

TATJANA LAZOVIĆ

# MAŠINSKI ELEMENTI

1

zbirka zadataka



U N I V E R Z I T E T U B E O G R A D U

Tatjana Lazović

# MAŠINSKI ELEMENTI 1

z b i r k a z a d a t a k a

M A Š I N S K I F A K U L T E T

Beograd, 2022

Dr Tatjana M. Lazović, dipl.inž.maš.

Redovni profesor na Katedri za Opšte mašinske konstrukcije  
Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

## MAŠINSKI ELEMENTI 1 – Zbirka zadataka

IV, izmenjeno i dopunjeno, izdanje

### *Recenzenti:*

Prof.dr Radivoje Mitrović, Mašinski fakultet Beograd  
Prof.dr Mileta Ristivojević, Mašinski fakultet Beograd

### *Izdavač:*

MAŠINSKI FAKULTET  
Univerziteta u Beogradu,  
Ul. Kraljice Marije br.16, Beograd  
Tel.: (011) 3370 760  
Fax.: (011) 3370 364

### *Za izdavača:*

Prof.dr Vladimir Popović, dekan

### *Glavni i odgovorni urednik:*

Prof.dr Milan Lečić

Odobreno za štampu odlukom Dekana Mašinskog fakulteta u Beogradu  
br. 23/2022 od 05.09.2022. godine

ISBN 978-86-6060-133-1

*Tiraž:* 300 primeraka

### *Štampa:*

PLANETA – print

---

*Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje  
Sva prava zadržava izdavač i autor*

## **Predgovor I izdanju**

Zbirka zadataka iz Mašinskih elemenata 1 je pomoćni udžbenik namenjen studentima mašinstva u cilju njihovog lakšeg i boljeg ovladavanja znanjima iz ovog predmeta.

Sadržaj knjige je podeljen u četiri dela. Zadaci su dati u prvom delu i grupisani su po odgovarajućim poglavljima, a u skladu sa nastavnim programom predmeta Mašinski elementi 1 na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. U okviru svakog poglavlja, zadaci su raspoređeni od jednostavnijih ka složenijim.

Drugi deo zbirke čine rešenja zadataka. U slučajevima jednostavnijih zadataka, data su samo konačna rešenja. Kod složenijih zadataka, delimično je dat postupak rešavanja, rešenja pojedinih koraka postupka rešavanja, a prikazani su i podaci usvojeni iz odgovarajućih tablica. Pojedina rešenja su detaljno ilustrovana.

Kombinovani zadaci, koji delimično ili potpuno obuhvataju sadržaj kursa iz Mašinskih elemenata 1, dati su u trećem poglavlju. Oni predstavljaju odabrane ispitne zadatke, koje je autor pripremala u prethodnih nekoliko godina održavanja nastave iz Mašinskih elemenata 1 na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Uz kombinovane zadatke detaljno su prikazani postupci rešavanja sa rezultatima.

Tablice sa podacima potrebnim za rešavanje zadataka nalaze se u četvrtom delu zbirke. Sadržaj tabličnog materijala je ograničenog obima, prilagođen primeni u ovoj zbirci.

Metodologija proračuna mašinskih elemenata, izrazi, termini, oznake, kao i tablični podaci u prilogu zbirke usklađeni su sa materijom izloženom u udžbeniku prof. dr M. Ognjanovića „Mašinski elementi“, u izdanju Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

S obzirom da se radi o prvom izdanju knjige, autor je svesna postojanja izvesnih grešaka, prvenstveno u domenu tehničke obrade teksta. Korisnici se ljubazno pozivaju da ukažu na uočene greške, kao i da daju svoje komentare i korisne sugestije na adresu [me1zbirka@gmail.com](mailto:me1zbirka@gmail.com), na koje će autor sa zadovoljstvom odgovoriti.

U Beogradu, februara 2013.

*Autor*

## **Predgovor II izdanju**

U drugom izdanju su ispravljene sve do sada uočene greške. Zbirka je dopunjena odabranim kombinovanim zadacima (VI, VII i VIII), pripremanim od strane autora, za ispite iz Mašinskih elemenata 1, održane na Mašinskom fakultetu u Beogradu, u periodu između dva izdanja. Tablice 5, 8 i 9 su izmenjene i/ili dopunjene.

Autor će biti veoma zahvalna korisnicima ove knjige, ako ukažu na uočene greške i daju komentare i sugestije u vezi sa sadržajem (adresa: [melzbirka@gmail.com](mailto:melzbirka@gmail.com)), što će doprineti poboljšanju kvaliteta zbirke u narednom izdanju.

U Beogradu, septembra 2016.

*Autor*

## **Predgovor III izdanju**

U trećem izdanju su ispravljene sve u međuvremenu uočene greške. Zbirka je dopunjena sa još četiri detaljno rešena ispitna zadatka. Poglavlje o standardnim brojevima i standardnim dužinskim merama je svedeno na jedan zadatak.

Metodologija proračuna mašinskih elemenata, izrazi, termini, oznake, kao i većina tabličnih materijala u prilogu zbirke usklađeni su sa materijom izloženom u udžbeniku „Mašinski elementi 1“ grupe autora (prof. dr Radivoje Mitrović, prof. dr Mileta Ristivojević i prof. dr Božidar Rosić) sa Katedre za Opšte mašinske konstrukcije Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, kao i sa materijom izloženom u udžbeniku prof. dr M. Ognjanovića „Mašinski elementi“, u izdanju Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Korisnici izdanja se ljubazno pozivaju da ukažu na uočene greške, kao i da daju svoje, autoru uvek dobrodošle, komentare i korisne sugestije na adresu [melzbirka@gmail.com](mailto:melzbirka@gmail.com).

U Beogradu, jula 2020.

*Autor*

## **Predgovor IV izdanju**

U četvrtom izdanju su ispravljene sve u međuvremenu uočene greške. Zbirka je dopunjena sa još tri rešena ispitna zadatka.

U Beogradu, septembra 2022.

