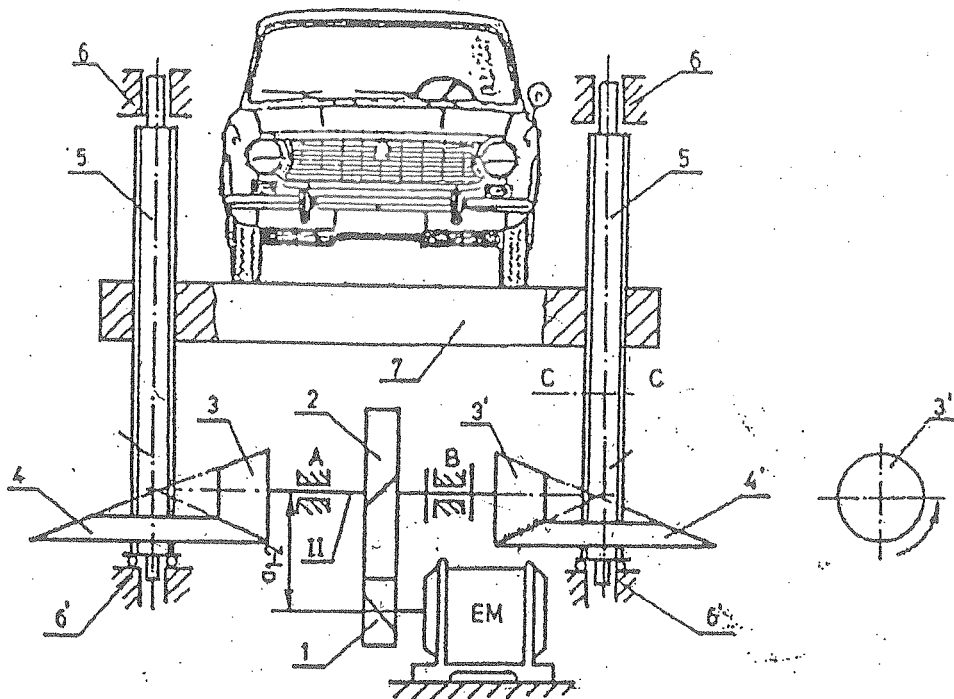


ISPITNI ZADATAK



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 $\Gamma r 40 \times 7$ i podiže polovinu ukupnog tereta. Redukovani koeficijent trenja u navojnom paru je $\mu_v = 0,10$. Potrebno je odrediti:

- a) 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.

- b) nacrtati shemu opterećenja i dijagrame momenata uvijanja i aksijalnih sila.
c) statički stepen sigurnosti navojnog vretena u presjeku C-C. Materijal vretena Č.4721.
d) čvrstoću bokova koničnog zupčanika 3, materijal Č.4130. Kvalitet tolerancije zubaca IT6; opterećenje bez udara; $K_A K_V K_{H\alpha} K_{H\beta} = 1,2$; $[\sigma]_M = \sigma_{Hlim}$; $\varepsilon_\alpha = 1,6$.

Navigno vreteno Tr 40 x 7:

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

$\varphi = 3,5^\circ$, ugao nagiba navoja

$\rho_v = \arctg \mu_v = \arctg 0,1 = 6^\circ$, redukovan ugao trenje.

$r = 2 \text{ mm}$ - korak navoja.

većerajski statički najvišnji moment $F = \frac{G}{2} = \frac{200\ 000}{2} = 100\ 000 \text{ N}$.

Umi moment na najvišem vretenu pr. podrzajski automobil:

$= T_M + T_f$; $T_f = 0$, ostajez na koljiznoj ležajze.

$$T_M = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \rho_v) = 100\ 000 \cdot \frac{36,5}{2} \cdot \tan(3,5 + 6) = 305\ 400,26 \text{ Nm}$$

osni odnosi:

$$i_{2-2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{66}{20} = 3,3; \quad i_{3-4} = i_{3-4'} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{z_4'}{z_3'} = \frac{40}{18} = 2,222$$

obrtaje najvišnji vretene 5 i 5' odnosno upćamka 4 i 4':

$$n_4 = \frac{v}{L} = \frac{v}{\frac{\pi \cdot d_2}{2}} = \frac{2835}{1,7} = 405 \frac{\text{min}}{\text{min}} = 6,75 \text{ s}^{-1}$$

ve brzine iznose:

$$v = \pi \cdot d \cdot n$$
$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{2835}{1,7}$$

$$\omega_{5'} = \omega_4 = \omega_{4'} = 2 \cdot \pi \cdot n_4 = 2 \cdot \pi \cdot 6,75 = 42,11 \text{ s}^{-1}$$

obrtaje vratila II odnosno upćamka, 2, 3, i 3' iznose:

$$n_2 = n_3 = n_{3'} = i_{3-4} \cdot n_4 = i_{3-4'} \cdot n_{4'} = 2,222 \cdot 405 = 900 \frac{\text{min}}{\text{min}} = 15 \text{ s}^{-1}$$

ve brzine: $\omega_{11} = \omega_2 = \omega_3 = \omega_{3'} = 2 \cdot \pi \cdot n_{11} = 2 \cdot \pi \cdot 15 = 94,248 \text{ s}^{-1}$.

obrtaje upćamka I odnosno elektromotora:

$$n_{EH} = i_{1-2} \cdot n_{11} = i_{1-2} \cdot n_2 = i_{1-2} \cdot n_3 = i_{1-2} \cdot i_{3-4} \cdot n_4 = 3,3 \cdot 2,222 \cdot 405 = 2970 \frac{\text{min}}{\text{min}} = 50 \text{ s}^{-1}$$

ve brzine upćamka I odnosno EH:

$$\omega_{EH} = 2 \cdot \pi \cdot n_{EH} = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,16 \text{ s}^{-1}$$

Škemi momenti na najvišim vretenima 5 i 5' i up. 4 i 4':

(2)

$$T_5 = T_5' = T_4 \pm T_4' = 305\,400,26 \text{ Nmm}$$

$$T_3 = \frac{T_4}{i_{3-4} \cdot \eta_{3-4}} = \frac{305\,400,26}{2,222 \cdot 0,98} = 140\,248,8 \text{ Nmm}$$

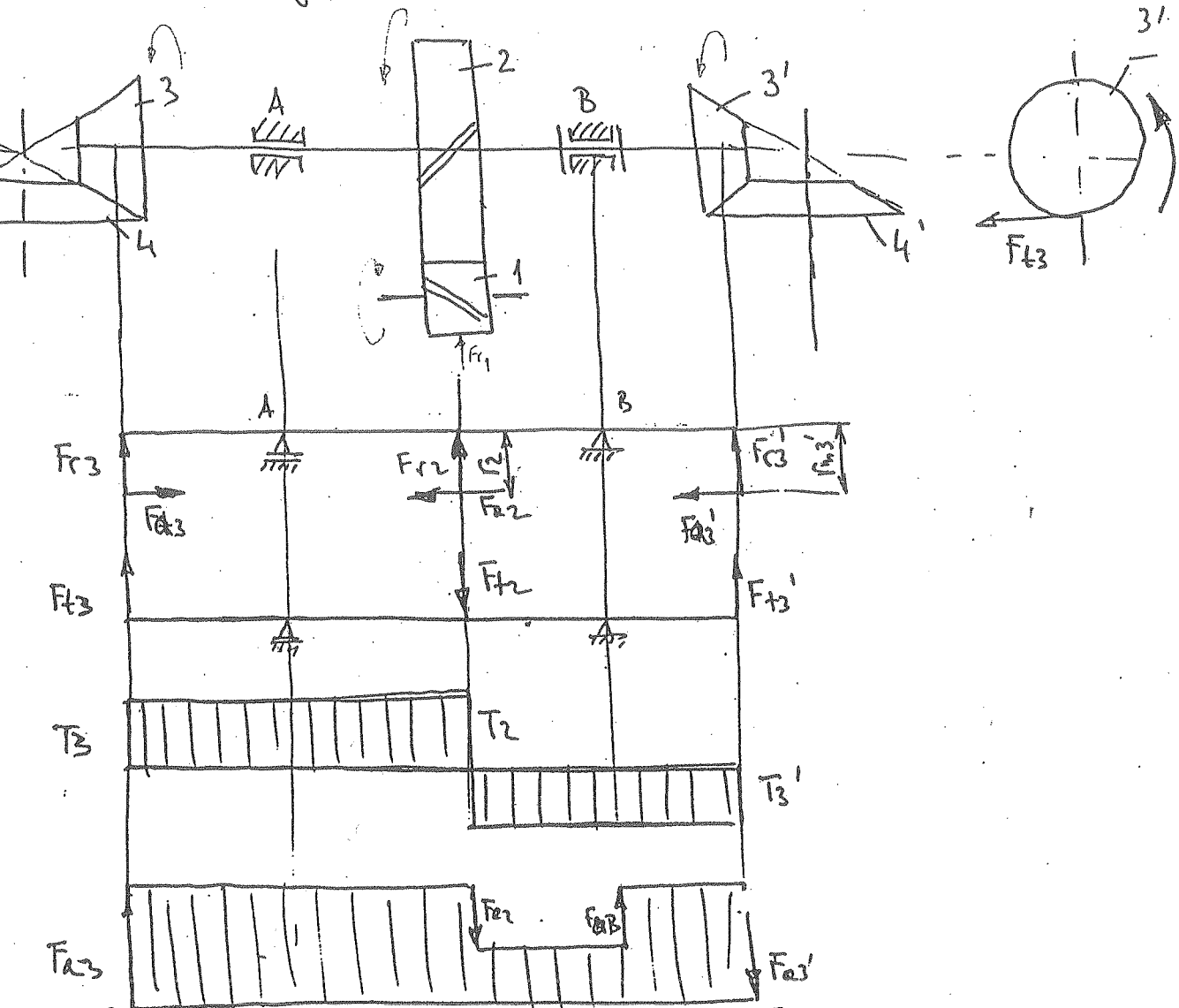
$$T_2 = T_4 + T_3' = 2 \cdot 140\,248,8 = 280\,497,67 \text{ Nmm}$$

$$T_1 = T_{EH} = \frac{T_2}{i_{1-2} \cdot \eta_{1-2}} = \frac{280\,497,67}{3,3 \cdot 0,98} = 86\,733,97 \text{ Nmm} = 86,73 \text{ Nm}$$

potrebna snaga EH: $P_1 = P_{EH} = T_{EH} \cdot \omega_{EH} = 86,733 \cdot 314,16 = 27\,248,3 \text{ W}$

$$P_{EH} = 27,25 \text{ kW}$$

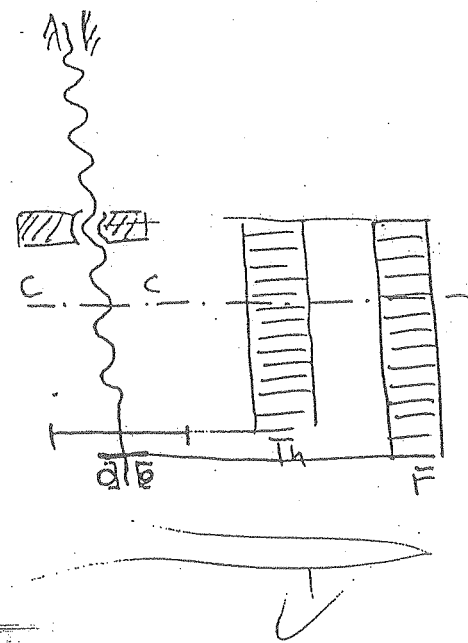
Shema opterećenja vratila II:



