

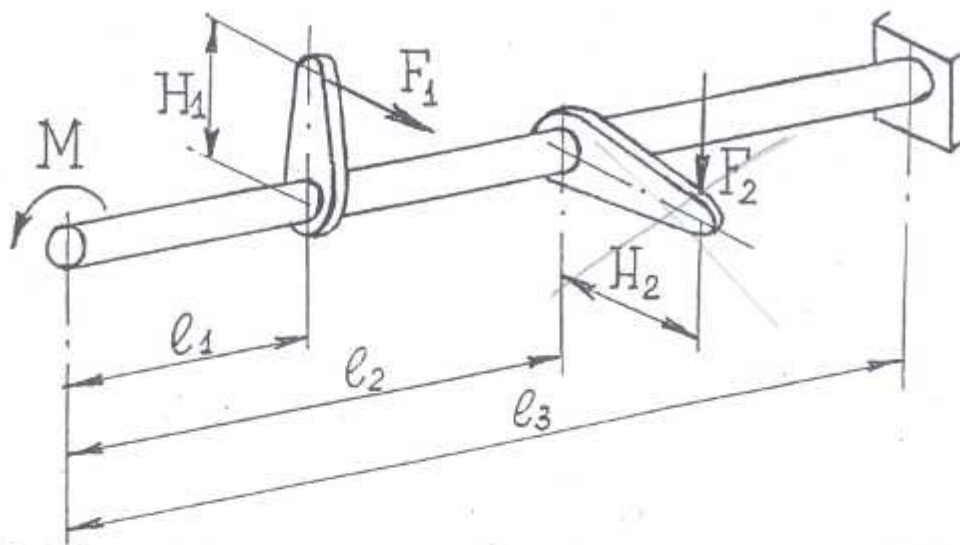
Пример решения домашнего задания:

Для заданного вала требуется:

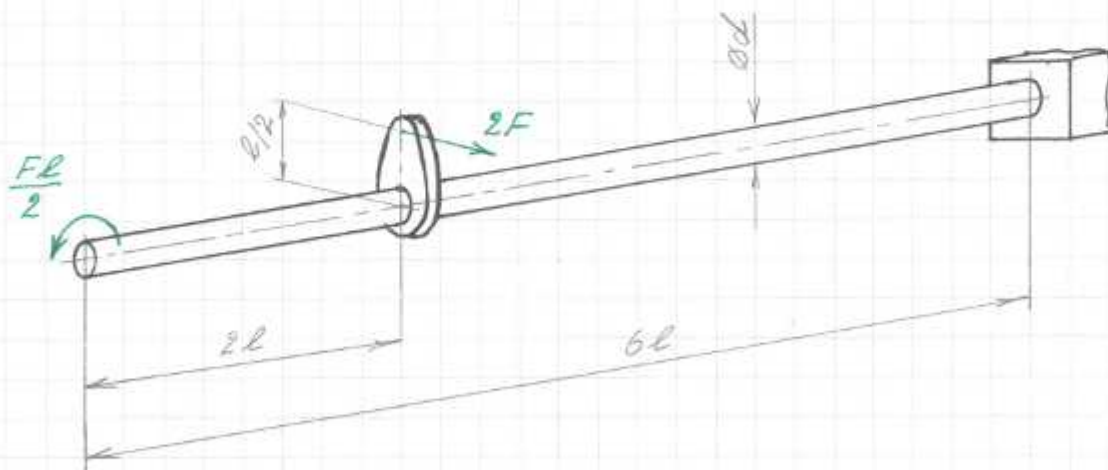
1. Построить эпюры изгибающих и крутящих моментов

2. Из расчета на прочность определить диаметр вала

Дано: $F = 1 \text{ кН}$; $M = 0,5Fl$; $l = 200 \text{ мм}$; $\sigma_T = 350 \text{ МПа}$; $[n_T] = 1,5$.