*Autor*

## SADRŽAJ

### Zadaci

1. Standardni brojevi i standardne dužinske mere.....	1
2. Tolerancije i naleganja .....	2
3. Opterećenja, naprezanja, naponi i stepen sigurnosti .....	7
4. Vratila, osovine i klinovi.....	15
5. Kotrljajni i klizni ležaji.....	30
6. Navoji i navojni parovi.....	40

<b>Rešenja zadataka .....</b>	<b>53</b>
-------------------------------	-----------

### Rešeni ispitni zadaci

I .....	83
II .....	89
III .....	95
IV .....	103
V .....	110
VI .....	117
VII .....	124
VIII .....	131
IX .....	139
X .....	146
XI .....	153
XII .....	161
XIII .....	167
XIV .....	172
XV .....	177

<b>Prilog.....</b>	<b>183</b>
--------------------	------------

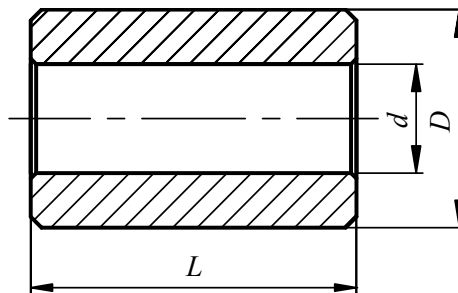
<b>Literatura .....</b>	<b>211</b>
-------------------------	------------

**ZADACI**

## 1.

**STANDARDNI BROJEVI I  
STANDARDNE DUŽINSKE MERE**

- 1.1.** Na osnovu proračuna čvrstoće, dobijene su dimenzije čaure prikazane na slici 1.1:  $d$  – unutrašnji prečnik i  $D$  – spoljašnji prečnik. Odrediti nazivne vrednosti ovih dimenzija prema zadatom redu standardnih brojeva.



Slika1.1

Red	$d$ mm	$D$ mm
		35
a)	R5	
b)	R10	
c)	R20	
d)	R40	
e)	R80	



## 2.

## TOLERANCIJE I NALEGANJA

**2.1.** Odrediti toleranciju i granične mere (donju i gornju) tolerisanih mera\*:

- |  |  |
|--|--|
| a) $23 \pm 0,1$ ;  | b) $52 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,025 \end{smallmatrix}$ ;      |
| c) $14 \begin{smallmatrix} 0,041 \\ 0 \end{smallmatrix}$ ;       | d) $10 \begin{smallmatrix} +0,020 \\ -0,015 \end{smallmatrix}$ ; |
| e) $63 \begin{smallmatrix} -0,002 \\ -0,022 \end{smallmatrix}$ ; | f) $80 \begin{smallmatrix} +0,010 \\ \end{smallmatrix}$ ;        |
| g) $105 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,05 \end{smallmatrix}$ ;      | h) $2 \pm 0,005$ .   |

**2.2.** Odrediti granična odstupanja i toleranciju, ako su poznate nazivna mera i granične mere (donja i gornja)\*:

- |              |                 |                   |
|--------------|-----------------|-------------------|
| a) $d = 70$  | $d_d = 69,990$  | $d_g = 70,015$ ;  |
| b) $d = 130$ | $d_d = 129,952$ | $d_g = 130$ ;     |
| c) $d = 63$  | $d_d = 62,958$  | $d_g = 62,998$ ;  |
| d) $d = 12$  | $d_d = 12$      | $d_g = 12,006$ ;  |
| e) $D = 5$   | $D_d = 5,002$   | $D_g = 5,012$ ;   |
| f) $D = 19$  | $D_d = 18,986$  | $D_g = 19$ ;      |
| g) $D = 45$  | $D_d = 44,98$   | $D_g = 45,02$ ;   |
| h) $D = 111$ | $D_d = 110,967$ | $D_g = 111,010$ . |

---

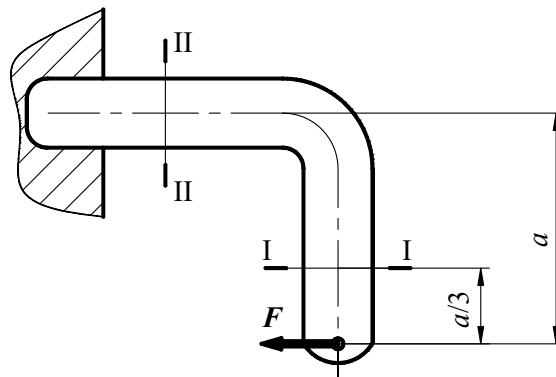
\*) Sve mere su izražene u mm

## 3.

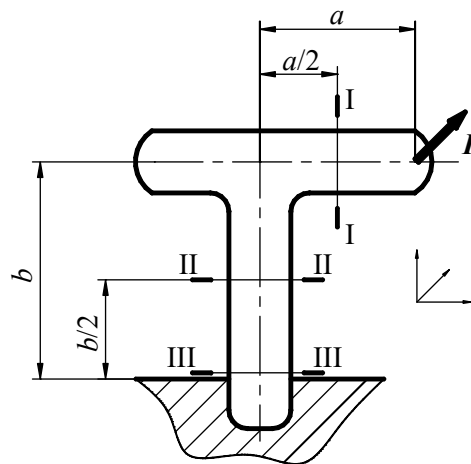
OPTEREĆENJA, NAPREZANJA,  
NAPONI I STEPEN SIGURNOSTI

3.1. Prikazati dijagrame napadnih opterećenja i odrediti vrednosti napadnih opterećenja u zadatim poprečnim preseccima nosača a) i b) sa slike:

a)