Stepen sigurnosti mogući vršenja u presjeka C-C

(3)

[Signature]



U presjeku C-C njerodovna opterećenja su

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

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

te polarni otporni moment:

$$W_0 = \frac{d^3 \cdot \pi}{16} = \frac{32,5^3 \cdot \pi}{16} = 6736,89 \text{ mm}^3$$

poprečni presjek:

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

napetosti:

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

$$\frac{T}{W_0} = \frac{305\,400,26}{6736,89} = 45,33 \text{ N/mm}^2$$

hidne napetosti:

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

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

stepen sigurnosti linije:

$$\frac{\sigma_T}{\sigma} = \frac{700}{120,6} = 5,8$$

$$\frac{\tau_T}{\tau} = \frac{560}{45,33} = 12,35$$

step. sig:

$$S = \frac{\sigma_T \cdot \tau_T}{\sqrt{\sigma^2 + \tau^2}} = \frac{5,8 \cdot 12,35}{\sqrt{5,8^2 + 12,35^2}} = \underline{\underline{5,25}}$$

stepen napetosti ^{splošno} ~~je~~ vspešnost 3:

4

$$S_H = \frac{(\sigma_H)_H}{\sigma_H} = \frac{\sigma_{H_{lim}} \cdot Z_H \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_E \cdot Z_W \cdot Z_P}{Z_E \cdot Z_H \cdot Z_E \cdot Z_P \cdot \sqrt{\frac{F_{t3}}{b \cdot d_{m3}} \cdot \frac{(u^2-1)}{u} \cdot k_A \cdot k_U \cdot k_{Hd} \cdot k_{H\beta}}}}$$

glej:

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

$$Z_H \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_W \cdot Z_P = 1 \text{ - ustrežna vreditev}$$

$$Z_E = 189,8 \text{ [N/mm}^2\text{]}^{1/2} \text{ u } \check{C}/\check{C} \text{ - faktor elastičnosti}$$

$$Z_H = \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \cos \beta b}{t_{gdw}}} = \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \cos 0^\circ}{t_{gdw}}} = \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \sqrt{\frac{2}{t_{gdw}}} = \frac{1}{\cos 20^\circ} \cdot \sqrt{\frac{2}{t_{gdw}}} = 2,49$$

$d_w = d$ jer je $X_3 = X_4 = 0$; $\beta = 0^\circ$ jer je $\beta = 0^\circ$, faktor odhoda tokov

$$Z_E = \sqrt{\frac{4 - \epsilon_d}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 1,6}{3}} = 0,89; \quad \epsilon_d = 1,6 \text{ redelo redelkom; faktor spretnosti}$$

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

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

$$m_3 = m \cdot z_3 - b \cdot \sin \delta_3 = 5 \cdot 18 - 25 \cdot 24^\circ 14' = 0 \text{ mm}$$

$$\tan \delta_3 = \frac{1}{13-4} = \frac{18}{40} = 0,45 \Rightarrow \delta_3 = 24^\circ 14'$$

$$= 25 \text{ mm redela širina}$$

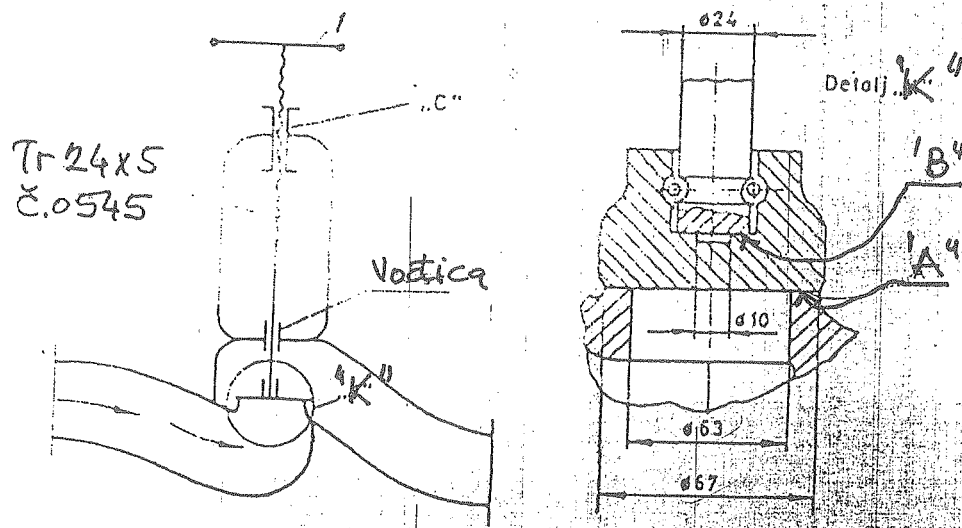
$$= 13-4 = 2,222$$

$$k_U \cdot k_{Hd} \cdot k_{H\beta} = 1,2 \text{ - redelo redelkom}$$

$$= \frac{700 \cdot 1}{189,8 \cdot 2,49 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{3506,22}{25 \cdot 80} \cdot \frac{2,222^2 + 1}{2,222}} \cdot 1} = 1,1$$

HMIR

ISPITNI ZADATAK
-prvi parcijalni-



ventil za zatvaranje cijevi sa vodom pod pritiskom zatvara se pomoću ventila sa trapeznim navojem Tr24x5. Odrediti najveći obrtni moment pri pritezanju na ručnom točku vretena 1 pod uslovom da površinski pritisak na dodirnoj površini sjedišta ventila A ne pređe 20 N/mm^2 . Koeffcijent trenja uzeti 0.15. Pri djelovanju vode u datom smjeru sa pritiskom $p=16 \text{ bara}$, proračunati površinske pritiske na dodirnim površinama A i B (na dodirnim površinama sjedišta i tijela ventila odnosno vretena i sjedišta) i u navojnom spoju C ako je visina navrtke 35 mm. Nacrtati dijagrame napadnih opterećenja navojnog vretena i provjeriti stepene sigurnosti u karakterističnim presjecima na kraju procesa pritezanja.

1. zadatak:
 a) Potrebna sila prikolice:

$$F_p = A \cdot p = 4,08 \cdot 200 = 816 \text{ kN} \quad 8160 \text{ N}$$

gdje je:

$$A = (6,7^2 - 6,3^2) \cdot \frac{\pi}{4} = 4,08 \text{ m}^2$$

- određeno površino no spjelstu vektora.

Moment potreban za savladavanje tereta u naujnom spoju:

$$T_m = F_p \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \frac{1}{2} (\varphi + \beta_m) = 8160 \cdot \frac{21,5}{2} \cdot \frac{1}{2} (4,25^\circ + 8,53^\circ) = 19897,3 \text{ Nm}$$

gdje φ : $d_2 = 21,5 \text{ m}$ - srednji prečnik (17 24 x 5)
 $\varphi = 4,25^\circ$

$\beta_m = \arctan \frac{r_{mz} - r_{mzj}}{r_0} = 8,53^\circ$

Moment potreban za savladavanje tereta na debljini površine:

$$T_m = F_p \cdot p \cdot r_0 = 8160 \cdot 0,15 \cdot 8,98 = 10981,5 \text{ Nm}$$

$$r_0 = \frac{1}{3} \cdot \frac{d_2^3 - d_1^3}{d_2^2 - d_1^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{21,5^3 - 10^3}{21,5^2 - 10^2} = 8,98 \text{ mm}$$

Ukupni moment:

$$T = T_m + T_m = 19897,3 + 10981,5 = 30888,82 \text{ Nm}$$

b) Sila koja djeluje na poluprec vektora:

$$F^1 = A_1 \cdot P_A = \frac{63^2 \cdot \pi}{4} \cdot 200 = 4985 \text{ N}$$

Ukupna sila koja djeluje na površinu A:

$$F_A = F_p - F^1 = 8160 - 4985 = 3175 \text{ N}$$

Sila koja djeluje na površinu B:

$$F_B = F_p + F^1 = 8160 + 4985 = 13145 \text{ N}$$

Srednje površinski pritisak na:

- određenoj površini A:
 $p_A = \frac{F_A}{A_A} = \frac{3175}{408,4} = 7,77 \text{ N/mm}^2$

$A_n = (6,7^2 - 6,3^2) \cdot \frac{\pi}{4} = 408,4 \text{ mm}^2$

- određenoj površini B:

$$p_B = \frac{F_B}{A_B} = \frac{13145}{373,66} = 35,18 \text{ N/mm}^2$$

$$A_B = (24^2 - 10^2) \cdot \frac{\pi}{4} = 373,66 \text{ mm}^2$$

Broj naujnika u debljini:

$$z = \frac{t_m}{p} = \frac{35}{7} = 7$$

Srednje opterećenje jednog naujnika:

$$F_A = \frac{F}{z} = \frac{F_B}{z} = \frac{13145}{7} = 1877,8 \text{ N}$$

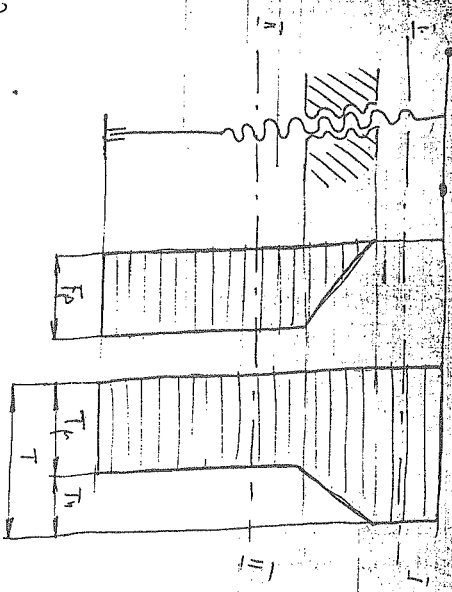
Srednji površinski pritisak između naujnika i naujnog spoja:

$$p_c = \frac{F_A}{A_m} = \frac{1877,8}{168,7} = 11,126 \text{ N/mm}^2$$

$$A_n = d_2 \cdot \pi \cdot t_1 = 21,5 \cdot \pi \cdot 2,5 = 168,7 \text{ mm}^2$$

Dijagram opterećenje: σ i τ su eksponencijalno isti i jednaki na kraju prava profila

- pritisak debljine površine jednog naujnika



Prisjek I-I:

$$G = 0; \quad T = \frac{T}{W_0} = \frac{30888,82}{1466,325} = 21,39 \text{ N/mm}^2$$

$$W_0 = 0,2 \cdot d_3^3 = 0,2 \cdot 18,5^3 = 1266,325 \text{ mm}^3$$

$$d_3 = 18,5 \text{ mm} \quad \tau = 24,4 \text{ N/mm}^2$$

$$I_{T2} = I_T = 800 \cdot 0,933 \cdot 1,1 = 805 \text{ W/mm}^2$$

$$I_T = 200 \text{ W/mm}^2$$

$$q_1 = 0,933 \text{ na } d = 24 \text{ mm, uvisjivaj } \Rightarrow$$

$$q_1' = 1 \quad q_1'' = ? \quad q_1''' = 0,9$$

$$q_T = 1,1 \text{ novj rezon}$$

$$d_1 = 12 \quad d_2 = 24 \quad d_3 = 30$$

$$q_1' = 1 \quad q_1'' = ? \quad q_1''' = 0,9$$

$$q_1' = q_1'' - \frac{q_1' - q_1''}{d_2 - d_1} \cdot (d - d_1)$$

$$q_1' = 1 = \frac{1 - 0,9}{30 - 12} (24 - 12) = 0,933$$

$$S = \frac{T_{Th}}{T} = \frac{205}{24,39} = 8,4$$

Skopaj eksperimentu u presjeka 1-1:

