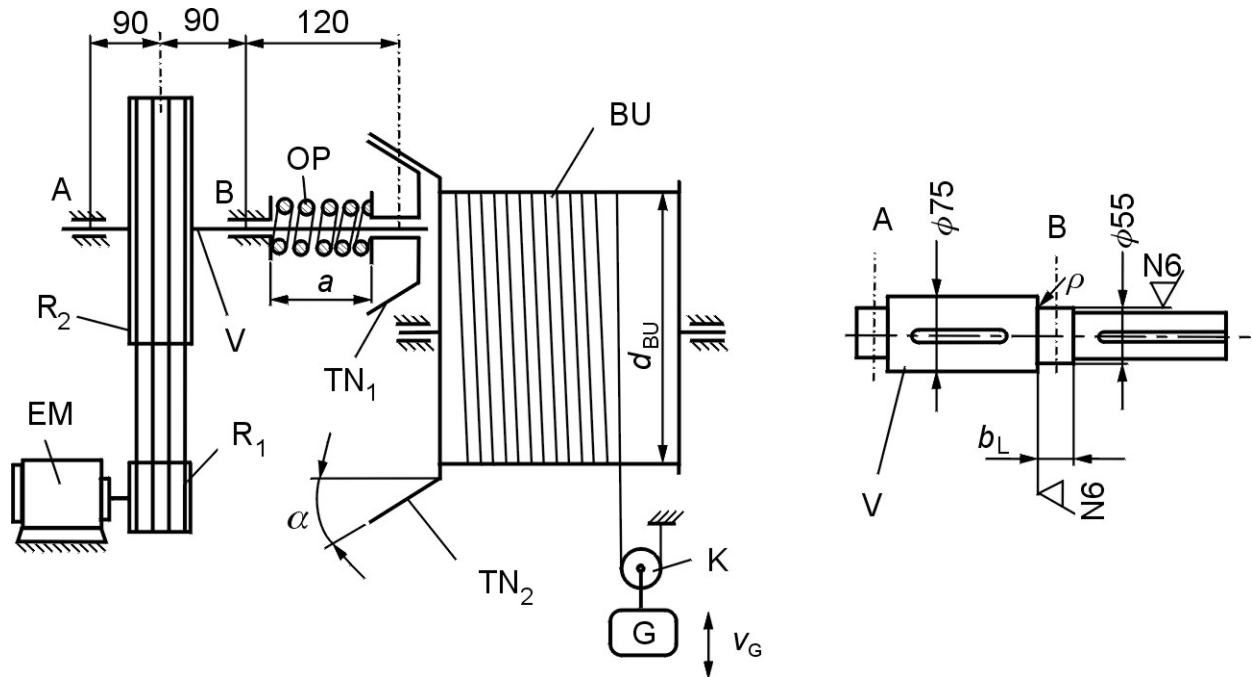


ISPIT IZ “ELEMENTI KONSTRUKCIJA II”



Nabavljenu rabljenu dizalicu prema slici kojoj nedostaje elektromotor EM treba osposobiti za upotrebu. Snimljeni su sljedeći podaci:

Zadano:

Remenski prijenos s klinastim remenom (R_1 - R_2):

| | |
|------------------------------------|-------------------|
| Promjer manje remenice R_1 | $d_{R1} = 100$ mm |
| Promjer veće remenice R_2 | $d_{R2} = 300$ mm |
| Težina remenice R_2 | $G_{R2} = 160$ N |

Tlačna opruga (OP):

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| Ugrađena dužina opruge..... | $a = 70$ mm, |
| Dužina neopterećene opruge..... | $l = 120$ mm, |
| Izmjerena karakteristika opruge..... | $c = 22,5$ N/mm ($c = F/f$). |

Tarni prijenos s koničnim tarenicama i unutarnjim dodirom (TN_1 - TN_2):

