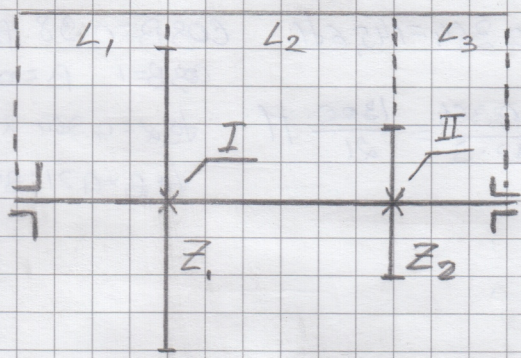


Задача 2



Дано:

$M = 2000 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$\varphi = 180^\circ$

$n = 1000 \text{ об/мин}$

$\sigma_{\text{пр}} \text{ ст.} = 1500 \text{ МПа}$

$d_1 = 10 \text{ мм}$

$d_2 = 24 \text{ мм}$

$\beta_1 = 0^\circ$

$\beta_2 = 12^\circ$

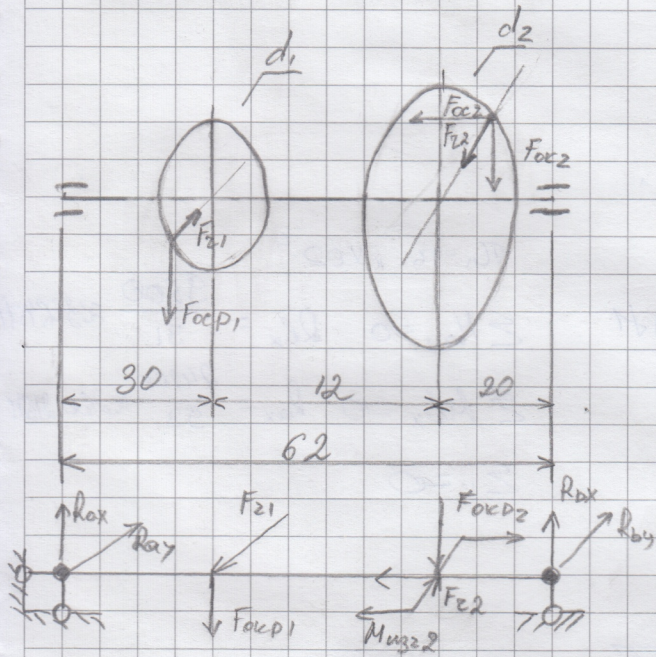
$L_1 = 30 \text{ мм}$

$L_2 = 12 \text{ мм}$

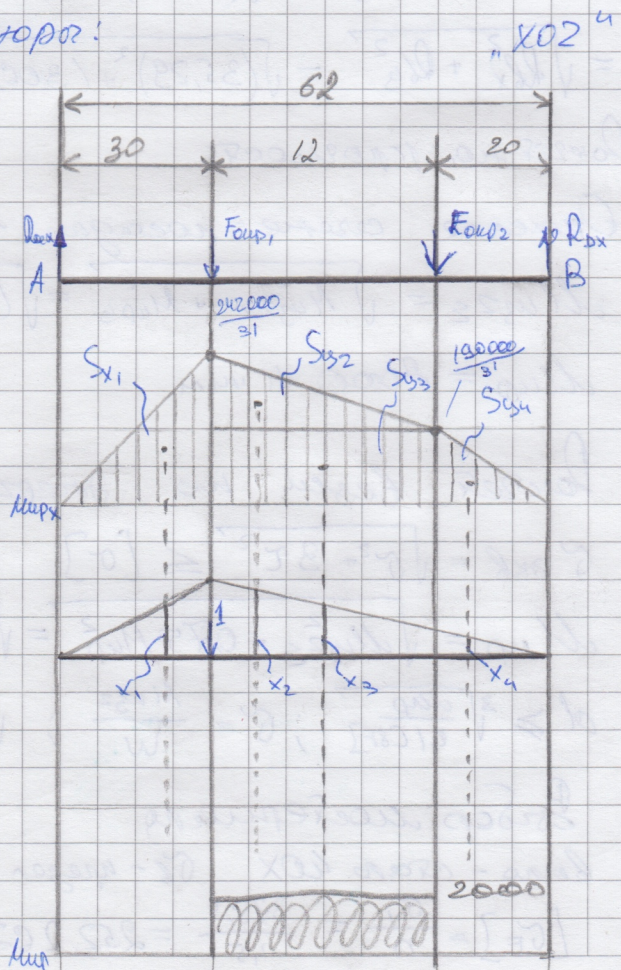
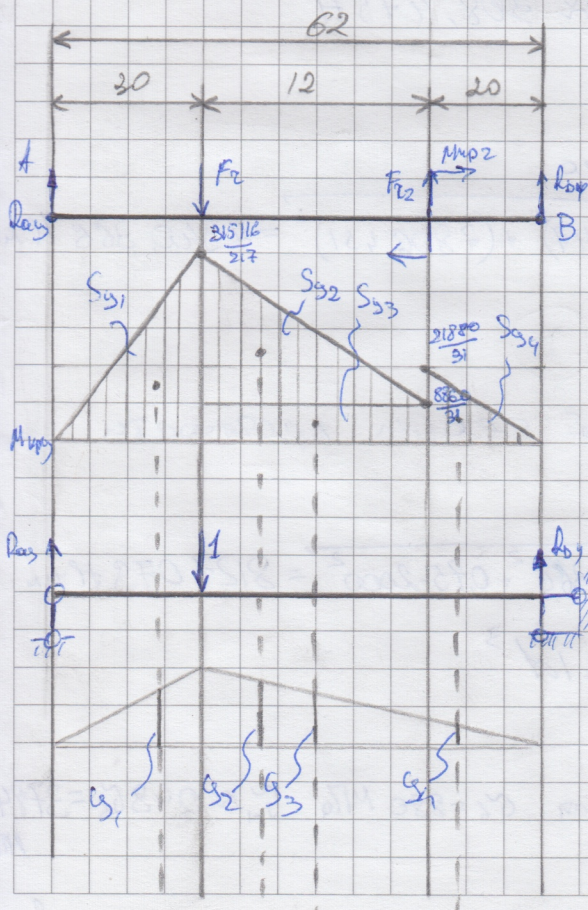
$L_3 = 20 \text{ мм}$

$d_1 = \text{нормозуб.}$

$d_2 = \text{косозуб.}$



"ГОЗ" Справ по плоскости эшпора:



$$F_{\text{оп}1} = \frac{M_{\text{уп}}}{\frac{d_1}{2}} = \frac{2000}{5} = 400 \text{ Н}$$

$$F_{21} = 400 \cdot 0,364 = 145,6 \text{ Н}$$

$$\cos \beta = 0,98, \beta = 12^\circ$$

$$\cos \beta = 1, \beta = 0$$

$$F_{\text{оп}2} = \frac{M_{\text{уп}}}{\frac{d_2}{2}} = \frac{500}{3} \text{ Н}$$

$$F_{22} = \frac{500 \cdot 0,364}{0,98 \cdot 3} = \frac{1300}{21} \text{ Н}$$

$$\tan \alpha = 0,364, \alpha = 20^\circ$$

$$\tan \beta = 0,21, \beta = 12^\circ$$

$$F_{\text{ос}2} = F_{\text{оп}2} \cdot \tan \beta$$

$$F_{\text{ос}2} = \frac{500}{3} \cdot 0,21 = 500 \cdot 0,07 = 35 \text{ Н}$$

$$M_{\text{в}22} = F_{\text{ос}2} \cdot \frac{d_1}{2} = 35 \cdot 12 = 420 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Определим опоры реакции:

$\pi_{\text{л}} - \pi_{\text{б}} \times 102^\circ$

$\pi_{\text{л}} - \pi_{\text{б}} \times 102^\circ$

$$\sum M_{\text{ay}} = 0 \Rightarrow R_{\text{ay}} = \frac{1094}{31} \text{ Н} \approx 35,29 \text{ Н}$$

$$\sum M_{\text{ax}} = 0 \quad R_{\text{bx}} = \frac{9500}{31} \approx 306,45 \text{ Н}$$

$$\sum M_{\text{by}} = 0 \Rightarrow R_{\text{ay}} = \frac{630 \cdot 3,2}{13,02} \approx 48,4 \text{ Н}$$

$$\sum M_{\text{bx}} = 0 \quad R_{\text{bx}} = \frac{24200}{93} \approx 260,215 \text{ Н}$$

$$\sum y = 0$$

$$\sum x = 0$$

Симметричной реакции:

$$R_{\text{ay}} = \sqrt{R_{\text{ax}}^2 + R_{\text{ay}}^2} = \sqrt{(48,40)^2 + (206,22)^2} \approx 210,683 \text{ Н}$$

$$R_{\text{bx}} = \sqrt{R_{\text{bx}}^2 + R_{\text{by}}^2} = \sqrt{(35,29)^2 + (306,45)^2} \approx 308,475 \text{ Н}$$

Проверка на прочность

Опасное сечение - посадка колеса

$$M_{\text{в}22} = \sqrt{M_{\text{в}22x}^2 + M_{\text{в}22y}^2} = \sqrt{(1452,147)^2 + (7806,451)^2} = 7940,368 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

$$M_{\text{уп}} = 2000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Проверка безги по эквивалентной теории прочности

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

$$M_{\text{уп}} = \sqrt{M_{\text{в}22}^2 + 0,75 M_{\text{уп}}^2} = \sqrt{7940,368^2 + 0,75 \cdot 2000^2} = 8127,079 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{уп}}}{0,1[\sigma F]}}; \quad \sigma = \frac{M_{\text{в}22}}{W}; \quad W = 0,1d^3$$

Выбор материала

Для валов - сталь 40X $\sigma_{\text{б}}$ - предел прочности $\sigma_{\text{б}} = 880 \text{ МПа}$ $\sigma_{\text{н}} \approx 0,48 \sigma_{\text{б}} = 378,4 \text{ МПа}$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{н}}}{n} = \frac{378,4}{1,5} = 252,267 \text{ МПа}$$

Задача по эр. закону $n=1,5$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{9127,073}{0,1 \cdot 252,27}} = 6,8552 \rightarrow 7 \text{ мм}$$

Проверка на стат. прочность.

$$W_{измб} = 0,1 d^3 = 0,1 \cdot 7^3 = 34,3 \text{ мм}^3$$

$$W_p = 0,2 \cdot d^3 = 0,2 \cdot 7^3 = 68,6 \text{ мм}^3$$

Опр. $\sigma_{изб}$ и $\sigma_{осн}$ ~~на~~ срезе

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{изб} &= \frac{M_{измб}}{W_{измб}} = \frac{7940,366}{34,3} = 231,498 \text{ МПа} \\ \sigma_{осн} &= \frac{M_{осн}}{W_p} = \frac{2000}{68,6} = 29,155 \text{ МПа} \end{aligned} \right\} \sigma_{изб} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} =$$

$$= \sqrt{(231,498)^2 + (29,155)^2} =$$

$$= 233,327 \text{ МПа} < 253 \text{ МПа}$$

Проверка на стат. прочность

Проверка на упр. ~~на~~ жесткость

$$\Delta \varphi_y = 2 \frac{M_{кр} l}{G J_D} \leq [\varphi] ; J_D = 0,1 d^4 = 0,1 \cdot 7^4 = 240,1$$

$$G = 80000 \text{ МПа} ; l = 12 \text{ мм} ; M_{кр} = 2000 \text{ Нмм}$$

$$\Delta \varphi_y = 2 \frac{2000 \cdot 12}{80000 \cdot 0,1 \cdot 7^4} = 0,0024986 = 2,4986' \leq [5 \dots 30]$$

