

1. zadan:

1. Obrtni moment na pužnom zupčanicu

$$T_4 = T_n + T_{\mu} = 601,5 + 240 = \underline{841,5 \text{ Nm}}$$

$$T_n = F \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\varphi + \beta_m) = 100 \cdot 10^3 \cdot \frac{55,5}{2} \operatorname{tg}(8,8^\circ + 3,43^\circ) = 601\,497 \text{ Nm} \approx 601,5$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{L}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arctg} \frac{3 \cdot 9}{\pi \cdot 55,5} = 8,8^\circ$$

Podaci za navoj: Tr 60 x 9:

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$p = 9 \text{ mm}$$

$$d_2 = 55,5 \text{ mm}$$

$$d_3 = 50,5 \text{ mm}$$

$$A_3 = 2003 \text{ mm}$$

$$T_{\mu} = F \cdot r_{\mu} \cdot f = 100 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 0,06 = 240 \text{ Nm}$$

$$r_{\mu} = \frac{d_s + D_o}{4} = \frac{98 + 62}{4} = \frac{160}{4} = 40 \text{ mm}$$

$$d_s = 98 \text{ mm}$$

$$D_o = 62 \text{ mm}$$

Obrtni moment na pužu:

$$T_3 = \frac{T_4}{i_{3-4} \cdot \eta_{3-4}} = \frac{841,5}{8 \cdot 0,866} = 121,5 \text{ Nm}$$

$$i_{3-4} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{32}{4} = 8$$

$$\eta_{3-4} = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \beta)} = \frac{\operatorname{tg} 26,56^\circ}{\operatorname{tg}(26,56^\circ + 3,43^\circ)} = 0,866$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{z_3}{2} = \operatorname{arctg} \frac{4}{8} = 26,56^\circ$$

Potrebna snaga na puži:

$$P_3 = T_3 \cdot \omega_3 = 121,5 \cdot 130,27 = 15,827 \cdot 10^3 \text{ W.}$$

$$\omega_3 = 2\pi n_3 = 2\pi \cdot 20,733 = 130,27 \text{ s}^{-1}$$

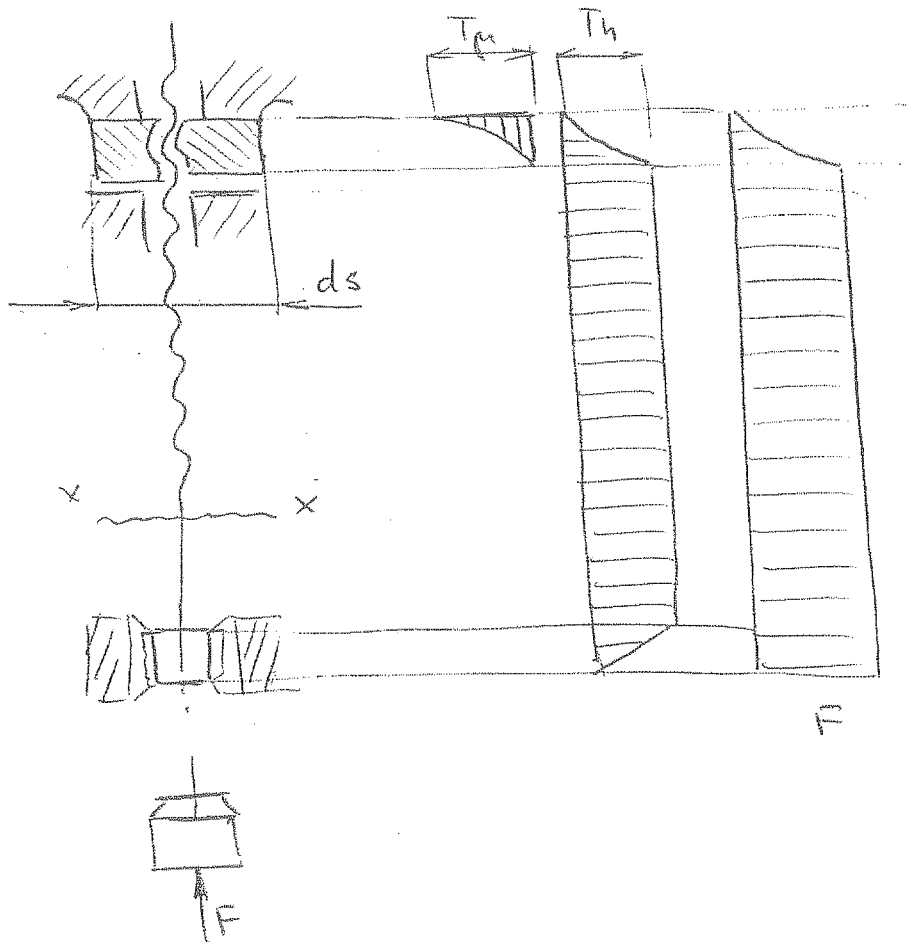
$$M_3 = M_4 \cdot i_{3-4} = 155,5 \cdot 8 = 1244 \text{ min}^{-1} = 20,73 \text{ s}^{-1}$$

$$M_4 = \frac{V}{L} = \frac{4,2 \cdot 10^3}{3 \cdot 9} = 155,5 \text{ min}^{-1};$$

2. Površinski pritisak u ležištu A:

$$p_A = \frac{F}{A} = \frac{100 \cdot 10^3}{4235} = 22,2 \text{ H/mm}^2.$$

$$A = \frac{\pi}{4} (98^2 - 62^2) = 4253 \text{ mm}^2$$



### 3. Faktor rednog vijeka

$$Z_h = \frac{[\sigma_{HH}]_H}{\sigma_{Hlim} Z_n} = \frac{197,4}{370 \cdot 0,685} = 0,778$$

Gdje je:

$$Z_n = \left[ \frac{1}{(7,5 \cdot n_2 + 1)} \right]^{\frac{1}{8}} = \left[ \frac{1}{(7,5 \cdot 2,6 + 1)} \right]^{\frac{1}{8}} = 0,685$$

$$n_2 = n_4 = 2,6 \text{ s}^{-1}$$

$$\sigma_{Hlim} = 370 \text{ N/mm}^2 \text{ za P.CuSn14}$$

$$T_2 = T_4 = 841,5 \text{ Nm}$$

$$K_A = 1,5$$

$$Z_E = 150 \frac{\text{H}}{\text{mm}^2} \text{ za P.CuSn14}$$

$$d_1 = d_{m1} = z_1 \cdot m = 8 \cdot 10 = 80 \text{ mm} \quad (z_1 = z_2)$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 10 \cdot 32 = 320 \text{ mm}$$

$$a = 0,5 (d_1 + d_2) = 0,5 (80 + 320) = 200 \text{ mm}$$

$$Z_g = 2,76 \text{ za } \frac{d_{m1}}{a} = \frac{80}{220} = 0,4 \text{ i pri } Z_I;$$

$S = 1,2$  step. sigurnost.

$$[\sigma_{HH}]_H = \sigma_H \cdot S = 164,5 \cdot 1,2 = 197,4 \text{ H/mm}^2$$

$$\sigma_H = Z_E \cdot Z_g \cdot \sqrt{\frac{T_2 K_A}{a^3}} = 150 \cdot 2,76 \cdot \sqrt{\frac{841,5 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{200^3}} = 164,5 \text{ H/mm}^2$$

$$Z_h = \left( \frac{25000}{t} \right)^{\frac{1}{6}} \Rightarrow t = \frac{25000}{Z_h^6} = \frac{25000}{0,22} = \underline{\underline{113636}} \text{ [h]}$$

4. Radeni napone u presjeku x-x

$$\sigma_g = \frac{F}{A} = \frac{100 \cdot 10^3}{1256} = 79,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{T_n}{W_p} = \frac{601,5 \cdot 10^3}{12566} = 47,86 \text{ N/mm}^2$$

Gdje je:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{40^2 \pi}{4} = 1256 \text{ mm}^2$$

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 40^3}{16} = 12566 \text{ mm}^3$$

'kritični' naponi (pritisk i uvijanje):

Presjek x-x ima - povećan naponski pa je mišljena izdržljivost vrstena za jednosmjernu pomyjnu napona:  $\sigma_{sc}/\sigma_g = \cos^2 \alpha$

$$\sigma_{DM} = \frac{\sigma_{(-)} M}{1 - \cot \beta \cdot \tan \alpha} = \frac{223,3}{1 - 0,5 \cdot \tan 37,754^\circ} = 364,45 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{TM} = 378 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

za  $M \geq H_0$   $\sigma_{D(-)} M = \sigma_{D(-)} \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R = 220 \cdot 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2 = 223,3 \text{ N/mm}^2$

Gdje je:  $\sigma_{D(-)} = 220 \text{ N/mm}^2$  za č. 1530.

$$\cot \beta = \sigma_{sc}/\sigma_g = 0,5$$

$$\tan \alpha = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \sigma_{D(-)}}{\sigma_{(0)}} \right] \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \cdot 220}{360} \right] \cdot 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2$$

$$\tan \alpha = 0,774$$

$$\alpha = 37,754^\circ$$

$$\sigma_{TM} = \sigma_T \cdot \xi_1 = 420 \cdot 0,9 = 378 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_T = 420 \text{ N/mm}^2 \text{ za č. 1530}$$

$$\xi_1 = 0,9$$

$$\xi_4 = 0,94$$

$$\xi_2 = 0,94$$

$$\xi_3 = 1$$

} d = h<sub>max</sub>

} l<sub>0</sub> = l<sub>0</sub>

Uvijerje:

$$T_{DM} = \frac{T_{D(-)M}}{1 - \text{dg} \beta \cdot t_{gDM}} = \frac{158,22}{1 - 0,5 \cdot 0,56} = 219,75 \text{ N/mm}^2 < T_{TM} = 250 \text{ N/mm}^2$$

$M_E > M_D$

$$T_{D(-)M} = T_{D(-)} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_R = 180 \cdot 0,78 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2 = 158,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{dg} \beta = T_{SC} / T_g = 0,5$$

$$t_{gDM} = 1 + \left[ 1 - \frac{2 T_{D(-)}}{T_{D(+)}} \right] \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \cdot \gamma_R = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \cdot 180}{240} \right] \cdot 0,78 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2$$

$$t_{gDM} = 0,56$$

$$d_M = 29,25^3$$

$$T_{TM} = T_T \cdot \gamma_1 = 320 \cdot 0,78 = 250 \text{ N/mm}^2$$

$$T_T = (0,6 \dots 0,8) \cdot T = 0,8 \cdot T = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ N/mm}^2$$

Stepeni sigurnosti:

$$S_{DM} = \frac{\sigma_{DM}}{\beta_u \cdot \sigma_g} = \frac{364,45}{1,4 \cdot 79,6} = 3,27$$

$$S_T = \frac{T_{DM}}{\beta_u \cdot T_g} = \frac{219,75}{1,4 \cdot 47,5} = 3,3$$

Ukupni step. sigurnosti:

$$S = \frac{S_{DM} \cdot S_T}{\sqrt{S_{DM}^2 + S_T^2}} = \frac{3,27 \cdot 3,3}{\sqrt{3,27^2 + 3,3^2}} = 2,32$$

ISPITNI ZADATAK  
-drugi parcijalni ispit-

1. Elektromotor EM pogoni transporter preko cilindričnog para sa kosim zupcima 1 i 2 ,para cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima 3 i 4,te lančanog prenosnika 5 i 6 sa valjkastim lancem prema JUS M.C1.820. Obodna sila na bubnju je  $F_t=5896$  N,a brzina trake je  $v=2.12$  m/s sa promjerom bubnja  $D_b=500$  mm.

2. Proračunom treba odrediti:

- snagu i broj okretaja elektromotora ne uzimajući u obzir gubitke ( $\eta_{uk}=1$ ),
- osnovne veličine cilindričnog para sa kosim zupcima,na osnovu proračuna čvrstoće podnožja,
- osnovne veličine i oznaku valjkastog lanca lančanog prenosnika.

3. Zadano je:

a) za cilindrični par sa kosim zupcima:

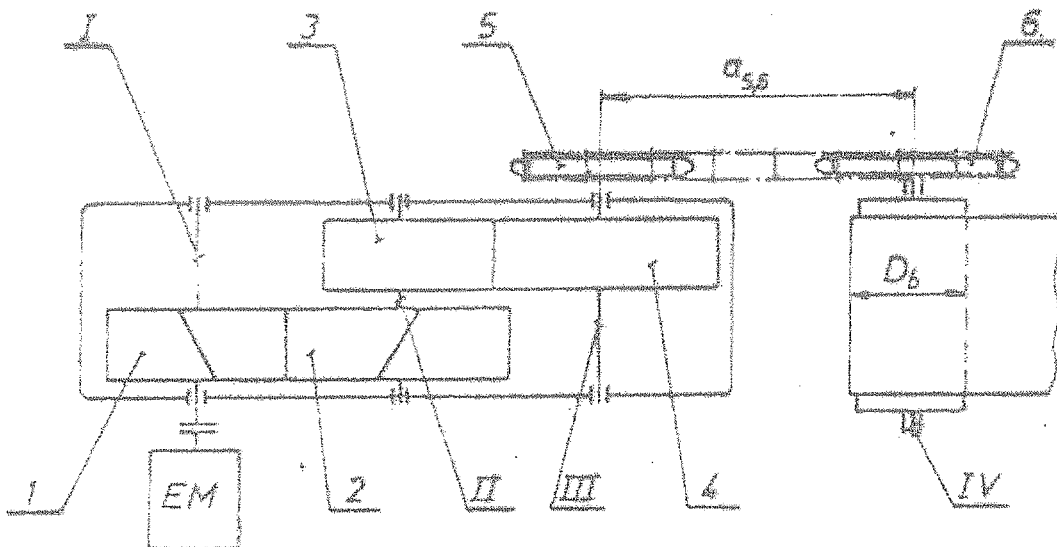
$$z_1=23,z_2=66,K_{FF}=2.5,Y_{FP}=1.6,\psi=15,Y_{\beta}=0.835,Y_{\xi}=0.6,\sigma_{Flim}=165\text{N/mm}^2,S_F=1.6,$$

b) za cilindrični par sa pravim zupcima:

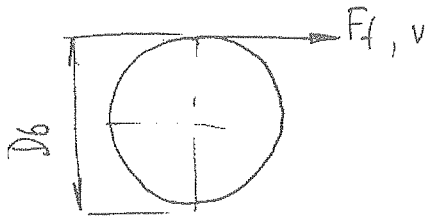
$$z_3=25,z_4=62,$$

c) za lančani prenosnik:

$$z_5=19,z_6=76,\text{lanac:jednostruki},c=1.5,a_{5-6}=445\text{ mm.}$$



a) Snaga i broj obrtaja:



$$r_b = \frac{D_b}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$\omega_b = \frac{v_b}{r} = \frac{2,12}{0,25} = 8,48 \text{ s}^{-1}$$

$$T_b = F_t \cdot r_b = 5836 \cdot 250 = 1\,474\,000 \text{ Nmm} = 1\,474 \text{ Nm}$$

$$P_b = T_b \omega_b = 1\,474 \cdot 8,48 = 12\,500 \text{ W} = 12,5 \text{ kW}$$

$$P_{EM} = P_b = 12,5 \text{ kW} \quad (\eta_{uk} = 1 \text{ uslov zadatka})$$

$$m_b = \frac{\omega_b}{2\pi} = \frac{8,48}{2 \cdot \pi} = 1,35 \text{ s}^{-1} = 81 \text{ min}^{-1}$$

$$MEH = m_b \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 \cdot z_4 \cdot z_5 \cdot z_6 = m_b \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_6}{z_5} = 1,35 \cdot \frac{66}{23} \cdot \frac{62}{25} \cdot \frac{76}{19} = 38,435'$$

b) Osm. velicine cilind. pora sa kosim rezanjem

$$S_F = \frac{[\sigma_F]_H}{\sigma_F} \Rightarrow \sigma_F = \frac{[\sigma_F]_H}{S_F} = \frac{\sigma_{Flim} Y_{Fa}}{S_F} = \frac{165 \cdot 1,6}{1,6} = 165 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_F = Y_{Fa} Y_{Sa} Y_B Y_\epsilon \cdot \frac{F_{t1}}{b \text{ (mm)}} \cdot \underbrace{K_A K_V K_{F\beta} K_{F\alpha}}_{K_{FF} = 2,5} = Y_{Fa} Y_{Sa} Y_B Y_\epsilon \cdot \frac{2T_1}{\psi_d z_1 m^3} \cdot K_{FF}$$

$$F_{t1} = \frac{2T_1}{z_1 m} = \frac{2T_{EM}}{z_1 m}$$

$$T_{EM} = \frac{P_{EM}}{\omega_{EM}} = \frac{12\,500}{2 \cdot \pi \cdot MEH} = \frac{12\,500}{2 \cdot \pi \cdot 38,43} = 51,8 \text{ Nm}$$

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2T_1}{\psi_d z_1 \sigma_F} K_{FF} \cdot Y_{Fa} Y_{Sa} Y_B Y_\epsilon} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 51\,800}{15 \cdot 23 \cdot 165} \cdot 2,5 \cdot 2,51 \cdot 1,8 \cdot 0,835 \cdot 0,6} = 2,17$$

usvojeno  $m = 2,5 \text{ mm}$

$$\gamma_B = 1 - 0,25 \epsilon_B = 0,835 \Rightarrow \epsilon_B = 0,66$$

$$\gamma_B = 1 - \epsilon_B \frac{\beta}{120^\circ} \Rightarrow \beta = 30^\circ$$

$$z_m = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{23}{\cos^3 30^\circ} = 35,41$$

z0 x1 = 0

$$\gamma_{Fa} = 2,51$$

$$\gamma_{Sa} = 1,8$$

Osn. geom. dimenzije:  $b = 4 \cdot m = 37,5 \text{ mm}$

$$d_1 = m \cdot z_1 = 57,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 165 \text{ mm}$$

c) horizontal

$$\text{Udarna snaga: } P_D = \frac{P}{k \cdot m} = \frac{12,5}{0,8 \cdot 1} = 15,625 \text{ kW}$$

$m = 1$ , jednostruka. lanc

$$k = 0,8 \text{ z0 } C = 1,5$$

Iz tablice 48.8. H.E II z0  $M_5 = M_6 \cdot i_{5-6} = 1,35 \cdot \frac{26}{19} = 5,4 \text{ s}^{-1}$  i  $P_D = 15,625 \text{ kW}$

$h = 25,4$  ;  $b = 17,02$

Broj članaka: 
$$X = \frac{2 \cdot a}{h} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left( \frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{h}{a} = \frac{2 \cdot 445}{25,4} + \frac{19 + 76}{2} + \left( \frac{76 - 19}{2\pi} \right)^2 \frac{25}{44}$$

$$X = 87,24$$

usl.  $X = 87 \rightarrow$  lanc. JUS M. CI. 82  $\Rightarrow$   $1 \times 25,4 \times 17,02 \times 87$

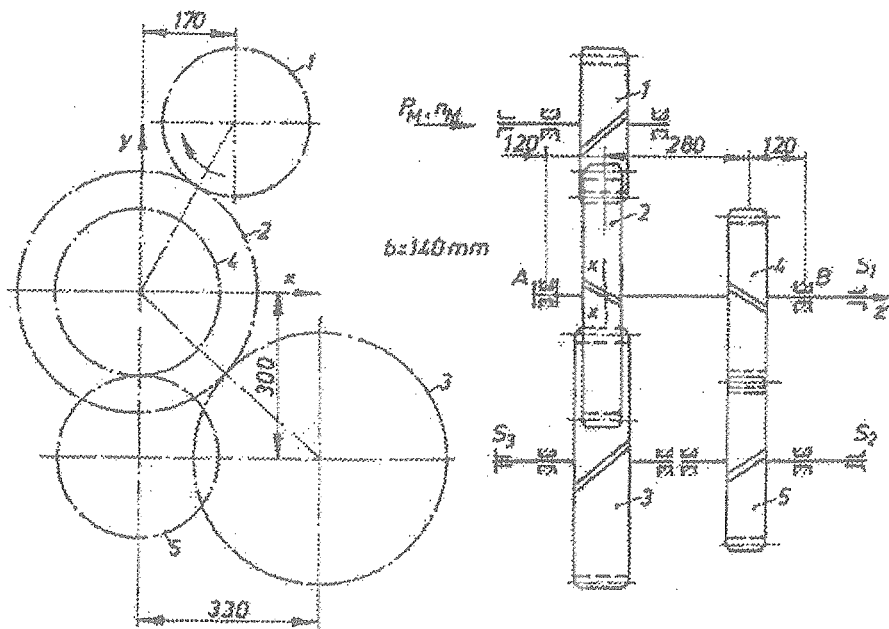
Podlomi. prečnici:

$$d_5 = \frac{h}{2 \sin(\frac{180}{5})} = \frac{25,4}{2 \sin(\frac{180}{5})} = 154,32 \text{ mm} ; d_6 = \frac{h}{2 \sin(\frac{180}{19})} = \frac{25,4}{2 \sin(\frac{180}{19})} = 614,64 \text{ mm}$$



## ISPITNI ZADATAK

-Drugi parcijalni-



Prenosnik prikazan na slici prima snagu od elektromotora preko zupčanika 1, a predaje je za savladavanje radnog otpora preko spojnice S1 i S2 (po  $\frac{1}{4}$  snage) i  $\frac{1}{2}$  snage preko spojnice S3. Snaga EM je 425 kW pri broju okretaja  $850 \text{ min}^{-1}$ , svih izlaznih vratila  $504 \text{ min}^{-1}$ .

Za sklop prikazan na slici potrebno je odrediti:

1. potrebne prečnike kinematskih kružnica zupčanika 1, 2 i 3, obrtne momente na zupčanicima i obimne sile na mjestima sprezanja. Gubici usljed trenja na jednom zupčastom paru iznosi 2%.
2. opterećenja vratila zupčanika 2 i 4. Nacrtati shemu opterećenja i dijagrame momenata uvijanja i aksijalnih sila za dati smjer vrtnje.