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Srednji promjer tarenice TN_1 | $d_{TN1} = 80$ mm |
| Srednji promjer tarenice TN_2 | $d_{TN2} = 240$ mm |
| Kut nagiba konusa tarenica..... | $\alpha = 30^\circ$ |
| Obloga : guma / čelik | |
| Težina tarenice TN_1 | $G_{TN1} = 40$ N |

Bubanj BU za namatanje užeta :

| | |
|------------------------|-------------------|
| Promjer bubnja mm..... | $d_{BU} = 160$ mm |
|------------------------|-------------------|

Vrsta pogona dizalice:

| | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Pogon sa srednje jakim udarima..... | $\varphi = 1,2$. |
|-------------------------------------|-------------------|

Opaska: Kod proračunavanja ne treba, radi pojednostavljenja, uzimati u obzir koeficijente korisnog učinka. Rezultantnu silu remenskog prijenosa $F_R = 3 \cdot F_{OR}$ smjestiti u ravninu spojišta osi remenica.

Traži se:

1. Koji se najveći teret G (N) može podići s postojećom ugrađenom tlačnom oprugom (OP) uz sigurnost protiv klizanja tarnog prijenosa $S_k=1,2$.
2. Koja je maksimalna brzina dizanja tereta v_G (m/s), ako se želi upotrijebiti elektromotor brzine vrtnje $n_{EM}=12$ °/s.
3. Odrediti potrebnu snagu elektromotora P_{EM} .
4. Odrediti broj klinastih remena i provesti kontrolu učestalosti savijanja ako je odabran tip remena A (13x8), ukupni korekcijski faktor $C=1,75$, razmak osi remenica $e=500$ mm, te dopuštena učestalost savijanja remena 40 s⁻¹.
5. Skicirati shemu sila koje opterećuju vratilo V na kojem su uklinjeni remenica R_2 i tarenica TN_1 , kao i shemu sila u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini. Izračunati reakciju u osloncu B (F_B) u slučaju dizanja tereta G .
6. Materijal vratila je konstrukcijski čelik. Mjerenjem je ustanovljena Brinellova tvrdoća 103HB. Za čvrstoću $\sigma_M (R_m)=3,6$ HB (N/mm²) odrediti vrstu čelika, te njegove mehaničke i dinamičke karakteristike. Odrediti postojeću sigurnost vratila V na mjestu naslona kugličnog ležaja 6211 (55BC02) u osloncu B. Radijus zaobljenja vratila na mjestu naslona iznosi $\rho=1,65$ mm, dok su ostale dimenzije dane na slici. Torzijsko opterećenje vratila pretpostavljamo istosmjernim.

VRIJEME ZA RAD: 1 sat i 45 minuta!

1. Koji se najveći teret G (N) može podići uz zadanu sigurnost protiv klizanja tarnog prijenosa $S_k=1,2$?

Uvodno razmatranje:

Očigledno je da će sila tlačne opruge biti presudna za određivanje najvećeg tereta koji je moguće podići. Na temelju sile u opruzi (koja je jednaka aksijalnoj komponenti sile na tarenicama) i poznate geometrije tarenica, poglavito kuta nagiba konusa, može se odrediti normalna sila između tarnih ploha. Nadalje, pomoću dobivene normalne sile, koeficijenta trenja za sparene materijale i traženog faktora sigurnosti od proklizavanja može se odrediti sila trenja koja je ujedno i obodna sila u tarnom prijenosu. Dobivena sila na srednjem polumjeru tarenice TN_2 mora biti u ravnoteži s silom u užetu na polumjeru bubnja. Budući se teret podiže preko koloture, sila u užetu biti će jednaka polovini tereta iz čega je onda moguće izraziti traženi teret.