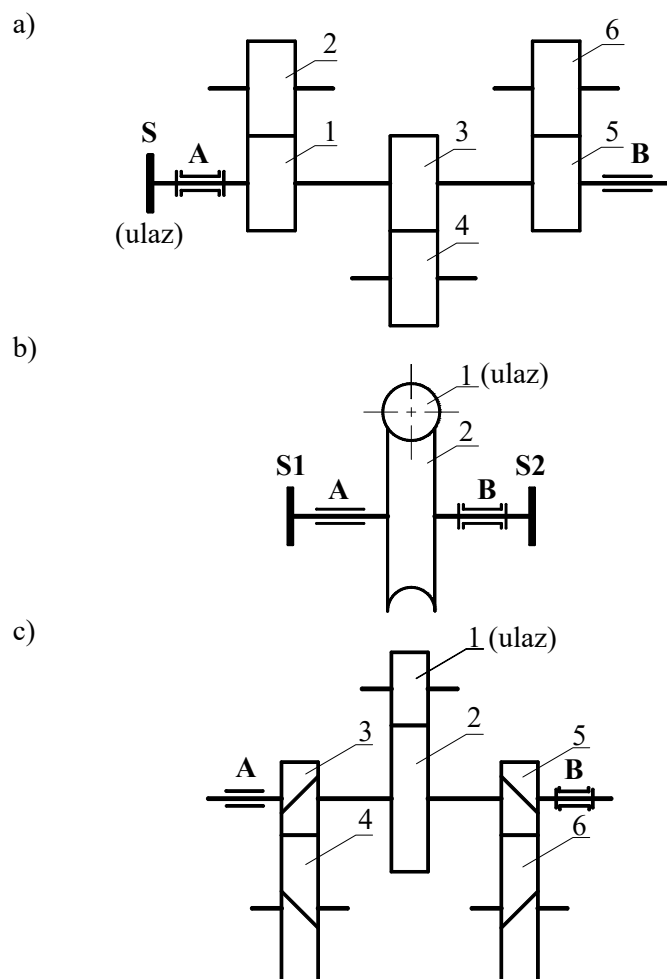
b)



## 4.

VRATILA, OSOVINE  
I KLINOVI

4.1. Za vratilo AB prikazati dijagrame obrtnog momenta:



## 5.

## KOTRLJAJNI IKLIZNI LEŽAJI

5.1. Popuniti tablicu podacima o kotrljajnim ležajima zadatih oznaka:

	Oznaka ležaja	Naziv	$d$ mm	$D$ mm	$B$ mm	$C$ kN	$C_0$ kN
a)	6306						
b)	22309						
c)	NA4907						
d)	30310						
e)	7216						
f)	3308						
g)	1212						
h)	N317						

**6.****NAVOJI I NAVOJNI PAROVI**

**6.1.** Odrediti osnovne geometrijske karakteristike navoja, na osnovu oznake:

- a) M10;
- b) M8x1;
- c) M16 – 7H;
- d) M12x1,25 – 5f;
- e) M12 – 6g7f;
- f) M20x5P2,5 – 7h;
- g) Tr36x6;
- h) Tr48 – LH.

**6.2.** Odrediti hod i ugao nagiba srednje zavojnice navoja M20, ako je navoj:

- a) jednostruki;
- b) dvostruki.

**6.3.** Odrediti redukovani koeficijent trenja, redukovani ugao trenja, ugao nagiba zavojnice navoja i proveriti samokočivost navoja navojnog para:

- a) M16 (koeficijent trenja u navojnom spoju  $\mu = 0,16$ );
- b) Tr16 (koeficijent trenja u navojnom spoju  $\mu = 0,15$ );
- c) Tr18x8P2 (koeficijent trenja u navojnom spoju  $\mu = 0,15$ ).

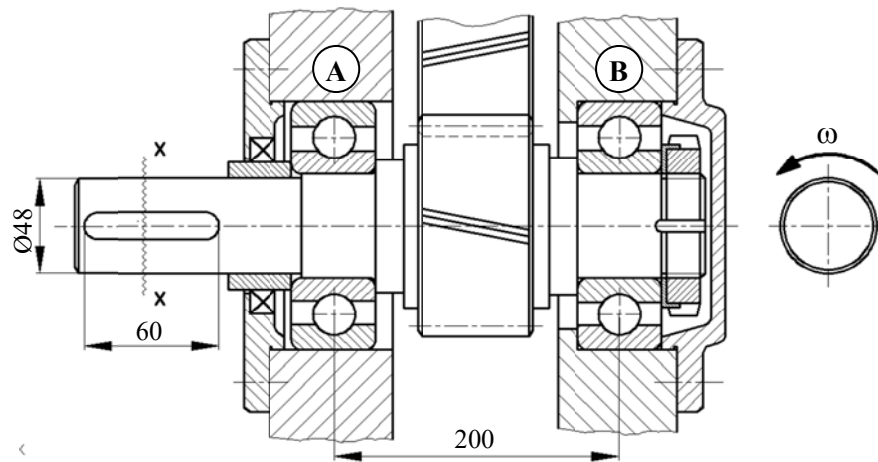
**6.4.** Odrediti napone (površinski i zapreminske) u navojcima navoja Tr40 navojnog spoja, ako je opterećenje jednog navojka  $F_1 = 1$  kN. Faktor smanjenja noseće površine navoja je  $\xi_k = 0,75$ .

# REŠENJA

# REŠENI ISPITNI ZADACI

## I

Izlazno vratilo prenosnika snage je prikazano na slici 1. U osloncima **A** i **B** vratila se nalazi po jedan prsteni jednoređi kuglični kotrljajni ležaj 6310. Na sredini raspona između oslonaca vratila, nalazi se cilindrični zupčanik sa kosim zupcima ( $T = 330 \text{ Nm}$ ;  $F_r = 2300 \text{ N}$ ;  $F_a = 1275 \text{ N}$ ;  $d_w = 110 \text{ mm}$ ).



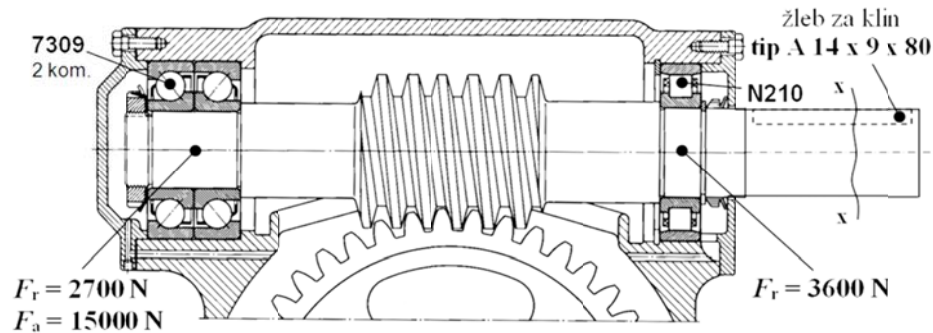
Slika 1.