Presjek 1-1:

$$r = \frac{F}{A_3} = \frac{F_p}{A_3} = \frac{8160}{269} = 30,33 \text{ W/mm}^2$$

$$A_3 = 269 \text{ mm}^2$$

$$r = \frac{T_h}{W_0} = \frac{10981,5}{0,1 \cdot 815} = 8,679 \text{ W/mm}^2$$

Keristivni momen:

$$I_{Th} = I_T \cdot q_1 \cdot q_T = 30,33 \cdot 0,946 \cdot 1,1 = 312,4$$

$$I_{T2} = 300 \text{ W/mm}^2$$

$$q_1 = 1 - \frac{1 - 0,92}{30 - 12} (24 - 12) = 0,946$$

$$q_T = 1,1 \text{ rezon novj}$$

$$S_G = \frac{I_{Th}}{I} = \frac{312,4}{30,33} = 10,3$$

$$T_{Th} = 205 \text{ W/mm}^2$$

$$S_T = \frac{T_{Th}}{T} = \frac{205}{8,679} = 23,62$$

$$S = \frac{S_T \cdot S_G}{\sqrt{S_T^2 + S_G^2}} = \frac{23,62 \cdot 10,3}{\sqrt{23,62^2 + 10,3^2}} = 9,144$$

2. Mopni u remenici:

Broj obrtaja remenice:

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

Obrtne sile:

$$F_0 = \frac{2 \cdot H_0}{d_p} = \frac{2 \cdot 100}{0,125} = 1600 \text{ N}$$

$$q_0 \cdot \gamma = M_0 = \frac{P}{\omega} = \frac{15 \cdot 10^3}{150} = 100 \text{ Nm}$$

Multipna vučna sila:

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

dajmiva brzina remene:

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

Normalni momen: M₀₁ i M₀₂ referencije remene u vučnom opretniku:

$$M_0 = \frac{F \cdot r}{2} = \frac{1600 \cdot 0,125}{2} = 100 \text{ Nm}$$

Normalni momen: M₀₁ i M₀₂ centri polne sile:

$$M_{0c} = \rho \cdot v^2 = 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 9,38^2 = 0,11 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2 = 971 \text{ W/mm}^2$$

Normalni momen: M₀₁ i M₀₂ sponjog remena preko remenice:

$$M_{S1} = \frac{h_1}{d_p} \cdot E_s = \frac{11}{125} \cdot 500 = 44 \text{ W/mm}^2$$

Multipni momen u remenici:

$$M_{max} = M_1 + M_c + M_{S1} = 2,93 + 0,11 + 4,4 = 7,3 \text{ W/mm}^2$$

Pri promjeni precnika remenice na 1,6 obrtne sile:

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

Ukupna dajmiva sila na remenici:

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

Novo vrijednost ukupne sile u vucnim ogranicima:

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

Novi naprni iznosi:

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

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

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

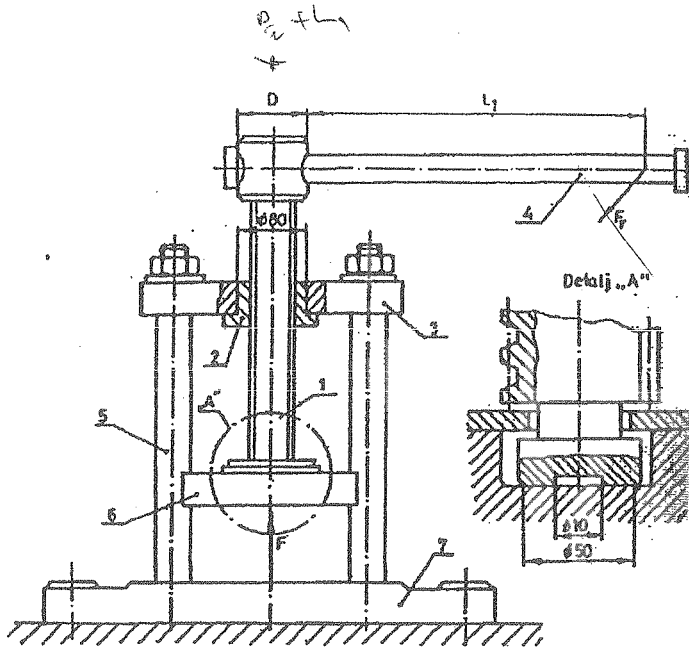
Max. napori:

$$\sigma_{max}' = \sigma_1' + \sigma_c' + \sigma_{si}' = 2,27 + 0,28 + 2,75 = \underline{\underline{5,3}} \text{ N/mm}^2$$

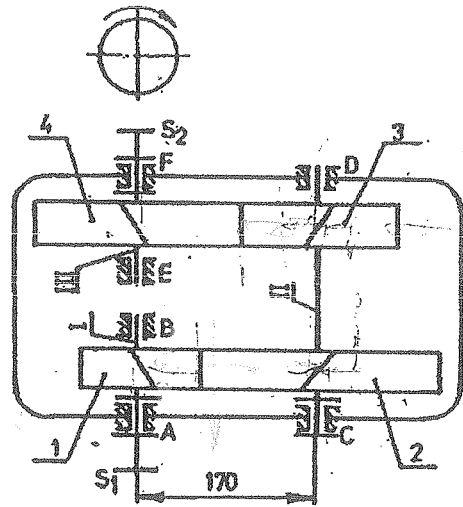
Faktor smanjenja napona zbog povećanja prečnika remenica:

$$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{max}'} = \frac{7,3}{5,3} = \underline{\underline{1,37}}$$

ISPITNI ZADATAK



a)



b)

- 1) Odrediti silu presovanja, koja se može ostvariti ručnom presom sa navojnim vretenom ako se na krajeve ručice djeluje silama $F_r=600\text{ N}$, kao i potreban broj obrtaja vretena da bi se ostvarilo aksijalno pomjeranje vretena za 180 mm. Zadati su slijedeći podaci: navoj dvovojni Tr 60x9, koeficijent trenja navojnog para $\mu_1=0.16$, koeficijent trenja na dodirnoj površini $\mu_2=0.15$, trenje između vodica 5 i klizača 6 treba zanemariti, materijal vretena C.0545, $D=80\text{ mm}$, $L_1=1160\text{ mm}$, materijal navrtke P.Cu.Sn 12.
- 2) Provjeriti nosivost navojnog spoja ako je dužina nošenja navojnog spoja $l_n=85\text{ mm}$. 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 $a_d=+146\text{ }\mu\text{m}$.
- 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 saviđavanje trenja. Zadati su ljeđeci podaci: $Z_1=18$, $Z_2=65$, $Z_3=16$, $Z_4=51$, $m_{n1,2}=4\text{ mm}$, $m_{n3,4}=5\text{ mm}$, $\alpha_n=20^\circ$, $X_1=X_2=0$, $X_3+X_4=0$, $\eta_{1,2}=0.98$, $\eta_{3,4}=0.98$.
- 4) Izračunati mjeru preko zuba i mjerni broj zuba zupčanika 1.

Izrača:



Podaci za dvorajni mavao Tr 60 x 9:

$$\left. \begin{aligned} d_2 &= 55,5 \text{ mm} \\ d_3 &= 50 \text{ mm} \\ A_3 &= 1962 \text{ mm}^2 \\ \varphi &= 5,9^\circ \\ H_1 &= 4,5 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \text{Tr 60 x 9 (JUS M. 20.062.} \checkmark$$

Ugao trenje: $\rho = \arctg \mu_1 = \arctg 0,16 = 9,09^\circ$

Obrtni moment ostvaren ručnom silom Fr:

$$Tr = Fr \cdot lr = 600 \cdot 1200 = 720000 \cdot \text{Nmm} = 720 \text{ Nm} \checkmark$$

gdje je: $lr = l_1 + \frac{D}{2} = 1160 + \frac{80}{2} = 1200 \text{ mm}$.

Ukupni moment koji se treba savladati ručnom silom:

$$Tr = T = T_m + T_f = F_p \cdot \frac{d_2}{2} \left[\text{tg}(\varphi + \rho) + \frac{d_{sc}}{d_2} \mu_2 \right] \checkmark$$

gdje je: $d_{sc} = \frac{2}{3} \frac{d_3^3 - d_1^3}{d_3^2 - d_1^2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{50^3 - 10^3}{50^2 - 10^2} = 34,4 \text{ mm} \checkmark$

Sila presovanja iznosi:

$$F_p = \frac{2 \cdot Tr}{d_2 \left[\text{tg}(\varphi + \rho) + \frac{d_{sc}}{d_2} \mu_2 \right]} = \frac{2 \cdot 720000}{55,5 \left[\text{tg}(5,9^\circ + 9,1^\circ) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15 \right]} = \underline{\underline{71888 \text{ N}}} \checkmark$$

Stepen iskoristenja mavajnog para:

$$\eta = \frac{\text{tg} \varphi}{\text{tg}(\varphi + \rho) + \frac{d_{sc}}{d_2} \mu_2} = \frac{\text{tg} 5,9^\circ}{\text{tg}(5,9 + 9,1) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15} = 0,287 \checkmark$$

Potreban broj obrtaja vretena da bi se ostvarilo aksijalno pomjerenje $s = 180 \text{ mm}$.

$$n = \frac{s}{L} = \frac{180}{2 \cdot p} = \frac{180}{2 \cdot 9} = 10 \text{ obrtaja} \checkmark$$

(1)

2) Za aktivnu dužinu navojnog spoja (visina murtke) $l_n = 85 \text{ mm}$,
 broj navojaka u dodiru: $z_n = \frac{l_n}{p} = \frac{85}{9} = 9,44 \checkmark$



Projekcija dodirne površine jednog navojaka:

$$A \approx \pi d_2 \cdot H_1 = \pi \cdot 55,5 \cdot 4,5 = 784,2 \text{ mm}^2 \checkmark$$