Postupak:

Prvi je korak izračunati veličinu sile u opruzi i to na temelju podataka o opruzi, tj. njezine duljine kada je neopterećena, ugradbene duljine i koeficijenta opruge. Iz podataka je očito da je razlika duljina neopterećene i ugrađene opruge, odnosno deformacija opruge, 50 mm.

$$f = l - a = 120 - 70 = 50 \text{ mm.}$$

Sila u opruzi je stoga

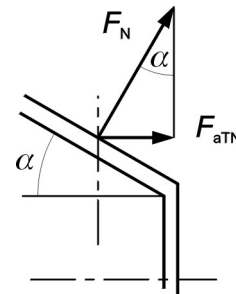
$$F_{OP} = c \cdot f = 22,5 \cdot 50 = 1125 \text{ N.}$$

Aksijalna komponenta na tarenicama jednaka je sili u opruzi:

$$F_{aTN} = F_{OP} = 1125 \text{ N.}$$

Normalna sila između tarenica dobije se u skladu sa skicom:

$$F_{TN} = \frac{F_{aTN}}{\sin \alpha} = \frac{1125}{\sin 30} = 2250 \text{ N.}$$



Obodna sila određuje se kao sila trenja uslijed normalne sile uzimajući u obzir koeficijent trenja sparenih materijala i faktor sigurnosti.

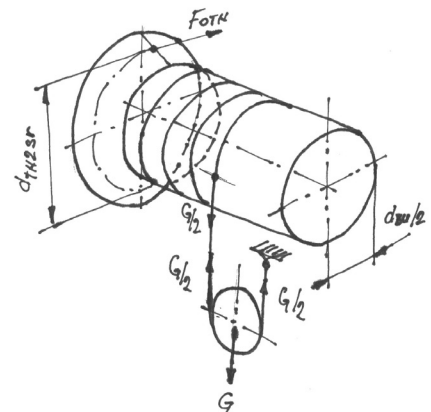
μ (čelik/guma)=0,8 (iz Elementi strojeva, Remenski i tarni prijenos, str. 21, tabl. T-61)

$$F_{oTN} = \frac{F_{TN} \cdot \mu}{S_k} = \frac{2250 \cdot 0,8}{1,2} = 1500 \text{ N.}$$

Obodna sila F_{oTN} na srednjem polumjeru tarenice TN_2 mora biti u ravnoteži s pola tereta na polumjeru bubnja:

$$\frac{G}{2} \cdot \frac{d_{BU}}{2} = F_{oTN} \cdot \frac{d_{TN2}}{2},$$

$$G = \frac{2 \cdot F_{oTN} \cdot d_{TN2}}{d_{BU}} = \frac{2 \cdot 1500 \cdot 240}{160} = 4500 \text{ N.}$$



2. Maksimalna brzina dizanja tereta v_G (m/s) uz $n_{EM}=12$ 1/s.

Uvodno razmatranje:

Očigledno brzinu dizanja tereta moramo izračunati polazeći od brzine vrtnje elektromotora. Budući su zadani promjeri svih elemenata u sustavu, nije teško odrediti prijenosne omjere pojedinih parova, odnosno cijelog sustava. Brzina vrtnje bubnja određuje se tako da brzinu vrtnje elektromotora podijelimo ukupnim prijenosnim omjerom. Brzina užeta jednaka je obodnoj brzini bubnja, a iz uvjeta na koloturi možemo je povezati s brzinom dizanja tereta.

Postupak:

Izračunati prijenosne omjere remenskog i tarnog prijenosa. Brzina vrtnje bubnja jednaka je kvocijentu brzine vrtnje elektromotora i ukupnog prijenosnog omjera.

Remenski prijenos:

$$i_R = \frac{d_{R2}}{d_{R1}} = \frac{300}{100} = 3.$$

Tarni prijenos:

$$i_T = \frac{d_{TN2}}{d_{TN1}} = \frac{240}{80} = 3.$$

Ukupni prijenosni omjer:

$$i_{uk} = i_R \cdot i_T = 3 \cdot 3 = 9.$$

Brzina vrtnje bubnja:

$$n_{BU} = \frac{n_{EM}}{i_{uk}} = \frac{12}{9} = 1,33 \text{ } ^\circ/\text{s}.$$

Pomoću dobivene brzine vrtnje bubnja odrediti obodnu brzinu bubnja, odnosno brzinu užeta.