1. Grafički prikazati nateganje unutrašnjeg prstena kotrljajnog ležaja **A** i rukavca vratila. Odstupanja prečnika unutrašnjeg prstena ležaja su:  $ES = 0$  i  $EI = -0,012$ , a odstupanja prečnika rukavca vratila su određena poljem **k6**.
2. Prikazati šemu opterećenja vratila u dve međusobno upravne ravni i dijagrame napadnih opterećenja vratila:  $F_a$  i  $T$ .
3. Izabrati prizmatični klin bez nagiba sa zaobljenjem (tip A) za prenošenje obrtnog momenta sa vratila na glavčinu spojnice i proveriti njegovu površinsku čvrstoću. Materijal klina je čelik **Č 0545 (E295)**.
4. Proveriti stepen sigurnosti vratila na mestu spojnice (u preseku **x-x**). Materijal vratila je **Č0545 (E295)**. Faktor dinamičke čvrstoće vratila u



## II

Ulazno vratilo pužnog prenosnika je prikazano na slici<sup>1</sup>. Ugaona brzina obrtanja vratila je konstantnog smera i intenziteta. Učestanost obrtanja vratila je  $2850 \text{ }^{\circ}/\text{min}$ . Obrtni moment na ulaznoj spojnici iznosi  $900 \text{ Nm}$ .

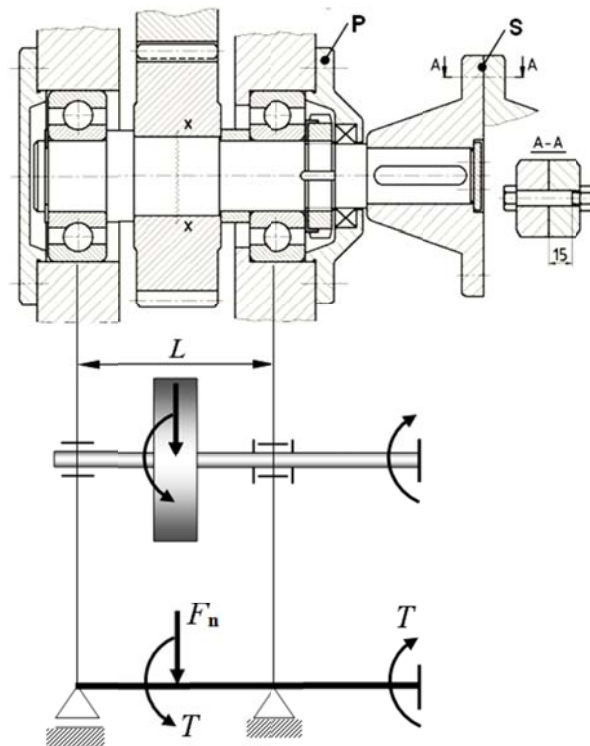


1. Grafički prikazati tolerancijska polja i dijagram naleganja kućišta ( $\text{Ø}90\text{H}6$ ) i spoljašnjeg prstena ( $\text{Ø}90^{0}_{-0.015}$ ) kotrljajnog ležaja u aksijalno pokretnom osloncu.
2. Proveriti stepen sigurnosti vratila na mestu spojnice u preseku **x-x** (prečnik podglavka  $\text{Ø}45$ ). Materijal vratila je ugljenični čelik **Č 0645 (E335)**. Površina podglavka je **brušena** i nije dodatno termički i mehanički ojačana. Efektivni faktor koncentracije napona je **1,6**.
3. Proveriti zapreminsku i površinsku čvrstoću prizmatičnog klina bez nagiba, na mestu spojnice (prečnik podglavka  $\text{Ø}45$ ). Materijal klina **Č 0645 (E335)**.
4. Na vratilo treba ugraditi krutu spojnicu, čiji su obodi spojeni sa **10 nepodešenih** zavrtnjeva **M8**, klase čvrstoće **8.8**, ravnomerno raspoređenih na krugu prečnika **200 mm**. Moment pritezanja zavrtnjeva je **19 Nm** po zavrtnju. Faktor pritezanja je **1,5**. Koeficijent trenja svih površina u kontaktu je **0,17**. Prečnik otvora u spojenim delovima je

<sup>1)</sup> Bearing arrangements, Publ.4300, SKF Group, 1995

## III

Na slici je prikazano ulazno vratilo zupčastog prenosnika. Na vratilu se nalazi cilindrični zupčanik sa pravim zupcima (na sredini raspona između oslonaca, koji iznosi  $L = 160 \text{ mm}$ ). Veza glavčine zupčanika i poglavka vratila ostvarena je presovanim spojem. Ugaona brzina obrtanja vratila je konstantnog smera i intenziteta.