1. Izrada:

1

1. Prećinica: kinematski kvantnici zupčanika 2 i 3 moraju biti jednaki.  
Prećina slike: shijedi.

$$d_{w2} = d_{w3} = \sqrt{330^2 + 300^2} = 445,98206 \text{ mm. } \checkmark$$

$$d_{w1} = d_{w2} / u_{1-2} = 445,98206 / 1,6865 = 264,44237 \text{ mm. } \checkmark$$

Kinematski prenos: odnos:

$$u_{1-2} = i = \frac{m_1}{m_2} = \frac{85}{504} = 1,6865 \checkmark$$

Obrtni momenti:

$$T_1 = \frac{P}{\omega_1} = \frac{425 \cdot 10^3}{89,01} = 4775 \text{ Nm, } \checkmark$$

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_1 = 2 \cdot \pi \cdot \frac{85}{60} = 89,01 \text{ s}^{-1}$$

$$T_2 = T_1 \cdot u_{1-2} \cdot \eta_{1-2} = 4775 \cdot 1,6865 \cdot 0,98 = 7892 \text{ Nm, } \checkmark$$

$$T_3 = \frac{T_2}{2} \cdot u_{2-3} \cdot \eta_{2-3} = \frac{7892}{2} \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 3867 \text{ Nm, } \checkmark$$

$$T_4 = \frac{T_3}{4} = \frac{3867}{4} = 966,75 \text{ Nm. } \checkmark$$

$$T_5 = T_4 \cdot u_{3-4} \cdot \eta_{2-4} = 966,75 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 947,41 \text{ Nm. } \checkmark$$

Obimne sile:

$$1-2: F_{t1} \approx F_{t2} = \frac{T_1}{r_{w1}} = \frac{4775}{0,132} = 36,19 \cdot 10^3 \text{ N. } \checkmark$$

$$2-3: F_{t2} \approx F_{t3} = \frac{T_2}{\frac{d_{w2}}{2}} = \frac{T_2}{d_{w2}} = \frac{7892}{0,4459} = 17,7 \cdot 10^3 \text{ N. } \checkmark$$

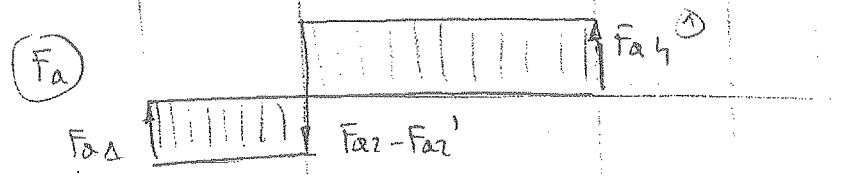
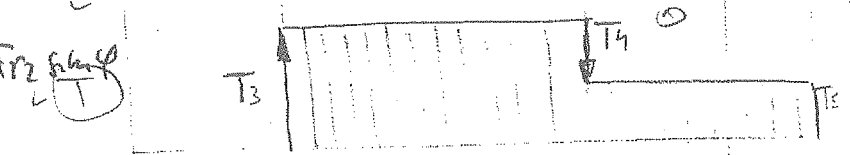
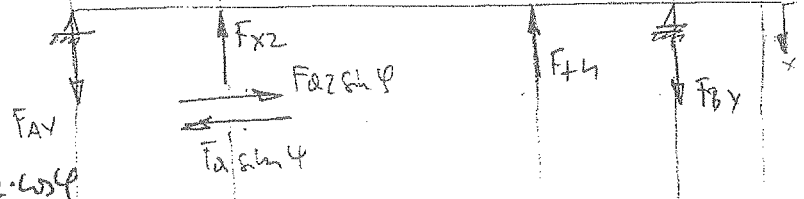
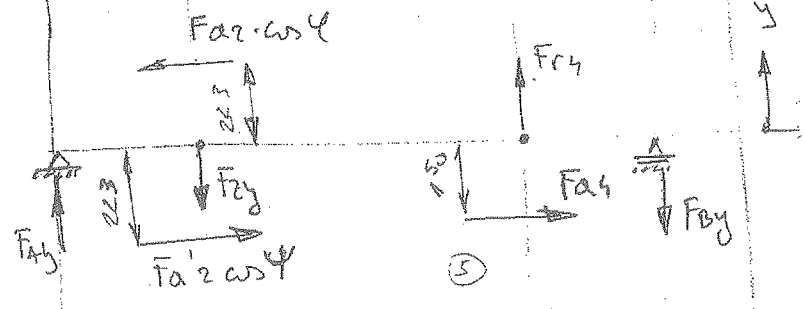
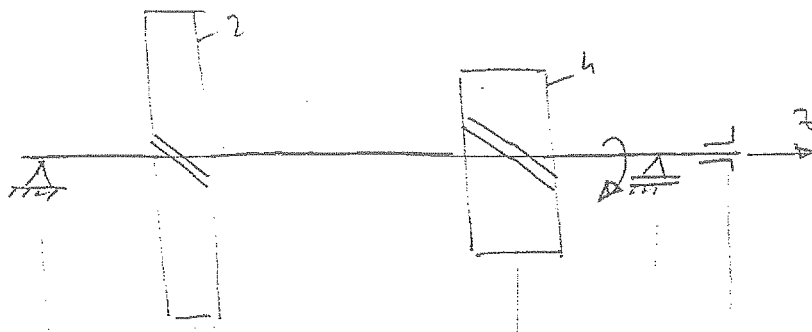
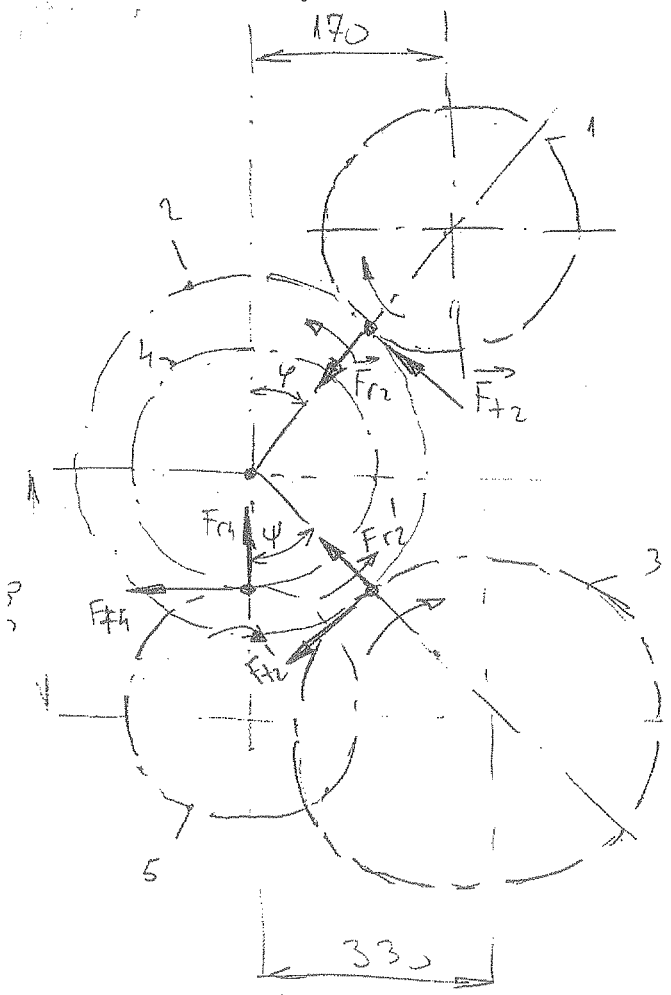
$$4-5: F_{t4} \approx F_{t5} = \frac{T_4}{r_{w4}} = \frac{966,75}{0,15} = 64,45 \cdot 10^3 \text{ N. } \checkmark$$

$$r_{w4} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm} = \text{slike. } \checkmark$$

12

2) Optareceje vrstle II:

(2)



$$F_{y2} = F_{t2} \cdot \sin \psi + F_{r2} \cdot \cos \psi - F_{t2}' \cdot \sin \psi - F_{r2}' \cdot \cos \psi$$

$$F_{x2} = F_{t2} \cdot \cos \psi + F_{r2}' \cdot \sin \psi + F_{t2}' \cdot \cos \psi + F_{r2} \cdot \sin \psi$$

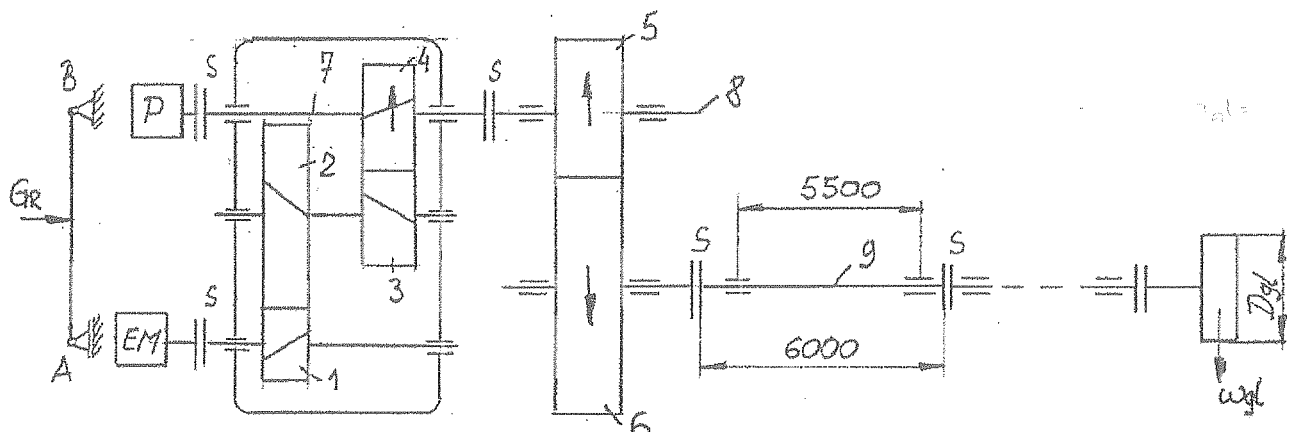
(13)

\Sigma (25)

$$100/25 = 4$$

### ISPITNI ZADATAK

1. Pogonska grupa bagera sa glodačem sastoji se od elektromotora EM, reduktora R, para cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima 5-6 i dugačkog višedijelnog vratila na kliznim ležajima.
2. Sa zadanim podacima proračunom treba odrediti :
  - a. karakteristike EM za pogon glodača i pomoćne pumpe P, ako je srednja obimna brzina glodača 1.05 m/s, otpor rezanja zemljišta 100 000 N, a snaga koju troši pumpa 13.5 kW,
  - b. intenzitete svih aktivnih sila koje djeluju na vratila 7 i 8, nacrtati shemu opterećenja i dijagram momenata uvijanja ovih vratila,
  - c. provjeriti stepen sigurnosti vratila 9,
  - d. odrediti ugao dodirnice i zbir faktora pomjeranja profila zupčanika zupčastog para 5-6,
  - e. odrediti sile kojima reduktor R djeluje na svoje oslonce A i B.
3. Zadano je:
  - a. za zupčanike:  $Z_1=14$ ,  $Z_2=87$ ,  $Z_3=16$ ,  $Z_4=81$ ,  $\beta_4=14^\circ$ ,  $m_{n3-4}=12$  mm,  $\alpha_n=20^\circ$ ,  $Z_5=25$ ,  $Z_6=115$ ,  $\beta_5=0^\circ$ ,  $m_{n5-6}=16$  mm,  $a_{5-6}=1135.25$  mm,  $\eta_{5-6}=0.97$ ,  $\eta_R=0.96$ ,  $\eta_I=0.97$ , težina reduktora  $G_R=26$  000 N.
  - b. za glodač:  $D_g=2000$  mm.
  - c. za vratilo:  $d_g=130$  mm, Č.0545, fino tokareno, težina spojke  $G_s=2000$  N,  $\xi_1\xi_2\xi_3/\beta_k \cong 1$ .



- 1. 7
- 2.  $9 + 3 = 12$   
 $+ 2 = 14$

- 1. 7 = 22
- 2. 14 = 42
- 3. 6 = 18
- 4. 3 = 9
- 5. 3 = 9 / 100

---

$\Sigma = 33 = 100$  bodova

1 ~ 3 boda.

(1)

IZRADA

12.9.1996.

## 1. KARAKTERISTIKE ELEKTROMOTORA

## 1.1. Obrtni moment glodača

$$T_{gl} = \frac{F_{gl} \cdot D_{gl}}{2} = \frac{100\,000 \cdot 2\,000}{2} = 10^8 \text{ Nmm},$$

## 1.2. Broj okretaja glodača

$$n_{gl} = \frac{v}{D\pi} = \frac{1,05}{2 \cdot \pi} = 0,1671 \text{ s}^{-1} = 10 \text{ min}^{-1}$$

## 1.3. Snaga koju traži glodač

$$P_{gl} = T_{gl} \omega_{gl} = 10^8 \cdot 2\pi \cdot 0,1671 = 104\,992\,026,5 \frac{\text{Nmm}}{\text{s}}$$

$$P_{gl} = 104\,992 \text{ W} = 104,992 \text{ kW}$$

## 1.4. Ukupan stepen iskoristivosti pogona

$$\eta = \eta_R \eta_{5-6} = 0,96 \cdot 0,97 \cdot 0,97 = 0,903$$

## 1.5. Potrebna snaga elektromotora

$$P_{EM} = \frac{P_{gl}}{\eta} + \frac{P_P}{\eta_R} = \frac{104,992}{0,903} + \frac{13,5}{0,96} =$$

$$P_{EM} = 130,72 \text{ kW}$$

## 1.6. Ukupni tačni prenosni odnos

$$i = i_{1-2} i_{3-4} i_{5-6} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_6}{z_5} = \frac{87}{14} \cdot \frac{81}{16} \cdot \frac{115}{25} = 144,7$$

## 1.7. Potrebni minutni broj okretaja elektromotora

$$n_{EM} = i n_{gl} = 144,7 \cdot 10 = 1447 \text{ min}^{-1} = 24,119 \text{ s}^{-1}$$

②

12.9.1996.

## 2. INTENZITETI AKTIVNIH SILA

## 2.1. Prečnici kinematskih krugova.

$$d_4 = \frac{m n_4 z_4}{\cos \beta_4} = \frac{12 \cdot 81}{\cos 14^\circ} = 1001,756 \text{ mm}$$

$$d_5 = \frac{2a}{i_{5-6} + 1} = \frac{2 \cdot 1135,25}{4,6 + 1} = 405,446 \text{ mm}$$

## 2.2. Obrotni moment zupčanika 5

$$T_5 = \frac{T_{gl}}{i_{5-6} \eta_{(5-6)} \eta_l} = \frac{10^8}{4,6 \cdot 0,97 \cdot 0,97} = 23\,104\,613 \text{ Nmm}$$

## 2.3. Obrotni moment zupčanika 4

$$T_4 = T_5 + T_{pumpe} = T_5 + \frac{P_p}{2\pi n_4} = T_5 + \frac{P_p}{n_{gl} \cdot i_{5-6} \cdot 2\pi}$$

$$T_4 = 23\,104\,613 + \frac{13,5 \cdot 10^6}{0,1671 \cdot 4,6 \cdot 2\pi} = 23\,104\,613 + 2\,795\,243$$

$$T_4 = 25\,899\,856 \text{ Nmm}$$

## 2.4. Sile na zupčanicu 5

$$F_{t5} = \frac{2T_5}{d_5} = \frac{2 \cdot 23\,104\,613}{405,446} = 113\,971,3 \text{ N}$$

$$F_{r5} = F_{t5} \operatorname{tg} \alpha = 113\,971,3 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 41\,482,1 \text{ N}$$

$$F_{a5} = 0$$

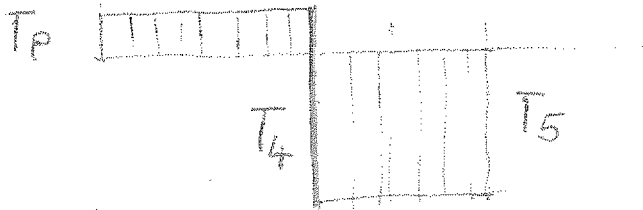
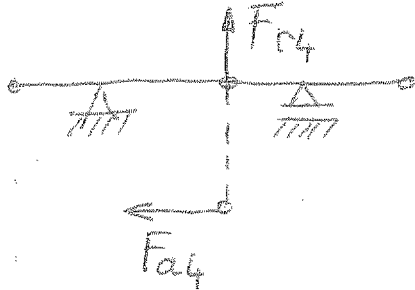
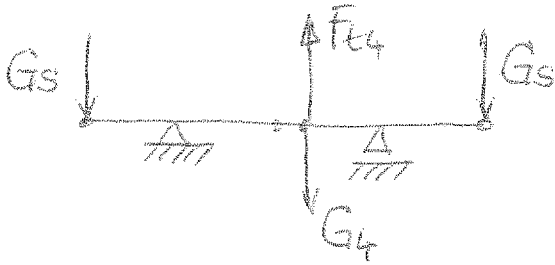
## 2.5. Sile na zupčanicu 4:

$$F_{t4} = \frac{2T_4}{d_4} = \frac{2 \cdot 25\,899\,856}{1001,756} = 51\,708,9 \text{ N}$$

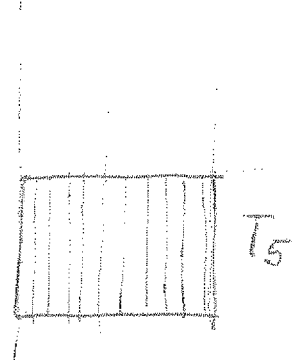
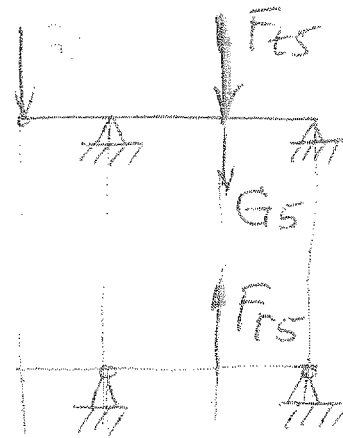
$$F_{r4} = F_{t4} \operatorname{tg} \alpha_n / \cos \beta_4 = \frac{51\,708,9 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 14^\circ} = 19\,396,6 \text{ N}$$

$$F_{a4} = F_{t4} \operatorname{tg} \beta_4 = 51\,702,9 \cdot \operatorname{tg} 14^\circ = 12\,892,4 \text{ N}$$

## 26. Vratilo 7

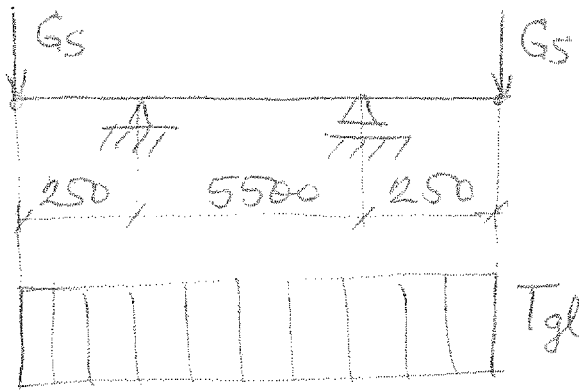


## Vratilo 8



## 3. VRATILO 9.

## 3.1. Shema opterećenja



## 3.2. Moment uvijanja

$$T_t = T_{gl} = 10^8 \text{ Nmm}$$

## Moment savijanja

$$M_s = G_s \cdot 250 = 2000 \cdot 250$$

$$M_s = 500\,000 \text{ Nmm}$$

## 3.3. Polarni otporni moment presjeka vratila

$$W_0 = \frac{\pi d_0^3}{16} = \frac{\pi \cdot 130^3}{16} = 431\,379,9 \text{ mm}^3$$

## 3.4. Maksimalni tangencijalni napon u vratilu

$$\tau_t = \frac{T_t}{W_0} = \frac{10^8}{431\,379,9} = 231,8 \text{ N/mm}^2$$



④

3.5. Najvećavna karakteristična materijala vratila od čelika Č.0545 je  $T_D(0) = 170 \dots 240$  N/mm<sup>2</sup> pri se gladalo okreće samo u jednom smjeru prilikom rada.

3.6. Stepenu sigurnosti.

$$S = \frac{T_D(0) \cdot \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \epsilon_3}{\beta_k \cdot T_t} = \frac{170 \dots 240}{231,8} = 0,73 \dots 1,03$$

što je nedovoljno.

4. ZUPČASTI PAR 5-6

4.1. Ugao dodirnice

$$\cos \alpha_{wt} = \frac{m(z_5 + z_6)}{2a} \cos \alpha_n = \frac{16(25 + 115)}{2 \cdot 1135,25} \cos 20^\circ = 0,92706$$

$$\alpha_{wt} = 22,01747^\circ$$

4.2. Zbir faktora pomjeranja profila je

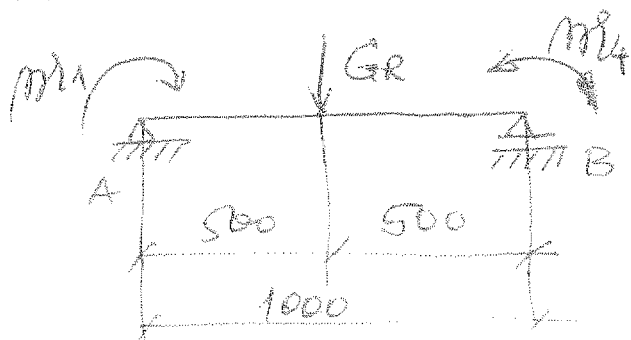
$$x_5 + x_6 = (\text{inv} \alpha_{wt} - \text{inv} \alpha_n) \frac{z_5 + z_6}{2 \cdot \text{tg} \alpha_n}$$

$$x_5 + x_6 = (0,020102 - 0,014904) \frac{25 + 115}{2 \cdot \text{tg} 20^\circ} = 0,9998 \sim 1,0$$

$$\text{inv} \alpha_{wt} = \text{tg} \alpha_{wt} - \alpha_{wt} = \text{tg} 22,01747^\circ - \frac{22,01747 \pi}{180^\circ}$$

$$\text{inv} \alpha_{wt} = 0,40438 - 0,38427 = 0,020102$$

5. REAKCIJE OSLOŃACA REDUKTORA



$$M_A = T_{ul} = \frac{P_{EM}}{\omega_{EM}} = \frac{130,72 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 24,119}$$

$$M_A = 862,586 \text{ Nm}$$

(5)

$$\Sigma M_A = 0.$$

$$M_1 + \frac{GR \cdot l}{2} - F_B \cdot l + M_4 = 0$$

$$F_B = \frac{M_1 + GR \cdot l / 2 + M_4}{l} = \frac{862,586 + 26000 \cdot 1/2 + 25899,856}{1}$$

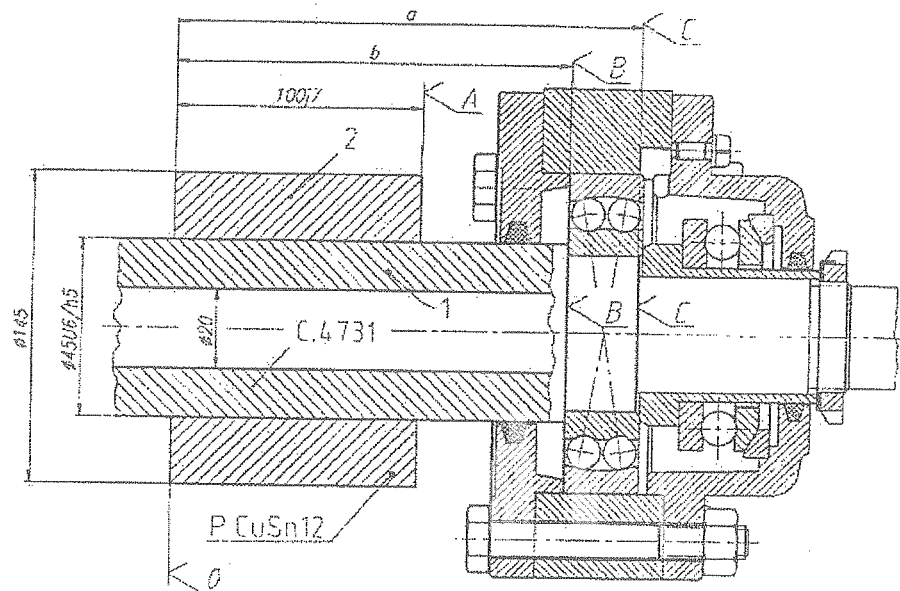
$$F_B = ~~12037,27~~ N \quad (41762,442 N)$$

$$\Sigma M_B = 0 \quad M_1 + F_A \cdot l - \frac{GR \cdot l}{2} - M_4 = 0$$

$$F_A = \frac{-M_4 - M_1 + \frac{GR}{2} \cdot l}{l} = \frac{-25899,856 - 862,586 + \frac{26000}{2}}{1}$$

$$F_A = ~~38037,27~~ N \quad (-13762,442 N)$$

### ISPITNI ZADATAK

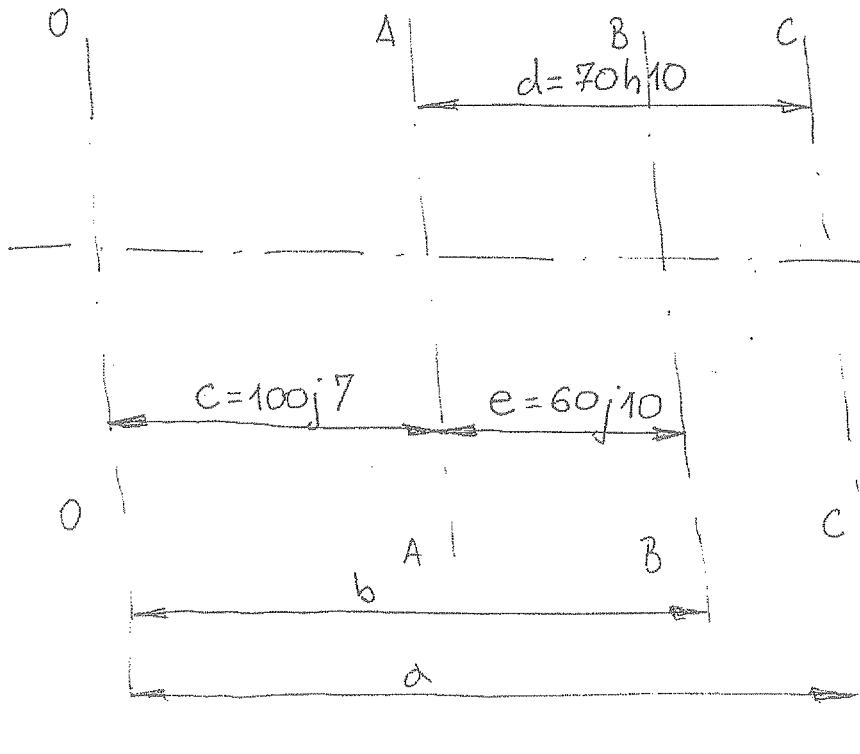


Za sklop prikazan na slici potrebno je odrediti:

- Granična odstupanja koja treba propisati dužinskim mjerama  $a$  i  $b$  da bi rastojanje ravni A (čelona površina prstena) od ravni C iznosilo  $70h_{10}$ , a rastojanje ravni B od ravni A  $60j_{s10}$ , potrebne mjere su prikazane na datom crtežu.
- Prečnik vratila konstantnog kružnog poprečnog presjeka ( $d_A$ ) koje je napregnuto samo na uvijanje sa stepenom sigurnosti  $S_A=2.5$  za materijal Č.1331. Pri rekonstrukciji sklopa ovo vratilo je zamijenjeno šupljim vratilom dimenzija, kao na slici, i napravljeno od Č.4731 i stepenom sigurnosti  $S_B=3$ . Ovom rekonstrukcijom je obrtni moment povećan za 50%.
- Dimenzionisati radijalni ležaj ( $d=40\text{mm}$ ) sa slike opterećenog radijalnom silom od 5 kN i koji se okreće sa  $n=16\text{ s}^{-1}$  u toku 10000 h.