$$\omega_{BU} = 2 \cdot \pi \cdot n_{BU},$$

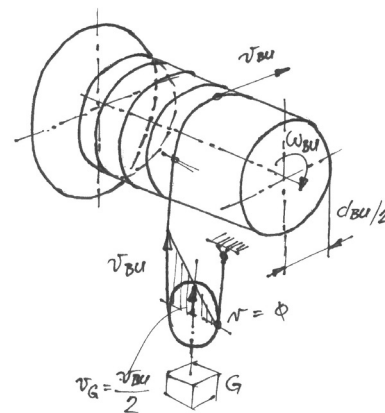
$$v_{BU} = \frac{d_{BU}}{2} \cdot \omega_{BU} = d_{BU} \cdot \pi \cdot n_{BU} \text{ (} d_{BU} \text{ u m), odnosno}$$

$$v_{BU} = \frac{d_{BU} \cdot \pi \cdot n_{BU}}{1000} \text{ (} d_{BU} \text{ u mm).}$$

$$v_{BU} = \frac{160 \cdot \pi \cdot 1,33}{1000} = 0,6685 \approx 0,67 \text{ m/s.}$$

Iz uvjeta na koloturi (vidi skicu) dobija se tražena brzina dizanja tereta:

$$v_G = \frac{v_{BU}}{2} = \frac{0,67}{2} = 0,335 \approx \mathbf{0,34} \text{ m/s.}$$



3. Odrediti potrebnu snagu elektromotora P_{EM} .

Uvodno razmatranje:

Snaga elektromotora biti će jednaka snazi potrebnoj za podizanje tereta uvećanoj za sve gubitke u sustavu. Budući je rečeno da se gubici, radi pojednostavljenja, ne uzimaju u obzir, snaga elektromotora biti će jednaka snazi potrebnoj za podizanje tereta.

Postupak:

Snaga potrebna za podizanje tereta jednaka je umnošku tereta i brzine dizanja:

$$P_G = G \cdot v_G = 4500 \cdot 0,34 \approx 1530 \text{ W.}$$

Potrebna snaga elektromotora jednaka je snazi za podizanje tereta:

$$P_{EM} = P_G = 1530 \text{ W} = \mathbf{1,53} \text{ kW.}$$

4. Odrediti broj klinastih remena i izvršiti kontrolu učestalosti savijanja, ako je odabran tip remena A (13x8), ukupni korekcijski faktor $C=1,75$, razmak osi remenica $e=500$ mm, te dopuštena učestalost savijanja remena 40 s^{-1} .

Uvodno razmatranje:

Potreban broj klinastih remena određujemo na temelju poznavanja nazivne snage koju je potrebno prenijeti, ukupnog korekcijskog faktora, te snage koju može prenijeti jedan remen odabranoga tipa. Iz zadatka je vidljivo da je nazivna snaga upravo jednaka snazi elektromotora, a korekcijski faktor je zadan. Prema tome, potrebno je još odrediti snagu koju može prenijeti jedan remen za određenu obodnu brzinu male remenice. Budući da znamo njezinu brzinu vrtnje promjer, jednostavno je odrediti i obodnu brzinu, a zatim i potreban broj remena. Za kontrolu učestalosti savijanja imamo na raspolaganju sve podatke pa je jedino potrebno provesti proračun.

Postupak:

Potreban broj remena za prijenos snage P :

$$z = \frac{P \cdot C}{P_1} \quad (\text{vidi Elementi strojeva, Remenski i tarni prijenos, Dodatak: Proračun plosnatog i klinastog remena, str. 7})$$

Nominalna snaga koju može prenijeti jedan remen odabranoga tipa očitava se iz dijagrama 10, str. 34. na temelju poznate obodne brzine manje remenice. Potrebno je, dakle, prvo izračunati obodnu brzinu uzimajući u obzir da je brzina vrtnje male remenice jednaka brzini vrtnje elektromotora (vidi sliku zadatka):

$$v_{oR1} = \frac{d_{R1} \cdot \pi \cdot n_{EM}}{1000} \quad (d_{R1} \text{ u mm})$$

$$v_{oR1} = \frac{100 \cdot \pi \cdot 12}{1000} \approx 3,77 \text{ m/s.}$$

Za izračunatu brzinu možemo približno odabrati P_1 za brzinu od 4 m/s što iznosi 0,74 KS, odnosno, preračunato u kW (1 KS=0,7355 kW) 0,5443 kW. (Za točniji rezultat potrebno je provesti postupak linearne interpolacije za vrijednost brzine 3,77 m/s.)