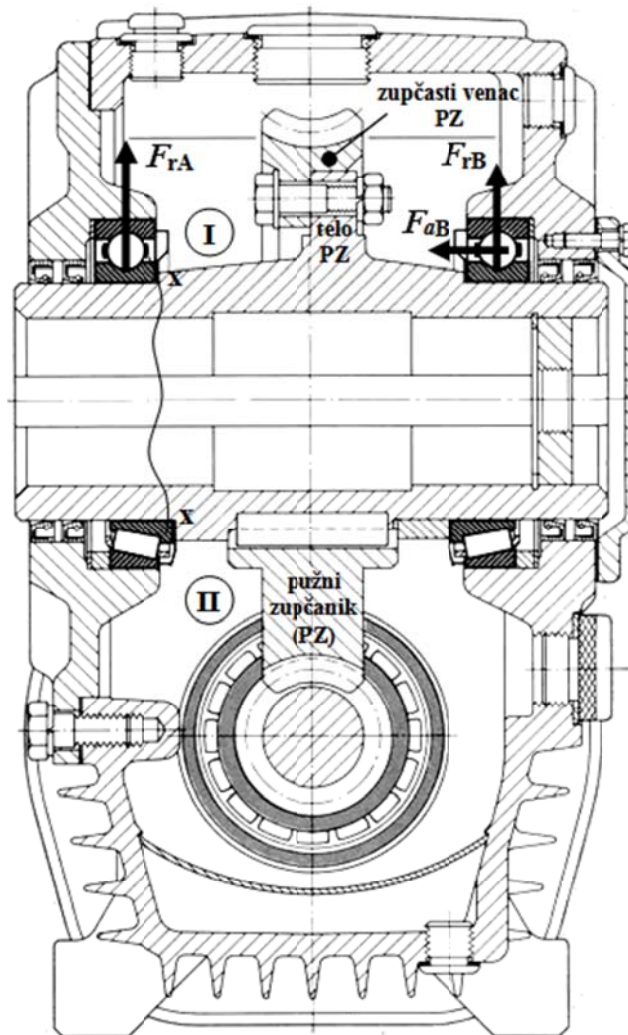


Učestanost obrtanja vratila je  $n = 850 \text{ }^\circ/\text{min}$ . Moment na ulaznoj spojnici S iznosi  $T = 900 \text{ Nm}$ . Sila kojom zupci pogonskog zupčanika deluju na zupce gonjenog zupčanika iznosi  $F_n = 10 \text{ kN}$ .

**Prečnici vratila:** na mestu spojnice  $d_s = 55 \text{ mm}$ , na mestu ležaja  $d_L = 60 \text{ mm}$ , na mestu zupčanika  $d_Z = 63 \text{ mm}$ . Materijal vratila Č 0645 (E335). Materijal klina za vezu vratila i glavčine spojnice Č 0545 (E295).

## IV

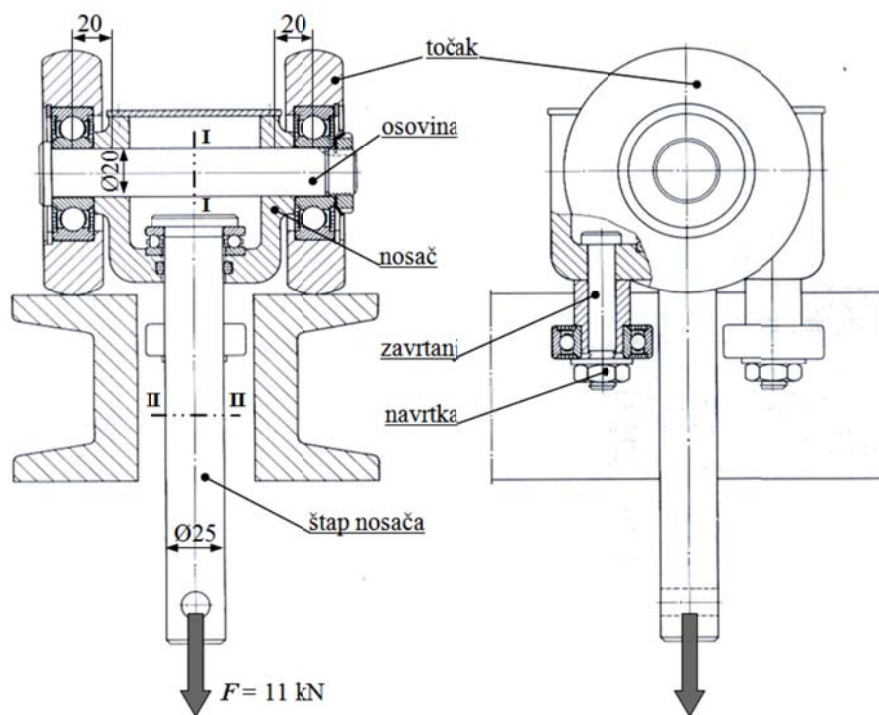
Na slici<sup>2</sup> je prikazan poprečni presek pužnog reduktora sa **dva varijantna konstrukciona rešenja**(I i II) uleženja vratila pužnog zupčanika.



<sup>2)</sup> Rolling bearings in industrial gearboxes, Publ.4560 E, SKF, 1997.

## V

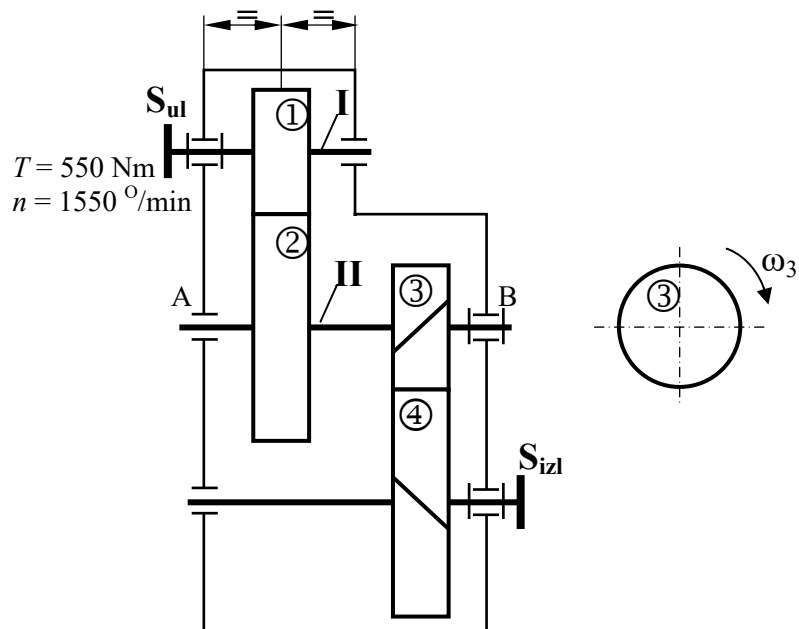
1. Osovina točkova transportera i nosač sa slike<sup>3</sup> treba da formiraju labavo naleganje u sistemu zajedničke unutrašnje mere. Stepentolerancije mera **oba dela** je **IT8**. Grafički prikazati položaj tolerancijskih polja, tako da je maksimalni zazor u naleganju **86 μm**. Odabrali odgovarajuće tolerancijsko polje spoljašnje mere, napisati oznaku naleganja i prikazati dijagram tolerancije naleganja.