Srednje opterećenje jednog navojaka:

$$F_1 = \frac{F_{pe}}{z_n} = \frac{71888}{9,44} = 7615,2 \text{ N} \checkmark$$

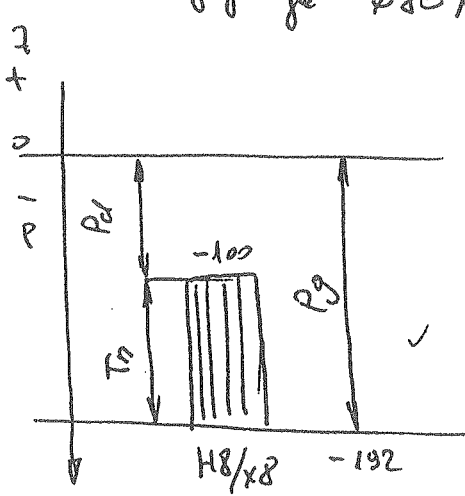
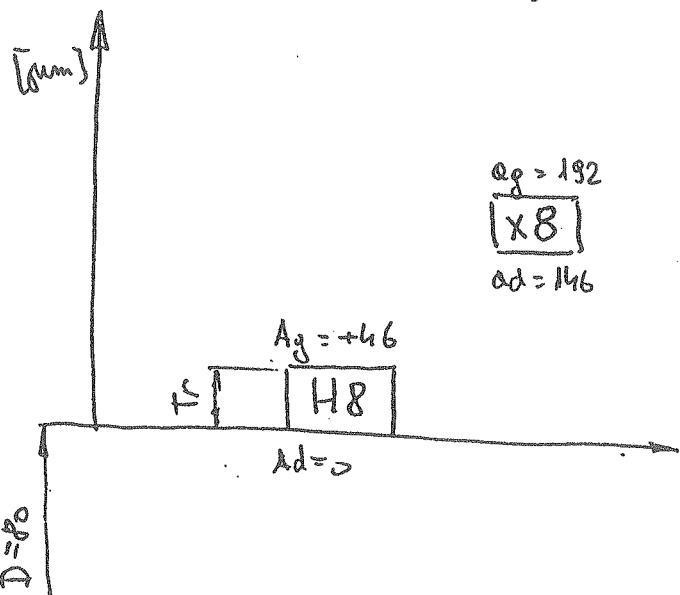
Srednja vrijednost površinskog pritiska na dodirnim površinama bokova navoja:

$$p = \frac{F_1}{A} = \frac{7615,2}{784,2} = 9,7 \text{ N/mm}^2 \leq p_{dop} \checkmark$$

gdje: dozvoljeni površ. pritisak navojaka za vreteno od čelika i murtke od bronce s dobrim podmazivanjem: $p_{dop} = 30 \div 50 \text{ N/mm}^2$

Za nazivni prečnik $\phi 80$ i sistem zajedničke unutrašnje mjere (H),
 i IT8, te $a_d = +146 \mu\text{m}$ sledi: $T_r = 46 \mu\text{m}$.

Tolerancija spoljne mjere u IT8 i $D = 80 \text{ mm} \Rightarrow T_o = 46 \mu\text{m}$,
 to je $a_g = a_d + T_o = 146 + 46 = 192 \mu\text{m}$. Ovom odstupenju odpuvare
 tolerancijsko polje "X" po y tolerancija najbližanje $\phi 80 \text{ H8/x8}$.



(6)

Najveći preklap: $P_g = D_d - d_g = A_d - a_g = 0 - 192 = -192 \mu m$.

Najmanji preklap: $P_d = D_g - d_d = A_g - a_d = 46 - 146 = -100 \mu m$.

Tolerancija najmanjeg preklapa: $T_m = P_g - P_d = 192 - 100 = 92 \mu m$.

Prenosni odnos reduktora:

$$i_{1,2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{65}{18} = 3,611$$

$$i_{3,4} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{51}{16} = 3,1875$$

$$i_{uk} = i_{1-2} \cdot i_{3-4} = 3,611 \cdot 3,1875 = 11,51$$

Ukupni stepen iskoriscenja reduktora:

$$\eta_{uk} = \eta_{1-2} \cdot \eta_{3-4} = 0,98 \cdot 0,98 = 0,96$$

Broj obrtaja na ulaznoj spojki:

$$n_{ul} = i_{uk} \cdot n_{izl} = 11,51 \cdot 20 = 230,2 \text{ min}^{-1} = 3,83 \text{ s}^{-1}$$

Obrtni moment na ulaznoj spojki:

$$T_{ul} = \frac{T_{izl}}{i_{uk} \cdot \eta_{uk}} = \frac{6000}{11,51 \cdot 0,96} = 543 \text{ Nm}$$

$$\omega_{ul} = 2\pi n_{ul} = 2 \cdot \pi \cdot 3,83 = 24,065 \text{ s}^{-1}$$

Potrebna snaga na ulaznoj spojki:

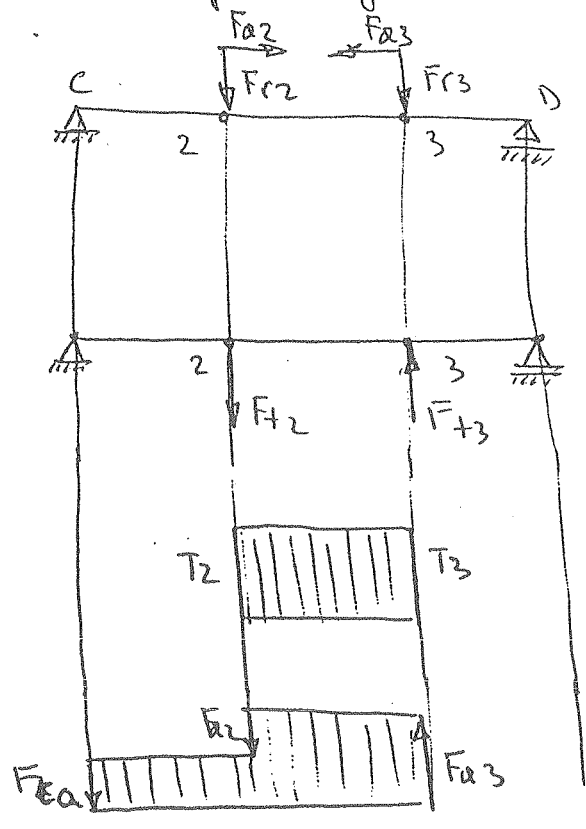
$$P_{ul} = T_{ul} \cdot \omega_{ul} = 543 \cdot 24,065 = 13067 \text{ W} = 13,06 \text{ kW}$$

Snaga utrosena na savladavanje trenja:

$$P_{tr} = P_{ul} (1 - \eta_{uk}) = 13067 \cdot (1 - 0,96) = 523 \text{ W} = 0,523 \text{ kW}$$

4) Shema opterećenja vratila II :

4



8

5) Mjereni broj ubiceza $\chi_1 = \chi_2 = 0$:

$$Z_w = \frac{z_1}{\pi} \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos^2 \beta_b} - \operatorname{inv} \alpha_{t1-2} \right) + 0,5 = \frac{18}{\pi} \left(\frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos^2 11,69^\circ} - \operatorname{inv} 20,4425^\circ \right) + 0,5$$

$$Z_w = 2,58 \Rightarrow \text{isu. } \underline{Z_w = 3}, \quad \sin \beta_b = \sin \beta_n \cdot \cos \alpha_n \Rightarrow \beta_b = 11,69^\circ$$

$$\text{gdje } \gamma: \operatorname{tg} \alpha_{t1-2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 12,4546^\circ} = 0,3727 \Rightarrow \alpha_{t1-2} = 20,4425^\circ$$

$$\cos \beta_{1-2} = \frac{m_{n1-2}}{m_{t1-2}} = \frac{4}{4,0964} = 0,97646 ; \beta_{1-2} = 12,4546^\circ$$

$$m_{t1-2} = \frac{2 \cdot a_{1-2}}{z_1 + z_2} = \frac{2 \cdot 170}{18 + 65} = 4,0964 \text{ mm (za } \chi_1 = \chi_2 = 0)$$

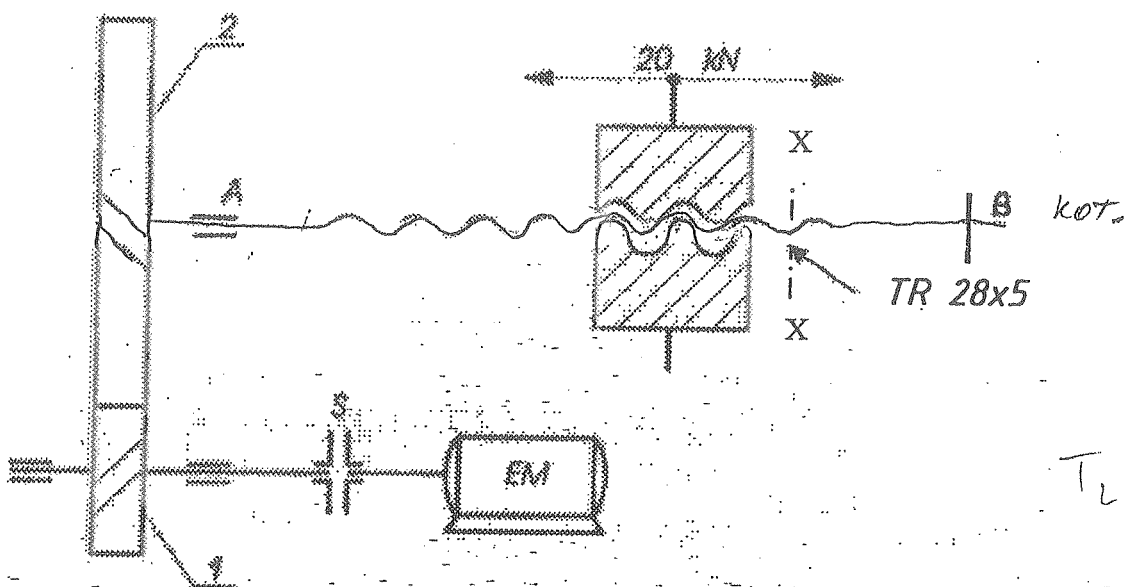
Mjereni broj ubiceza :

5

$$W = m_n \cdot \cos \alpha_n \left[\pi (Z_w - 0,5) + z_1 \cdot \operatorname{inv} \alpha_{t1-2} \right] = 4 \cdot \cos 20^\circ \left[\pi (3 - 0,5) + 18 \cdot \operatorname{inv} 20,4425^\circ \right]$$

$$W = 30,6 \text{ mm.}$$

ISPITNI ZADATAK



Navojno vreteno alatne mašine pogonjeno je preko para cilindričnih zupčanika sa kosim zupcima. Maksimalna aksijalna sila na navrtki je 20. kN pri brzini 1 m/min.

