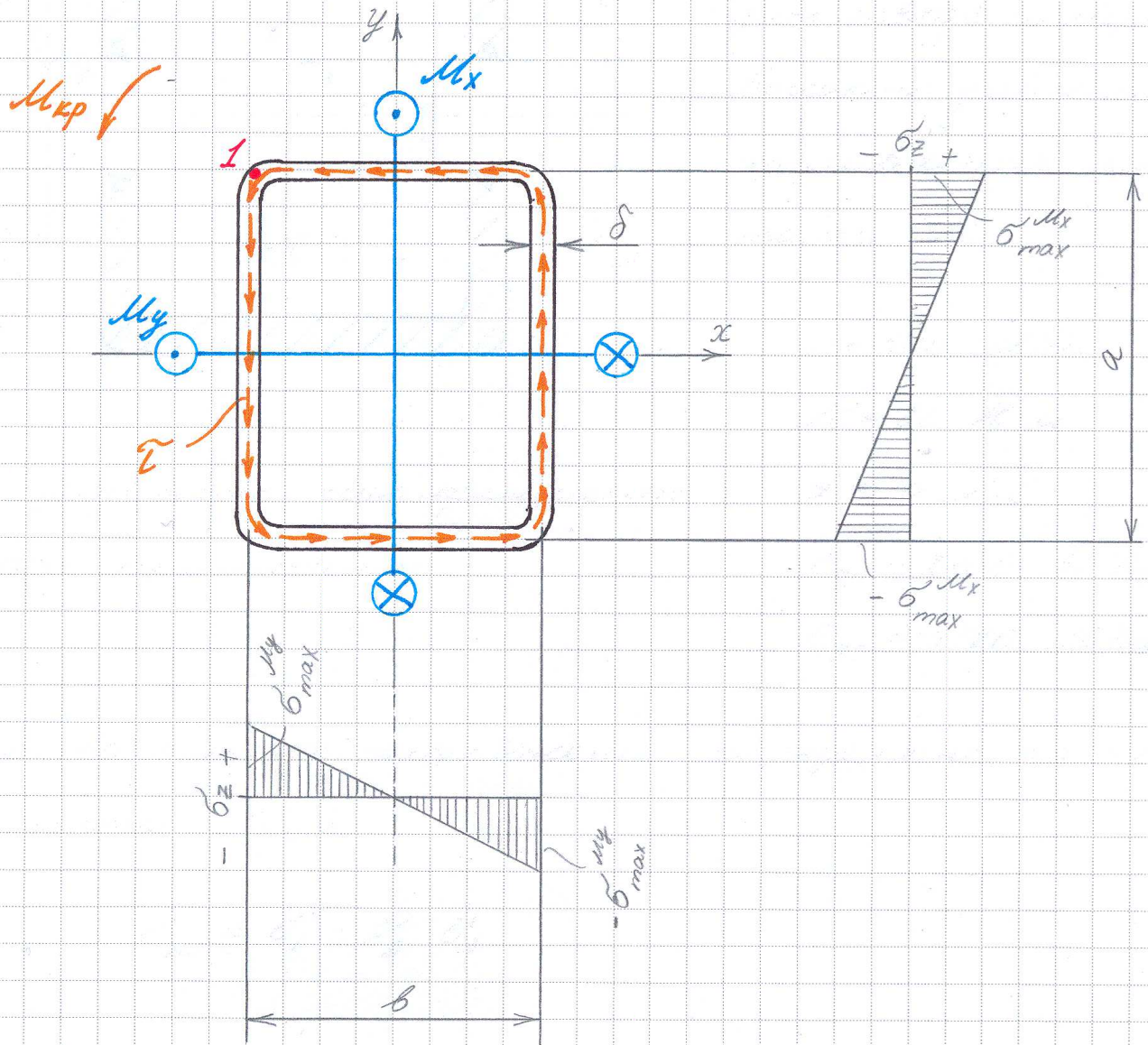
$$\sigma_z = \sigma_{\max}^{M_x} + \sigma_{\max}^{M_y}$$

Т. 3

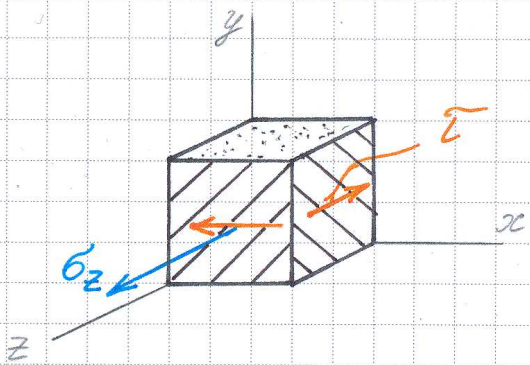


тонкостенном

2) Наиболее опасная точка в прямоугольной поперечной сечении - угловая:



т.т



$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_k}$$

$$\sigma_{max}^{M_x} = \frac{M_x}{W_x}$$

$$\sigma_{max}^{M_y} = \frac{M_y}{W_y}$$

$$\sigma_z = \sigma_{max}^{M_x} + \sigma_{max}^{M_y}$$

$$W_k = 2 \cdot A \cdot \delta = 2 \cdot (a \cdot b) \cdot \delta$$