<sup>3)</sup> Bearing arrangements, Publ.4300, SKF Group, 1995.

## VI

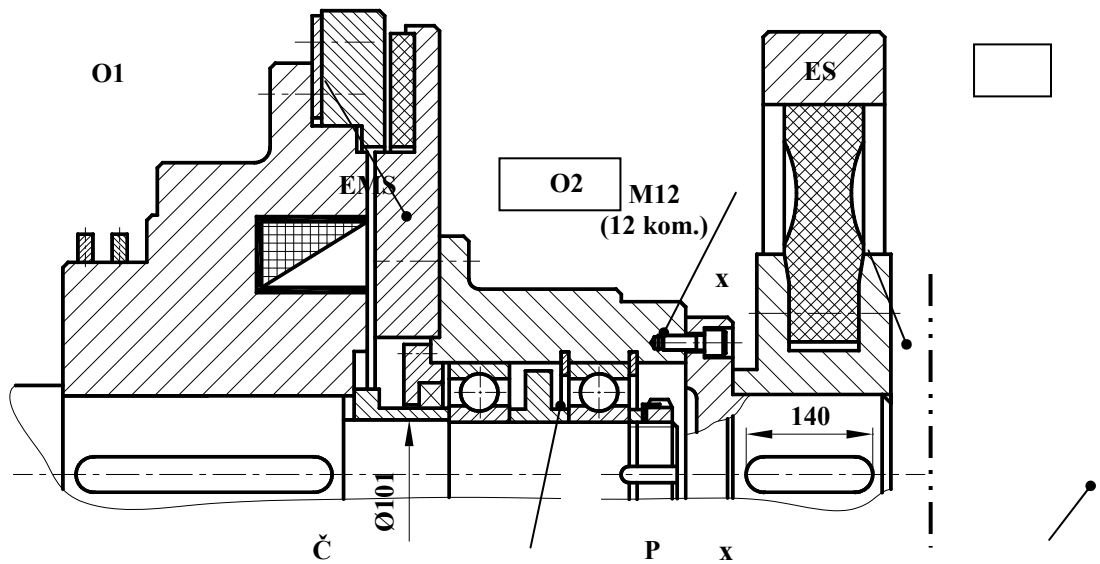
Dvostepeni zupčasti prenosnik, koji se sastoji od cilindričnog zupčastog para 1-2 sa pravim zupcima i cilindričnog zupčastog para 3-4 sa kosim zupcima, prikazan je na slici.



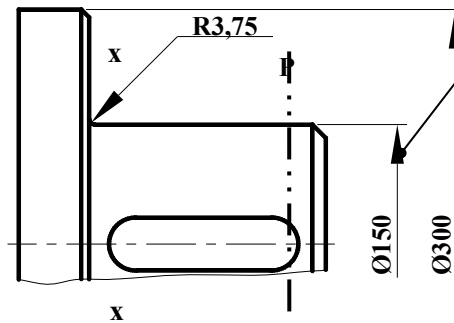
1. Grafički prikazati tolerancijska polja i dijagram naleganja žleba u vratilu i klina  $b = 12 \text{ N}8/h8$ .
2.
  - a. Prikazati šemu opterećenja vratila **II** u dve međusobno normalne ravni i dijagrame napadnih opterećenja ( $F_a$  i  $T$ ).
  - b. Proveriti stepen sigurnosti vratila **I** na mestu ulazne spojnice  $S_{ul}$ , u poprečnom preseku prečnika  $d = 40 \text{ mm}$ , sa žlebom za klin  $b \times h = 12 \times 8$ . Faktor dinamičke čvrstoće **1,9**. Materijal vratila je čelik **E335**.

## VII

Uključno-isključna elektromagnetna spojnica EMS (obodi O1 i O2), u kombinaciji sa elastičnom spojnicom (ES), prikazana je na slici. Spojnice prenose maksimalni obrtni moment od **5000 Nm**, pri učestanosti obrtanja od **1800  $^{\circ}$ /min.**



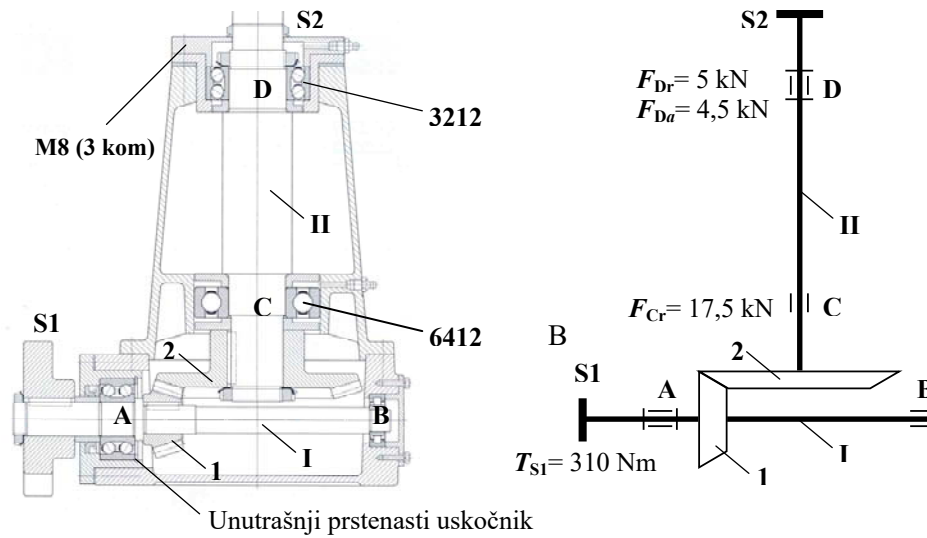
Slika 1.