№ вар.	l_1	l_2	l_3	H_1	H_2	F_1	F_2	M
30	$2l$	$4,5l$	$6l$	$l/2$	$l/2$	$2F$	$-F$	M

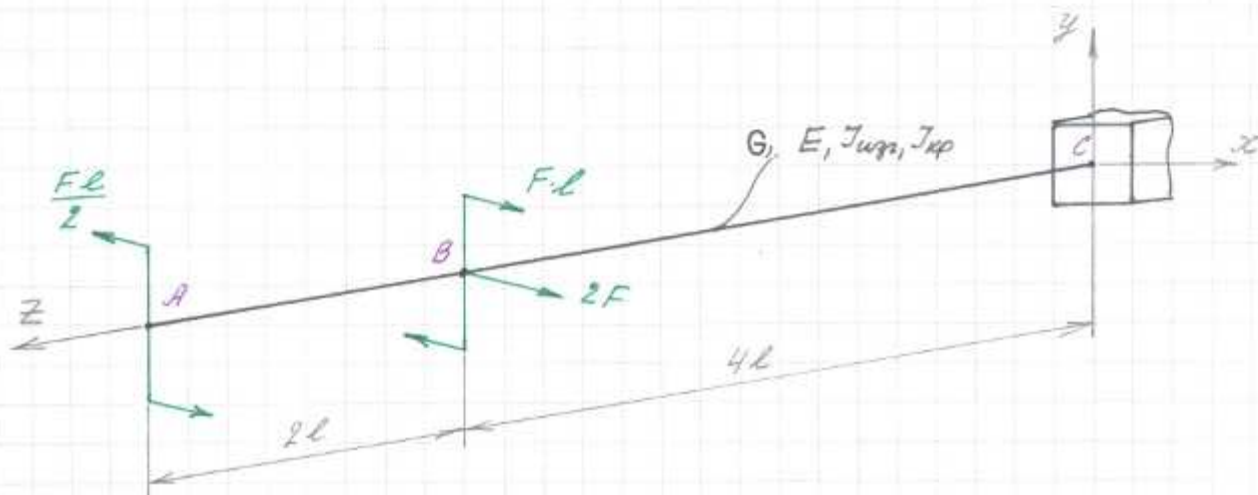


$$J_{xp} = \frac{\pi d^4}{32}$$

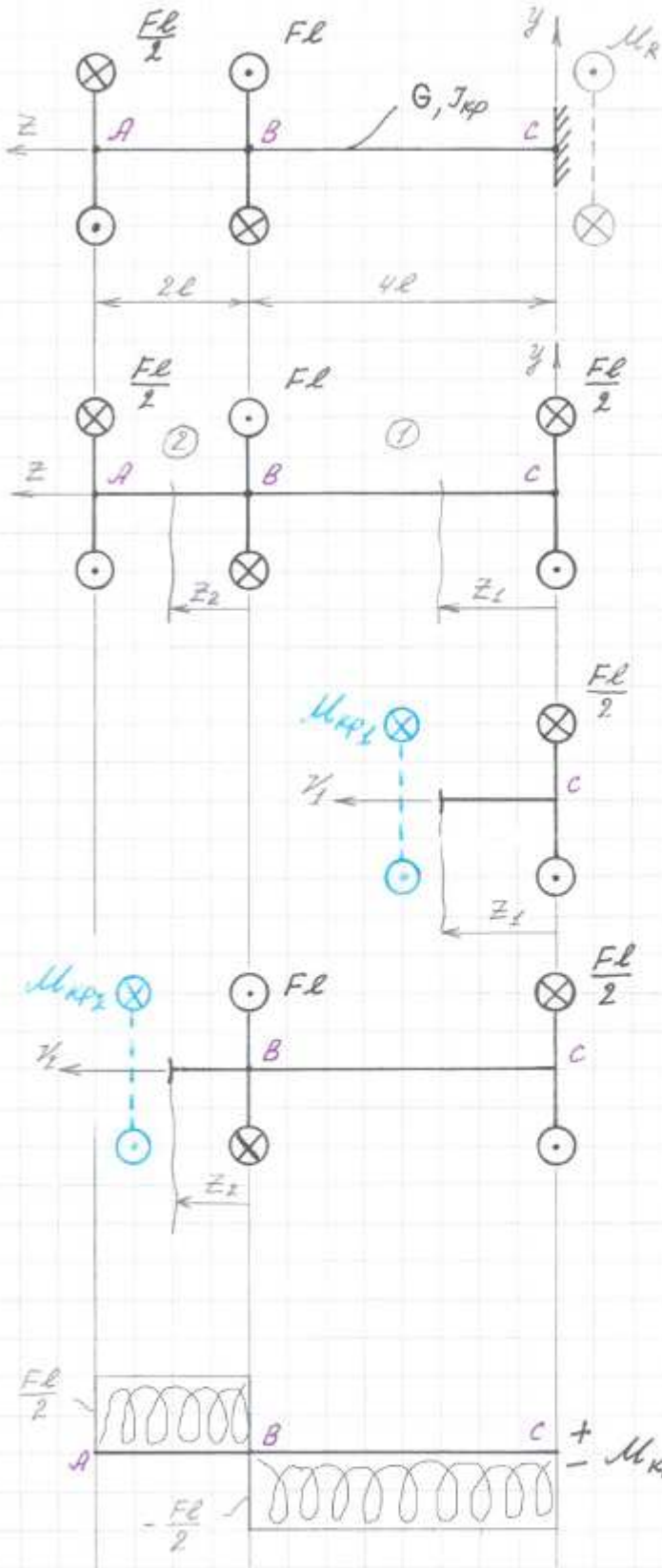
$$W_{xp} = \frac{\pi d^3}{16}$$

$$J_{yxp} = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$W_{yxp} = \frac{\pi d^3}{32}$$



Расчет на кручение: $l = 2kl$



$$\sum M_2 = 0 = \frac{Fl}{2} - Fl - M_R$$

$$M_R = -\frac{Fl}{2} < 0, \text{ значит, направлен в другую сторону}$$

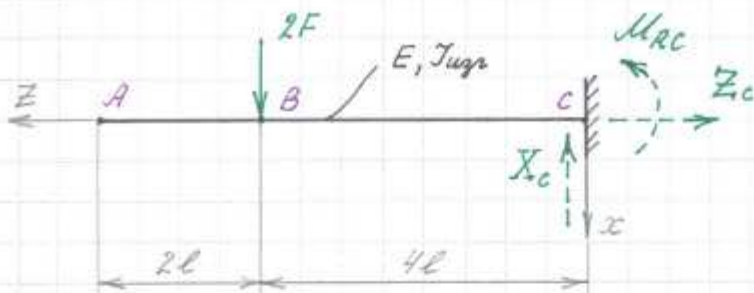