Potreban broj remena je:

$$z = \frac{P \cdot C}{P_1} = \frac{1,53 \cdot 1,75}{0,54} = 4,958$$

$z = 5$ remena (odabrano).

Učestalost savijanja (broj progiba) remena računa se prema izrazu:

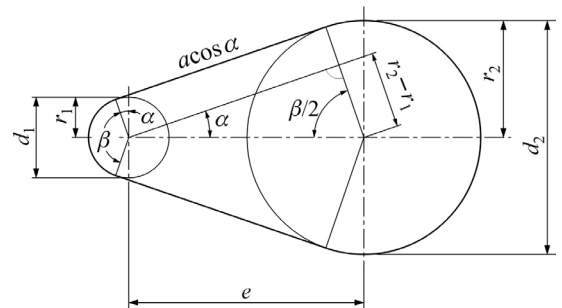
$$f_B = \frac{1000 \cdot v_{oR1} \cdot z_R}{L_R} \text{ s}^{-1} \quad (L_R \text{ u mm}).$$

Svi su podaci poznati osim ukupne duljine remena, a ona se određuje prema sljedećem izrazu:

$$L_R = 2 \cdot e \cdot \sin \frac{\beta}{2} + \beta \cdot \frac{d_{R1}}{2} + (2\pi - \beta) \cdot \frac{d_{R2}}{2},$$

ili prema izrazu:

$$L_R = 2 \cdot e \cdot \cos \alpha + \frac{\pi}{2} (d_1 + d_2) + \frac{\alpha^\circ \cdot \pi}{180} (d_2 - d_1).$$



Kut α (ili β) lako se može odrediti iz slike te iznosi:

$$\sin \alpha = \cos \frac{\beta}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2 \cdot e} = \frac{r_2 - r_1}{e},$$

$$\alpha = \arcsin \frac{d_2 - d_1}{2 \cdot e} = \arcsin \frac{300 - 100}{2 \cdot 500} \approx 11,537^\circ.$$

Slijedi ukupna duljina remena, te učestalost savijanja (broj remenica $z_R=2$):

$$L_R = 2 \cdot 500 \cdot \cos 11,537 + \frac{\pi}{2} (100 + 300) + \frac{11,537 \cdot \pi}{180} (300 - 100) \approx 1648 \text{ mm.}$$

$$f_B = \frac{1000 \cdot 3,77 \cdot 2}{1648} \approx 4,6 \text{ s}^{-1}.$$

Očigledno je učestalost savijanja f_B manja od $f_{dop} = 40 \text{ s}^{-1}$.

5. Skicirati shemu sila koje opterećuju vratilo V na kojem su uklinjeni remenica R_2 i tarenica TN_1 , kao i shemu sila u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini. Izračunati reakciju u osloncu B (F_B) u slučaju dizanja tereta G .

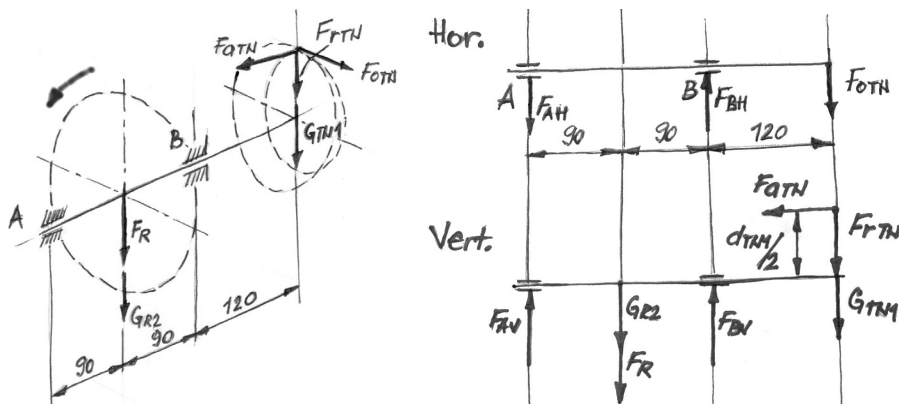
Uvodno razmatranje:

Vratilo V (označeno u slici zadatka) uležišteno na dva ležaja, opterećeno je reakcijama u osloncima, resultantnom silom remenskog prijenosa, obodnom, radijalnom i aksijalnom silom tarnog prijenosa, te težinama remenice R_2 i tarenice TN_1 . Smjer obodne sile na tarenici je suprotan smjeru vrtnje (tarenica TN_1 je pogonska).

Postupak:

Nacrtati aksonometrijsku shemu sila koje opterećuju vratilo V.

Nacrtati shemu sila u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini.



Reakciju u osloncu B računamo postavljanjem sustava jednadžbi ravnoteže u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini. Iznose pojedinih sila računamo na temelju već određenih.

Horizontalna ravnina:

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

$$F_{Bh} \cdot 180 - F_{oTN} \cdot 300 = 0$$

$$F_{Bh} = \frac{F_{oTN} \cdot 300}{180} = \frac{1500 \cdot 300}{180} = 2500 \text{ N.}$$

Vertikalna ravnina:

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

$$(F_{rTN} + G_{TN1}) \cdot 300 - F_{Bv} \cdot 180 + (F_R + G_{R2}) \cdot 90 - F_{aTN} \cdot \frac{d_{TN1}}{2} = 0$$

$$F_{Bv} = \frac{(F_R + G_{R2}) \cdot 90 + (F_{rTN} + G_{TN1}) \cdot 300 - F_{aTN} \cdot \frac{d_{TN1}}{2}}{180}$$

Komponente na tarenici koje opterećuju vratilo V:

$$F_{rTN} = F_{TN} \cdot \cos \alpha = 2250 \cdot \cos 30 \approx \mathbf{1949 \text{ N}},$$

$$F_{aTN} = F_{OP} = \mathbf{1125 \text{ N}}.$$

Obodnu silu na remenici R_2 (za određivanje rezultantne sile $F_R = 3 \cdot F_{OR2}$ koja opterećuje vratilo) određujemo pomoću okretnog momenta i promjera remenice. Okretni moment na remenici možemo odrediti iz momenta na elektromotoru i prijenosnog omjera remenskog prijenosa.

$$T_{EM} = \frac{P_{EM}}{2 \cdot \pi \cdot n_{EM}} = \frac{1530}{2 \cdot \pi \cdot 12} \approx 20,3 \text{ Nm},$$

$$T_{R2} = T_{EM} \cdot i_R = 20,3 \cdot 3 = 60,9 \text{ Nm},$$

$$F_{OR2} = \frac{2 \cdot T_{R2} \cdot 1000}{d_{R2}} = \frac{2 \cdot 60,9 \cdot 1000}{300} = 406 \text{ N } (d_{R2} \text{ u mm}),$$

$$F_R = 3 \cdot F_{OR2} = 3 \cdot 406 = \mathbf{1218 \text{ N}}.$$

$$F_{Bv} = \frac{(1218 + 160) \cdot 90 + (1949 + 40) \cdot 300 - 1125 \cdot \frac{80}{2}}{180} = \mathbf{3754 \text{ N}}.$$

Reakcija u osloncu B:

$$F_B = \sqrt{F_{Bh}^2 + F_{Bv}^2} = \sqrt{2500^2 + 3754^2} = \mathbf{4510 \text{ N}}.$$

6. Materijal vratila je konstrukcijski čelik. Mjerenjem je ustanovljena Brinellova tvrdoća 103HB. Za čvrstoću σ_M (R_m) = 3,6 HB (N/mm^2) odrediti vrstu čelika, te njegove mehaničke i dinamičke karakteristike. Odrediti postojeću sigurnost vratila V na mjestu naslona kugličnog ležaja 6211 (55BC02) u osloncu B. Radijus zaobljenja vratila na mjestu naslona iznosi $\rho = 1,65 \text{ mm}$, dok su ostale dimenzije dane na slici. Torzijsko opterećenje vratila pretpostavljamo istosmjernim.