Slika 2.

## VIII

Jednostepeni zupčasti prenosnik<sup>4</sup>, koji čini par konusnih zupčanika 1-2, i njegov mehanički model prikazani su na slici.

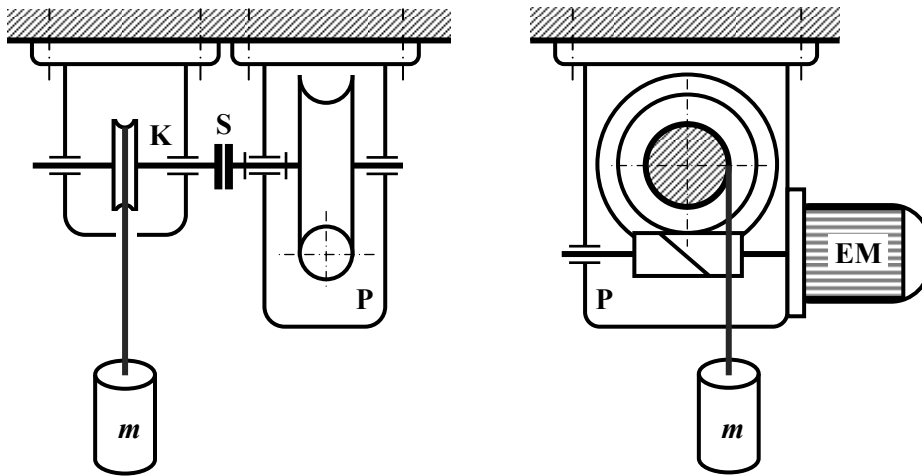


1. Unutrašnji prstenasti uskočnik nazivne debljine **3,15 mm** sa žlebom u kućištu formira naleganje **H11/h11**.
  - a. Prikazati grafički tolerancijska polja širine žleba i debljine uskočnika i uneti sve karakteristične mere (nazivnu i granične), granična odstupanja i tolerancije. Prikazati dijagram tolerancije naleganja  $T_n$ .
  - b. Odrediti klasu površinske hrapavosti koju treba ostvariti pri obradi žleba za uskočnik.
2. Veza vratila **I** i glavčine spojnice **S1** ostvarena je prizmatičnim klinom bez nagiba (**tip A**). Odrediti poprečne dimenzije klina ( $bxh$ ;  $t$ ;  $r$ ), ako je prečnik vratila na mestu spojnice  $d_{S1} = 40 \text{ mm}$ . Na osnovu kriterijuma površinske čvrstoće ( $S_p = 2,5$ ) odrediti minimalnu potrebnu standardnu dužinu klina. Materijal klina je čelik **E335**.

<sup>4</sup>) Bearing arrangements, Publ.4300, SKF Group, 1995.

## IX

Uređaj za podizanje tereta mase  $m = 500 \text{ kg}$  brzinom  $v = 0,5 \text{ m/s}$ , prikazan je na slici. Sastoji se od kotura **K** ( $D_K = 120 \text{ mm}$ ) sa užetom i pužnog prenosnika snage **P**, koji dobija pogon od elektromotora **EM**.

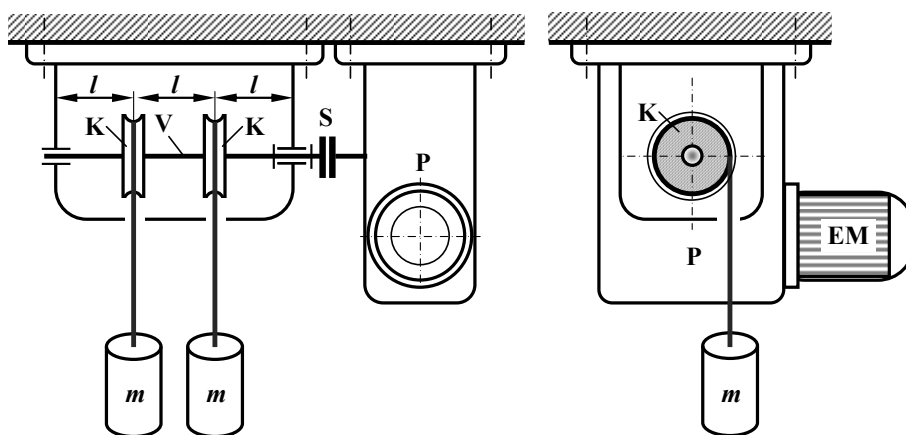


1. Prečnik otvora u čauri kliznog ležaja vratila kotura **K** je  $\text{Ø}40\text{H}6$ . Odaberi standardno tolerancijsko polje prečnika rukavca vratila u istom kvalitetu, tako da zazor u naleganju ne bude izvan granica  $Z = (8...43) \mu\text{m}$ . Prikazati dijagram tolerancije formiranog naleganja ( $T_n$ ).
2. Prikazati šemu opterećenja vratila pužnog zupčanika u dve ortogonalne ravni i dijagrame opterećenja ( $F_a$ ,  $T$ ) za slučaj **podizanja** tereta.
3. Odrediti stepen sigurnosti vratila pužnog zupčanika na mestu spojnice **S**. Prečnik vratila je  $30 \text{ mm}$ . Zanimariti uticaj žleba za klin. Materijal vratila je čelik **E335** ( $R_m = 570 \text{ N/mm}^2$ ), površina podglavka je fino strugana.
4. Izaberi dimenzije poprečnog preseka standardnog prizmatičnog klina tipa A za vezu vratila pužnog zupčanika i oboda spojnice **S**. Prečnik vratila na mestu klina je  $30 \text{ mm}$ . Odrediti minimalnu potrebnu dužinu



## X

Uređaj za istovremeno podizanje dva tereta iste mase od po **500 kg**, brzinom **50 mm/s**, prikazan je na slici. Sastoji se od dva kotura **K** sa užetom. Prečnik dna žleba za uže je **120 mm**. Vratilo **V**, na kome se nalaze koturovi, preko spojnice **S** je spojeno sa izlaznim vratilom prenosnika snage **P**, koji dobija pogon od elektromotora **EM**.