Условия жесткости выполняются

Определим прогибы

$$J = \frac{1}{E y} \sum F_i y_i \quad \text{гор.} : \sigma_y = \frac{1}{E y} (\sum F_{y1} + \sum F_{y2} + \sum F_{y3} + \sum F_{y4}) =$$

$$\text{вер.} : \sigma_x = \frac{1}{E y} (\sum F_{x1} + \sum F_{x2} + \sum F_{x3} + \sum F_{x4}) =$$

$$F_{y1} = \frac{20}{62} \text{ Н} \quad F_{x1} = \frac{20}{62} \text{ Н} \quad y_1 = \frac{20}{62} \cdot \frac{2}{3} \cdot 30 = 6,95 \quad S_{y1} = 21780$$

$$F_{y2} = \frac{32}{62} \text{ Н} \quad F_{x2} = \frac{32}{62} \text{ Н} \quad y_2 = \frac{20}{62} (30 + \frac{1}{3} \cdot 12) = 10,98 \quad S_{y2} = 6996$$

$$E = 2,13 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2 \quad y_3 = \frac{20}{62} (30 + \frac{1}{3} \cdot 12) = 11,61 \quad S_{y3} = 3468$$

$$J = 51,5 \text{ Н/м. эр.} \quad y_4 = \frac{32}{62} \cdot \frac{2}{3} \cdot 20 = 6,88 \quad S_{y4} = 7050$$

$$x_1 = \frac{20}{62} \cdot 20 = 6,45 \quad S_{x1} = \frac{7806}{2} \cdot 30 = 117090 \quad S_{x2} = \frac{1677}{2} \cdot 12 = 10062$$

$$x_2 = \frac{20}{62} (30 + a) = 10,98 \quad S_{x3} = 12 \cdot 6129 = 73548 \quad S_{x4} = \frac{20 \cdot 6129}{2} = 61290$$

$$x_3 = \frac{20}{62} (30 + 6) = 11,61$$

$$x_4 = \frac{2}{3} \cdot 20 \cdot \frac{32}{62} = 6,88$$

$$\sigma_y = \frac{1}{109,695 \cdot 10^5} (140481 + 76816,08 + 40263,48 + 48504) =$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = 0,176$$

$$\sigma_x = \frac{1}{109,695 \cdot 10^5} (755230,5 + 110980,76 + 853892,28 + 421675,5) =$$

$$[\varphi] \leq (0,002 \div 0,003) l = 10,129 \dots 0,186$$

$$= 0,195$$

Подбор опор шовлятея
 $d_b = 8 \text{ мм}$ $e = 7 \text{ мм}$ $d_g = 6 \text{ см}$

Если d_g будет < 5 , то расчет на прочность по
 жесткости при d_g не возм. $d_g = 6$
 $\Delta U_g = \frac{2 \cdot 1000}{70000 \cdot 0,16^4} = 900682963 \text{ рад} =$
 $= 19,432' \in [5 \dots 30]$

Выбор материала

Ван - сталь 40X ; Подшипник - Бронза БрФ

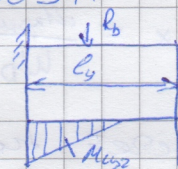
$$[P] = 15 \text{ МПа}$$

$$[PV] = 20 \text{ МПа} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Расчет вези по опоре В $R_b = 308,475 \text{ Н} = 309 \text{ Н}$

1. Проверка на изгиб (40X)

$$l_g = (0,5 \dots 2) d_b \Rightarrow l_g = 6 \text{ см}$$



$$M_{изг} = \frac{1}{2} R_b \cdot l_g = \frac{1}{2} \cdot 309 \cdot 6 = 927 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$\sigma = \frac{927}{0,1 \cdot 0,3} = 27,027 \leq [P] = 15 \text{ МПа}$$

Расчет прогнб!