$$\sum M_{\gamma_1} = 0 = M_{кр1} + \frac{Fl}{2}$$

$$M_{кр1} = -\frac{Fl}{2}$$

$$\sum M_{\gamma_2} = 0 = M_{кр2} - Fl + \frac{Fl}{2}$$

$$M_{кр2} = \frac{Fl}{2}$$

Расчет на изгиб:

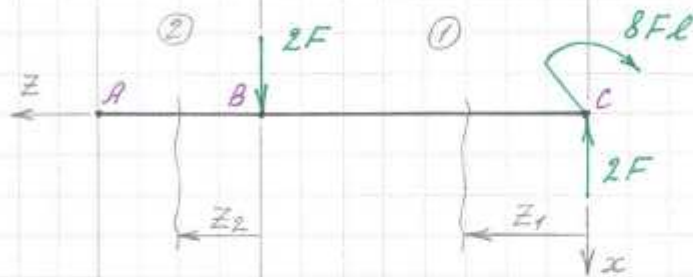


$$\sum F_z = 0 = -Z_c \Rightarrow Z_c = 0$$

$$\sum F_x = 0 = 2F - X_c \Rightarrow X_c = 2F$$

$$\sum M_{rc} = 0 = M_{rc} + 2F \cdot 4L$$

$$M_{rc} = -8 \cdot F \cdot L$$



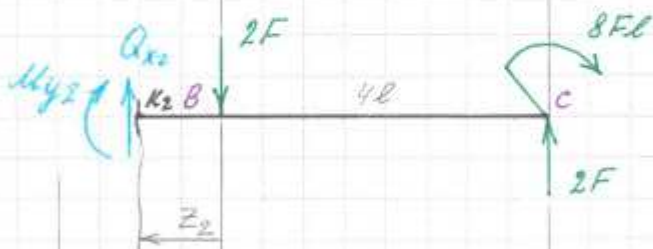
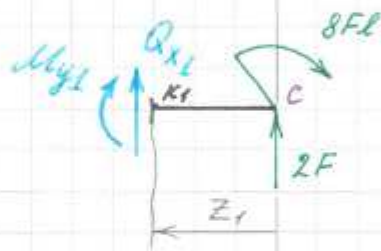
$$\sum F_{x_1} = 0 = -Q_{x_1} - 2F \Rightarrow Q_{x_1} = -2F$$