Potrebno je:

1. odrediti maksimalni obrtni moment i broj okretaja zupčanika 2, potreban za pokretanje navrtke, ako je $\mu_v = 0.15$,
2. dimenzionisati aksijalni ležaj u osloncu B ($d=25$ mm), koji prima cjelokupno aksijalno opterećenje, za predviđeni radni vijek od 300 sati,
3. nacrtati shemu opterećenja i izračunati stepen sigurnosti navojnog vretena u presjeu x-x, materijal vretena Č.0545.

$$F_{\text{amax}} = 20 \text{ kN}$$

$$V = 1 \text{ m/min}$$

$$\mu_v = 0,15$$

$$F_A = 20 \text{ kN} = 20000 \text{ [N]}$$

$$V = 1 \text{ m/min}$$

$$\mu_v = 0,15$$

TR 28 x 5

$$P = 5 \text{ mm}$$

$$d = 28 \text{ v}$$

$$d_3 = 27,5 \text{ v}$$

$$d_2 = 25,5 \text{ v}$$

$$M_1 = 2,15$$

$$A_3 = 398 \text{ mm}^2$$

$$\varphi = 4,06^\circ$$

$$200 \text{ [rpm]}$$

$$3,33 \text{ [m/s]}$$

$$200 \text{ [mm/min]}$$

$$V = m_v \cdot L \Rightarrow n_v = \frac{V}{L} = \frac{1000}{5 \cdot 0,001 \text{ m}} = 200 \text{ [rpm]}$$

L = 5 mm - odgovara P (korak u)

$$n_v = n_2 = 200 \text{ [rpm]}$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2}$$

$$\omega_2 = 2\pi n_2 = 2\pi \cdot 200 = 1256,64 \text{ [rad/s]} \approx 1,26 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

$$T_{nv} = F_a \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \text{tg}(\varphi + \beta_n)$$

$$\beta_n = \arctan \mu_r = \arctan 0,15 = 8,53^\circ$$

$$T_{nv} = 20 \cdot 12,75 \cdot \text{tg}(12,59) = 56,95 \text{ [kN]} \text{ [Nm]}$$

$$\text{usvojemo: } \eta_{22} = 0,98 \text{ (0,95...0,98)}$$

$$T_2 = \frac{T_{nv}}{\eta_{22}}$$

$$T_2 = T_{nv}$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} \Rightarrow P_2 = T_2 \omega_2 = 56,95 \cdot 1,26 = 71,75 \text{ [k]}$$

$$\omega_2 = 2\pi n_2 = 2\pi \cdot 200 = 1256,64 \text{ [rad/s]} \approx 20,93 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

$$P_2 = T_2 \omega_2 = 56,95 \cdot 20,93 = 1192,15 \text{ [W]} = 1,19 \text{ [kW]}$$

$$\omega_2 = 2\pi n_2$$

~~T_{nv} = F_a \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \text{tg}(\varphi + \beta_n)~~

$$T_2 = T_{nv}$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2}$$

$t = 300 [h]$

BC $(40 \cdot 0,5) = J = 23$

$F_a = 20 [kN] = 20000 [N]$

$50 : 5 = 25$

$25 : 5 = 5$

ostanaki jednadžni dugotraj, lei 1
 pa proteni sa konstantnim valjocima, 2.
 kolikim težnji sa kuglicama, 3.

05

0205

$F_r = 0 [N]$

$\gamma = 0$

$F_{Ek} = x F_r + \gamma F_a$

$F_E =$

$(0,800)$

6990

$C [N]$	26500
C_0	19300

$N = C \sqrt{\frac{N_0}{N \Sigma}} = C \frac{3,33}{\sqrt{\frac{10^6}{216 \cdot 10^8}}} = C \frac{3,33}{\sqrt{\frac{1}{216}}}$

$= 3600 \cdot \pi \cdot t = 3600 \cdot 200 \cdot 300 = 216 \cdot 10^6$

$N = C \left(\frac{1}{216} \right)^{\frac{1}{3,33} \cdot 0,77} = C \cdot (0,004)^{0,77} = \boxed{0,199} \cdot C$

$C = 0,169$

$C_N > F$ - Uslov za izbor kuglic

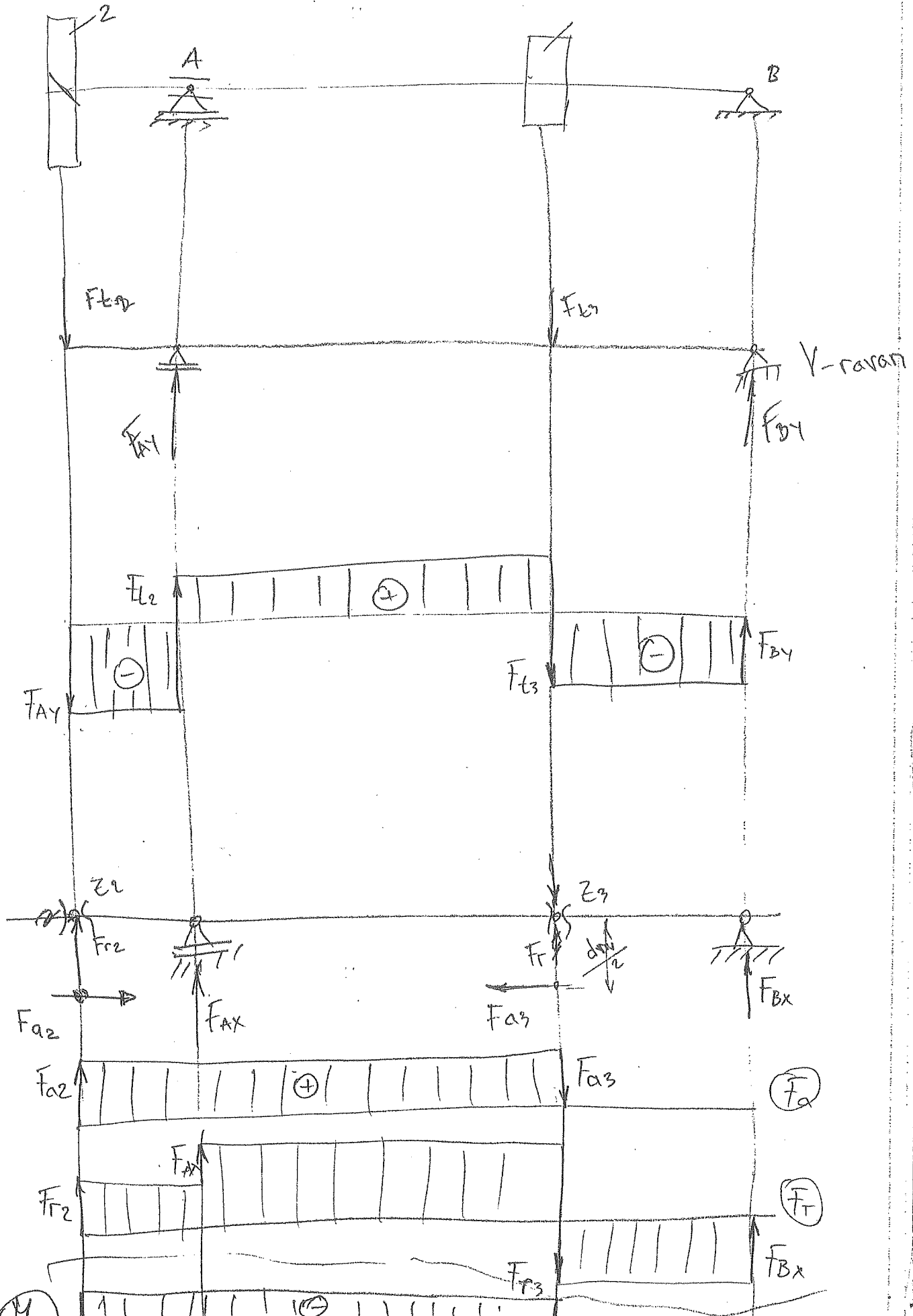
$x = 1$
 $\gamma = 0$

$F_{Ek} = x F_r + \gamma F_a = 1 \cdot 0 + 0 \cdot 20000 = 0$

5273,5

$C = 0,161 \cdot C$

3



$$t = 300 \text{ [h]}$$

$$F_A = 2 \text{ [kN]} = 2000 \text{ [N]} \text{ - predpoklad, že je vytesky } \underline{20 \text{ kN}}$$

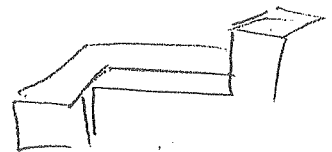
$$\frac{6205}{C} \quad \frac{C_0}{6950} \quad \frac{x}{1} \quad \frac{y}{0}$$

$$C_N = C \cdot 0,199$$

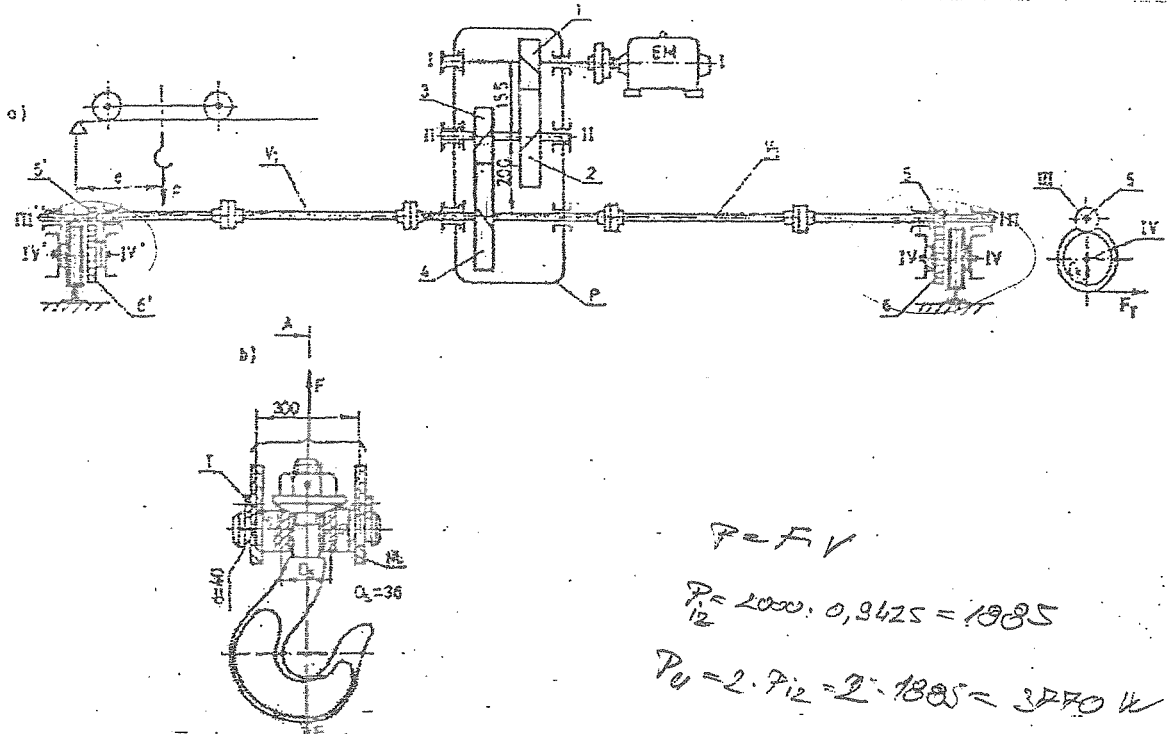
$$C_N = C \sqrt[3]{\frac{10^8}{216 \cdot 10^6}} = C \sqrt[3]{\frac{1}{216}} = \sqrt[3]{C \cdot 0,161} = C_N$$

$$\frac{30205}{C} \quad \frac{C_0}{19300}$$

$$C_N = 26500 \cdot 0,161 = \underline{4266,5 \text{ [N]}}$$



ISPITNI ZADATAK



Slika. Pogon mosnog kрана

Kretanje mosnog kрана ostvaruje se preko elektromotora, reduktora, međuvratila V1 i V2, te zupčastih parova 5-6 i 5'-6'. Veza vratila sa izlaznim vratilom prenosnika i vretena zupčanika 5 i 5' je zglobna. Brzina kretanja kрана je $v=0,9425$ m/s, a otpor kretanju svakog pogonskog tička, $F_T=2000$ N.