Izrada:

a) Prema uslovu zadatka:



$$d = 70 \angle 10^\circ = 70 \angle 0,175$$

$$c = 100 \angle 7^\circ = 100 \angle 0,122$$

$$e = 60 \angle 10^\circ = 60 \angle 0,175$$

Granične mjere kote „b” iznos: „ $b = c + e$ ”

$$b_g = c_g + e_g = 100 \angle 0,122 + 60 \angle 0,175 = 160 \angle 0,145$$

$$b_d = c_d + e_d = 100 \angle 0,122 + 60 \angle 0,175 = 160 \angle 0,140$$

$$b = 160 \angle 0,145$$

Granične mjere kote „d” iznos: „ $a = d + c$ ”

$$a_g = d_g + c_g = 70 \angle 0,175 + 100 \angle 0,122 = 170 \angle 0,15$$

$$a_d = d_d + c_d = 70 \angle 0,175 + 100 \angle 0,122 = 170 \angle 0,15$$

$$a = 170 \angle 0,15$$

b) Procenty vratite da:

2

$$T_B = 1,5 \cdot T_A \text{ (povećen moment 50\%)}$$

$$\tau_A = \frac{T_A}{W_A} \leq \tau_{Adop} = \frac{\tau_{D(0)A}}{S_A} = \frac{220}{2,5} = 88 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{D(0)A} = 200 \div 240 \text{ N/mm}^2 \text{ za } \bar{c}.1331$$

$$T_A = \tau_{Adop} \cdot W_A = \tau_{Adop} \cdot \frac{d_A^3 \pi}{16}$$

$$\tau_B = \frac{T_B}{W_B} \leq \tau_{Bdop} = \frac{\tau_{D(0)B}}{S_B} = \frac{390}{3} = 130 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{D(0)B} = 280 \div 500 \text{ N/mm}^2 \text{ za } \bar{c}.4731; \text{ usv, } \tau_{D(0)B} = 390 \text{ N/mm}^2$$

$$T_B = \tau_{Bdop} \cdot W_B = \tau_{Bdop} \cdot \frac{d_B^2 \pi}{16} (1 - \psi^4)$$

$$\psi = \frac{d_0}{d_B} = \frac{20}{45} = 0,44$$

Jz odnose  $T_B/T_A = 1,5 \Rightarrow$

$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{\tau_{Bdop} \cdot \frac{d_B^3 \pi}{16} (1 - \psi^4)}{\tau_{Adop} \cdot \frac{d_A^3 \pi}{16}} \Rightarrow d_A = \sqrt[3]{\frac{\tau_{Bdop} \cdot d_B^3 (1 - \psi^4) \cdot T_A}{\tau_{Adop} \cdot T_B}}$$

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{130 \cdot 45^3 (1 - 0,44^4)}{88} \cdot \frac{1}{1,5}} = 44,2 \text{ mm}$$

usv.  $d_A = 44,2 \cdot 1,1 = 48,6 \Rightarrow \underline{d_A = 50 \text{ mm}}$

c) Izbor ležaja se slika, tip (BS) se urši: prema tabeli:

$\phi_{ko}$	1208	1308	2208	2308
Ležaj				
$C_{1,kN}$	19,3	27,5	56	96,5
$C_{0,kN}$	8,8	12,9	41,5	85
$F_a/c_0$	0	0	0	0
$e$	0,22	0,26	0,31	0,43
$F_a/F_r$	0	0	0	0
$X$	1	1	1	1
$Y$	2,9	2,35	2,05	1,5
$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$	5	5	5	5
$C_H$	2,3	3,3	6,72	11,56

Prema tabeli  
 $F_r = 5 kN$   
 $F_a = 0 kN$   
 $n = 16 n^{-1}$   
 $t = 10 000 h$   
 $\phi_{ko}$

$$C_{10} = C \cdot \sqrt[3]{\frac{N_0}{n \cdot t}} = C \cdot \sqrt[3]{\frac{10^6}{576 \cdot 10^6}} = 0,12 \cdot C$$

$$n \cdot t = 3600 \cdot m \cdot t = 3600 \cdot 16 \cdot 10 000 = 576 \cdot 10^6$$

Usvaja se ležaj tip: 2208.

1. Kretajući nosača alata N mašine ka viradu rupčanic ostvaruje se pomoću ~~navitke~~ navitke N i dva vretena I i II, koji dobijaju pogon od elektromotora EM snagom  $P_m = 0,16 \text{ kW}$ , pri broju okretaja  $n_m = 416,2 \text{ min}^{-1} = 11,9 \text{ s}^{-1}$  preko prvastog para 1-2 i rupčastih parova 3-4 i 5-6-7.

2. Proračunom treba odrediti:

a) momente inercije i vučne sile u vretenima kao i broj okretaja nosača alata, pod pretpostavkom da su vučne sile jednake,

b) nacrtati sheme svih aktivnih sila i dijagrame momenta inercije i aktivnih sila vretena ka pravouglanom položaju navitke N i norma sile njezinih okretaja. Aktivne sile se primaju na osloncu A. Vezna navitke sa nosačem alata je kuglobna,

c) za navedeni stepen sigurnosti  $S_H = 1,5$  projektovati vijet prvastog para ako je puž od kaljenog i brušenog željeza, a pužni točak od  $\text{C. Cu Sn 14}$ , te osnovne geometrijske mjere prvastog para.

d) nacrtati dijagrame tolerancijskih polja i tolerancije valjanja ka sklop glavčine i vratila  $\phi 20 \text{ H7/m6}$ .

3. Zadani su slijedeći podaci:

a) za pužni par 1-2

$$\alpha_1 = 1, m_{1-2} = 2,5 \text{ mm}, a_{1-2} = 52,5 \text{ mm}, d_1 = 30 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 0, \rho_{\text{puža}} = 2^\circ 30', K_H = 1, K_V = 1, K_{H\alpha} = K_{H\beta} = 1,$$

$$b_2 = 24 \text{ mm},$$

b) za navojna vretena I i II

$$T_F 30 \times 6 \text{ (dvostruki)}, \mu_V = 0,155$$

c) za rupčanike 3-4

$$\eta_{3-4} = 0,95, i_{3-4} = 2$$

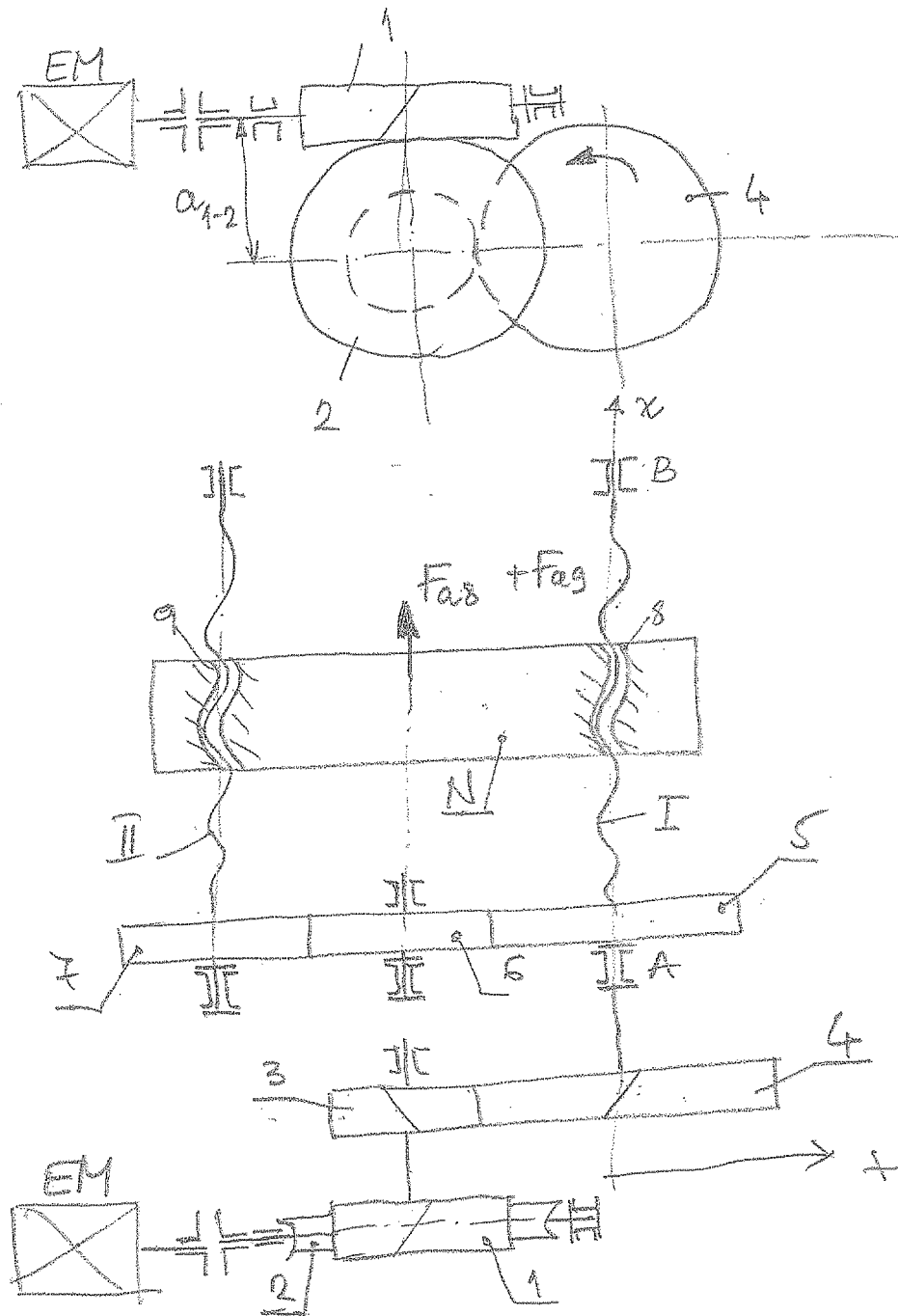
Integral.  
+b+c+d

[parc.  
b+c

d) na reypčankhe 5-6-7

(2)

$\eta_{5-6} = \eta_{6-7} = 1, \quad r_{z5} = r_{z6} = r_{z7}, \quad \beta_5 = 0$





3

IZRAĐA

1. OBRTNI MOMENTI VRETENA

1.1. Obrtni moment motora odnosno puha iznosi

$$T_m = T_1 = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{P_m}{2\pi n_m} = \frac{0,16 \cdot 1000}{2\pi \cdot 11,93} = 2,13 \text{ Nm}$$

1.2. Obrtni moment vretena iz uslova jednakosti vučnih sila u oba vretena je

$$T_V = \frac{T_4}{2} = T_1 \cdot \eta_{1-2} \eta_{3-4} \cdot i_{1-2} i_{3-4} / 2 =$$

$$= \frac{2,13 \cdot 0,655 \cdot 0,95 \cdot 30 \cdot 2}{2} = 39,76 \text{ Nm},$$

po čemu je stepen iskoristivosti para 1-2 dat sa

$$1.3. \eta_{1-2} = \frac{\operatorname{tg} \gamma_m}{\operatorname{tg}(\gamma_m + \rho)} = \frac{\operatorname{tg} 4,7636}{\operatorname{tg}(4,7636 + 2,5)} = \frac{0,08333}{0,12751} = 0,655$$

a prenosni odnos puvnog para 1-2 s obrtom da je <sup>puvni par</sup> bez pomjeranja profila  $d_1 = d_m$  pa je puvni broj

$$1.4. i_{1-2} = \frac{d_1}{m_{1-2}} = \frac{30}{2,5} = 12$$

a ugao zavojnice puha na podionom cilindru je određen prema

$$1.5. \operatorname{tg} \gamma_m = \frac{r_2}{l} = \frac{1}{12} = 0,08333 \rightarrow \gamma_m = 4,7636^\circ$$

$$\gamma_m = 4^\circ 45' 49''$$

pa je

$$1.6. i_{1-2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{30}{1} = 30$$

po čemu je broj kubara puvnog točka određen sa

$$1.7. z_2 = \frac{d_2}{m_{1-2}} = \frac{75}{2,5} = 30$$

na osnovu prečnika podionog kruga puvnog

4) Zupčanika odredeno je na osnovu snage razvijene

1.8.  $d_2 = 2a_{1-2} - d_1 = 2 \cdot 52,5 - 30 = 75 \text{ mm}$

1.9. Broj obrtaja vretena

$$n_v = \frac{n_m}{z_{1-2} \cdot z_{3-4}} = \frac{11,93}{30 \cdot 2} = 0,198 \text{ s}^{-1}$$

1.10. Brzina hretanja nosača alata sa jednom vretena  $L = n \cdot P = 2 \cdot 6 = 12 \text{ mm}$

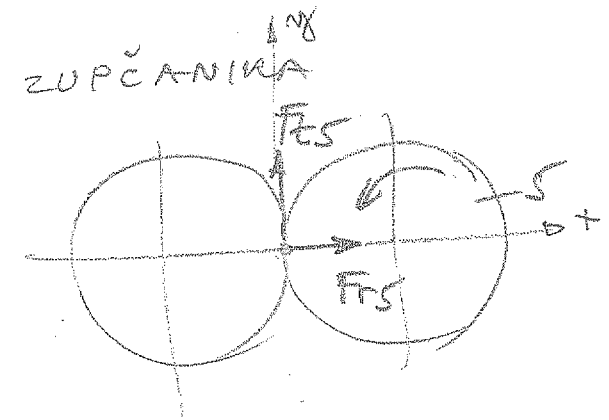
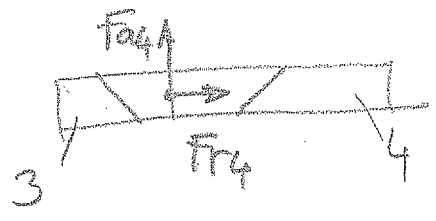
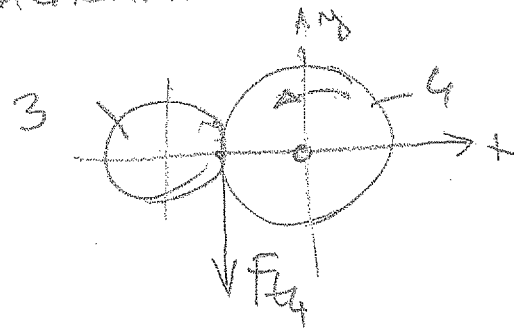
$$v = n_v \cdot L = n_v \cdot n \cdot P = 0,198 \cdot 2 \cdot 6 = 2,376 \text{ mm/s}$$

1.11. Iz izvora na moment uvijanja vretena odreduje se vučna sila

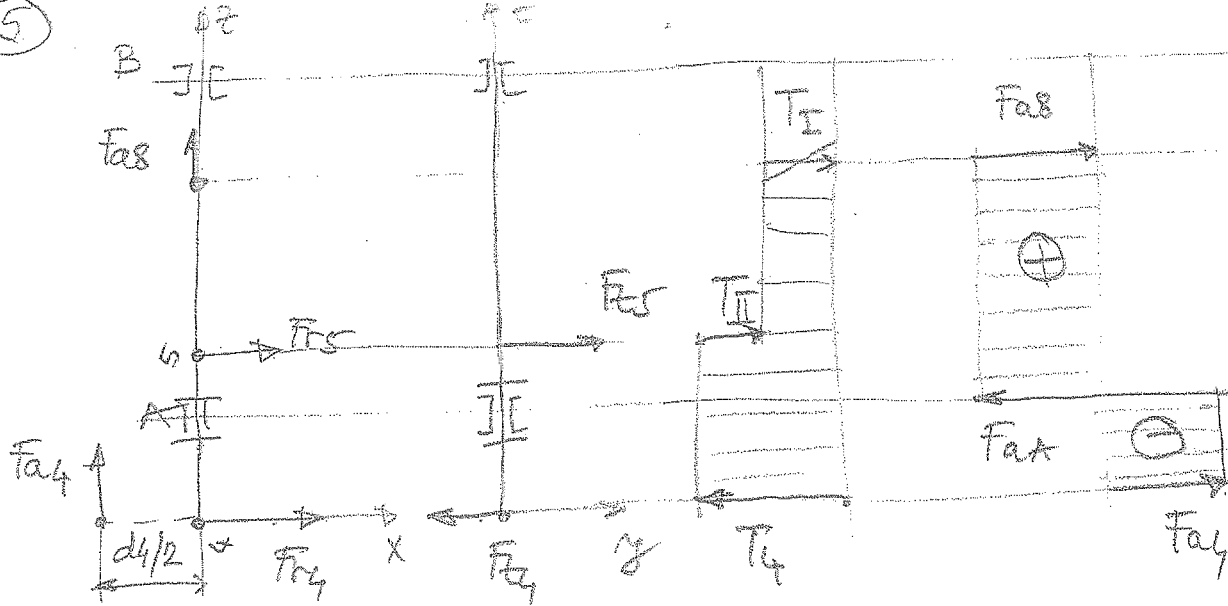
$$T_v = F \frac{d_2}{2} \tan(\varphi + \rho_v)$$

$$F = \frac{T_v}{\frac{d_2}{2} \tan(\varphi + \rho_v)} = \frac{39,76 \cdot 10^3}{\frac{27}{2} (\tan 8,06^\circ + 0,155)} = 9926 \text{ N}$$

2. DIAGRAMI OPTEREĆENJA



5



### 3. PUŽNI PAR

3.1. Obrtni moment na prvom stupeniku iznosi

$$T_2 = T_1 \eta_{1-2} i_{1-2} = 2,13 \cdot 0,655 \cdot 30 = 41,85 \text{ Nm}$$

3.2. Faktor materijala  $Z_E = 150 \text{ (N/mm}^2\text{)}^{1/2}$ , a  $Z_\beta = 2,58$

$$\alpha_a \frac{d_{a1}}{a} = \frac{30}{52,5} = 0,57$$

3.3. Napon je

$$\sigma_H = Z_E Z_\beta \sqrt{T_2 K_H / a_{1-2}^3} = 150 \cdot 2,58 \sqrt{\frac{41,85 \cdot 10^3 \cdot 1}{52,5^3}} =$$

$$\sigma_H = 208,12 \text{ N/mm}^2$$

3.4. Sa stepenom sigurnosti  $S_H = 1,5$  je izdržljivost za radne uslove

$$[\sigma_{HN}]_M = S_H \sigma_H = 1,5 \cdot 208,12 = 312,18 \text{ N/mm}^2$$

3.5. Odavde je faktor izdržljivosti  $Z_L$

$$Z_L = \frac{[\sigma_{HN}]_M}{Z_n \sigma_{Hlim}} = \frac{312,18}{0,841 \cdot 370} = 1,003$$

$$\text{gde je } Z_n = \left[ \frac{1}{7,5 n_2 + 1} \right]^{1/8} = \left[ \frac{1}{7,5 \cdot 0,39 + 1} \right]^{1/8} = 0,841$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{1-2}} = \frac{11,93}{30} = 0,3976$$

5) što daje  $t = 25490$  čerova rada za  $Z_h = 1,003$ .

$$t = Z_h^6 \cdot 25000 = 1,003^6 \cdot 25000 = 25490 \text{ čerova rada.}$$

3.6. Osnovne geometrijske mjere parnog para

$$d_1 = 30 \text{ mm}$$

$$d_2 = 75 \text{ mm}$$

$$b_1 = 2,5 \text{ m} \sqrt{Z_2 + 1} = 2,5 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{30 + 1} = 34,79 \text{ mm}, b_1 = 35 \text{ mm}$$

$$b_2 = 24 \text{ mm}$$

$$da_1 = d_{m1} + 2m = 30 + 2 \cdot 2,5 = 35 \text{ mm}$$

$$df_1 = d_{m1} - 2m(1 + c_1) = 30 - 2 \cdot 2,5(1 + 0,2) = 24 \text{ mm}$$

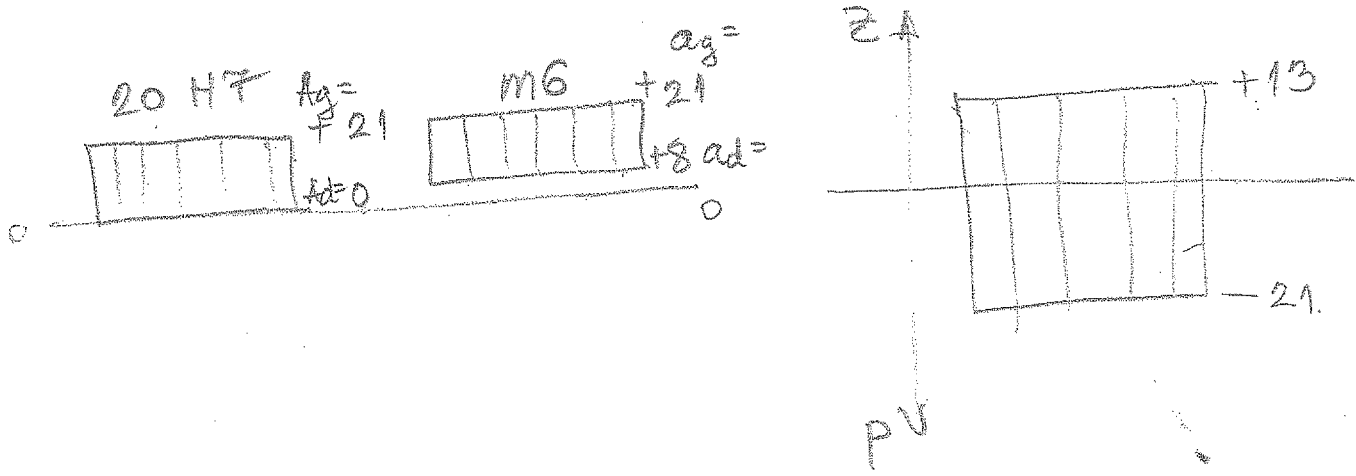
$$da_2 = d_2 + 2m(1 + x) = 75 + 2 \cdot 2,5(1 + 0) = 80 \text{ mm}$$

$$df_2 = d_2 - 2m(1 + c_2 - x) = 75 - 2 \cdot 2,5(1 + 0,2 - 0) = 69 \text{ mm}$$

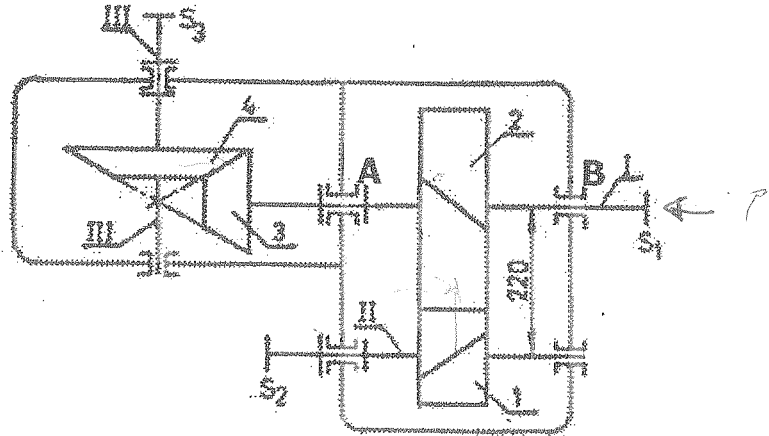
$$da_2 = da_2 + m = 80 + 2,5 = 82,5 \text{ mm.}$$

$$B_1 = b_2 + (0,8 \dots 1,2)m = 24 + 1m = 24 + 2,5 = 26,5 \text{ mm.}$$

4. Toleranciji naliježujući  $\phi 20 \text{ H7/m6}$



### ISPITNI ZADATAK



Za dati prenosnik potrebna snaga se dovodi preko ulazne spojnice  $S_1$  spojene sa vratilom elektromotora čija učestalost obrtanja iznosi  $715 \text{ min}^{-1}$ , a izlazna spojnica  $S_2$  predaje radnoj mašini snagu  $80 \text{ kW}$ , dok se istovremeno na izlaznoj spojnici  $S_3$  savlađuje otpor druge radne mašine  $1500 \text{ Nm}$ . Obe radne mašine rade ravnomjerno.