$$\sum M_{x_1} = 0 = -M_{y_1} - 8FL + 2F \cdot z_1$$

$$M_{y_1} = -2F(4L - z_1)$$

$$z_1 = 0: M_{y_1} = -8FL$$

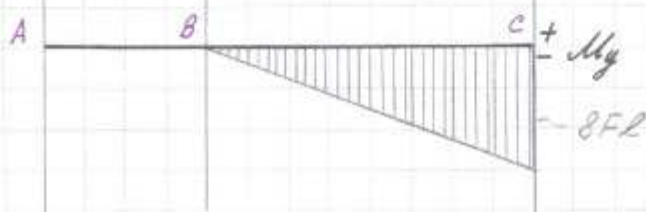
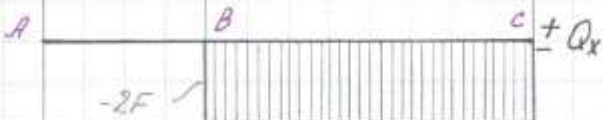
$$z_1 = 4L: M_{y_1} = 0$$



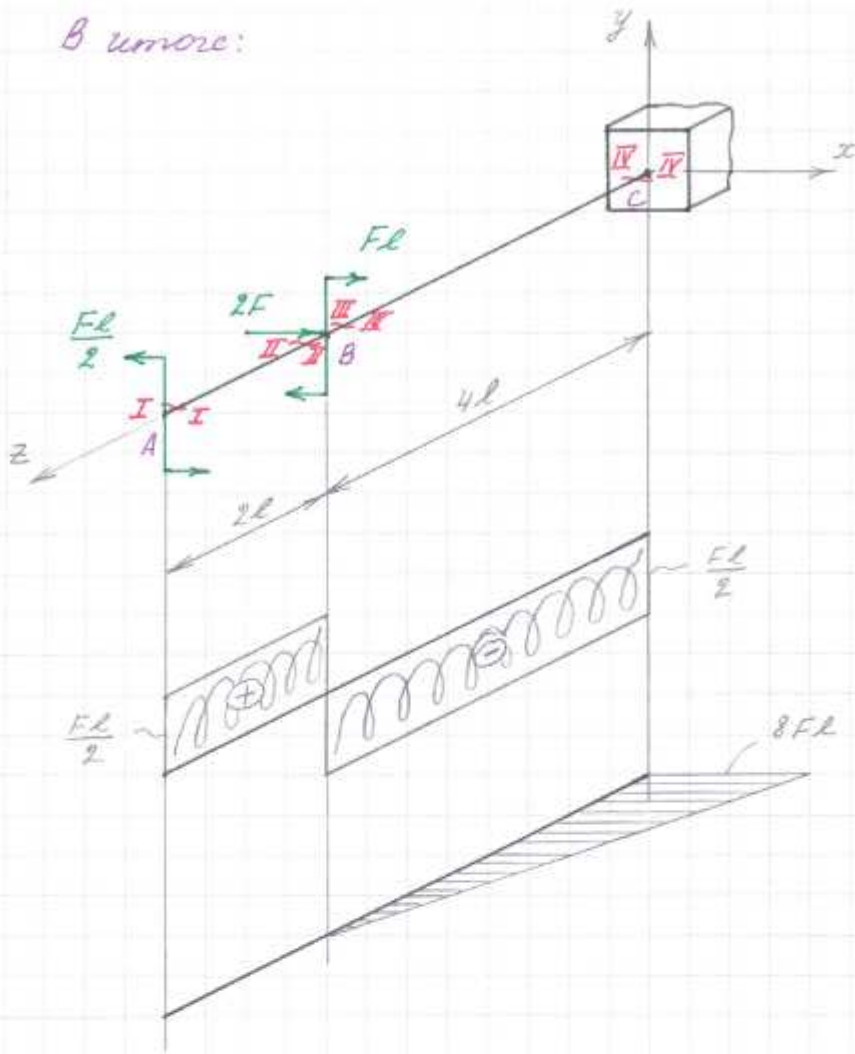
$$\sum F_{x_2} = 0 = -Q_{x_2} + 2F - 2F \Rightarrow Q_{x_2} = 0$$