Potrebno je odrediti:

1. Broj okretaja, snagu i obrtni moment elektromotora, ako je stepen iskorištenja svakog zupčastog para: $\eta=0,98$, a svakog para ležaja: $\eta_L=0,99$.
2. Dati sheme opterećenja i dijagrame momenata uvijanja vratila zupčanika 5 i 5' kao i međuvratila V1 i V2.
3. Koeficijent pomjeranja profila zupčanika 6, ako je koeficijent pomijeranja zupčanika 5, $x_5=0,70$.
4. Dimenzionisati navojni dio kuke (Tr navoj) i odrediti visinu čelične navrtke, tako da stepen sigurnosti bude veći od 5, a da pritisak na navojnom spoju ne bude veći od 15 N/mm². Nosivost dizalice je 15000 N pri $n_2 < N_5$. Materijal kuke Č.0545.
5. Izabrati kotrljajni ležaj kuke koji treba da zamijeni klizni ležaj između navrtke i traverze T, ako se plastične deformacije ležaja na mjestu kontakata zanemaruju.

Zadati su sljedeći podaci: $Z_1=22, Z_2=49, Z_3=21, Z_4=56, Z_5=Z_5=30, Z_6=Z_6=61, X_1=X_2=0, X_3=X_4=0, a_{1-2}=150$ mm, $a_{3-4}=mm, a_{5-6}=a_{5'-6'}=185$ mm, $b=60$ mm, $\alpha_n=20^\circ$, zupčanici 5, 5', 6 i 6' su pravozubi.

$$m_{5,6} = 4 \text{ mm}$$

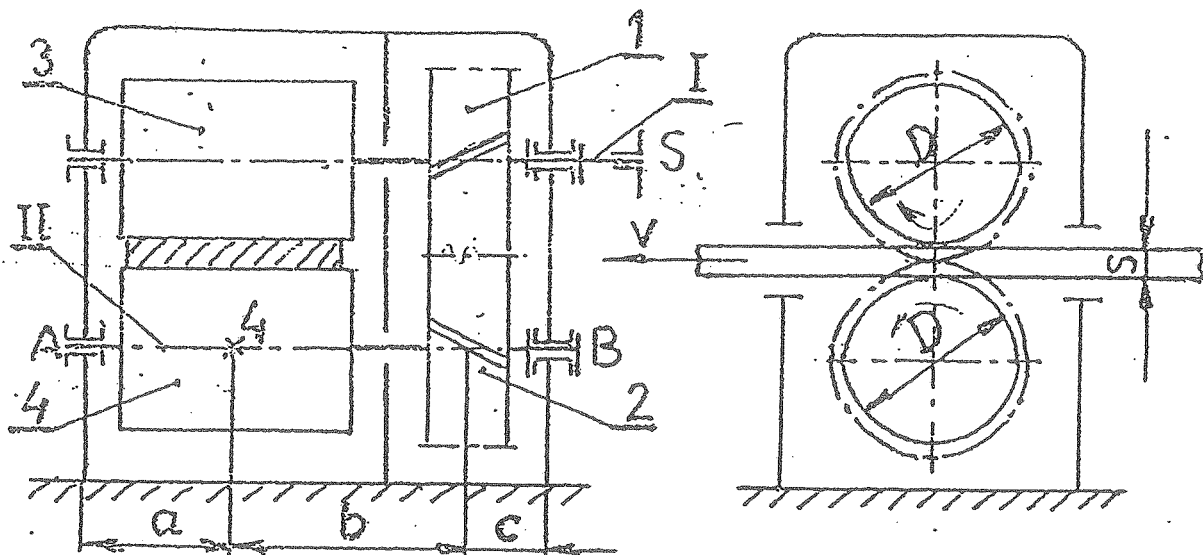
$$P = F \cdot v$$

$$P_{12} = 2000 \cdot 0,9425 = 1885$$

$$P_0 = 2 \cdot P_{12} = 2 \cdot 1885 = 3770 \text{ W}$$

ISPITNI ZADATAK

1. Uredjaj za valjanje lima, prikazan na slici, sastoji se iz zupčanog para 1-2 i valjaka 3-4.



Zadato je: $z_1 = z_2 = 25$, $m_n = 5 \text{ mm}$, $\alpha_n = 20^\circ$, $x_1 = x_2 = 0$, $b = 60 \text{ mm}$, debljina lima $s = (2 \dots 5) \text{ mm}$, prečnik valjaka $D = 125 \text{ mm}$.

Sila pritiska između valjaka i lima djeluje na sredini valjaka iznosi $F_p = 10 \text{ kN}$, pri brzini kretanja lima $v \approx 0,59 \text{ m/s}$.

Obrtni moment na spojnici S iznosi 250 Nm . Rasponi vratila su: $a = 200 \text{ mm}$, $b = 300$, $c = 100 \text{ mm}$.

Klizanje između lima i valjaka, gubitke zupčanog para 1-2 i masu svih elemenata zanemariti.

Odrediti:

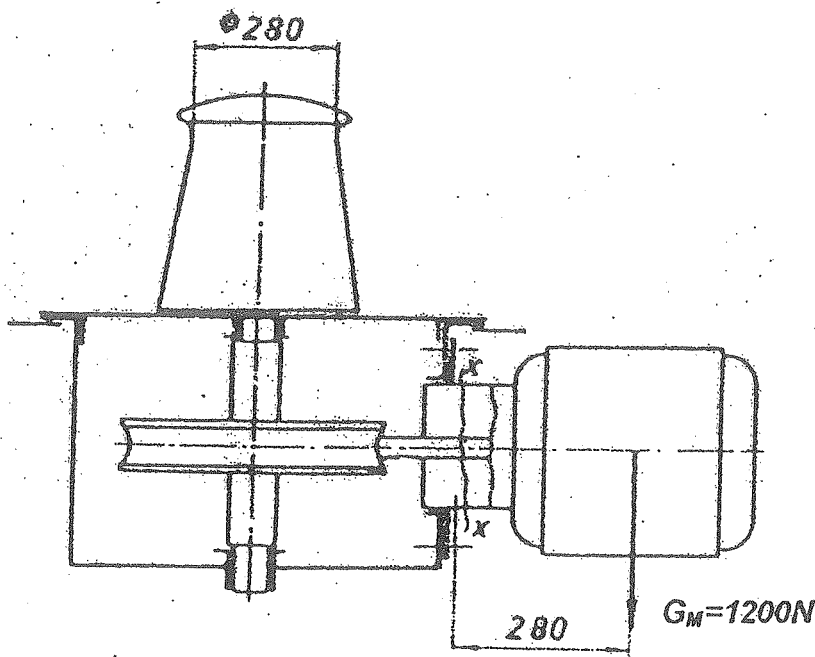
1. Snagu i broj obrta spojnice S, kao i vučnu silu lima F_v .
2. Uglove nagiba bočne linije zubaca pri ekstremnim vrednostima debljine lima (s).
3. Stepenu sprezanja zupčanog para 1-2 pri nižoj vrednosti ugla nagiba bočne linije zubaca.
4. a) Shemu opterećenja i intenzitete svih sila koje napadaju vratilo II.
b) Dimenzionisati vratilo II na mestu žleba za klin za vezu sa valjkom 4, računajući sa opterećenjem na sredini valjka (tačka 4), ako je vratilo od čelika č.0545 sa stepenom sigurnosti 2 protiv loma usled zamora i faktorom dinamičke izdržljivosti (čvrstoće) $K = 1,8$.
5. Proveriti radni vek radijalnog ležaja 6010 (50 BC10) u osloncu A vratila II.

ISPITNI ZADATAK

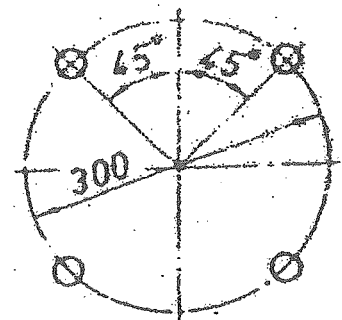
Za vitlo koje prima pogon preko pužnog para od elektromotora maksimalne snage $P_{max}=5,5$ kW sa brojem obrtaja $n_M=710$ min^{-1} treba odrediti:

- Napone u nepodešenim vijcima koji vezuju elektromotor sa kućištem reduktora, pod pretpostavkom da ispust oboda prenosi radijalne sile. Broj vijaka 4, prečnik M12, prečnik kruga ose zavrtnja $D_0=300$ mm, koeficijent trenja $\mu_0=0,15$.
- Stepen sigurnosti oboda elektromotora na mjestu ukleštenja u presjeku x-x. Obod ima spoljni prečnik $d_s=250$ mm, debljinu $\delta=10$ mm, materijal oboda je SL.20.
- Mjere pužnog para izrađenog od kaljenog i brušenog čelika, a pužni zupčanik od kalajne bronzne i za vijek od 8000 h.

Zadato je: pužni broj $q=10$, broj zubaca puža $z_1=2$, koeficijent trenja $\mu_p=0,04$, brzina klizanja $v_k=2$ m/s, izlazni broj obrtaja $n_{izl}=30$ min^{-1} , stepen sigurnosti bokova $S_H=1$.

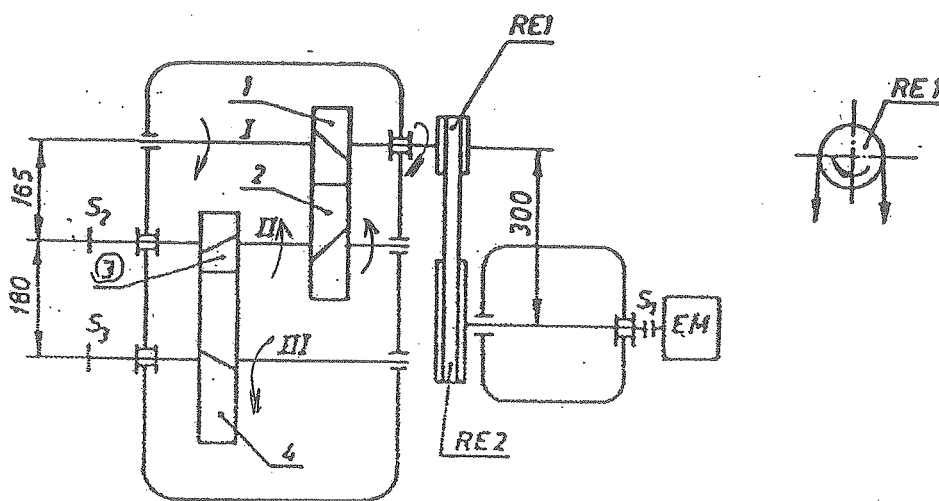


Slika a. Vitlo sa pogonom



Slika b. Vijčana veza EM sa kućištem reduktora

ISPITNI ZADATAK



Kombinovani prnosnik se sastoji od elektromotora snage 25 kW i broja obrtaja 1475 min^{-1} , pljosnatog remenskog prenosnika i zupčastog prenosnika koji je preko remenice R1 i R2 i spojnice S1 spojen sa elektromotorom.

Potrebno je odrediti:

Brojeve obrtaja na izlaznim spojnica i provjeriti da li je snaga dovoljna da savlada ravnomjerne otpore na izlaznim spojnica $T_{S2}=60 \text{ Nm}$ i $T_{S3}=180 \text{ Nm}$.