Potrebno je:

1. Odrediti potrebnu snagu elektromotora, broj obrtaja spojnice  $S_2$  i  $S_3$ , obrtni moment na spojnici  $S_2$
2. Nacrtať shemu opterećenja vratila I, te dijagrame momenata uvijanja vratila i aksijalnih sila.
3. Odrediti stepen sprezanja zupčanika 1-2.
4. Provjertiti radni vijek kotrljajnog aksijalnog ležaja u osloncu A na vratilu III, tip 51209.

Zadati su podaci:  $Z_1=19$ ,  $Z_2=52$ ,  $Z_3=23$ ,  $Z_4=58$ ,  $m_{n1-2}=6 \text{ mm}$ ,  $m_{3-4}=5 \text{ mm}$ ,  $\alpha_n=20^\circ$ ,  $X_1=X_2=0$ ,  $\eta_{1-2}=0.98$ ,  $\eta_{3-4}=0.97$ ,  $b_{1-2}=70 \text{ mm}$ ,  $b_{3-4}=40 \text{ mm}$

Izrada:

1) Snaga EM na spojnicu S1:

$$P_{EM} = P_{S1} = \frac{P_{S2}}{\eta_{1-2}} + \frac{P_{S3}}{\eta_{3-4}} = \frac{80}{0,98} + \frac{40,035}{0,97} = 122,906 \text{ kW.}$$

Prenosni odnosi:

$$i_{1-2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{19}{52} = 0,3653 \text{ — Greška}$$

$$i_{3-4} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{58}{23} = 2,5217$$

$$T_{S1} = \frac{P_{S1}}{\omega_{S1}} = \frac{122,906 \cdot 10^3}{74,7} = 1645,33 \text{ Nm}$$

Brojevi obrtaja:

$$n_{S1} = 715 \text{ min}^{-1} = 11,9 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega_{S1} = 2\pi n_{S1} = 74,7 = 1706,8$$

$$n_{S2} = \frac{n_{S1}}{i_{1-2}} = \frac{715}{0,3653} = 1956,8 \text{ min}^{-1} = 32,614 \text{ s}^{-1}$$

$$n_{S3} = \frac{n_{S1}}{i_{3-4}} = \frac{715}{2,5217} = 283,53 \text{ min}^{-1} = 4,726 \text{ s}^{-1}$$

$$T_{S1} = T_{S2} + T_{S3}$$

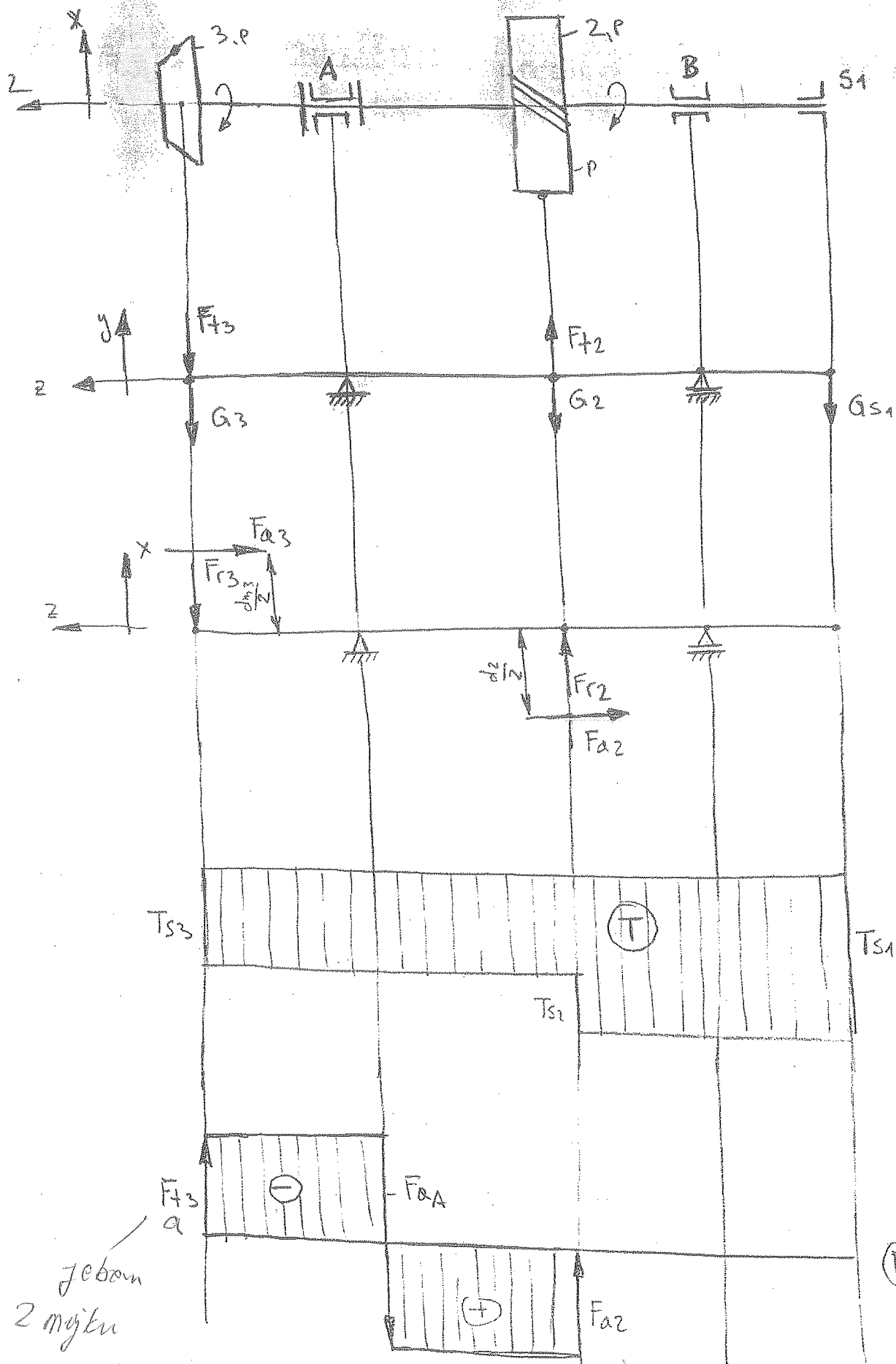
Obrtni moment na spojnicu S2:

$$T_{S1} = 2920 + 1500$$

$$T_{S2} = \frac{P_{S2}}{\omega_{S2}} = \frac{80000}{2\pi \cdot 32,614} = 390,397 \text{ Nm.}$$

Snaga na spojnicu S3:

$$P_{S3} = T_{S3} \cdot \omega_{S3} = T_{S3} \cdot 2\pi n_{S3} = 1500 \cdot 2\pi \cdot 4,726 = 44518,9 \text{ W.}$$



Joban  
2 myku

(T)

(T<sub>a</sub>)

(g)

3) Stepen spreženja:

3

$$\beta_{1-2} = \arccos \frac{m_{n1-2}(z_1+z_2)}{2 \cdot a_{1-2}} = \arccos \frac{6(19+52)}{2 \cdot 220} = 14,49^\circ$$

$$m_{t1-2} = \frac{m_{n1-2}}{\cos \beta_{1-2}} = \frac{6}{\cos 14,49} = 6,1972 \text{ mm.}$$

Uzgo magične profila:

$$d_{t1-2} = \arctg \frac{\text{tg} \alpha_n}{\cos \beta_{1-2}} = \arctg \frac{\text{tg} 20^\circ}{\cos 14,49} = 20,60^\circ$$

$d_{t1-2} = d_{w1-2}$  jer je  $X_1 = X_2 = 0$  pa je  $d_w = d$ .

$$d_{w1} = d_{w1} = m \cdot z_1 = 6,1972 \cdot 19 = 117,747 \text{ mm.}$$

$$d_{w2} = d_{w2} = m \cdot z_2 = 6,1972 \cdot 52 = 322,254 \text{ mm.}$$

- Prečnici osnovnih kružnica:

$$d_{b1} = d_{w1} \cdot \cos d_{t1-2} = 117,747 \cdot \cos 20,6 = 110,2182 \text{ mm.}$$

$$d_{b2} = d_{w2} \cdot \cos d_{t1-2} = 322,254 \cdot \cos 20,6 = 301,6489 \text{ mm.}$$

- Prečnici podnožnih kružnica

$$d_{f1} = d_{w1} - 2 \cdot c \cdot m = 117,747 - 2 \cdot 0,2 \cdot 6 = 103,347 \text{ mm.}$$

$$d_{f2} = d_{w2} - 2 \cdot c \cdot m = 322,254 - 2 \cdot 0,2 \cdot 6 = 307,854 \text{ mm.}$$

- Prečnici tjemenuh kružnica:

$$d_{a1} = 2a_{1-2} - d_{f2} - 2 \cdot c \cdot m = 2 \cdot 220 - 307,9 - 2 \cdot 0,2 \cdot 6 = 129,7 \text{ mm}$$

$$d_{a2} = 2a_{1-2} - d_{f1} - 2 \cdot c \cdot m = 2 \cdot 220 - 103,3 - 2 \cdot 0,2 \cdot 6 = 334,3 \text{ mm}$$

- Dužina aktivnog dijela dodirnice:

$$g_{d1-2} = \sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_{1-2} \cdot \sin d_{t1-2}$$

$$\sqrt{64,85^2 - 55,11^2} + \sqrt{169,15^2 - 150,82^2} - 220 \cdot \sin 20,6 = 28,84 \text{ mm.}$$



Podioni korak:  $P_{1-2} = m_{1-2} \cdot \pi = 6,1972 \cdot \pi = 19,470 \text{ mm}$

Osnovni korak:  $P_{bt1-2} = P_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2} = 19,470 \cdot \cos 20,6 = 18,22 \text{ mm}$

Stepen sprezanje profila:

$$\epsilon_d = \frac{g_d}{P_{bt1-2}} = \frac{28,84}{18,22} = 1,583$$

Stepen sprezanje bočnih linija:

$$\epsilon_{\beta 1-2} = \frac{b_{1-2} \cdot \tan \beta_{1-1}}{P_{bt1-2}} = \frac{70 \cdot \tan 14,49^\circ}{18,22} = 0,9928$$

Stepen sprezanje bokove:

$$\epsilon_{1-2} = \epsilon_{d1-2} + \epsilon_{\beta 1-2} = 1,583 + 0,9928 = 2,5758$$

4) Aksijalni ležaj u osloncu „A“

Ukupna aksijalna sila u osloncu „A“ iznosi:

$$F_{AA} = F_{a3} + F_{a2} = 1641 + 1479 = \underline{3390 \text{ N}}$$

gdje je:

$$F_{a3} = F_{t3} \cdot \tan \alpha_{3-4} \cdot \sin \delta_3 = 12234 \cdot \tan 20^\circ \cdot \sin 21,631^\circ = 1641 \text{ N}$$

$$\tan \delta_3 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{23}{58} = 0,39655; \quad \delta_3 = 21,631^\circ$$

$$F_{t3} = \frac{T_3}{\frac{d_{m3}}{2}} = \frac{613,22 \cdot 10^3}{\frac{100,25}{2}} = 12234 \text{ N}$$

$$d_{m3} = d_{e3} - b \cdot \sin \delta_3 = 115 - 40 \cdot \sin 21,631^\circ = 100,25 \text{ mm}$$

$$d_{e3} = m \cdot z_3 = 5 \cdot 23 = 115 \text{ mm}$$

$$T_3 = T_{3-4} / i_{3-4} \cdot \eta_{3-4} = \frac{1500}{2,5217 \cdot 0,997} = 613,22 \text{ Nm}$$

$$F_{a2} = F_{t2} \cdot \tan \beta_{1-2} = 6766,5 \cdot \tan 14,49^\circ = \underline{1749 \text{ N}}$$

$$F_{t2} = \frac{T_2}{\frac{d_2}{2}} = \frac{1090,26 \cdot 10^3}{\frac{322,254}{2}} = 6766,5 \text{ N}$$

$$T_2 = \frac{T_{s2}}{i_{1-2} \cdot \eta_{1-2}} = \frac{390,396}{0,36538 \cdot 0,98} = 1090,26 \text{ Nm}$$

Radni vijek ležaje tip 51209 iznosi:

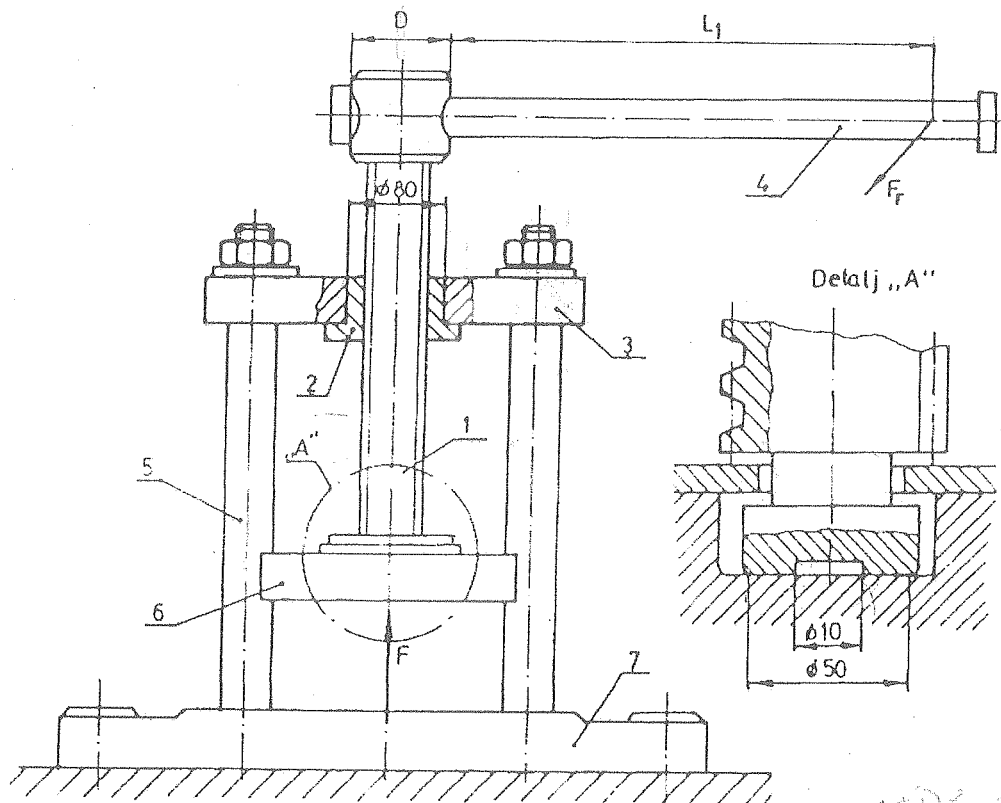
$$H = \left( \frac{C}{F_a} \right)^d \cdot H_0 = \left( \frac{32,5}{3,39} \right)^3 \cdot 10^6 = 881,1523 \cdot 10^6$$

$C = 32,5 \text{ kN}$  - din. nos. moć mostenja

$$t = \frac{H}{n_T} = \frac{881,1523 \cdot 10^6}{11,9} = 74,05 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1} = 20568,5 \text{ [h]}$$

(17)

ISPITNI ZADATAK  
-prvi parcijalni-



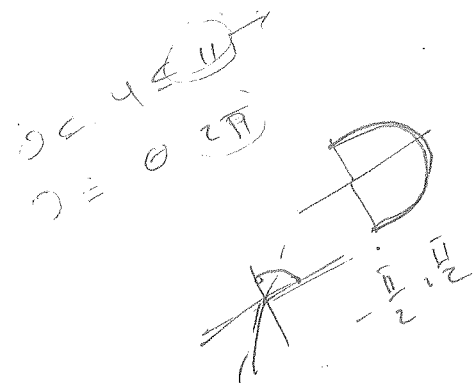
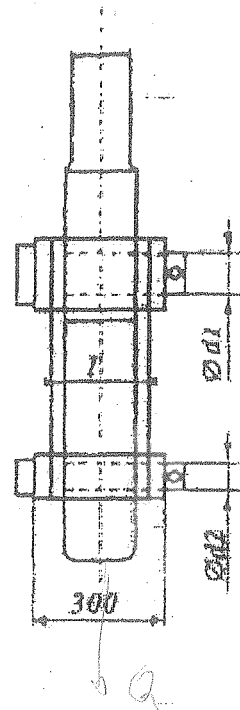
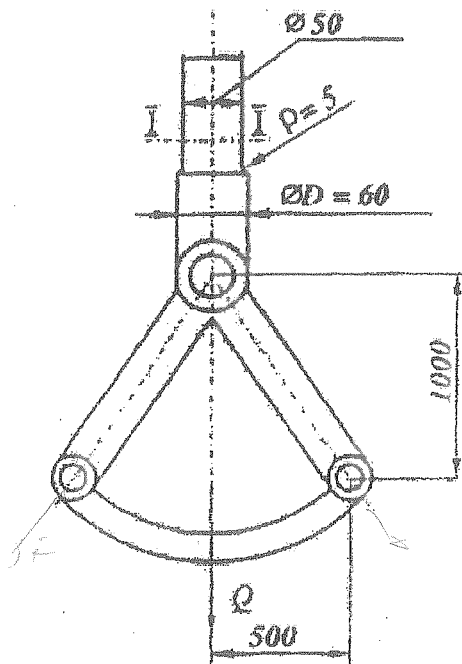
1. Odrediti silu presovanja koja se može ostvariti ručnom presom sa navojnim vretenom (Tr 60x9 jednostruki) ako se na kraju ručice djeluje silom  $F_r=600$  N, stepen iskorištenja prese u trenutku presovanja, kao i potreban broj obrtaja vretena da bi se ostvarilo aksijalno pomjeranje vretena za 180 mm, koeficijent trenja navojnog para  $\mu_1=0.16$ , a koeficijent trenja na dodirnoj površini oslanjanja vretena  $\mu_2=0.15$ . Zanemariti trenje između vođica (5) i klizača (6).
2. Nacrtati dijagrame napadnog opterećenja vretena i provjeriti čvrstoću vretena iznad i ispod navrtke (2).
3. Odrediti nalijeganje i grafički prikazati tolerancijska polja i dijagram tolerancije nalijeganja za vezu navrtke (2) i traverze (3) ostvarene u sistemu zajedničke unutrašnje mjere na standardnoj temperaturi. Kvalitet tolerancije spoljne i unutrašnje mjere je 8, a donje nazivno odstupanje spoljne mjere je  $a_d=+146$   $\mu$ m.

Zadati su sljedeći podaci: materijal vretena Č.0545,  $D=80$ mm,  $L_1=1160$ mm, materijal navrtke P.Cu.Sn12.

**ISPITNI ZADATAK**  
 -prvi parcijalni-

Pomoću kuke dizalice prikazane na slici podiže se teret od  $Q=60\text{kN}$ .  
 Potrebno je odrediti:

- Prečnik osovinice  $d_1, d_2$  ako je  $\sigma_{\text{doz}}=60\text{ MPa}$ .
- Kolika mora biti dužina  $l$  da bi osovinice izdržale naprezanje na površinski pritisak  $p_{\text{doz}}=15\text{ Mpa}$ ?
- Dinamički stepen sigurnosti u presjeku I-I, ako je naprezanje čisto jednosmjerno promjenljivo. Materijal kuke je Č.0645, a površine kuke su grubo obrađene.



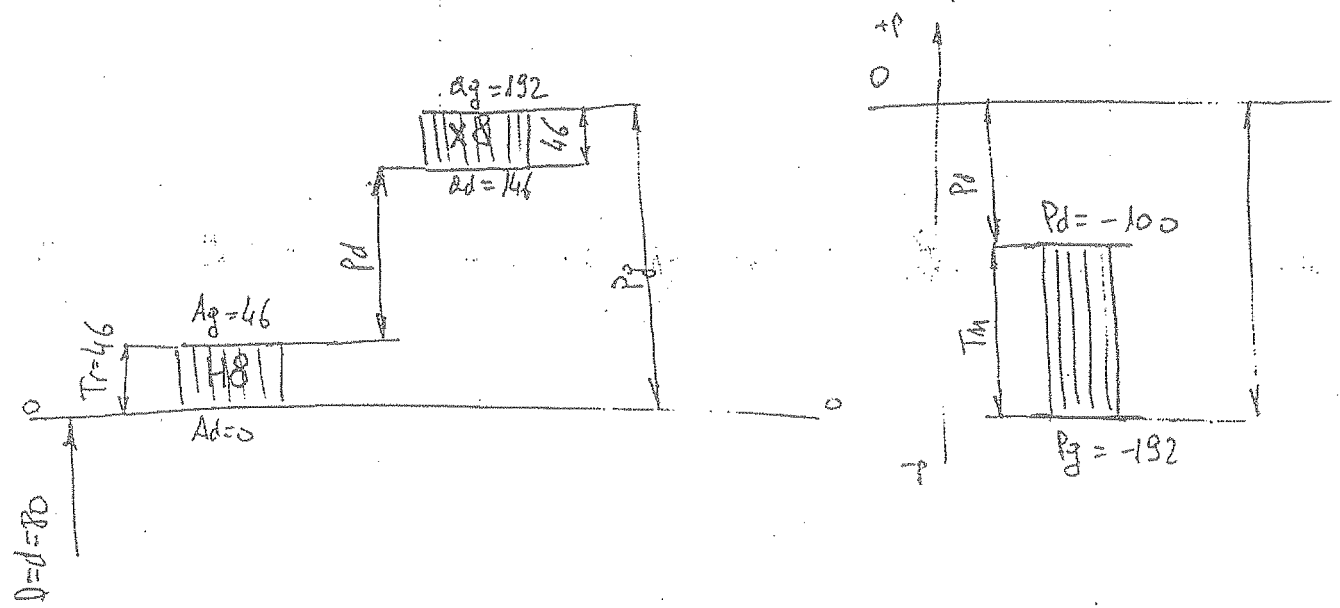
za  $D=80\text{ mm}$  i sistem zajedničke unutrašnje mjere - dyd  
 polje H i kvalitet tolerancije IT8 (zadato zadatkom)  $a_d = +146\text{ }\mu\text{m}$

01.02.0  
 Gjat

To je tolerancija unutrašnje mjere (rupe)  $\phi 80\text{ H8}$  sa  $T_r = 46\text{ }\mu\text{m}$ .

za spolnu mjeru je kvalitet tolerancije IT8 i  $d=80\text{ mm}$  to je tolerancija osovine  $t_o = 46\text{ }\mu\text{m}$ .

Gornje nominalno odstupanje rupe:  $a_g = a_d + t_o = 146 + 46 = 192\text{ }\mu\text{m}$  čemu odgovara tolerancijsko polje X, to se dobija nalyzajući  $\phi 80\text{ H8/x8}$ .



Najveći preklap:  $P_j = D_d - d_g = A_d - a_g = 0 - 192 = -192\text{ }\mu\text{m} = -0,192\text{ mm}$ .