2. Проверка на контактную прочность

а) жесткие радиусы горизонт

$$P = \frac{R_b}{l_g \cdot d_g} = \frac{309}{6 \cdot 6} = 8,583 \text{ МПа} < [P]$$

б) гибкие осевые горизонт

$$P = \frac{4 F_{oc}}{\sigma_r (d^2 - d_g^2)} = \frac{4 \cdot 35}{3,14 (49 - 36)} = 3,43 \text{ МПа} < [P]$$

Расчет вращен!

3. Расчет на термостойкость

$$a) PV = \frac{R}{d_g \cdot l_g} \cdot \frac{\sigma_r \cdot d_g}{60 \cdot 1000} = \frac{8,583 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 6}{60 \cdot 1000} = 2,635 \text{ МПа} \frac{\text{м}}{\text{с}} < [PV]$$

б) Деформация осевых

$$PV = \frac{4 F_{oc}}{\sigma_r (d^2 - d_g^2)} \cdot \frac{\sigma_r (d - d_g) n}{2 \cdot 60 \cdot 1000} = \frac{3,43 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 1000}{2 \cdot 60 \cdot 1000} = 0,0998 \text{ МПа} \frac{\text{м}}{\text{с}} < [PV]$$

Расчет прогнб

4. Определение КПД от скольжения

а) радиальн.

$$M_{тр\beta} = 1,27 \cdot f \cdot R_b \cdot \frac{d_g}{2} = 1,27 \cdot 0,05 \cdot 309 \cdot \frac{6}{2} = 58,865 \text{ Н}\cdot\text{м} \rightarrow \text{радиальн}$$

$R_b \rightarrow R_a$
 $M_{трA} = 50,483 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$f = 0,05$ - коэф. трети.

б) осевая

$$M_{тр\alpha} = \frac{1}{3} F_{ос} \cdot f \cdot \frac{d^3 - d_g^3}{d^2 - d_g^2} = \frac{1}{3} \cdot 35 \cdot 0,05 \cdot \frac{7^3 - 6^3}{7^2 - 6^2} = 5,699 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$\eta = \frac{M_{тр} - M_{тр\alpha}}{M_{тр}} = \frac{2000 - 58,865 - 5,699 - 50,483}{2000} = 0,99$$

Погреш отор колеса

$$d = d_g \quad a = 6 \text{ см} \quad D = 19 \text{ мм} \quad B = 6 \text{ см} \quad r = 0,5 \text{ см} \quad D_w = 3,969 \text{ мм} \times 4$$

$$z = 6 \quad C = 2210 \text{ Н} \quad C_0 = 1180 \text{ Н} \quad n = 1000 \text{ об/мин} \quad C_p = 0,01 \sqrt[3]{60 n L_n}$$

$$L_n = 1500 \text{ м} \quad Q \sim \text{нв. корпоз} \quad Q = (x \cdot k_{BR} + y \cdot F_{ос}) k_5 \cdot k_6$$

$$k_5 = 1 \quad k_6 = 1 \quad k_6 = 1$$

$$\frac{F_{ос}}{C_0} = \frac{35}{1180} = 0,0297 \quad ; \quad \frac{F_{ос}}{C_0 \cdot k_6 \cdot F_2} = \frac{35}{1 \cdot 309} = 0,113$$

$$X = 1 \quad Y = 0 \quad Q = 1 \cdot 1 \cdot 309 = 309 \text{ Н}$$

$$C_p = 0,01 \cdot 309 \cdot \sqrt[3]{60 \cdot 1000 \cdot 1500} = 1384,75 \text{ Н} < [C]$$

Погрешности погреш