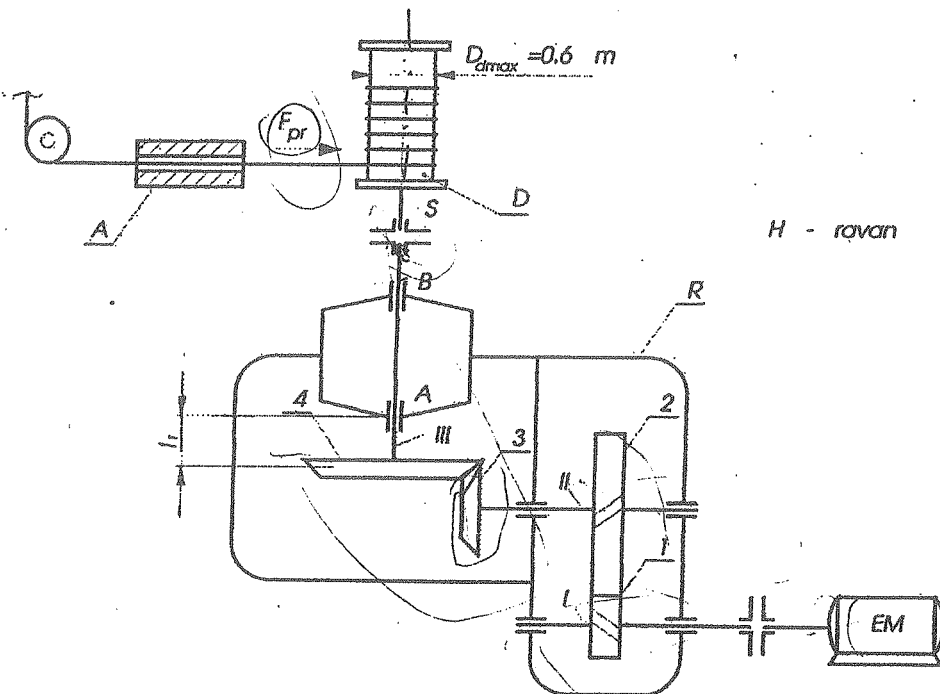
Mjerni broj zubaca i mjeru preko zuba zupčanika 3.

Potrebnu silu prethodnog pritezanja remena koja obezbeđuje stepen sigurnosti protiv proklizavanja 1,5 kao i sile u kracima remena pri radu.

dato je:

$Z_1=23$, $Z_2=57$, $Z_3=21$, $Z_4=48$, $m_{n12}=4 \text{ mm}$, $m_{n34}=5 \text{ mm}$, $x_1=x_2=x_3=x_4=0$, $\alpha_n=20^\circ$, $b=60 \text{ mm}$, $\eta_z=0,98$ (stepen iskorištenja za jedan zupčasti par), koeficijent trenja remena po remenici $\mu_R=0,20$, stepen iskorištenja remenskog prenosnika: $\eta_R=0,95$, prečnici remenica: $D_1=75 \text{ mm}$, $D_2=150 \text{ mm}$.

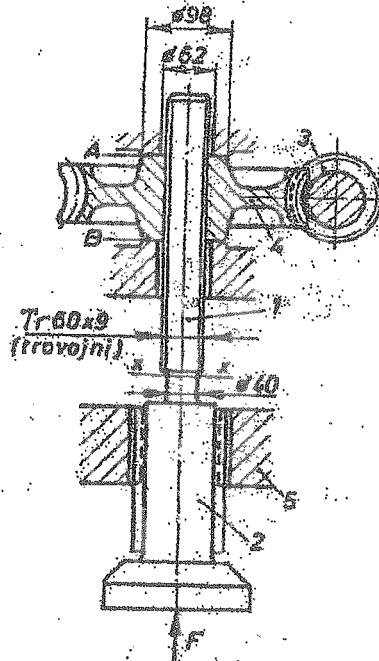
ISPITNI ZADATAK



Uređaj za provlačenje žice sastoji se od alata A i bubnja D prečnika $D_{max}=600$ mm. Doboš se pokreće preko elektromotora snage $P_{EM}=50$ kW i broja obrtaja $n_{EM}=1000$ min^{-1} i dvostepenog reduktora R. Potrebno je odrediti:

1. Maksimalnu silu provlačenja žice F_{pr} ;
2. Normalni modul m_{n12} zupčanika 1 i 2 ukoliko je $F_{a3}=0,6 F_{a2}$;
3. Odrediti broj nepodešenih vijaka na spojnici S koji bi bio dovoljan da prenese zadano opterećenje. Spoj je ostvaren nepodešenim vijcima M20 ravnomjerno raspoređenih na prečniku $D_z=150$ mm;
4. Zadano je:
 - a. za zupčanike: $Z_1=21$; $Z_2=42$; $Z_4=55$; $m_{1-2}=5$ mm; $\alpha_{3-4}=20^\circ$; $\delta_3=19^\circ 58' 42''$; $m_{3-4}=8$ mm; $m_{m3-4}=6,9$ mm; $\eta_{1-2}=0,98$; $\eta_{3-4}=0,97$; $\eta_L=0,98$;
 - b. za vijke: materijal vijaka 8.8; stepen sigurnosti protiv proklizavanja $S_\mu=1,5$; koeficijent trenja između dodirnih površina $\mu=0,2$; stepen sigurnosti protiv razaranja $S=3$; faktor raspodjele opterećenja $\xi_p=1,26$; broj dodirnih površina preko kojih se prenosi opterećenje $i=1$; vijci izrađeni rezanjem;

ISPITNI ZADATAK
-Prvi parcijalni-



1) 2
2) 5
3) 18

25 10

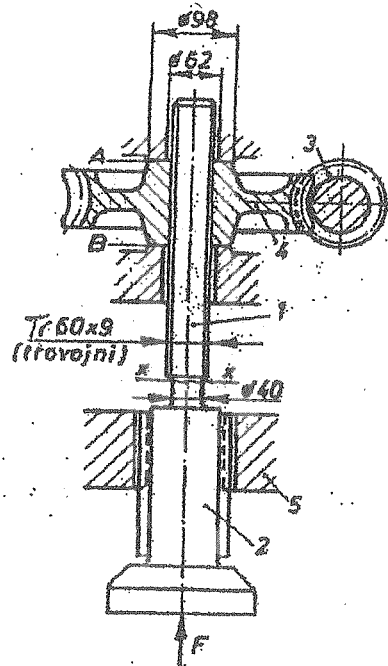
Pomoću prese, prikazane na slici, ostvaruje se pri presovanju pritisak na pritiskivaču 100 kN. Obrtanjem pužnog zupčanika u oba smjera vreteno se aksijalno kreće naniže ili naviše. Brzina kretanja vretena i pritiskivača iznosi $v=4.2$ m/min. Obrtanje vretena se sprječava na vodicama 5.

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

1. Veličinu obrtnog momenta na vretenu 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. Nacrta ti 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. 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: $\xi_R=1.2$, $\rho=3.43^\circ$, $n_\Sigma > N_D$.

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 vodicama 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 trovojnim navojem Tr 60x9.
2. Nacrtati 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. Proveriti 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, $K_A=1.5$, $\rho=3.43^\circ$, $n_\Sigma > N_b$.

?

izrada:

1. Obrtni moment na pušnom zupčaniku

$$T_4 = T_n + T_m = 601,5 + 240 = 841,5 \text{ Nm}$$

$$T_n = F \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) = 100 \cdot 10^3 \cdot \frac{55,5}{2} \operatorname{tg}(8,8^\circ + 3,43^\circ) = 601497 \text{ Nm} \approx 601,5$$

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

Podaci za navoj: $T_r 60 \times 9$:

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

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

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

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

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

?

$$T_m = F \cdot r_m \cdot f = 100 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 0,06 = 240 \text{ Nm}$$

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

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

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

Obrtni moment na pušu:

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

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

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

$$\rho = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{z_3}{2} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{4}{8} = 26,56^\circ$$

Potrebna snaga na puži:

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

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

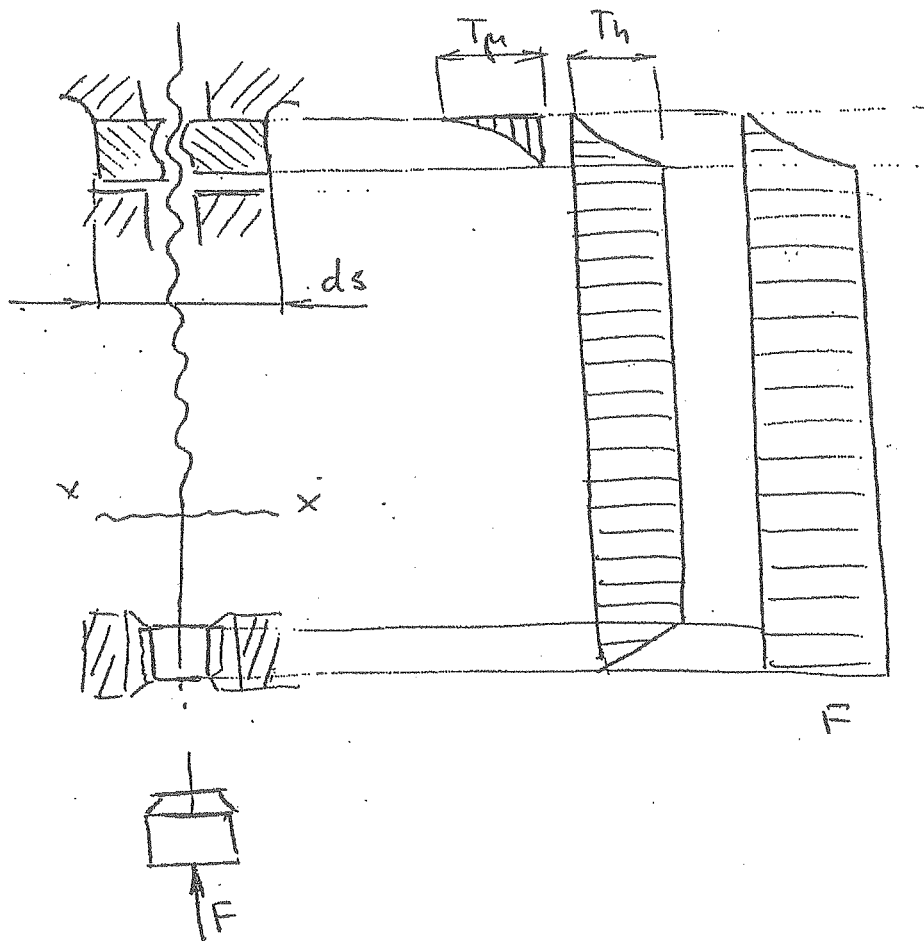
$$M_3 = M_4 \cdot i_{3-4} = 155,5 \cdot 8 = 1244 \text{ min}^{-1} = 20,73 \text{ s}^{-1}$$

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

Površinski pritisak u ležištu A:

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

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



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:

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

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

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

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

$$K_A = 1,5$$

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

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

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

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

$$Z_S = 2,76 \text{ za } \frac{d_{m1}}{a} = \frac{80}{200} = 0,4 \text{ i } 14 \text{ i } Z_I;$$

S = 1,2 step. sigurnost.