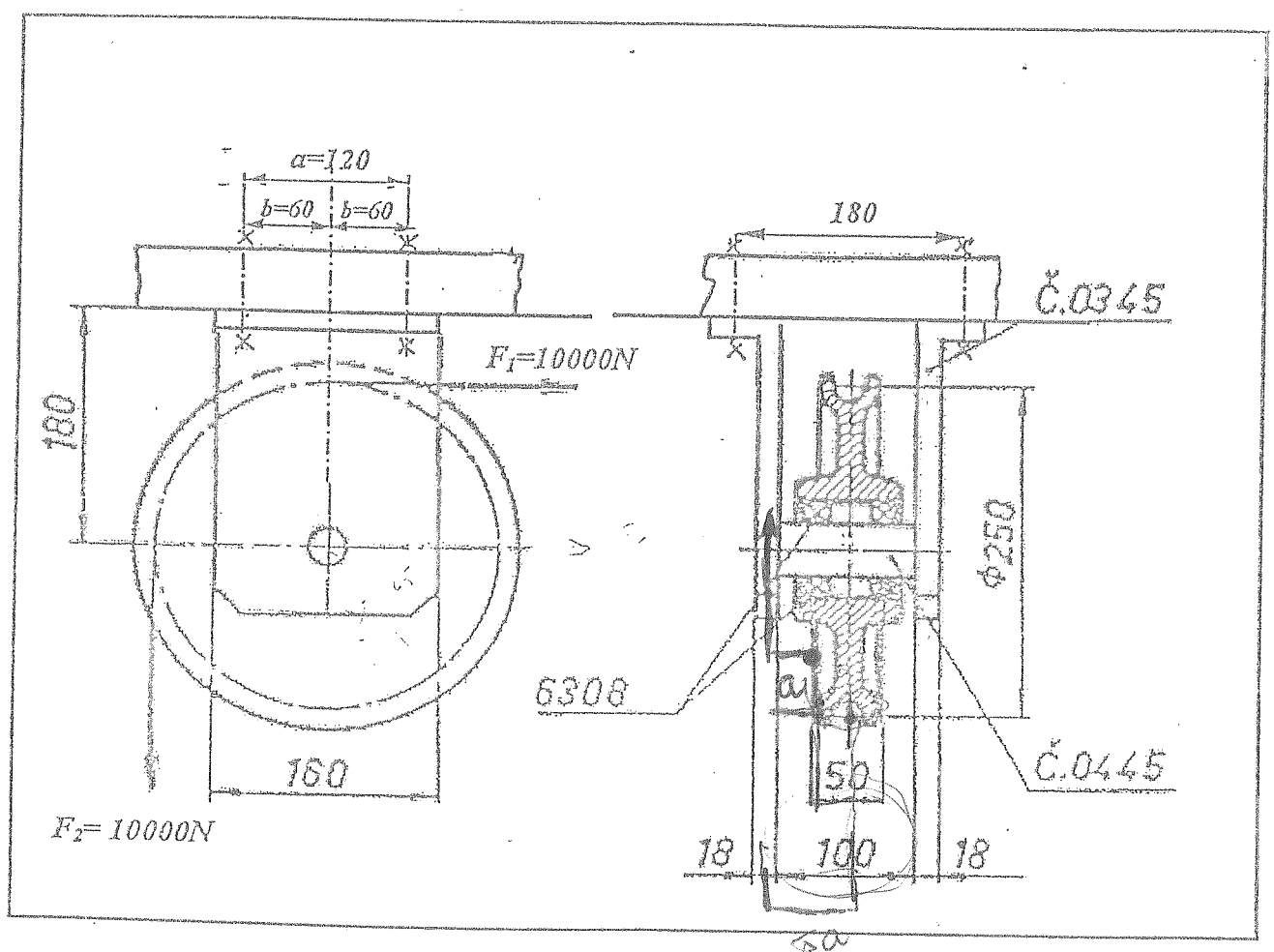
Najmanji " " :  $P_d = D_g - d_d = A_g - a_d = 46 - 146 = -100\text{ }\mu\text{m} = -0,100\text{ mm}$ .

Tolerancija nalyzajući:  $T_m = T + t = 46 + 46 = 92\text{ }\mu\text{m} = 0,092\text{ mm}$

$T_m = P_j - P_d = 192 - 100 = 92\text{ }\mu\text{m} = 0,092\text{ mm}$

W

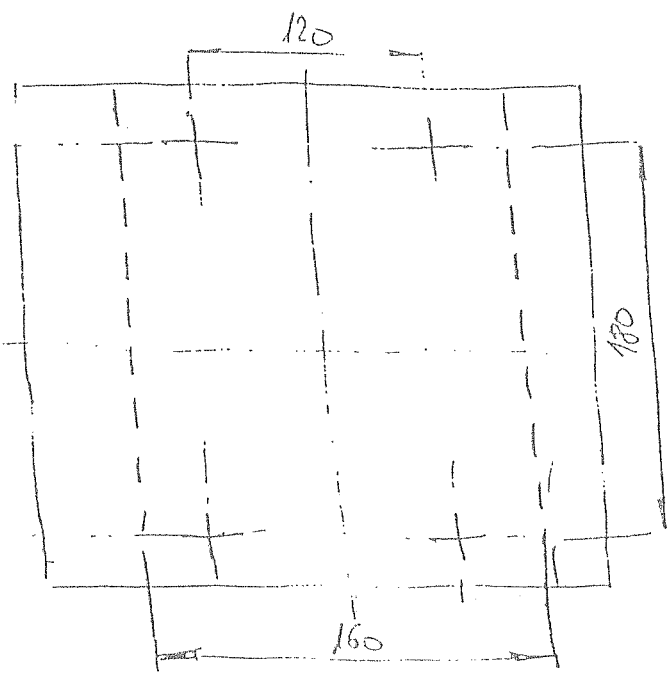
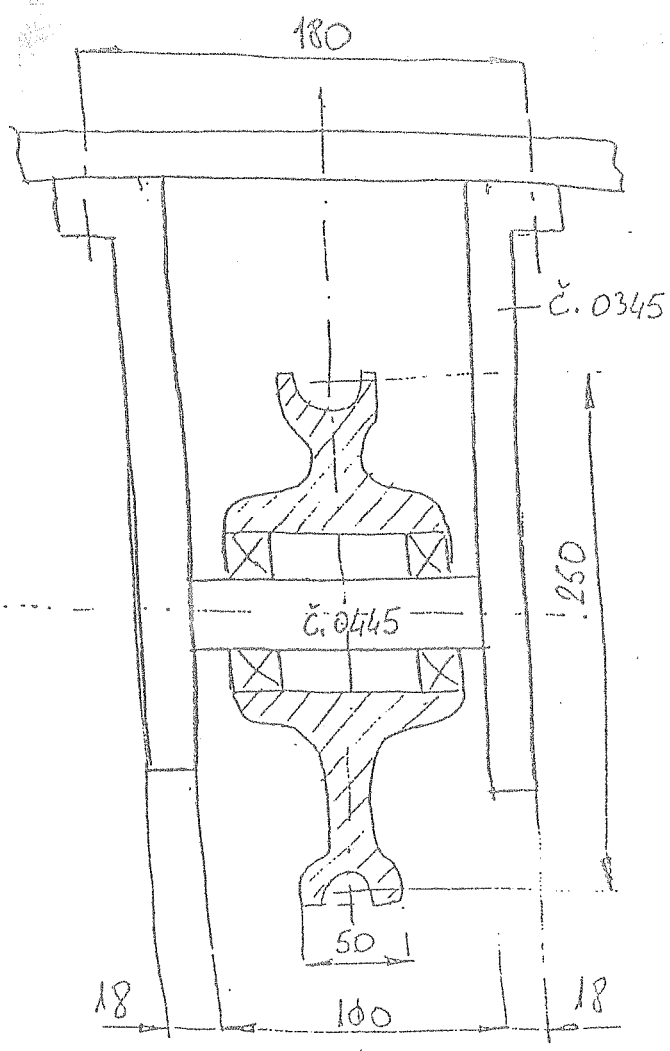
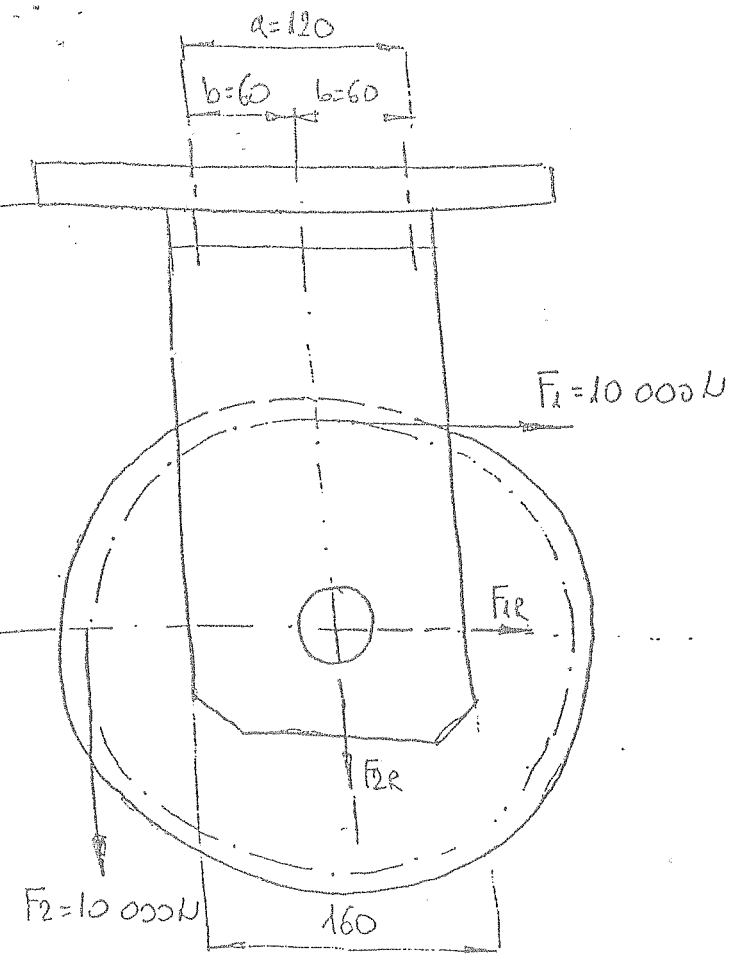
ISPITNI ZADATAK



- Točak za užu, koje se okreće brzinom 35 m/min i koje je opterećeno na krajevima silama  $F_1=F_2=10000$  N, oslonjen je na dvije ploče pričvršćene za oslonac vijčanom vezom (4x M10, čelik 4.6).
- Odrediti stepen sigurnosti vijka protiv loma u toku rada.
- Proračunati radni vijek kotrljajnih ležaja točka ,tip 6308 .
- Izračunati stepen sigurnosti osovine u najopasnijem presjeku.

Za motor snage  $P_M=17.5$  kW pri broju okretaja  $n_2=3800$  min<sup>-1</sup> izabrati profil trapeznog remenskog nosnika za pogon diname, pumpe za vodu i ventilatora, koji zajedno troše 4% snage motora. Za proračun vojiti prečnike kaišnika  $d_1=65$  mm,  $d_2=110$  mm, osno rastojanje  $a=180$  mm i broj kaiševa je  $z=1$ . Usvojiti gni pogon i zatezanje vlastitom težinom.

190  
9 35 -



a) Svođeci sile u užetu na središte točka oblija se da grupnu vijčanu vezu napodaju dvije sile i to sila  $F_1$  na savijanje i sila  $F_2$  na isteranje. Reakcije u vijcima 1 i 2 od sile  $F_{1R}$  su:

$$F_{1,2} = \frac{F_{1R} \cdot l \cdot a}{2 \cdot (a^2 + b^2)} = \frac{10\,000 \cdot 180 \cdot 120}{2 \cdot (120^2 + 60^2)} = 6000 \text{ N}$$

A u vijcima 3 i 4 od sile  $F_{1R}$ :

$$F_{3,4} = \frac{F_{1R} \cdot l \cdot b}{2 \cdot (a^2 + b^2)} = \frac{10\,000 \cdot 180 \cdot 60}{2 \cdot (120^2 + 60^2)} = 3000 \text{ N}$$

Reakcije od uzdužne sile  $F_2$  odnosno  $F_{2R}$  se ravnomjerno dijele na svake 4 vijka jer su na istom rastojanju od tačke dejstva sile.

$$F_{Ru} = \frac{F_{2R}}{4} = \frac{10\,000}{4} = 2500 \text{ N}$$

Maksimalna sila u vijku je u vijcima 1 i 2 i iznosi:

$$F_{vmax1,2} = F_{1,2} + F_{Ru} = 6000 + 2500 = 8500 \text{ N}$$

Maksimalni normalni napon isteranja:

$$\sigma = \frac{F_{vmax}}{A_3} = \frac{8500}{52,3} = 162,52 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{dop} = 277,2 \text{ N/mm}^2$$

Dozvoljeni normalni napon pri statičkoj promjeni:  $\sigma_{dop} = \sigma_{TH} = \sigma_T \cdot \gamma_T \cdot \gamma_H$ .  
 Za materijal vijka 4.6:  $\sigma_T = 240 \text{ N/mm}^2$ ;  $\gamma_T = 1,1$  (bezamrazuj);  $\gamma_H = 1,05$  ( $d = 10 \text{ mm}$ )

Te je:  $\sigma_{TH} = 240 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 277,2 \text{ N/mm}^2$

Stepen sigurnosti protiv loma vijka u toku rada:

$$S = \frac{\sigma_{TH}}{\sigma} = \frac{277,2}{162,52} = 1,7 \text{ (1,25... 1,6)}$$

22 M10:  $A_3 = A_{m4} = 52,3 \text{ mm}^2$



radni vijak koji je u kontaktu s površinom ležaja 3.  
 Radjalno opterećenje ovalnog ležaja predstavlja pobornu rezultantnu silu u utelu:

$$F_r = \frac{F}{2 \cdot \cos 45^\circ} = \frac{10\,000}{2 \cdot \cos 45^\circ} = 7071,06 \text{ N}$$

Iako se točak kreće brzinom  $v = 35 \text{ m/min}$  to je broj okretaja točke:

$$n_L = \frac{v}{\pi \cdot d_m} = \frac{35}{\pi \cdot 0,25} = 44,5 \text{ min}^{-1} > n_s = 10 \text{ min}^{-1} \text{ (dinamički proračun)}$$

kvivalentno opterećenje:

$$F = 1,2 \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 1,2 \cdot 1 \cdot 7071,06 = 8485,275 \text{ N}$$

↓ spoljni prsten se drži

za  $F_a / F_r < e = 0,33 \Rightarrow X = 1, Y = 0 ; d = 40 \text{ mm}$

$$F_a = 0$$

Dinamička moć nosenja ležaja 6308 iznosi  $C_w = 31,5 \text{ kN}$ .

odnos vijek korištenja ležaja:

$$N = \left( \frac{C}{F} \right)^3 \cdot N_0 = \left( \frac{31,5 \cdot 10^3}{8485,275} \right)^3 \cdot 10^6 = 51 \cdot 10^6$$

koji  $n_L = 44,5 \text{ min}^{-1} = 0,74 \text{ s}^{-1}$  to je:  $t = \frac{N}{n_L} = \frac{51 \cdot 10^6}{0,74} = 68,9 \cdot 10^6 \text{ s}$

$$t = 19\,144 \text{ [h]}$$

Proračun stepena sigurnosti osovine:

Smičanje:

transverzalna sila:  $F_T = F_r = 7071,06 \text{ N}$

Tanjenjalni napon:  $\tau = \frac{F_T}{A} = \frac{7071,06}{\frac{40^2 \pi}{4}} = 5,6 \text{ N/mm}^2 < \tau_{dop}$

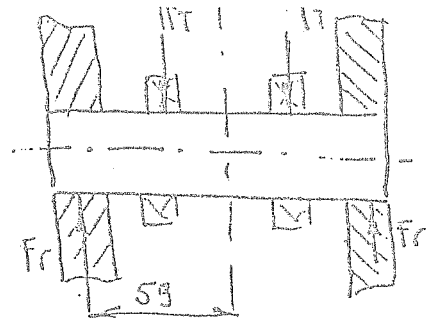
ni jednosmjerno promjenljivo opterećenje kritični naponi se mogu usvojiti  
 izborna granica rezultirajuće, pa je:  $\tau_{dop} = \tau_T = 240 \div 280 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$  č. 0445.

Moment savijanja:

$$M_s = F_r \cdot (59 - 25) = 240\,416,04 \text{ Nmm}$$

Napon savijanja:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{0,1 \cdot d^3} = \frac{240\,416,04}{0,1 \cdot 40^3} = 37,565 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 234 \text{ N/mm}^2.$$



Dopusteni napon za jednosmjerno promjenjivu opterećenje:  $\sigma_{dop} = \sigma_{D(0)} \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R$

č. 0745:  $\sigma_{D(0)} = 300 \div 350 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_M = R_m = 420 \div 500 \text{ N/mm}^2$$

$\xi_1 = 0,84$  za savijanje i ugljenični čelik,  $d = 40 \text{ mm}$

$\xi_2 = 0,84 \div 0,90$  za  $R_m = 400 \text{ N/mm}^2$  i grubo struganu površinu

$\xi_3 = 1$  bez površinskog jačanja

$$\xi_R = 1$$

Te je  $\sigma_{dop} = 320 \cdot 0,84 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \approx 234 \text{ N/mm}^2$

Osnovne zadovoljene.

$$\sigma = \frac{\sigma_M}{\sigma_{dop}} \quad S =$$

Snaga koju treba da prenese jedan remen:

Snaga koju prenosi prenosnik:

$$K \cdot P = z \cdot P_1$$

$$P_1 = \frac{K \cdot P}{z} = \frac{0,91 \cdot 0,7}{1} = 0,637 \text{ kW}$$

$$P = 0,04 \cdot P_{\text{BTK}} = 0,04 \cdot 175 = 7 \text{ kW}$$

zajeto je:  $K = K_I \cdot K_d \cdot K_p \cdot K_o \cdot K_D \cdot K_B = 1,1 \cdot 1,035 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 = 0,91$

2.8  $K_I = 1,1$ , lagani pogon

2.9  $K_d = 1,035$  za  $d_1 = 165^\circ$ ;  $\sin \beta = \frac{r_{m2} - r_{m1}}{a} = \frac{55 - 32,5}{180} = 0,125$

2.10  $K_p = 0,8$  zatezanje vlastitom težinom  $\beta = 7,18^\circ \Rightarrow d_1 = 180 - 2 \cdot \beta = 165,64^\circ$

2.11  $K_o = 1,0$  suh zrak i normalna temp.

$$K_D = \frac{d_{\min}}{d_p} = \frac{63}{65} < 1 \Rightarrow K_D = 1$$

$d_p = 65 \text{ mm}$  stvarni promjer manji remenice,  $d_{\min} = 63 \text{ mm}$  T42.6 za "Z"

$K_B = 1$  za jedan remen (zadato zadatkom)

zna tabeli: 42.4 bira se profil remena "Z" vrstine  $h = 6 \text{ mm}$  i širina  $a = 10 \text{ mm}$

zna tabeli: 42.12 za profil "Z" i brzina remena  $v = \frac{\pi \cdot d \cdot n_2}{60} =$

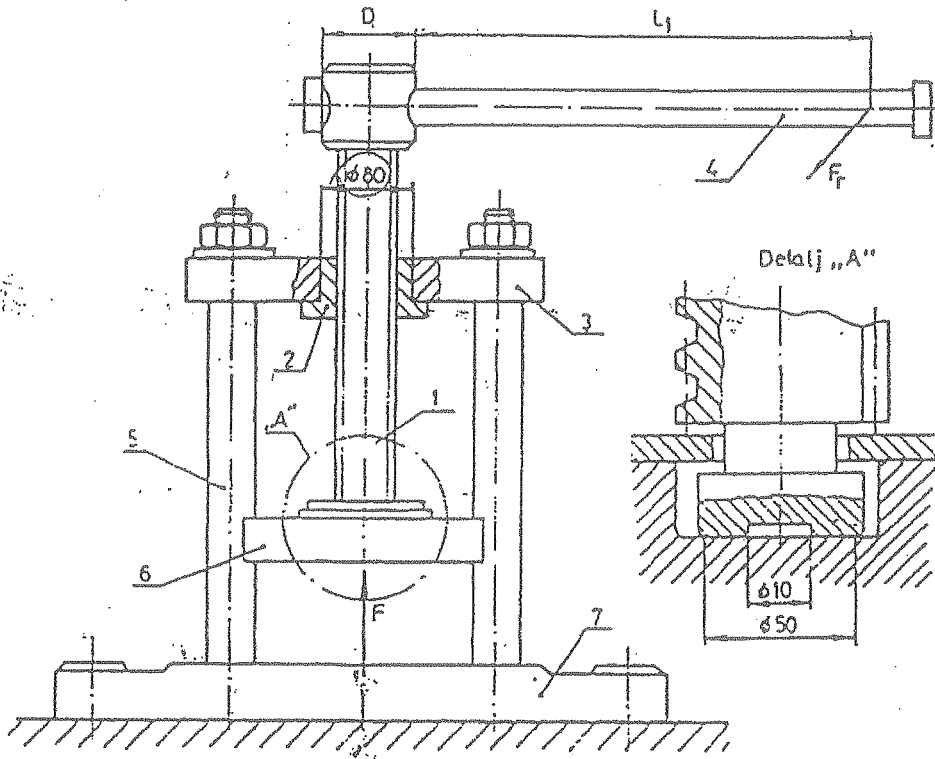
$$= \frac{\pi \cdot 0,11 \cdot 3800}{60} = 21,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Snaga koju može preneti jedan klizasti

remen iznosi:  $P_1 = 0,85 \text{ kW}$ , što je veće od izračunate snage  $P_1$ , te

usvojeni profil "Z" zadovoljava.

ISPITNI ZADATAK  
-prvi parcijalni-



1. Odrediti silu presovanja koja se može ostvariti ručnom presom sa navojnim vretenom (Tr 60x9 jednostruki) ako se na kraju ručice djeluje silom  $F_1=600$  N, stepen iskorištenja prese u trenutku presovanja, kao i potreban broj obrtaja vretena da bi se ostvarilo aksijalno pomjeranje vretena za 180 mm, koeficijent trenja navojnog para  $\mu_1=0.16$ , a koeficijent trenja na dodirnoj površini oslanjanja vretena  $\mu_2=0.15$ . Zanemariti trenje između vođica (5) i klizača (6).
2. Nacrtati dijagrame napadnog opterećenja vretena i provjeriti čvrstoću vretena iznad i ispod navrtke (2).
3. Odrediti nalijeganje i grafički prikazati tolerancijska polja i dijagram tolerancije nalijeganja za vezu navrtke (2) i traverze (3) ostvarene u sistemu zajedničke unutrašnje mjere na standardnoj temperaturi. Kvalitet tolerancije spoljne i unutrašnje mjere je 8, a donje nazivno odstupanje spoljne mjere je  $a_4=+146$   $\mu\text{m}$ .

Zadati su slijedeći podaci: materijal vretena Č.0545,  $D=80$ mm,  $L_1=1160$ mm, materijal navrtke P.Cu.Sn12.

$$F = F_n + F_m$$

$$F_p = F_p \cdot \left( \frac{d_2}{2} (\mu_1 + \mu_2) \right)$$

$$F_p = G_p \cdot F_p \cdot \mu$$

$$F_n = \left( \frac{F_p}{2} \right) \cdot (\mu_1 + \mu_2)$$

1) Zadaci o. navoju Tr 60 x 9 jednostruki:

st 131 /

01.02.21

7

- $\varphi = 2,96^\circ$
- $d_2 = 55,5 \text{ mm}$
- $d_3 = 50,5 \text{ mm}$
- $P = 9 \text{ mm}$
- $H_4 = 4 \text{ mm}$
- $A_3 = 2003 \text{ mm}^2$

$$\beta = \arctg \mu_1 = \arctg 0,16 = 9,09^\circ$$

Obrtni moment koji se ostvaruje ručnom silom Fr:

$$M_0 = T = Fr \cdot l_r = 600 \cdot 1200 = 720\,000 \text{ Nmm}$$

$$l_r = l_1 + \frac{D_2}{2} = 1160 + \frac{80}{2} = 1200 \text{ mm}$$

Obrtnom momentom  $M_0$  treba savladati otpor trenja između navojaka vretena i matricke i trenja na delirnoj površini završetka vretena i klizaca.

$$M_0 = M_n + M_f = F_p \frac{d_2}{2} \left[ \operatorname{tg}(\varphi + \beta_n) + \frac{d_f}{d_2} \cdot \mu_2 \right]$$

$$d_f = \frac{1}{3} \frac{d_s^3 - d_u^3}{d_s^2 - d_u^2} = \frac{2}{3} \frac{50^3 - 10^3}{50^2 - 10^2} = 34,4 \text{ mm}$$

(90)

2. preovaznja:

$$F_p = \frac{2 \cdot M_0}{d_2 \left[ \operatorname{tg}(\varphi + \beta_n) + \frac{d_f}{d_2} \cdot \mu_2 \right]} = \frac{2 \cdot 720\,000}{55,5 \cdot \left[ \operatorname{tg}(2,96 + 9,09) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15 \right]} = 84\,668 \text{ Nmm}$$

stepen iskoristenja prese:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \beta_n) + \frac{d_f}{d_2} \cdot \mu_2} = \frac{\operatorname{tg} 2,96}{\operatorname{tg}(2,96 + 9,09) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15} = \frac{0,0517}{0,3064} = 0,1687$$

Potreban broj okretaja vretena za njegovu aksijalno pomjeranje  $s = 180 \text{ mm}$

$$n = \frac{s}{L} = \frac{s}{P} = \frac{180}{9} = 20 \text{ okretaja}$$

*[Handwritten signature]*

Stepen napetosti: bolona upravljenka 3:

$$S_H = \frac{[\sigma_H]_H}{\sigma_H} = \frac{\sigma_{HK} \cdot Z_H \cdot Z_L \cdot Z_U \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_E \cdot Z_B \cdot Z_F}{Z_E \cdot Z_H \cdot Z_L \cdot Z_F \cdot \sqrt{\frac{F_{T3}}{b \cdot d_{m3}} \cdot \frac{u_{24}}{u}} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}}$$

gdje je:

$$\sigma_{HK} = 200 \text{ N/mm}^2 \text{ za } \check{C}4130$$

$$Z_H \cdot Z_L \cdot Z_U \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_E \cdot Z_B \cdot Z_F = 1 \text{ - uvek zadetko}$$

$$Z_E = 188,8 \text{ (N/mm}^2\text{)}^{1/2} \text{ u } \check{C}/\check{C} \text{ - faktor elastičnosti}$$

$$Z_H = \frac{1}{\cos \delta} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \cos \beta_6}{\tan \alpha_w}} = \frac{1}{\cos \delta} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \cos 0^\circ}{\tan 20^\circ}} = \frac{1}{\cos \delta} \cdot \sqrt{\frac{2}{\tan 20^\circ}} = 2,49$$

$\delta = \alpha$  jer je  $\alpha_3 = \alpha_4 = 0$ ;  $\beta_6 = 0^\circ$  jer je  $\beta = 0^\circ$ , faktor otklona bolone

$$Z_E = \sqrt{\frac{4 \cdot E \cdot d}{3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,6}{3}} = 0,89; \quad u = 1,6 \text{ zadets zadetkom; faktor stepen spraznog}$$

$$Z_B = 1 \text{ jer je } \beta = 0^\circ \text{ - faktor upla maza}$$

$$F_{T3} = \frac{2 \cdot T_3}{d_{m3}} = \frac{2 \cdot 140248,8}{80} = 3506,22 \text{ N}$$

$$d_{m3} = m \cdot z_3 - b \cdot \sin \delta_3 = 5 \cdot 18 - 25 \cdot \sin 24^\circ 14' = 8 \text{ mm}$$

$$\tan \delta_3 = \frac{1}{z_3 - u} = \frac{18}{40} = 0,45 \Rightarrow \delta_3 = 24^\circ 14'$$

$b = 25 \text{ mm}$  zadets sirine

$$u = z_3 - u = 2,222$$

$K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} = 1,2$  - zadets zadetkom

$$S_H = \frac{200 \cdot 1}{188,8 \cdot 2,49 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{3506,22}{25 \cdot 8} \cdot \frac{2,222^2 + 1}{2,222}} \cdot 1} = 1,18$$

# ISPITNI ZADATAK

Zenica, 02.02.1999. god.