Uvodno razmatranje:

Temeljem izmjerenih podataka možemo odrediti odgovarajuću vrstu čelika i njegove mehaničke i dinamičke karakteristike. Presjek za koji se traži postojeća sigurnost opterećen je na savijanje i uvijanje. Moment torzije je moment obodne sile tarnog prijenosa na srednjem polumjeru tarenice TN_1 . Komponente momenta savijanja računamo odvojeno za horizontalnu i vertikalnu ravninu u skladu sa skicama iz prethodnog zadatka te poznate širine stupnja za ležaj u osloncu B. Faktor α_0 određujemo na temelju poznavanja karakteristika materijala, a faktore β_{kf} i β_{kt} na temelju geometrije vratila. Nakon određivanja reduciranog momenta oko traženog presjeka, te momenta otpora, ostaje samo za odrediti kolika je postojeća sigurnost.

Postupak:

Određiti vlačnu čvrstoću za izmjerene podatke o tvrdoći:

Za $\sigma_M = 3,6$ HB dobije se vlačna čvrstoća $3,6 \cdot 103 = 370,8$ N/mm² pa odabiremo opći konstrukcijski čelik Č 0361, $R_m = 370$ N/mm² (vidi npr. program Vratilo, tablica 1., str. 34.). Za odabrani materijal očitavamo i sljedeće vrijednosti za σ_{fDN} i τ_{fDI} :

$$R_m = 370 \text{ N/mm}^2,$$

$$\sigma_{fDN} = 190 \text{ N/mm}^2,$$

$$\tau_{fDI} = 140 \text{ N/mm}^2.$$

Moment torzije na vratilu uslijed obodne sile na tarenicama za koju uzimamo da djeluje na srednjem promjeru tarenice T_{N1} :

$$T_v = F_{oTN} \cdot \frac{d_{TN1}}{2} = 1500 \cdot \frac{80}{2} = 60000 \text{ Nmm}.$$

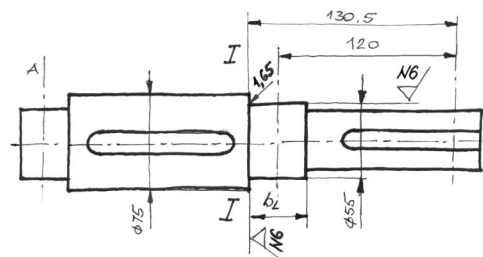
Momente savijanja u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini određujemo na temelju geometrije vratila i prethodno određenih sila. Za zadani kuglični ležaj 6211 (55BC02) možemo (npr. iz Strojarskog priručnika, 1982. g., str. 562) očitati sljedeće dimenzije:

$$d = 55 \text{ mm},$$

$$D = 100 \text{ mm},$$

$$b_L = 21 \text{ mm},$$

$$r = 2,5 \text{ mm}.$$



Od svih podataka za ovaj je slučaj značajna samo širina ležaja budući je zadano da ona upravo odgovara širini stupnja vratila za ležajno mjesto B.