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

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

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

4. Radnici napona u presjeku x-x

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

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

Odje je:

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

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

ritični naponi (pritisk i uvijanje):

... jer x-x nema - naponski napon pa je mišljena izdržljivost vršteno za jednosmjerni pramjenu napona: $\sigma_{sr}/\sigma_g = \text{const}$,

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

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

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

$$\text{ctg} \beta = \sigma_{sr}/\sigma_g = 0,5$$

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

$$\text{tg} \alpha_M = 0,774$$

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

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

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

$$\xi_{1S} = 0,9$$

$$\xi_{1L} = 0,78$$

$$\xi_2 = 0,94$$

$$\xi_3 = 1$$

} d = 40 mm.
fina struganja

Uvijanje:

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

$m_E > m_D$

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

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

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

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

$$d_M = 29,25^2$$

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

$$\sigma_T = (0,6 \dots 0,8) \cdot \sigma_{T0} = 0,8 \cdot \sigma_{T0} = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ N/mm}^2$$

Stepeni sigurnosti:

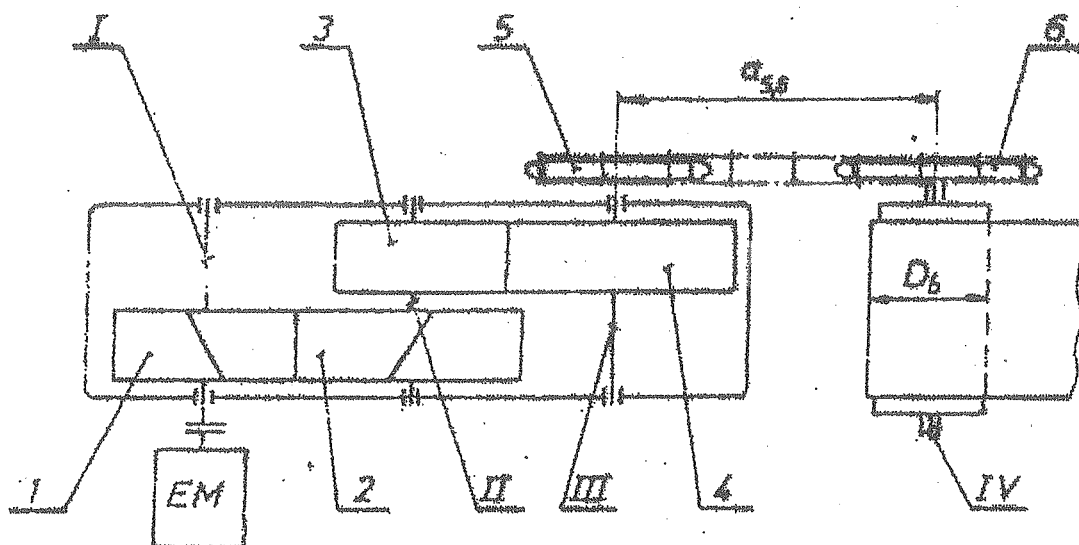
$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{DM}}{\beta_u \cdot \sigma_g} = \frac{364,45}{1,4 \cdot 79,6} = 3,27 ; \quad S_{\tau} = \frac{\tau_{DM}}{\beta_u \cdot \tau_g} = \frac{219,75}{1,4 \cdot 47,5} = 3,3$$

Ukupni step. sigurnosti:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{3,27 \cdot 3,3}{\sqrt{3,27^2 + 3,33^2}} = 2,32$$

ISPITNI ZADATAK
-drugi parcijalni ispit-

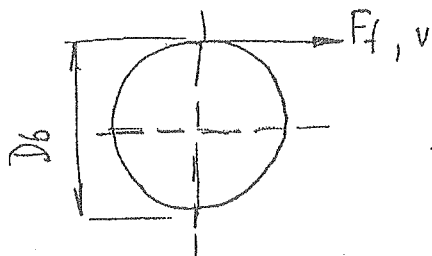
1. Elektromotor EM pogoni transporter preko cilindričnog para sa kosim zupcima 1 i 2, para cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima 3 i 4, te lančanog prenosnika 5 i 6 sa valjkastim lancem prema JUS M.C1.820. Obodna sila na bubnju je $F_t=5896$ N, a brzina trake je $v=2.12$ m/s sa promjerom bubnja $D_b=500$ mm.
2. Proračunom treba odrediti:
 - a) snagu i broj okretaja elektromotora ne uzimajući u obzir gubitke ($\eta_{uk}=1$),
 - b) osnovne veličine cilindričnog para sa kosim zupcima, na osnovu proračuna čvrstoće podnožja,
 - c) osnovne veličine i oznaku valjkastog lanca lančanog prenosnika.
3. Zadano je:
 - a) za cilindrični par sa kosim zupcima:
 $z_1=23, z_2=66, K_{FF}=2.5, Y_{FP}=1.6, \psi=15, Y_\beta=0.835, Y_\epsilon=0.6, \sigma_{Flim}=165\text{N/mm}^2, S_F=1.6,$
 - b) za cilindrični par sa pravim zupcima:
 $z_3=25, z_4=62,$
 - c) za lančani prenosnik:
 $z_5=19, z_6=76, \text{lanac: jednostruki, } c=1.5, a_{5-6}=445$ mm.



Rjesenje

drugi put

a) Snaga i broj obrtaja: ✓



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

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

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

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

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

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

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

b) Osm. velicine cilind. pora so kosim rezanjem

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

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

$$F_{t1} = \frac{2 T_1}{z_1 \cdot \text{mm}} = \frac{2 T_{EM}}{z_1 \cdot \text{mm}}$$

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

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

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

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

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

$$z_m = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{z_3}{\cos^3 30^\circ} = 35,41$$

$$z_0 \quad x_1 = 0$$

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

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

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

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

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

lancic

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

$m = 1$, jednostrelni lanc

$$k = 0,8 \text{ } z_0 \text{ } c = 1,5$$

7 tablica 48.8. N.E II $z_0 \text{ } M_5 = M_6 \cdot 15 = 6 = 1,35 \cdot \frac{z_6}{19} = 5,4 \text{ } n^{-1}$; $P_D = 15,625 \text{ kW}$

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

$$\text{oj } x \text{ } \text{obrota: } X = \frac{2 \cdot a}{h} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{1}{a} = \frac{2 \cdot 445}{25,4} + \frac{19 + 76}{2} + \left(\frac{76 - 19}{2\pi} \right)^2 \frac{25}{44}$$

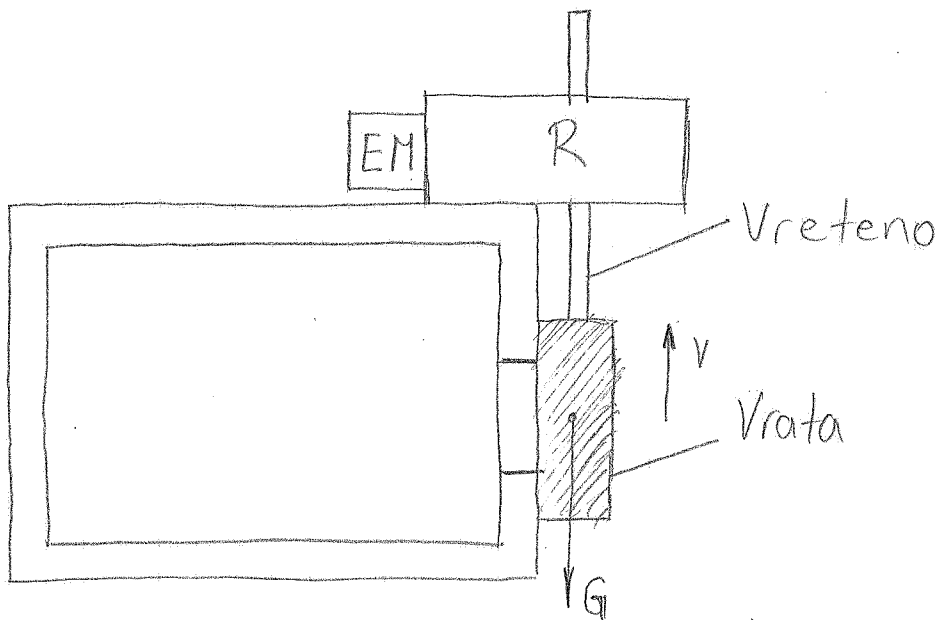
$$X = 87,24$$

$$\text{usv. } X = 87 \rightarrow \text{lanc. JUS M. C1.82} \Rightarrow \boxed{1 \times 25,4 \times 17,02 \times 87}$$

podsmi prečnici:

$$d_5 = \frac{h}{\pi \left(\frac{180}{\pi} \right)} = \frac{25,4}{\pi \left(\frac{180}{\pi} \right)} = 154,32 \text{ mm} ; \quad d_6 = \frac{h}{\pi \left(\frac{180}{\pi} \right)} = \frac{25,4}{\pi \left(\frac{180}{\pi} \right)} = 614,64 \text{ mm}$$

①



$$m = 500 \text{ kg.}$$

Tr 20x4 — fino strugan
materijal vretena Č. 1730

materijal navrtke SL. 200

$$v_p = 0,05 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\omega_{EM} = 1450 \text{ min}^{-1}$$

$$\eta = 0,95$$

$$k_A = 1,5$$

Tr 20x4 IMP str. 104 T. 736.

$$d_2 = D_2 = 18 \text{ mm}$$

$$d_3 = 15,5 \text{ mm}$$

$$H_1 = 2 \text{ mm}$$

$$A_3 = 189 \text{ mm}^2$$

$$\varphi = 4,05^\circ$$

Č. 1730 IMP str. 126 T. 753

$$\sigma_T = 640 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\tau = 1,1$$

FN 7

$$G = m \cdot g \Rightarrow g \approx 10 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$F = G \cdot K_A = 500 \cdot 10 \cdot 1,5 = \underline{7500 \text{ N}}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} \Rightarrow M = \sigma \cdot W = 640 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \cdot 744,8 \left[mm^3 \right] = 476672 \left[N \cdot mm \right] = 476,7 \text{ Nm}$$

$$W = 0,22 \cdot d^3 = \underline{744,8 \text{ mm}^3}$$

$$P_i = T \cdot \omega$$

$$i = \frac{\omega_o}{\omega_i}$$

$$\eta = \frac{P_i}{P_u}$$

$$\omega = 2\pi \cdot n$$

$$\frac{P_i}{P_u} = \eta = \alpha \cdot \mu \Rightarrow \boxed{\mu = 8,53}$$

$$\mu_n = 0,14 \dots 0,16 \Rightarrow \text{usvajam } 0,15$$

$$T = T_M + T_n$$

$$T_n = F_p \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \rho) = 7500 \cdot \frac{18}{2} \cdot \operatorname{tg}(4,05 + 8,53)$$

$$\underline{T_n = 15063,3 \text{ [Nmm]}}$$

$$T_M = (F_p) r_m \cdot \mu$$

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) + \left(\frac{r_m}{r_2} \right) \mu}$$

$$\operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) + \left(\frac{r_m}{r_2} \right) \mu = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\eta}$$

$$\left(\frac{r_m}{r_2} \right) \mu = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\eta} - \operatorname{tg}(\varphi + \rho_n)$$