$$\sum M_{x_2} = 0 = -M_{y_2} - 2F \cdot z_1 - 8FL + 2F(z_1 + 4L)$$

$$M_{y_2} = 0$$



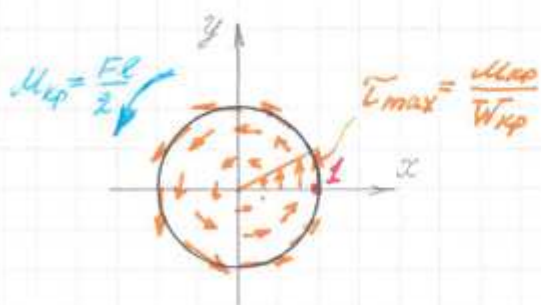
В упоре:



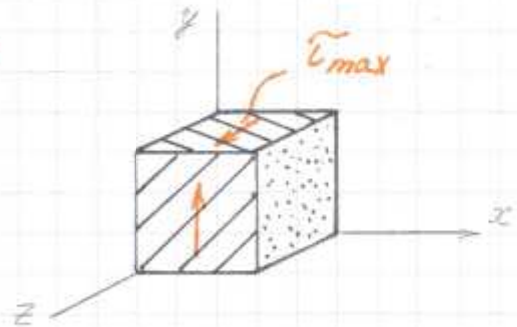
I-I }
 II-II } Опасные
 III-III } сечения
 IV-IV }

Эквивалентные напряжения в точках опасных сечений:

I-I, II-II:

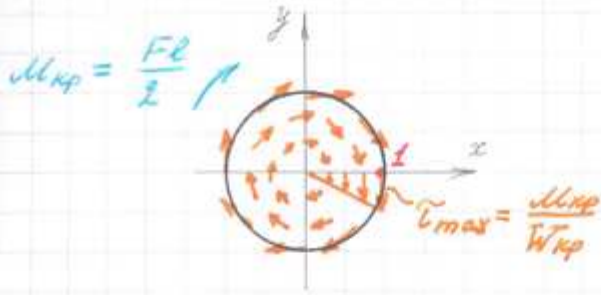


Т. I:

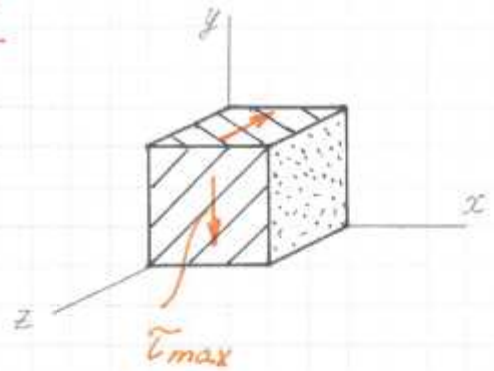


$$\begin{aligned}
 \sigma_{экв}^{I-I} &= \sigma_{экв}^{II-II} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau_m^2} = \\
 &= \sqrt{4 \cdot \tau_{max}^2} = 2 \tau_{max} = \\
 &= 2 \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = 2 \frac{F \cdot l}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{16 F l}{\pi \cdot d^3}
 \end{aligned}$$