1. Pomoću vijčane dizalice date na skici, a koja se sastoji od pogonskog pužnog para 1-2, navojnog vretena 3, postolja 4 i vodica 5 koje sprečavaju okretanje navojnog vretena 3, podiže se teret  $Q=125\ 000\text{ N}$ . Brzina kretanja vretena naviše ili naniže je  $2\text{ m/min}$ .

2. Proračnom treba odrediti:

- a) veličinu obrtnog momenta i snagu koji su potrebni da se ostvare na pužu 1 za slučaj dizanja tereta,
- b) vijek pužnog para na osnovu izdržljivosti bokova zubaca,
- c) stepen sigurnosti protiv dinamičkog loma navojnog vretena u presjeku x-x,
- d) smjer okretanja puža za slučaj podizanja tereta.

3. Zadani su slijedeći podaci:

a) za pužni par 1-2:

puž tip ZI, desni od Č.4732, pužni zupčanik C.CuSn12Ni,  $m_n=10\text{ mm}$ ,  $z_1=3$ ,  $z_2=24$ ,  
 $q=8$ ,  $K_A=1,4$ ,  $S_H=1$ ,

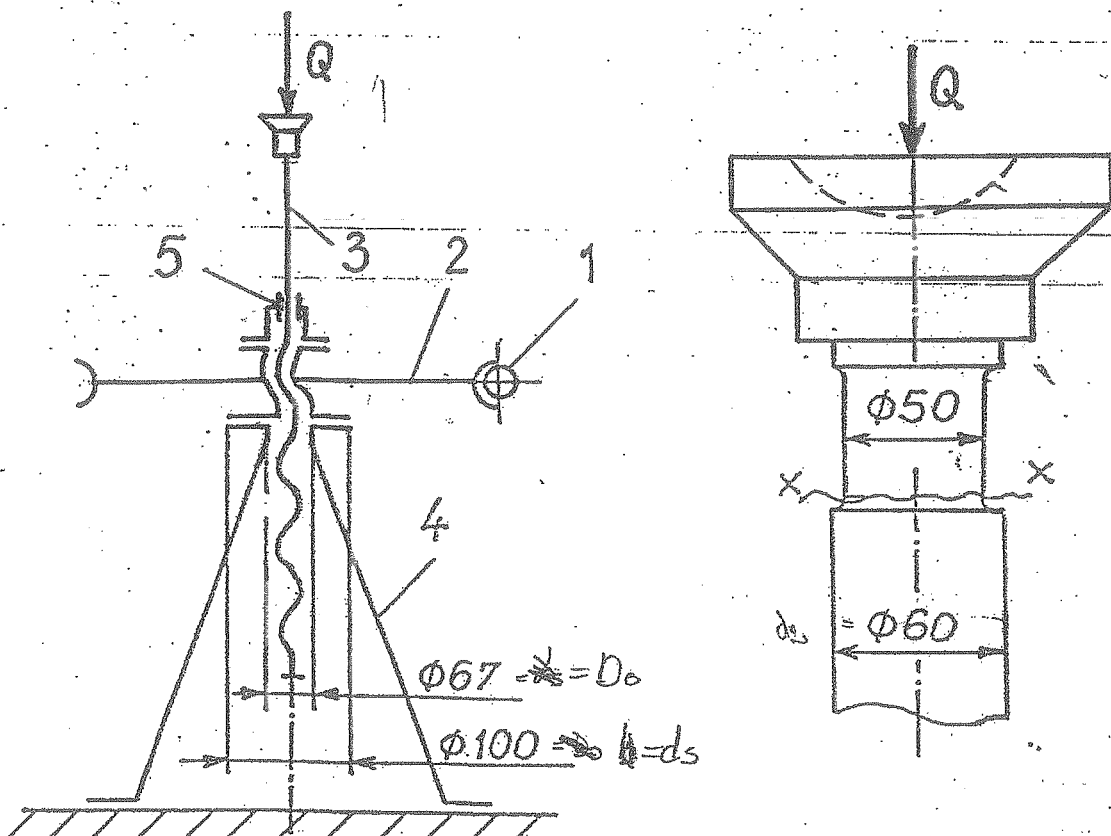
b) za navojno vreteno:

navoj Tr 65x10 (trovojni), materijal čelik sa karakteristikama  $\sigma_T=380\text{ N/mm}^2$ ,

$\sigma_{D(0)}=360\text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_{D(1)}=230\text{ N/mm}^2$ ,  $\tau_T=300\text{ N/mm}^2$ ,  $\tau_{D(0)}=250\text{ N/mm}^2$ ,

$\tau_{D(1)}=190\text{ N/mm}^2$ ,  $\xi_2=0,94$ ,  $\xi_R=1,2$ ,  $n_S > N_D$ ,  $\beta_{Kox}=1,6$  za sve napone;

c) svi koeficijenti trenja su  $\mu=0,06$ .



1. Velicina oprtrog momenta i snaga na pužu za slučaj dizanja tereta

1.1. Obrtni moment na pužnom zupčaniku

$$T_2 = T_n + T_f$$

$$T_n = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + S_n) = 125\,000 \cdot \frac{60}{2} \cdot \operatorname{tg}(9,043^\circ + 3,43^\circ) = 829\,501,8$$

$d_2 = 60\text{ mm}$  - srednji prečnik (IMP, Tabela 7.36., str. 104)

$$\gamma = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{L}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{3 \cdot 10}{\pi \cdot 60} = 9,043^\circ$$

$$S_n = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \mu_n = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,06 = 3,43^\circ$$

$$T_f = F \cdot r_f \cdot \mu = 125\,000 \cdot 41,75 \cdot 0,06 = 313\,125 \text{ Nmm} = 313,125 \text{ Nm}$$

$$r_f \approx \frac{d_s + D_o}{4} = \frac{100 + 67}{4} = \frac{167}{4} = 41,75 \text{ mm}$$

$$d_s = 100 \text{ mm}$$

$$D_o = 67 \text{ mm}$$

$$T_n = 829,501 \text{ Nm}$$

$$T_2 = 829,501 + 313,125 = 1\,142,626 \text{ Nm}$$

2. Obrtni moment na pužu

$$T_1 = \frac{T_2}{u_{4-2} \cdot \eta_{4-2}} = \frac{1\,142,626}{8 \cdot 0,84} = 170,03 \text{ Nm}$$

3. Prenosni odnos i stepen iskorištenja pužnog para

$$u_{4-2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{24}{3} = 8$$

$$\eta_{4-2} = \frac{\operatorname{tg} \rho_m}{\operatorname{tg}(\rho_m + S)} = \frac{\operatorname{tg} 20,556^\circ}{\operatorname{tg}(20,556^\circ + 3,43^\circ)} = 0,84$$

$$\operatorname{tg} \rho_m = \frac{z_1}{z_2} = \frac{3}{8} = 0,375 \Rightarrow \rho_m = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,375 = 20,556^\circ$$



Potrebna snaga na pužu

$$P_1 = T_1 \cdot \omega_1 = 170,03 \cdot 55,79 = 9485,97 \text{ W} = 9,485 \text{ kW}$$

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_1 = 2 \cdot \pi \cdot 8,88 = 55,79 \text{ s}^{-1}$$

$$n_1 = n_2 \cdot u_{1-2} = 1,11 \cdot 8 = 8,88 \text{ s}^{-1}$$

Broj obrtaja navrtke

$$n_2 = \frac{v}{L} = \frac{2 \cdot 10^3}{3 \cdot 10} = 66,67 \text{ min}^{-1} = 1,11 \text{ s}^{-1}$$

Vijek ~~navrtke~~ pužnog para

1. Faktor radnog vijeka pužnog para

$$Z_T = \frac{\sigma_{NH}}{\sigma_{NH} \cdot Z_V}$$

Radni naponi na bokovima zubića:

$$\sigma_{NH} = Z_E \cdot Z_F \cdot \sqrt{\frac{F t_2}{b_2 \cdot d_2} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta}} \quad (\text{praktikum, str. 252})$$

2.1. Faktor elastičnosti materijala

$$Z_E = 152,2 \sqrt{\text{N/mm}^2} \quad (\text{IMP. 2, tabela 7.211, str. 507})$$

2.2. Faktor pužnih parova

$$Z_F = 2,17 \quad (\text{Praktikum, Tabela 4.3.1, str. 122})$$

2.3. Obodna sila na pužnom zupčaniku

$$F_{t_2} = \frac{2 T_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 1142,626}{0,240} = 9521,88 \text{ N}$$

$$d_2 = Z_2 \cdot m_n = 24 \cdot 10 = 240 \text{ mm}$$

2.4. Faktor unutrašnjih dinamičkih sila

$$K_V = 1 \dots 1,1 \text{ za } v < 3 \text{ m/s } (K_V = 1,05), \text{ Praktikum, str. 121.}$$

$$v = \frac{d_2}{2} \cdot \omega_2 = \frac{240 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 6,97 = 0,84 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\omega_2 = 2 \cdot \pi \cdot n_2 = 2 \cdot \pi \cdot 1,11 = 6,97 \text{ s}^{-1}$$

### 2.2.5. Faktor raspodjele opterećenja duž boka zupca

$$K_{H\beta} \approx 1,06 \text{ (Prilog 4.3., Praktikum, str. 121)}$$

### 2.2.6. Faktor brzine klizanja

$$Z_v = 0,704 \text{ (izračunato interpolacijom iz T. 4.34, Pril.)}$$

$$v_k = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{\cos \alpha} = \frac{\pi \cdot 2 \cdot m \cdot n_1}{\cos \alpha} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 10 \cdot 8,88 \cdot 10^{-3}}{\cos 20,556^\circ} = 2,38 \frac{m}{s}$$

Pa će radni napon na bokovima zupaca biti:

$$\sigma_{H1} = 152,2 \cdot 2,17 \cdot \sqrt{\frac{9521,88}{70 \cdot 240} \cdot 1,4 \cdot 1,05 \cdot 1,06} = 310,379 \frac{N}{mm^2}$$

### 2.2.7. Aktivna širina pužnog zupčanika

$$b_2 = 2 \cdot m \cdot (0,5 + \sqrt{2 \cdot z_1}) = 2 \cdot 10 \cdot (0,5 + \sqrt{8 + 1}) = 70 \text{ mm (11MP, T. 7.215, str.)}$$

$$Z_T = \frac{310,379}{480 \cdot 0,704} = 0,918$$

$$Z_T = (25000/t)^{1/6} \quad \ln$$

$$\ln Z_T = \frac{1}{6} \cdot \ln \frac{25000}{t}$$

$$\ln 25000 - \ln t = 6 \cdot \ln Z_T$$

$$\ln t = \ln 25000 - 6 \cdot \ln Z_T = \ln 25000 - 6 \cdot \ln 0,918$$

$$\ln t = 10,64 \quad /e$$

$$t = e^{10,64} = 41772,77 \text{ h}$$

vijek pužnog para

$$t = 41772,77 [h]$$

Stepen sigurnosti protiv dinamičkog loma navojnog vretena u presjeku X-X

1. Radni naponi u presjeku x-x

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{125000}{1963,49} = 63,66 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{50^2 \cdot \pi}{4} = 1963,49 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{T_n}{W_p} = \frac{829501,18}{24543,69} = 33,79 \text{ N/mm}^2$$

$$W_p = \frac{d^3 \cdot \pi}{16} = \frac{50^3 \cdot \pi}{16} = 24543,69 \text{ mm}^3$$

2. Kritični naponi u presjeku x-x

$$\bar{\sigma}_{1,3} = 0,82 \quad - \text{ za prečnik } \phi 50 \text{ i } \text{pritisak} \quad \left. \vphantom{\bar{\sigma}_{1,3}} \right\} \text{ (T. 2.12, praktikum)}$$

$$\bar{\sigma}_{1,u} = 0,76 \quad - \text{ // // // i uvijanje}$$

$$\bar{\sigma}_2 = 0,94 \quad - \text{ dato zadatkom}$$

$$\bar{\sigma}_3 = 1,0 \quad (\text{T. 5.1.6., praktikum, str. 147})$$

$$\bar{\sigma}_R = 1,2 \quad - \text{ dato zadatkom}$$

3. Dinamička izdržljivost

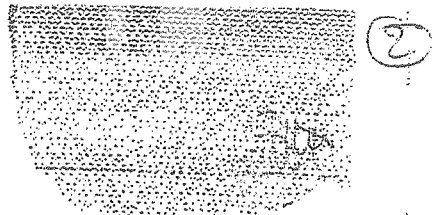
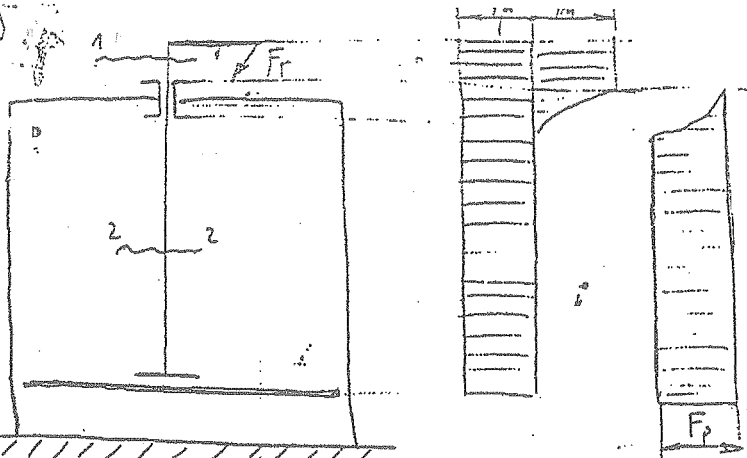
$$\sigma_{DM} = \frac{\sigma_{(-)M}}{1 - \text{ctg } \beta \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{212,74}{1 - 0,5 \cdot 0,743} = 338,48 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{(-)M} = \sigma_{D(-)M} \cdot \bar{\sigma}_1 \cdot \bar{\sigma}_2 \cdot \bar{\sigma}_3 \cdot \bar{\sigma}_R = 230 \cdot 0,82 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2 = 212,741$$

$$\text{ctg } \beta = \frac{\sigma_{sr}}{\sigma} = 0,5$$

4. Ugao nagiba linije simitovog dijagrama

$$\text{tg } \alpha = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \cdot \sigma_{D(+)}}{\sigma_{D(0)}} \right] \cdot \bar{\sigma}_1 \cdot \bar{\sigma}_2 \cdot \bar{\sigma}_3 \cdot \bar{\sigma}_R =$$



01.02.01

(projektna nacrta:

$$1-1) \quad \tau = \frac{T}{W_0} = \frac{720\,000}{0,2 \cdot d^3} = \frac{720\,000}{0,2 \cdot 50,5^3} = 28 \text{ N/mm}^2$$

Za C.0545:  $\sigma_T = 280 \text{ N/mm}^2$  za  $d = 40 \div 100$  -- ;  $\sigma_{TM} = \sigma_T \cdot \rho_1 \cdot \rho_T = 280 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 260$

$$\tau_T = 0,8 \cdot \tau = 0,8 \cdot 28 = 22,4 \text{ N/mm}^2; \quad \tau_{TM} = \tau_T \cdot \rho_1 \cdot \rho_T = 22,4 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 19,7$$

Stepen sigurnosti:  $S_{\sigma} = \frac{[\sigma_{TM}]}{\sigma_T} = \frac{19,7}{28} = 0,7$  ;  $\rho_1 = 0,8$  za  $d = 60 \text{ mm}$ , vijak  
 $\rho_T = 1,1$   
 $\rho_1 = 0,85$  za  $d = 60$ , vijak

2-2) Projektna nacrta:

$$\sigma = \frac{F_P}{A_2} = \frac{84\,668}{2003} = 42,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{T_P}{W_0} = \frac{218\,443,4}{0,2 \cdot 50,5^3} = 8,48 \text{ N/mm}^2$$

$$T_P = F_P \cdot \frac{d_p}{2} \cdot \mu_2 = 84\,668 \cdot \frac{34,4}{2} \cdot 0,15 = 218\,443,4 \text{ Nmm}$$

Stepen sigurnosti:

$$S_{\sigma} = \frac{[\sigma_{TM}]}{\sigma} = \frac{260}{42,3} = 6,1$$

$$S_{\tau} = \frac{[\tau_{TM}]}{\tau} = \frac{19,7}{8,48} = 2,323$$

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{6,1 \cdot 2,323}{\sqrt{6,1^2 + 2,323^2}} = 5,9$$

$10 \cdot 10 = 100$   
 $30 \cdot 20 = 600$   
 $60 \cdot 30 = 1800$

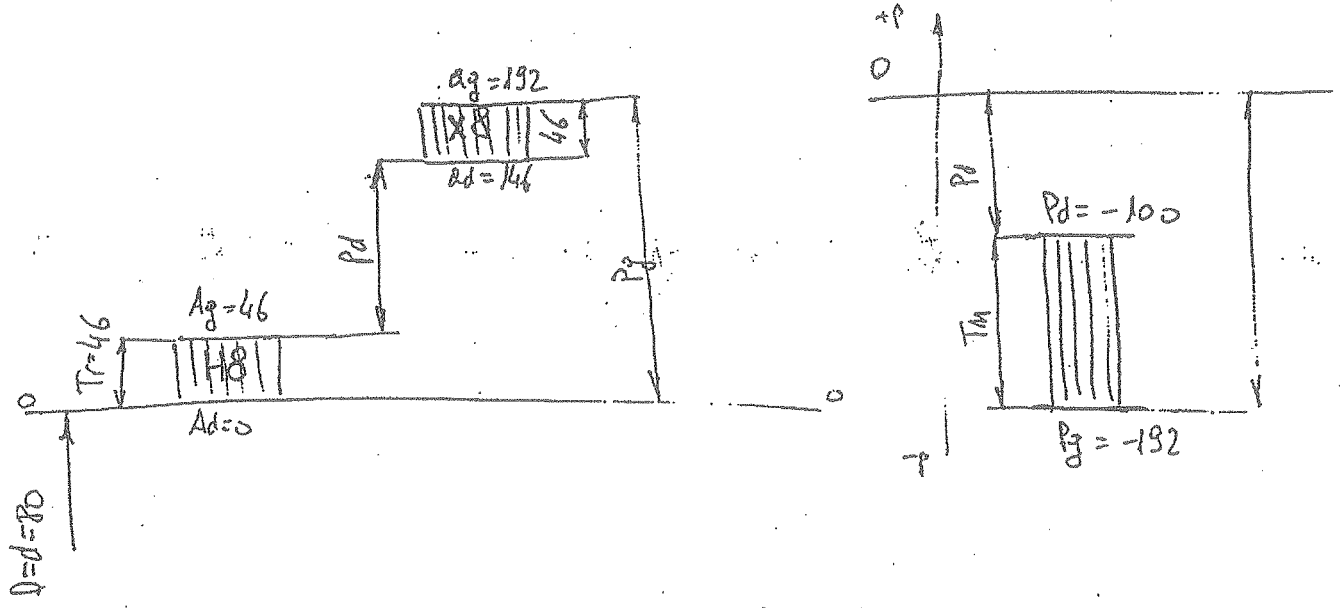
~~280~~

Ze  $D=80\text{ mm}$  i sistem zajedničke unutrašnje mjere. Izjed. polje H i kvaliteta tolerancije IT8 (zadato zadatkom)  $a_d = +146\text{ }\mu\text{m}$ .

To je tolerancija unutrašnje mjere (rupe)  $\phi 80\text{ H8}$  sa  $T_r = 46\text{ }\mu\text{m}$ .

Ze spoljna mjera i kvaliteta tolerancije IT8 i  $d=80\text{ mm}$  to je tolerancija osi  $t_o = 46\text{ }\mu\text{m}$ .

Govorimo max. odstupanje rupe:  $a_g = a_d + t_o = 146 + 46 = 192\text{ }\mu\text{m}$  i min. odstupanje tolerancijsko polje X, to se dobije nalyzajući  $\phi 80\text{ H8/x8}$ .



Najveći preklap:  $P_g = D_d - d_g = A_d - a_g = 0 - 192 = -192\text{ }\mu\text{m} = -0,192\text{ mm}$ .

Najmanji "":  $P_d = D_g - d_d = A_g - a_d = 46 - 146 = -100\text{ }\mu\text{m} = -0,100\text{ mm}$ .