Moment savijanja u horizontalnoj ravnini (prema dispoziciji sila i širini stupnja na mjestu ležaja B):

$$M_{Ih} = F_{oTN} \cdot 130,5 - F_{Bh} \cdot 10,5 = 1500 \cdot 130,5 - 2500 \cdot 10,5 = 169500 \text{ Nmm}.$$

Moment savijanja u vertikalnoj ravnini:

$$\begin{aligned} M_{Iv} &= (F_{rTN} + G_{TN1}) \cdot 130,5 - F_{aTN} \cdot \frac{d_{TN1}}{2} - F_{Bv} \cdot 10,5 = \\ &= (1949 + 40) \cdot 130,5 - 1125 \cdot \frac{80}{2} - 3754 \cdot 10,5 \approx 175148 \text{ Nmm}. \end{aligned}$$

Moment savijanja:

$$M_I = \sqrt{M_{Ih}^2 + M_{Iv}^2} = \sqrt{169500^2 + 175148^2} \approx 243736 \text{ Nmm}.$$

Faktor α_0 :

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{fDN}}{1,73 \cdot \tau_{fDI}} = \frac{190}{1,73 \cdot 140} \approx 0,784.$$

Faktor veličine strojnog dijela b_1 očitavamo iz dijagrama (predložak Vratilo, dijagram 2, str. 35) za $d = 55$ mm:

$$b_1 \approx 0,82.$$

Za određivanje faktora kvalitete površinske obrade potrebno je prvo odrediti najveću visinu neravnina R_{\max} za propisani stupanj hrapavosti N6 (npr. vezu možemo pronaći u skripti Tehničko crtanje, str. 26).

$$R_{\max} (N6) = 5 \mu\text{m}.$$

Potrebno je obratiti pažnju na traženu veličinu! Naime, ne traži se srednje odstupanje profila R_{amax} , već najveća visina neravnina R_{\max} .

Sada možemo očitati vrijednost faktora b_2 za vlačnu čvrstoću od 370 N/mm^2 i nađeni R_{\max} (predložak Vrati-lo, dijagram 3, str. 35):

$$b_2 \approx 0,97.$$

Faktor zareznog djelovanja β_{kf} kod savijanja određuje se iz dijagrama 4, str. 36 (predložak Vrati-lo) na temelju odnosa D/d i ρ/d , te vlačne čvrstoće.

$$D/d = 75/55 = 1,36$$

$$\rho/d = 1,65/55 = 0,03.$$

Za navedene odnose očitane su približne vrijednosti:

$$c_1 \approx 0,66$$

$$\beta_{kf2} \approx 2$$

pa je faktor zareznog djelovanja β_{kf} :

$$\beta_{kf} = 1 + c_1 \cdot (\beta_{kf2} - 1) = 1 + 0,66 \cdot (2 - 1) = 1,66.$$

Faktor zareznog djelovanja β_{kt} kod uvijanja određuje se analognim postupkom kao za prethodni faktor samo iz dijagrama 5:

$$c_2 \approx 0,98$$

$$\beta_{kt1,4} \approx 1,65$$

pa je faktor zareznog djelovanja β_{kt} :

$$\beta_{kt} = 1 + c_2 \cdot (\beta_{kt1,4} - 1) = 1 + 0,98 \cdot (1,65 - 1) = 1,64.$$

Sada možemo izračunati reducirani moment za traženi presjek:

$$M_{\text{redl}} = \sqrt{(M_1 \cdot \beta_{kf})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T_v \cdot \beta_{kt})^2} = \sqrt{(243736 \cdot 1,66)^2 + 0,75 \cdot (0,784 \cdot 60000 \cdot 1,64)^2} =$$

$$M_{\text{redl}} \approx 410081 \text{ Nmm}.$$

Moment otpora promatranog presjeka iznosi

$$W \approx 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 55^3 = 16637,5 \text{ mm}^3$$

pa je reducirano naprezanje

$$\sigma_{\text{redl}} = \frac{M_{\text{redl}}}{W} = \frac{410081}{16637,5} = 24,7 \text{ N/mm}^2.$$

Postojeći faktor sigurnosti na promatranom presjeku je stoga

$$S_{\text{post}} = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \sigma_{\text{fDN}}}{\varphi \cdot \sigma_{\text{redl}}} = \frac{0,82 \cdot 0,97 \cdot 190}{1,2 \cdot 24,7} \approx 5,1.$$