III-III



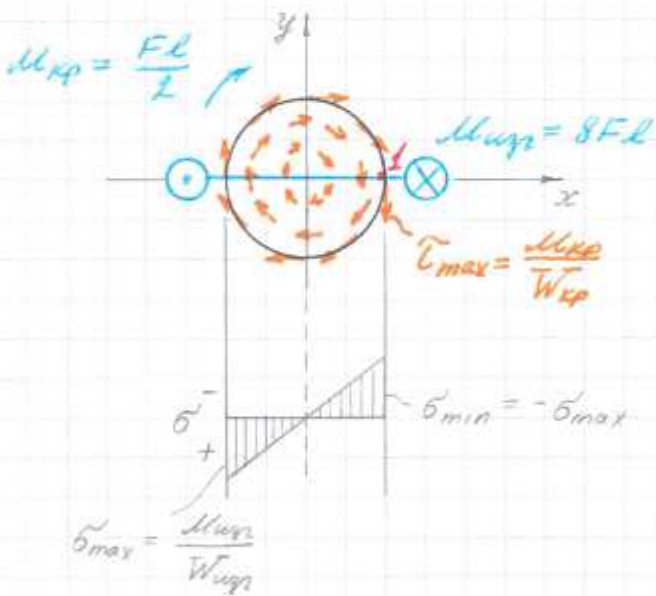
т.л



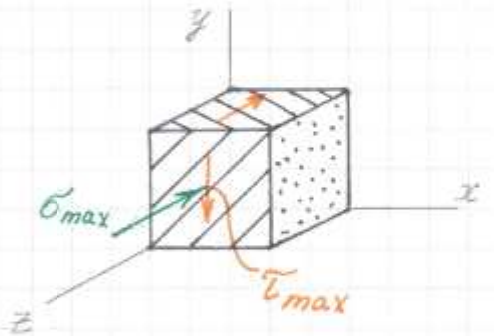
$$\sigma_{\text{max}}^{\text{III-III}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{4 \cdot \tau_{max}^2} =$$

$$= 2 \tau_{max} = 2 \frac{M_{kp}}{W_{kp}} = \frac{16 Fl}{\pi d^3}$$

IV-IV



т.л



$$\sigma_{\text{max}}^{\text{IV-IV}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\tau_{max}^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{256 \cdot F \cdot l}{\pi d^3}\right)^2 + 4 \left(\frac{8 Fl}{\pi d^3}\right)^2} =$$

$$= \frac{Fl}{\pi d^3} \cdot \sqrt{256^2 + 4 \cdot 8^2} =$$

$$= 256,5 \frac{F \cdot l}{\pi d^3}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{knp}}{W_{knp}} = \frac{8 Fl}{\pi d^3 / 32} =$$

$$= \frac{256 Fl}{\pi d^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{M_{kp}}{W_{kp}} = \frac{F \cdot l}{2 \cdot \pi d^3 / 16} =$$

$$= \frac{8 Fl}{\pi d^3}$$

Наиболее опасное из поперечных сечений I-I, II-II, III-III и IV-IV то, в точках которого реализуется наибольшее эквивалентное напряжение:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{экв, max}} &= \max(\sigma_{\text{экв}}^{I-I}, \sigma_{\text{экв}}^{II-II}, \sigma_{\text{экв}}^{III-III}, \sigma_{\text{экв}}^{IV-IV}) = \\ &= \sigma_{\text{экв}}^{IV-IV} = 256,5 \frac{F \cdot l}{\pi d^3}\end{aligned}$$

Диаметр поперечного сечения стержня должен быть настолько велик, чтобы эквивалентное напряжение в наиболее опасном сечении не превышало значение допустимого напряжения $[\sigma]$:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[n_T]}$$

$$\sigma_{\text{экв, max}} \leq [\sigma]$$

$$256,5 \cdot \frac{F \cdot l}{\pi d^3} \leq \frac{\sigma_T}{[n_T]}$$

$$\frac{\pi d^3}{256,5 \cdot F \cdot l} \geq \frac{[n_T]}{\sigma_T}$$

$$d^3 \geq \frac{256,5 \cdot F \cdot l \cdot [n_T]}{\pi \sigma_T}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{256,5 \cdot F \cdot l \cdot [n_T]}{\pi \cdot \sigma_T}} = \sqrt[3]{\frac{256,5 \cdot 1000 \cdot 0,2 \cdot 1,5}{\pi \cdot 350 \cdot 10^6}} = 0,04121 \text{ м}$$

$$d \geq 42 \text{ мм.}$$