Tolerancija nalyzajući:  $T_m = T + t = 46 + 46 = 92\text{ }\mu\text{m} = 0,092\text{ mm}$

$T_m = P_g - P_d = 192 - 100 = 92\text{ }\mu\text{m} = 0,092\text{ mm}$

$$t_{q \text{ dm}} = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \cdot 230}{360} \right] \cdot 0,82 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,743$$

$$\sigma_{TM} = \sigma_T \cdot \xi_1 = 380 \cdot 0,82 = 311,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{DM} = \frac{\tau_{(-)M}}{1 - ct_{qB} \cdot t_{q \text{ dm}}} = \frac{162,88}{1 - 0,5 \cdot 0,743} = 224,66 \text{ N/mm}^2$$

$$ct_{qB} = \frac{\tau_{sr}}{\tau_q} = 0,5$$

za  $n_{\Sigma} > N_0$  :

$$\tau_{(-)M} = \tau_{D(-)M} = \tau_{D(-)} \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R = 190 \cdot 0,76 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2 = 162,88$$

$$t_{q \text{ dm}} = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \cdot \tau_{D(-)}}{\sigma_{D(0)}} \right] \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R =$$

$$= 1 + \left[ 1 - \frac{2 \cdot 190}{250} \right] \cdot 0,76 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,55$$

$$\tau_{TM} = \tau_T \cdot \xi_1 = 300 \cdot 0,76 = 228 \text{ N/mm}^2$$

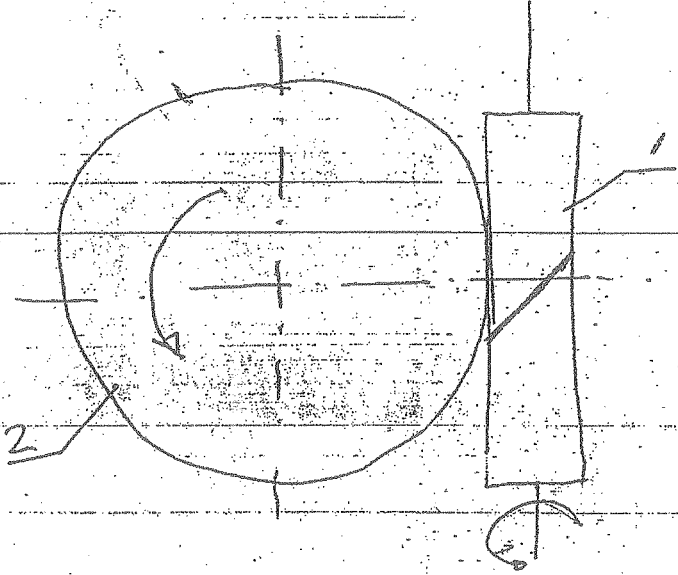
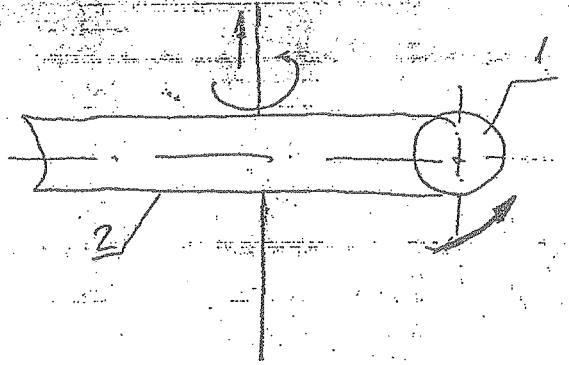
3.5. Stepeni sigurnosti

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{DM}}{B_k \cdot \sigma} = \frac{338,48}{1,6 \cdot 63,66} = 3,32$$

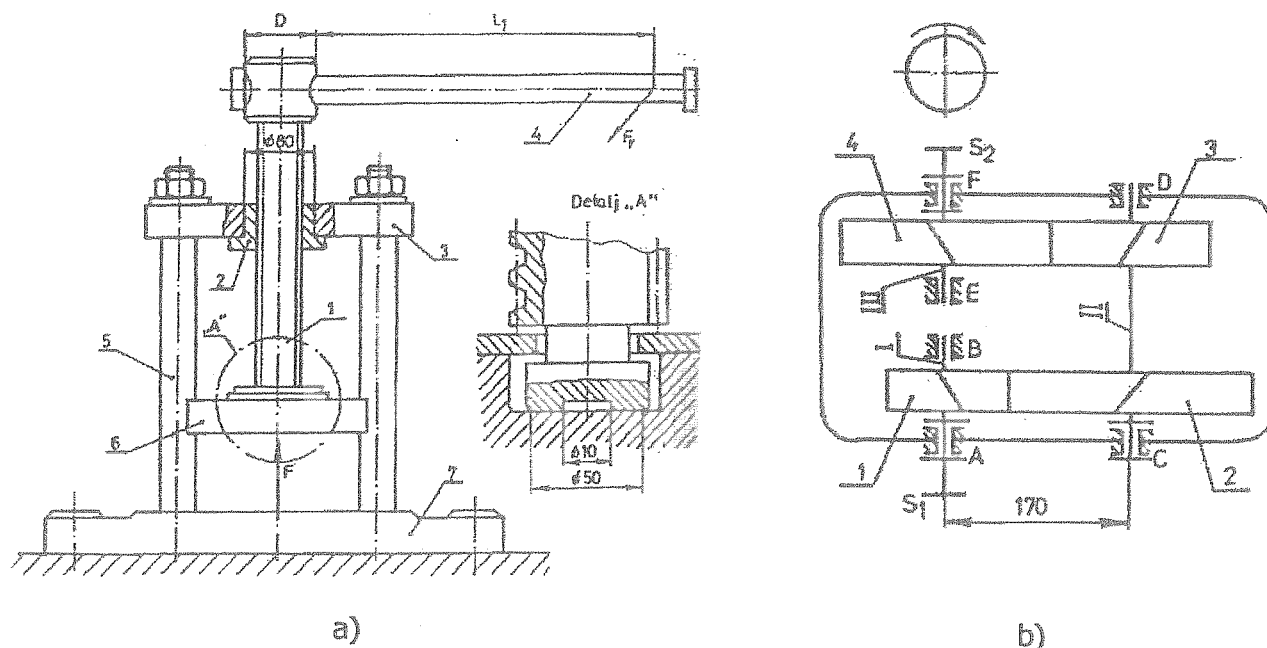
$$S_{\tau} = \frac{\tau_{DM}}{B_k \cdot \tau} = \frac{224,66}{1,6 \cdot 33,79} = 4,15$$

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{3,32 \cdot 4,15}{\sqrt{3,32^2 + 4,15^2}} = 2,59$$

1. Smjer okretanja puža za slučaj podizanja tereta



## ISPITNI ZADATAK



- 1) Odrediti silu presovanja koja se može ostvariti ručnom presom sa navojnim vretenom ako se na krajeve ručice djeluje silama  $F_r=600$  N, kao i potreban broj obrtaja vretena da bi se ostvarilo aksijalno pomjeranje vretena za 180 mm. Zadati su sljedeći podaci: navoj dvovojni Tr 60x9, koeficijent trenja navojnog para  $\mu_1=0.16$ , koeficijent trenja na dodirnoj površini  $\mu_2=0.15$ , trenje između vođica 5 i klizača 6 treba zanemariti, materijal vretena Č.0545,  $D=80$  mm,  $L_1=1160$  mm, materijal navrtke P.Cu.Sn 12.
- 2) Provjeriti nosivost navojnog spoja ako je dužina nošenja navojnog spoja  $l_n=85$  mm. Odrediti nalijeganje i grafički prikazati tolerancijska polja i dijagram tolerancije nalijeganja za vezu navrtke 2 i traverze 3 ostvarene u sistemu zajedničke unutrašnje mjere na sobnoj temperaturi. Kvalitet tolerancije spoljne i unutrašnje mjere je 8, a donje nazivno odstupanje spoljne mjere je  $a_d=+146$   $\mu$ m.
- 3) Za prikazani koaksijalni zupčasti reduktor, potrebno je odrediti: broj obrtaja, obrtni moment i potrebnu snagu na ulaznoj spojnici da bi se na izlaznoj spojnici ostvario obrtni moment 6000 Nm pri  $n=20$   $\text{min}^{-1}$ . Odrediti snagu koju prenosnik troši na savlađivanje trenja. Zadati su ljeđeci podaci:  $Z_1=18$ ,  $Z_2=65$ ,  $Z_3=16$ ,  $Z_4=51$ ,  $m_{n1,2}=4$  mm,  $m_{n3,4}=5$  mm  $\alpha_n=20^\circ$ ,  $X_1=X_2=0$ ,  $X_3+X_4=0$ ,  $\eta_{1-2}=0.98$ ,  $\eta_{3-4}=0.98$ .
- 4) Izračunati mjeru preko zuba i mjerni broj zuba zupčanika 1.



Naponi u ramenici:

Broj obrtaja ramenice:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1433}{60} = 150 \text{ s}^{-1}$$

Obodne sile:

$$F_0 = \frac{2 \cdot M_0}{d_p} = \frac{2 \cdot 100}{0,125} = 1600 \text{ N}$$

gdje je:  $M_0 = \frac{P}{\omega} = \frac{15 \cdot 10^3}{150} = 100 \text{ Nm}$

Ukupne vučne sile:

$$F_1 = F_p + \frac{F_0}{2} = 800 + \frac{1600}{2} = 1600 \text{ N}$$

Obimna brzina remena:

$$v = \frac{d_p}{2} \cdot \omega = \frac{0,125}{2} \cdot 150 = 9,38 \text{ m/s}$$

Normalni napon usljed zatezanja remena u vučnom ograničenju:

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{z \cdot A_1} = \frac{1600}{4 \cdot 143} = 2,79 \text{ N/mm}^2$$

Normalni napon usljed centrifugalne sile:

$$\sigma_c = \rho \cdot v^2 = 1,25 \cdot 10^3 \cdot 9,38^2 = 0,11 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 0,11 \text{ N/mm}^2$$

Normalni napon usljed savijanja remena preko ramenice:

$$\sigma_{s1} = \frac{h_1}{d_p} \cdot E_s = \frac{11}{125} \cdot 50 = 4,4 \text{ N/mm}^2$$

Ukupni napon u remenu:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_c + \sigma_{s1} = 2,79 + 0,11 + 4,4 = 7,3 \text{ N/mm}^2$$

Pri promjeni prečnika ramenice 1,6 dobije se:

$$\text{obimna brzina: } v' = \frac{d_p' \cdot \omega}{2} = 1,6 \cdot \frac{d_p \cdot \omega}{2} = 1,6 \cdot \frac{0,125 \cdot 150}{2} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ukupne obimne sile na ramenici:

$$F_0' = \frac{2 \cdot M_0}{d_p'} = \frac{2 \cdot M_0}{1,6 \cdot d_p} = \frac{F_0}{1,6} = \frac{1600}{1,6} = 1000 \text{ N}$$

Novi vrijednost ukupne sile u vučnim ograničenjima:

$$F_1' = F_p + \frac{F_0'}{2} = 800 + \frac{1000}{2} = 1300 \text{ N}$$

Novi naponi iznose:

$$\sigma_1' = \frac{F_1'}{z \cdot A_1} = \frac{1300}{4 \cdot 143} = 2,27 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c' = \rho \cdot v'^2 = 1,25 \cdot 10^3 \cdot 15^2 \cdot 10^{-6} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{s1}' = \frac{h}{d_p'} \cdot E_s = \frac{11}{200} \cdot 50 = 2,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\varphi = 2,96^\circ$$

$$d_2 = 55,5 \text{ mm}$$

$$d_3 = 50,5 \text{ mm}$$

$$p = 9 \text{ mm}$$

$$H_1 = 4 \text{ mm}$$

$$A_3 = 2003 \text{ mm}^2$$

$$\rho_1 = \arctg \mu_1 = \arctg 0,16 = 9,09^\circ$$

Obrtni moment koji se ostvaruje ručnom silom  $F_r$ :

$$M_0 = T = F_r \cdot l_r = 600 \cdot 1200 = 720\,000 \text{ N/mm}$$

$$l_r = l_1 + \frac{D}{2} = 1160 + \frac{80}{2} = 1200 \text{ mm}$$

Obrtni moment  $M_0$  treba savladati otporno trenje između navojaka retena i navrtke, trenje na dodirnoj površini završetka vretena i klizača.

$$M_0 = M_n + M_{\mu} = F_p \cdot \frac{d_2}{2} \left[ \operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) + \frac{d_u}{d_2} \cdot \mu_2 \right]$$

$$d_u = \frac{1}{3} \cdot \frac{d_s^3 - d_u^3}{d_s^2 - d_u^2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{50^3 - 10^3}{50^2 - 10^2} = 34,4 \text{ mm}$$

za presovanje:

$$F_p = \frac{2 \cdot M_0}{d_2 \left[ \operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) + \frac{d_u}{d_2} \mu_2 \right]} = \frac{2 \cdot 720\,000}{55,5 \cdot \left[ \operatorname{tg}(2,96 + 9,09) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15 \right]} = 84\,668 \text{ N/mm}$$

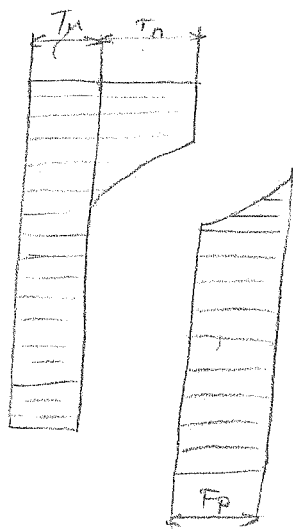
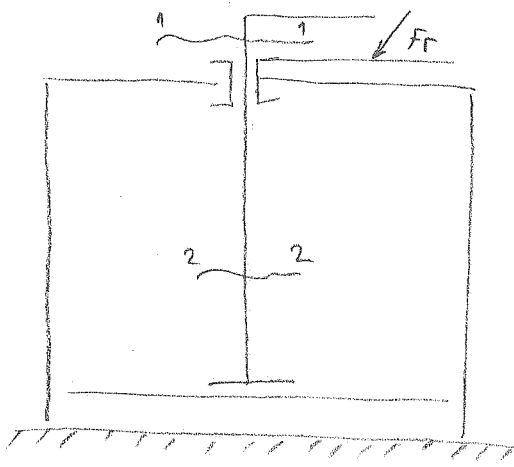
Stepen iskorisćenja prese:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) + \frac{d_u}{d_2} \mu_2} = \frac{\operatorname{tg} 2,96}{\operatorname{tg}(2,96 + 9,09) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15} = \frac{0,0517}{0,3064} = 0,1687$$

Potrebna broj okretaja vretena za njegovo aksijalno pomjeranje

$$S = 180 \text{ mm}$$

$$n = \frac{S}{L} = \frac{S}{p} = \frac{180}{9} = 20 \text{ obrtaja}$$



Presjek iznad navrtke 1-1 :

$$\bar{\sigma} = \frac{T}{W_0} = \frac{720\,000}{0,2 \cdot d^3} = \frac{720\,000}{0,2 \cdot 50,5^3} = 28 \text{ N/mm}^2$$

za  $\bar{\sigma} = 0,0545$  :  $\sigma_T = 280 \text{ N/mm}^2$  za  $d = 40 \dots 100 \text{ mm}$ ;  $\sigma_{TM} = \sigma_T \cdot \psi_1 \cdot \psi_T = 280 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 260$   
 $\bar{\tau} = 0,8 \cdot \sigma_T = 0,8 \cdot 280 = 224 \text{ N/mm}^2$  ;  $\tau_{TM} = \bar{\tau} \cdot \psi_1 \cdot \psi_T = 224 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 197$

stepen sigurnosti:

$$S_{1-1} = \frac{[\sigma_{TM}]}{\bar{\sigma}} = \frac{197}{28} = 7,14285$$

$$\psi_1 = 0,8 \text{ za } d = 60 \text{ mm - uvijanje}$$

$$\psi_T = 1,1$$

$$\psi_1 = 0,85 \sqrt[20]{d} = 60 \text{ mm - savijanje}$$

Presjek ispod navrtke 2-2 :

$$\bar{\sigma} = \frac{F_P}{A_3} = \frac{84\,668}{2003} = 42,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{\tau} = \frac{T_{cu}}{W_0} = \frac{218\,443,4}{0,2 \cdot 50,5^3} = 8,48 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{cu} = F_P \cdot \frac{d_{cu}}{2} \cdot \mu_2 = 84\,668 \cdot \frac{34,4}{2} \cdot 0,15 = 218\,443,4 \text{ Nmm}$$

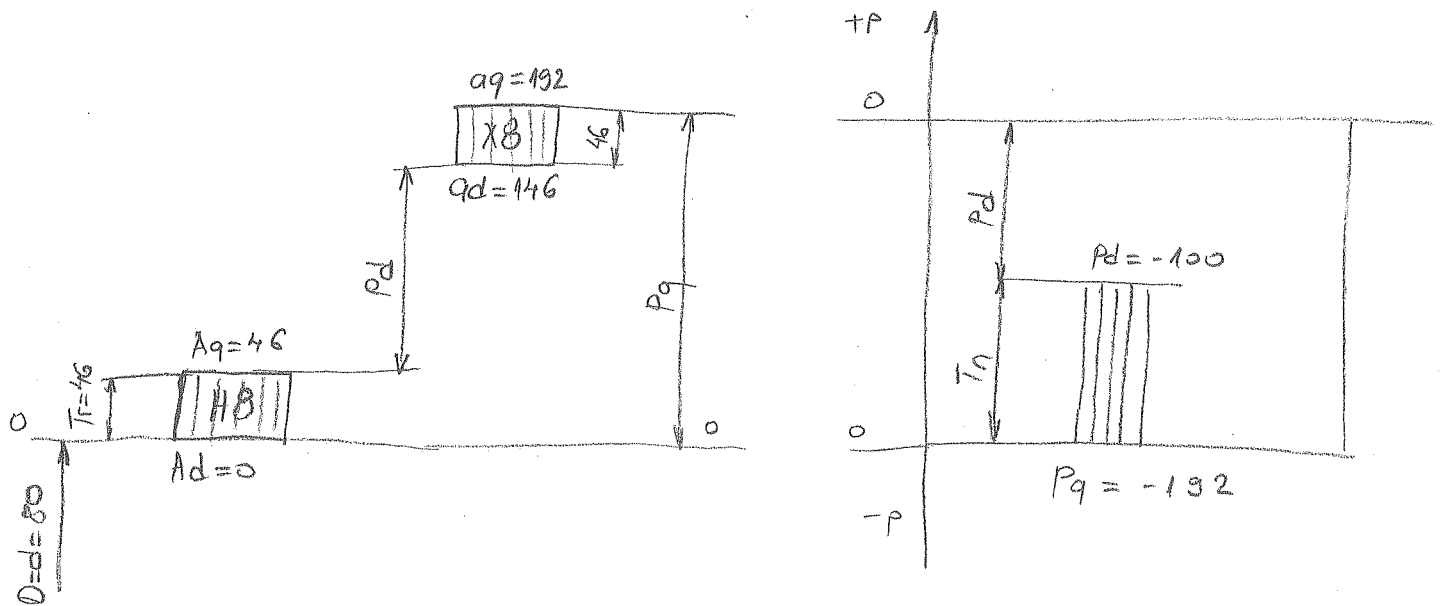
stepen sigurnosti:

$$S_\sigma = \frac{[\sigma_{TM}]}{\bar{\sigma}} = \frac{260}{42,3} = 6,1$$

$$S_\tau = \frac{[\tau_{TM}]}{\bar{\tau}} = \frac{197}{8,48} = 23,23$$

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{6,1 \cdot 23,23}{\sqrt{6,1^2 + 23,23^2}} = 5,9$$

slijedi polje # i kvalitet tolerancije IT8 (zadato zadatkom)  
 $a_d = +146 \mu\text{m}$ . To je tolerancija unutrašnje mjere (rupe)  
 $\phi 80 \text{ H8}$  sa  $T_r = 46 \mu\text{m}$ . Za spoljnu mjeru je kvalitet  
 tolerancije IT8 i  $d = 80 \text{ mm}$  te je tolerancija osovine  $t_o = 46 \mu\text{m}$   
 donje nazivno odstupanje rupe:  $a_q = a_d + t_o = 146 + 46 = 192 \mu\text{m}$  čemu  
 odgovara tolerancijsko polje X, te se dobije naliježanje  $\phi 80 \text{ H8/x8}$ .



Hajveći preklap:

$$P_q = D_d - d_q = A_d - a_q = 0 - 192 = -192 \mu\text{m} = -0,192 \text{ mm}$$

Hajmanji preklap:

$$P_d = D_q - d_d = A_q - a_d = 46 - 146 = -100 \mu\text{m} = -0,100 \text{ mm}$$

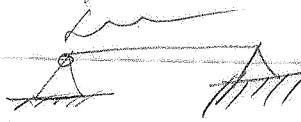
Tolerancije naliježanja:

$$T_n = T + t = 46 + 46 = 92 \mu\text{m} = 0,092 \text{ mm}$$

$$T_n = P_q - P_d = 192 - 100 = 92 \mu\text{m} = 0,092 \text{ mm}$$

# Elementi ujezba

## Auto - rješenje



Glavno vreteno / Tr 40 x 7

$d_2 = 36,5 \text{ mm}$  - srednji prečnik navoja

$\psi = 3,5^\circ$  - ugao nagiba navoja

$\mu = \arctg \mu_v = \arctg 0,1 = 6^\circ$  redukovani ugao trenja

$p = 7 \text{ mm}$  - korak navoja

Opterećenje svakog navojnog vretena pri podizanju auta:

$$F = \frac{G}{2} = \frac{200000}{2} = 100000 \text{ N}$$

Obrtni momenat na navojnom vretenu pri podizanju auta:

$T = T_n + T_\mu$  ; obrtanje na kotrljajne ležajeve

$$T = T_n = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tg(\psi + \mu) = 100000 \cdot \frac{36,5}{2} \cdot \tg(3,5 + 6) = 305400,26 \text{ Nmm}$$

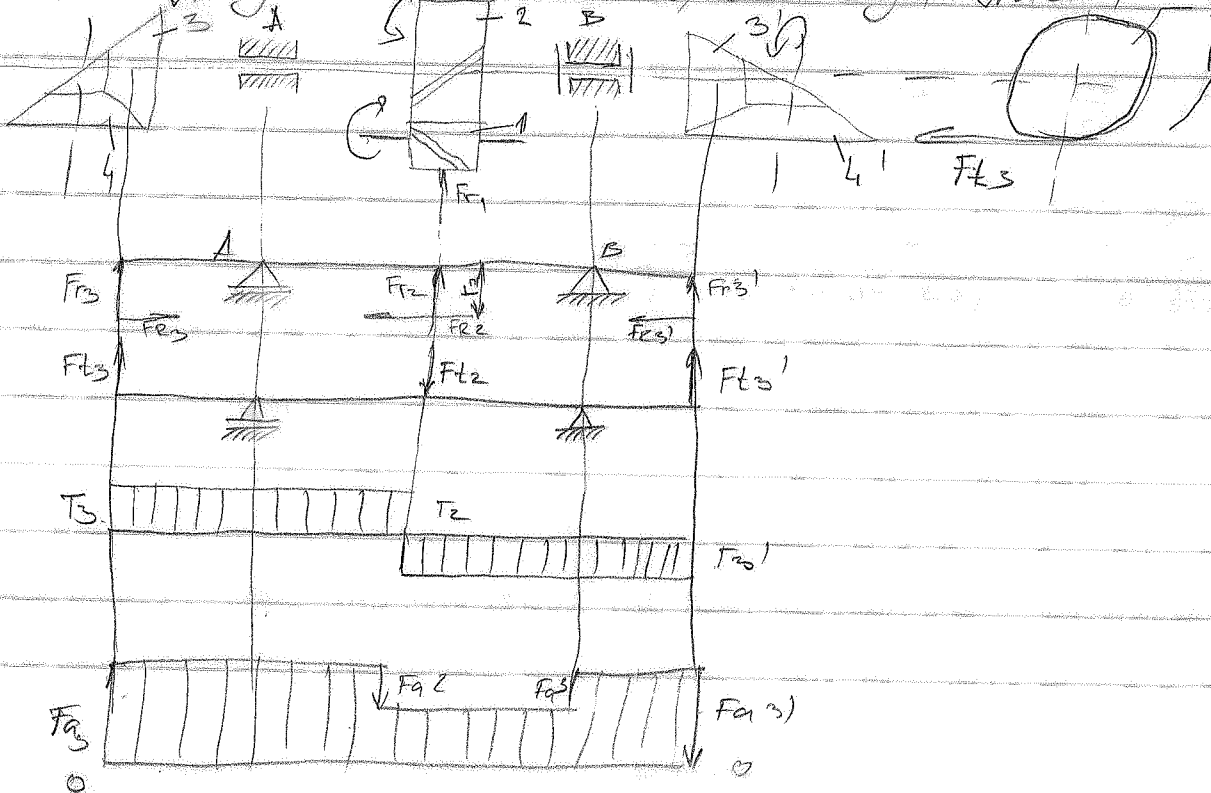
Prenosni odnosi

$$i_{1-2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{66}{20} = 3,3$$

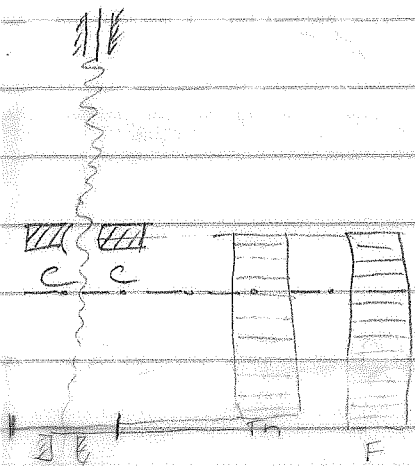
$$i_{3-4} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{40}{18} = 2,22$$

broj obrtaja navojnih vretena 5 i 5' odnosno zupčanika 4 i 4'

Stepen sigurnosti prema opterećenju vratila 3/1



c) Stepen sigurnosti navojnog vretena u presjeku C-C



U presjeku C-C mjerodavna opterećenja su

$$T = 305\,400,26 \text{ Nmm}$$

$$F = 100\,000 \text{ N}$$

Polarni moment inercije:

$$W_p = \frac{d^3 \cdot \pi}{16} = \frac{32,5^3 \cdot \pi}{16} = 6\,736,89 \text{ mm}^3$$

Poprečni presjek

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{32,5^2 \cdot \pi}{4} = 829,15 \text{ mm}^2$$

Glavni naponi:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{100\,000}{829,15} = 120,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{305\,400,26}{6\,736,89} = 45,33 \text{ N/mm}^2$$

Kritični naponi:

$$[\sigma] = \sigma_T = 700 \text{ N/mm}^2$$

$$[\tau] = 0,8 \cdot \sigma_T = 560 \text{ N/mm}^2$$

Stepen sigurnosti iznosi

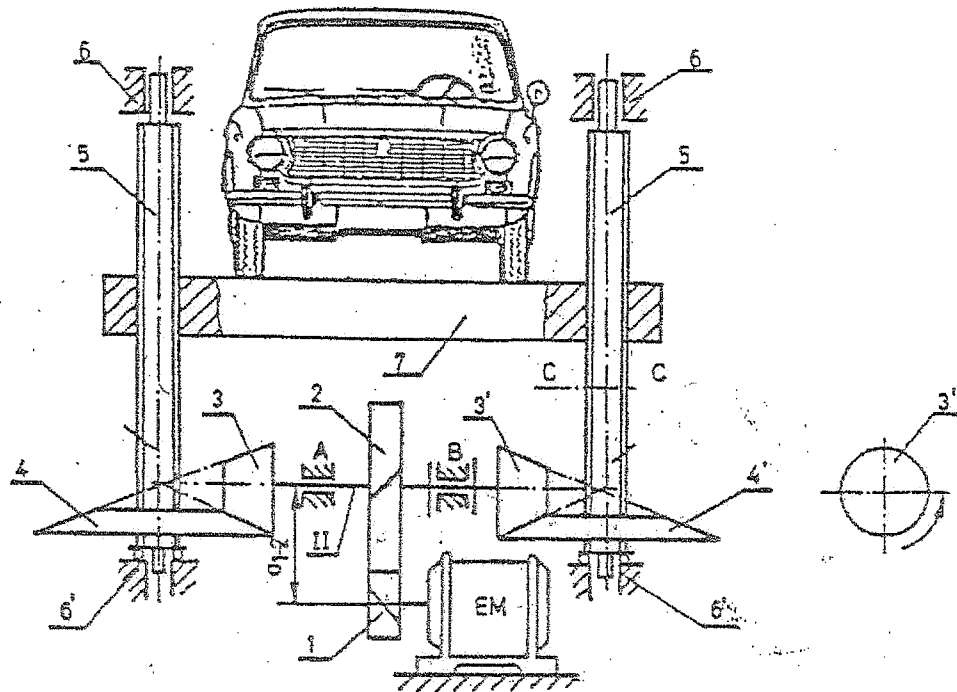
$$s_\sigma = \frac{[\sigma]}{\sigma} = \frac{700}{120,6} = 5,8$$

$$s_\tau = \frac{[\tau]}{\tau} = \frac{560}{45,33} = 12,35$$

Stepen sigurnosti

$$s = \frac{s_\sigma \cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} = \frac{5,8 \cdot 12,35}{\sqrt{5,8^2 + 12,35^2}} = 5,25$$

## ISPITNI ZADATAK



Dizalica za podizanje prednjeg dijela automobila, nazivne nosivosti 200 kN koja se pokreće elektromotorom sastoji se iz zupčastih parova (1-2, 3-4 i 3'-4'), dva navojna vretena 5 i 5' koja se oslanjaju na kotrljajne ležaje 6' i platforme 7. Svako navojno vreteno 5 i 5' istih su dimanzija (Tr 40x7) i podiže polovinu ukupnog tereta. Redukovani koeficijent trenja u navojnom paru je  $\mu_v=0,10$ . Potrebno je odrediti:

- snagu i broj obrtaja pogonskog elektromotora, ako je brzina dizanja platforme  $v=2,835$  m/min. Stepenn iskorištenja svakog zupčastog para je  $\eta=0,98$ , a elementi prenosioka imaju slijedeće karakteristike:  
 $Z_1=20$ ,  $Z_2=66$ ,  $Z_3=Z_3'=18$ ,  $Z_4=Z_4'=40$ ,  $a_{1-2}=130,608$  mm,  $\alpha_n=20^\circ$ ,  $m=5$  mm,  
 $\alpha=20^\circ$ ,  $b_{3-4}=b_{3'-4'}=25$  mm,  $x=0$  za sva zupčanike.
- nacrtati shemu opterećenja i dijagrame momenata uvijanja i aksijalnih sila.
- statički stepen sigurnosti navojnog vretena u presjeku C-C. Materijal vretena Č.4721.
- čvrstoću bokova koničnog zupčanika 3, materijal Č.4130. Kvalitet tolerancije zubaca IT6; opterećenje bez udara;  $K_A K_V K_{H\alpha} K_{H\beta}=1,2$ ;  $[\sigma]_M=\sigma_{Hlim}$ ;  $\epsilon_\alpha=1,6$ .

jesenje:

Maximo vreteno Tr 40 x 7:

d2 = 36,5 mm, srednji prečnik navoja

φ = 3,5°, ugao nagiba navoja

φv = arctg μv = arctg 0,1 = 6°, redukovanu ugao trenje.

p = 2 mm - korak navoja.

Opterećenje svakog navojnog vretena F = G/2 = 200 000 / 2 = 100 000 N.

Obrtni moment na navojnom vretenu pr. podrzazi automobila:

T = Tm + Tφ; Tφ = 0, ostajenje ne kotrljaju lezivo.

T = Tm = F \* d2 / 2 \* tg(φ + φv) = 100 000 \* 36,5 / 2 \* tg(3,5 + 6) = 305 400,26 Nmm

zvosnu odnos:

i1-2 = z2/z1 = 66/20 = 3,3; i3-4 = i3-4' = z4/z3 = z4'/z3' = 40/18 = 2,222

oj obrtaje navojnih vretena 5 i 5' odnosno upčamka 4 i 4':

n5 = n4 = v/L = v / (m \* p / z) = 2835 / (1,7 \* 2) = 405 min^-1 = 6,75 s^-1

geome brzine iznose: v = n \* r; n = ω / p = 2835 / 2

ω5 = ω5' = ω4 = ω4' = 2 \* π \* n5 = 2 \* π \* 6,75 = 42,11 s^-1

oj obrtaje vratila II odnosno upčamka 2, 3 i 3' iznose:

n = n2 = n3 = n3' = i3-4 \* n4 = i3-4 \* n4' = 2,222 \* 405 = 900 min^-1 = 15 s^-1

ome brzine: ω11 = ω2 = ω3 = ω3' = 2π \* n11 = 2π \* 15 = 94,248 s^-1

oj obrtaje upčamka 1 odnosno elektromotora:

n1 = nEH = i1-2 \* n11 = i1-2 \* n2' = i1-2 \* n3 = i1-2 \* i3-4 \* n5 = 3,3 \* 2,222 \* 405 = 2970 min^-1 = 50 s^-1

ome brzina upčamka 1 odnosno EH:

ω1 = 6354 2π \* 50



2. Osnovni moment na pušenju (M<sub>0</sub> tabela 7.36. str. 104)

$$T = T_n + T_\mu \quad d = 60 \text{ - sr. prečnik} \quad (M_0 \text{ tabela 7.36. str. 104})$$

$$T_n = F \cdot \frac{d^2}{2} \cdot (\gamma + \rho_n) = 125000 \cdot \frac{60^2}{2} \cdot \text{tg}(9,043^\circ - 343^\circ) = 829501,18$$

$$\gamma = \arctg \frac{2}{\pi \cdot d} = \arctg \frac{2 \cdot 10}{\pi \cdot 60} = 9,043^\circ$$

$$\rho_n = \arctg \mu_n = \arctg 0,66 = 33,43^\circ$$

$$T_\mu = F \cdot r \cdot \mu \cdot M = 125000 \cdot 41,75 \cdot 0,06 = 313125 \text{ Nm} = 313,125 \text{ Nm}$$

$$r \mu = \frac{d \cdot \mu \cdot D_0}{4} = \frac{100 \cdot 67}{4} = 41,75 \text{ mm} \quad \begin{matrix} d_s = 100 \\ d_0 = 67 \end{matrix}$$

$$T_n = 829,501 \text{ Nm}$$

$$T = 829,501 + 313,125 = 1142,626 \text{ Nm}$$

12. Osnovni moment na pušenju

$$T_1 = \frac{T_2}{u_2 \cdot \omega_2} =$$

13. Prenosni odnos i sila pona izkorišćenja pušenog para

$$u_1 - u_2 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{24}{3} = 8$$

$$\xi_{1-2} = \frac{\text{tg } \rho^* m}{\text{tg } (\rho^* m + \rho^* \rho)} = \frac{\text{tg } 20,556^\circ}{\text{tg}(20,556^\circ + 34,3^\circ)} = 0,84$$

$$\text{tg } \rho^* m = \frac{z_2}{z_1} = \frac{3}{8} = 0,375 \Rightarrow \rho^* m = \arctg 0,375 = 20,556^\circ$$

14. Potrebna snaga na pušenju

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_1 = 2 \cdot \pi \cdot 8,88 = 55,79 \text{ s}^{-1}$$

$$P_1 = T_1 \cdot \omega_1 = 110,3 \cdot 55,79 = 6151,97 \text{ W} = 6,152 \text{ kW}$$

$$n_1 = n_2 \cdot u_1 - u_2 = 1,11 \cdot 8 = 8,88 \text{ s}^{-1}$$

15. Broj obrtaja navrtke

$$n_2 = \frac{v}{L} = \frac{2 \cdot 10^3}{\pi \cdot 10} = 63,67 \text{ min}^{-1} = 1,11 \text{ s}^{-1}$$

16. Faktor pušenog para

Faktor radnog vijka pušenog para

$$Z_T = \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{N_H \cdot Z_v}}$$

Radni naponi na bokovima zabaosa

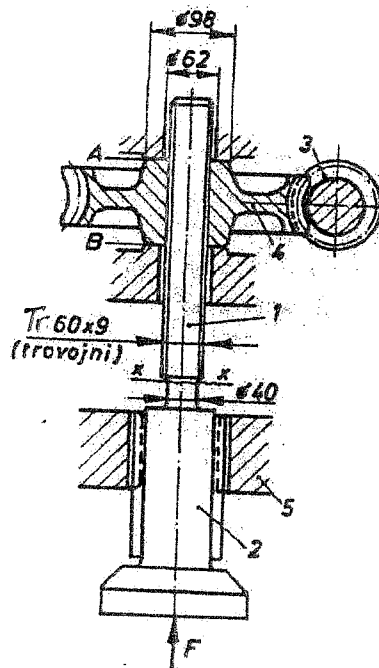
$$\sqrt{H} = Z_E \cdot Z_P \cdot \sqrt{\frac{F_T}{k_2 d_2} \cdot k_A \cdot k_V \cdot k_{H/B}} \quad \text{Prk str. 252.}$$

Faktor elastičnosti materijala

$$Z_E = 152,2 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{IMP. 2. tabela 7.2 II. str. 50})$$

Faktor pušenog para

## ISPITNI ZADATAK



Pomoću prese, prikazane na slici, ostvaruje se pri presovanju pritisak na pritiskivaču 100 kN. Obrtanjem pužnog zupčanika u oba smjera vreteno se aksijalno kreće naniže ili naviše. Brzina kretanja vretena i pritiskivača iznosi  $v=4.2$  m/min. Obrtanje vretena se sprječava na vodičama 5.

Za sklop vretena 1, prikazan na slici potrebno je odrediti:

1. Veličinu obrtnog momenta i snagu koju je potrebno ostvariti na pužu u trenutku djelovanja sile 100 kN na pritiskivaču. Vrijednost svih koeficijenata trenja usvojiti 0,06. Vreteno je sa kosim trovojn timer navojem Tr 60x9.
2. Nacrati dijagrame raspodjele opterećenja navojnog vretena u trenutku presovanja. Sopstvene težine elemenata i pužnog zupčanika zanemariti. Odrediti površinski pritisak na više opterećenom ležištu ( A, B ) u kome se oslanjaju pužni zupčanik sa vretenom i pritiskivačem.
3. Provjeriti vijek pužnog para na osnovu izdržljivosti bokova zubaca ako je puž izrađen od poboljšanog čelika, a pužni zupčanik od kalajne bronz (PcuSn14), a stepen sigurnosti iznosi  $S=1,2$ .
4. Proračunati stepen sigurnosti protiv dinamičke izdržljivosti loma vretena u presjeku x-x. Faktore koncentracije napona za sva naprezanja usvojiti  $\beta_k=1.4$ . Vreteno je fino strugano i izrađeno od Č.1530.

Zadato je:  $\xi_R=1.2$ ,  $m_n=10$ mm,  $q=8$ ,  $Z_3=4$ ,  $Z_4=32$ ,  $b_4=60$ mm,  $K_A=1.5$ ,  $\rho=3.43^\circ$ ,  $n_\Sigma > N_D$ .



$$t_g \alpha_m = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \sigma_{D(-1)}}{\sigma_{D(0)}} \right] \cdot \left\{ \begin{matrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \xi_2 \end{matrix} \right\} = 0,774$$

$$t_g \alpha_m = 0,774$$

$$\alpha_m = 3,7354$$

$$\sigma_{Tm} = \sigma_T \cdot \xi_1 = 420 \cdot 0,9 = 378 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_T = 420 \text{ zA} \quad \bar{c} = 1530$$

$$\xi_1 = 0,9$$

$$\xi_2 = 0,94$$

$$\xi_3 = 1$$

$$\xi_2 = 1,2$$

$$\sigma_{Dm} = \frac{\sigma_{D(-1)m}}{1 - \alpha t_g \beta \cdot t_g \alpha_m} = \frac{1178,22}{1 - 0,5 \cdot 0,75} = 219,75 \geq \sigma_{Tm} = 250$$

$$\sigma_{D(-1)m} = \sigma_{D(-1)} \cdot \left\{ \begin{matrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \xi_2 \end{matrix} \right\} = 1178,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_m = 1 + \left[ 1 - \frac{2 \sigma_{D(-1)}}{\sigma_{D(0)}} \right] \cdot \left\{ \begin{matrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \xi_2 \end{matrix} \right\} = 0,56$$

### STEPEN SIGURNOSTI

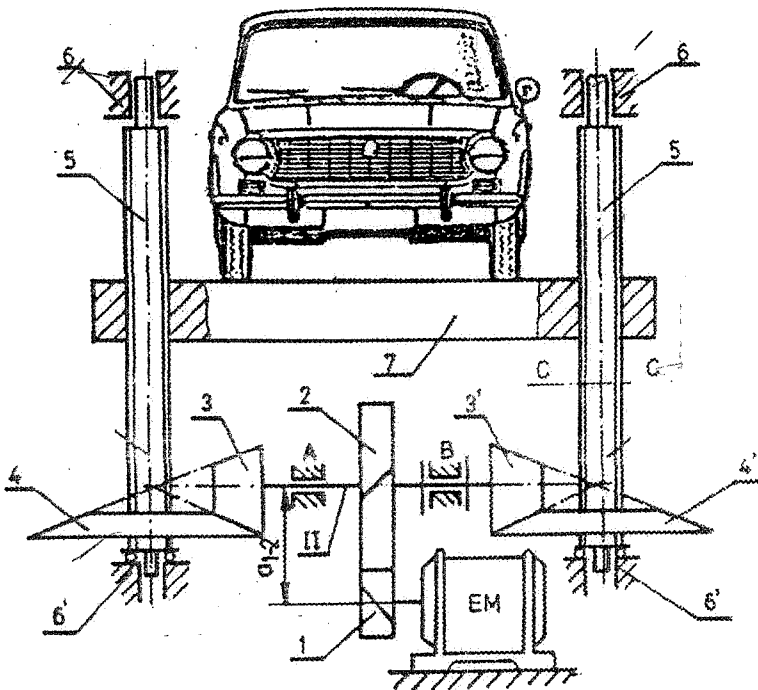
$$S_\sigma = \frac{\sigma_{DM}}{\beta_k \cdot \sigma_g} = 3,27 \quad S_\tau = \frac{\sigma_{DM}}{\beta_k \cdot \tau_g} = 3,3$$

Ukupan stepen sigurnosti

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = 2,3 //$$



ISPITNI ZADATAK

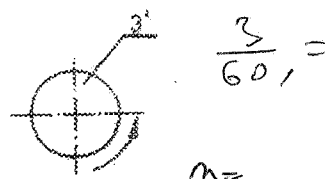


$$T = F \cdot \frac{d_2}{2} (1 + \beta_m)$$

$$\beta_m = \arctan \mu_m$$

T =

$$v = m \cdot L \quad \text{Korak}$$



Dizalica za podizanje prednjeg dijela automobila, nazivne nosivosti 180 kN, pogon dobija preko zupčanika (4 i 4'), dva navojna vretena 5 i 5' koja se oslanjaju na kotrljajne ležaje 6 i 6' i platforme 7. Svako navojno vreteno podiže polovinu ukupnog tereta i istih su dimenzija Tr 36x6 - dvonavojni. Redukovani koeficijent trenja u navojnom paru je  $\mu_v = 0,12$ . Potrebno je odrediti:

- a) Obrtni moment i broj obrtaja vretena, ako je brzina dizanja platforme  $v = 3$  m/min. ✓
- b) Nacrtati shemu opterećenja vretena: dijagrame momenata uvijanja i aksijalnih sila.
- c) Dinamički stepen sigurnosti navojnog vretena u presjeku C-C ako je broj promjena opterećenja u radnom vijeku dizalice 650 000. Materijal vretena Č.1730, srednji kvalitet obrade i rezan navoj. ✓

$T_H$  - trapezni navoj

c) dinamická stopa rigornosti navrhovanej v projekci C-C  
 $N_D = 3 \cdot 10^6$   $m_{\Sigma} = 660000$   $m = 3$  od čelky za navrhovanej dĺžky

$$m_{\Sigma} \ll N_D$$

$$G_{AMM} = G_A \sqrt{\frac{N_D}{m_{\Sigma}}} \xi_B \xi_1 \xi_2 \xi_3 \xi_4 \xi_R = 55 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 10^6}{0,166 \cdot 10^6}} \cdot 0,97 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1,1$$

za 6.4730

$$G_A = 55$$

$$\xi_B = \frac{B_{K0}}{B_K} = \frac{3,5}{3,6} = 0,97$$

$$B_{K0} = 3,5$$

$$B_K =$$

$$\frac{d}{R} = \frac{35}{0,25} = 140$$

$$\xi_1 = 0,86$$

$$\xi_2 = 1$$

$$\xi_3 = 1,9$$

$$\xi_4 = 1,1$$

$$\xi_R = 1,1$$

$$= 55 \cdot \sqrt{18,125} \cdot 0,97 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1,1 = 174,72$$

$$T_{AMM} = 0,8 \cdot G_{AMM} = 139,77$$

Stopec rigornosti

$$[G]_M = G_{TM} = G_T \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 = 640 \cdot 1,4 \cdot 0,9 = 806,4$$

$$G = \frac{F}{A_{min}} = \frac{90 \cdot 10^3}{660} = 136,36$$

parcijálna stopa rigornosti  $S_G = \frac{[G]_M}{G} = \frac{806,4}{136,36} = 5,9$

$$[T]_M = T_{TM} = T_T \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 = 390 \cdot 1,4 \cdot 0,9 = 491,4$$

$$T = \frac{T_n}{0,2 \cdot f_{min}^2} = \frac{401518,02}{0,2 \cdot 293^2} = 82,3$$

$$S_T = \frac{[T]_M}{T} = \frac{491,4}{82,3} = 5,9$$

Ukľpná stopa rigornosti

$$S = \frac{S_G \cdot S_T}{\sqrt{S_G^2 + S_T^2}} = \frac{5,9 \cdot 5,9}{\sqrt{5,9^2 + 5,9^2}} = \frac{34,81}{8,21} = 4,24$$

a.) dlatati momentni broj drzaka vrtenja:

$$T = T_m + T_M$$

$$T_M \approx 0$$

$$T = T_m$$

$$T_m = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \beta_m) = 90 \cdot 10^3 \cdot \frac{33 \text{ mm}}{2} \cdot \tan(6,60^\circ + 8,53^\circ) =$$

$$F = \frac{180 \text{ kN}}{2} = 90 \text{ kN}$$

$$= 1485000 \cdot 0,27 = 401512,02 \text{ Nmm}$$

$d_2$  za Tr 36x6

$$d_2 = 33$$

$$\alpha = 6,60$$

$$\beta_m = \arctan \mu_m = \arctan 0,15 = 8,53^\circ$$

$$\mu_m \approx \mu = 0,15 \dots 0,16$$

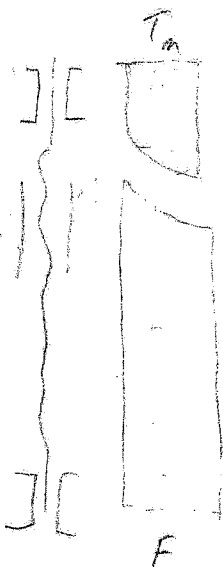
$$v = n \cdot L$$

$v$ :

$$n = \frac{v}{L} = \frac{3 \cdot 10^3}{12} = 250 \text{ min}^{-1}$$

$$L = 2P = 2 \cdot 6 = 12$$

(r)





c) dinamitni stepen sigurnosti navojnog vrtača u presjeku C-C  
 $N_D = 3 \cdot 10^6$   $n_\Sigma = 660000$   $m = 3$  od čelika za navojne dijelove.

$$m_\Sigma \ll N_D$$

$$S_{AMM} = 6A \sqrt{\frac{N_D}{n_\Sigma}} \xi_B \xi_1 \xi_2 \xi_3 \xi_4 \xi_R = 55 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 10^6}{0,66 \cdot 10^6}} \cdot 0,97 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1,1$$

$$2A = 0,4730$$

$$6A = 55$$

$$\xi_B = \frac{B_{K0}}{B_K} = \frac{3,5}{3,6} = 0,97$$

$$B_{K0} = 3,5$$

$$B_K =$$

$$\frac{d}{R} = \frac{36}{0,25} = 144$$

$$\xi_1 = 0,86$$

$$\xi_2 = 1$$

$$\xi_3 = 1,9$$

$$\xi_4 = 1,1$$

$$\xi_R = 1,1$$

$$= 55 \cdot \sqrt{4,545} \cdot 0,97 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1,9 \cdot 1,1 =$$

$$= 174,72$$

$$S_{AMM} = 0,9 \cdot 6_{AMM} = 139,97$$

Stepen sigurnosti

$$[G]_M = G_{TM} = G_T \cdot \xi_T \cdot \xi_1 = 640 \cdot 1,4 \cdot 0,9 = 806,4$$

$$G = \frac{F}{A_{min}} = \frac{90 \cdot 10^3}{660} = 136,36$$

$$\text{Procjenjivni stepen sigurnosti } S_G = \frac{[G]_M}{G} = \frac{806,4}{136,36} = 5,9$$

$$[\tau]_M = \tau_{TM} = \tau_T \cdot \xi_T \cdot \xi_1 = 390 \cdot 1,4 \cdot 0,9 = 491,4$$

$$\tau = \frac{T_n}{0,2 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \text{min}} = \frac{401518,02}{0,2 \cdot \pi \cdot 29^2} = 82,3$$

$$S_\tau = \frac{[\tau]_M}{\tau} = \frac{491,4}{82,3} = 5,9$$

Ukupni stepen sigurnosti

$$S = \frac{S_G \cdot S_\tau}{\sqrt{1,25}} = \frac{5,9 \cdot 5,9}{\sqrt{1,25}} = \frac{34,81}{1,118} = 31,17$$

a.) dadas momenta bij disteja wretara:

$$T = T_m + T_{\mu}$$

$$T_{\mu} \approx 0$$

$$T = T_m$$

$$T_m = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot t_g (\varphi + \rho_m) = 90 \cdot 10^3 \cdot \frac{33 \text{ mm}}{2} \cdot t_g (6,60^\circ + 8,53^\circ) =$$

$$F = \frac{180 \text{ kW}}{2} = 90 \text{ kW}$$

$$= 1485000 \cdot 0,27 = 401512,02 \text{ N mm}$$

$d_2$  za Tr 36 X 6.

$$d_2 = 33$$

$$\varphi = 6,60$$

$$\rho_m = \arctan \mu_m = \arctan 0,15 = 8,53^\circ$$

$$\mu_m \approx \mu = 0,15 \dots 0,16$$

$$N = n L$$

$$n = \frac{N}{L} = \frac{3 \cdot 10^3}{12} = 250 \text{ min}^{-1}$$

$$L = 2P = 2 \cdot 6 = 12$$

b.)