1. Prikazati šemu opterećenja vratila **V** i dijagrame napadnog opterećenja ( $M_s$ ,  $T$ ) sa unetim vrednostima. Označiti kritični poprečni presek **x-x**, sa aspekta veličine napadnih opterećenja. Raspon vratila između oslonaca je **300 mm**.
2. Dimenzionisati vratilo **V** u kritičnom poprečnom preseku **x-x**. Posmatrani poprečni presek je pun, kružni, veza vratila i glavčine je ostvarna presovanim spojem, pretpostavljeni faktor dinamičke čvrstoće je **2,5**. Materijal vratila **V** je **E335 (Č0645)**, zatezne čvrstoće **570 N/mm<sup>2</sup>**. Stepni sigurnosti protiv svih oblika razaranja su **2**.
3. Obodi krute spojnice **S** su spojeni grupnom zavrtnajskom vezom, nepodešenim zavrtnjevima **M10** ravnomerno raspoređenim na krugu prečnika **220 mm**. Svaki zavrtnaj je pritegnut momentom **10 Nm**.

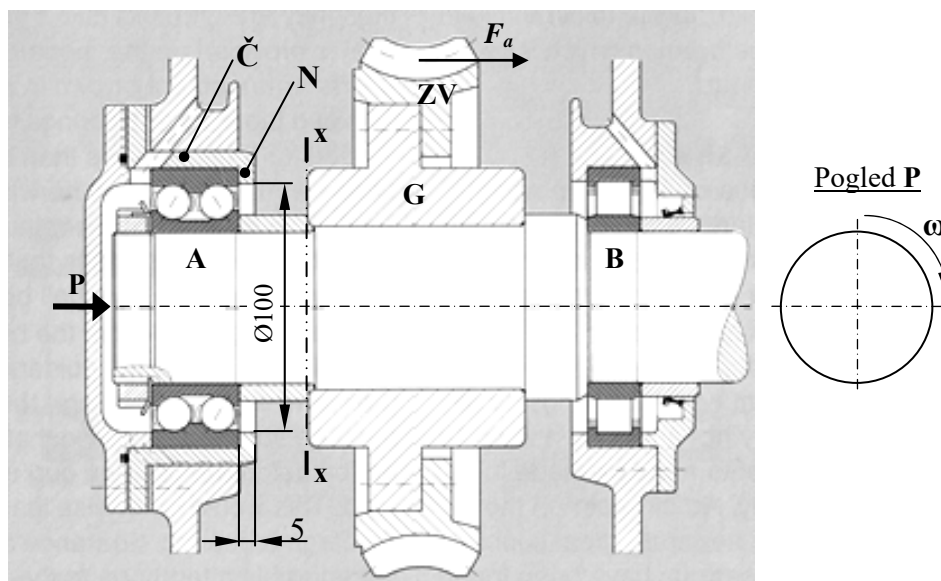
## XI

Izlazno vratilo pužnog reduktora je prikazano na slici<sup>5</sup>. Rastojanje između oslonaca **A** i **B** je **200 mm**. Na sredini raspona između oslonaca, nalazi se pužni zupčanik ( $d_w = 196 \text{ mm}$ ). Sile na pužnom zupčaniku su  $F_t = 23980 \text{ N}$ ;  $F_a = 3077 \text{ N}$ ;  $F_r = 8728 \text{ N}$ . Na izlaznom kraju vratila se nalazi spojnica.

Vratilo je oslonjeno na cilindrično-valjčani ležaj **NU2310** i kuglični dvoredi ležaj sa kosim dodirom **3310** (ugrađen u čauru **Č** sa naslonom **N** za ležaj).

Pužni zupčanik se sastoji od čelične glavčine **G** i bronzanog zupčastog venca **ZV**, spojenih međusobno grupnom zavrtanjskom vezom. Vezu čini **6 podešenih** zavrtnjeva, klase čvrstoće **4.6**, raspoređenih na krugu prečnika **130 mm** i ravnomerno opterećenih.

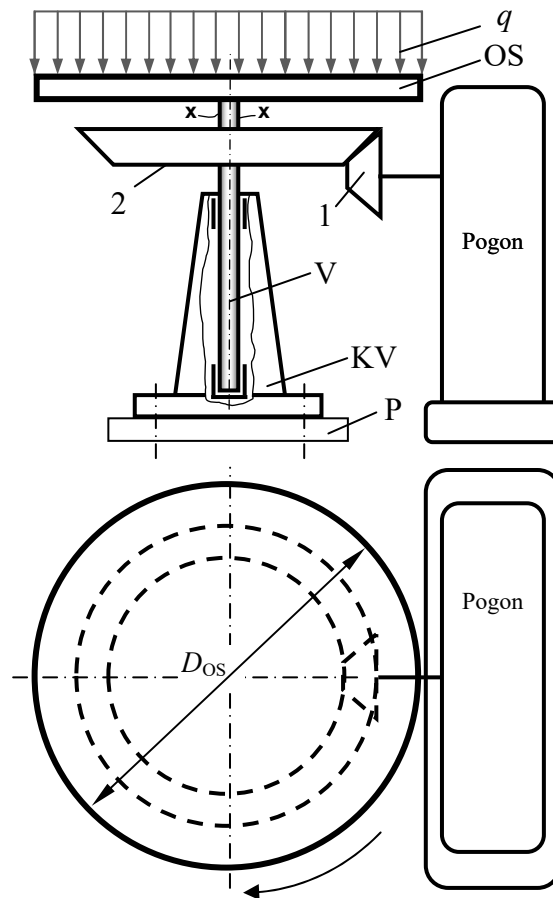
Veza pužnog zupčanika i vratila ostvarena je presovanim spojem. Propisano čvrsto naleganje glavčine i podglavka je **Ø55H7/u6**.



<sup>5)</sup> Rolling bearings in industrial gearboxes, Publ.4560 E, SKF, 1997.

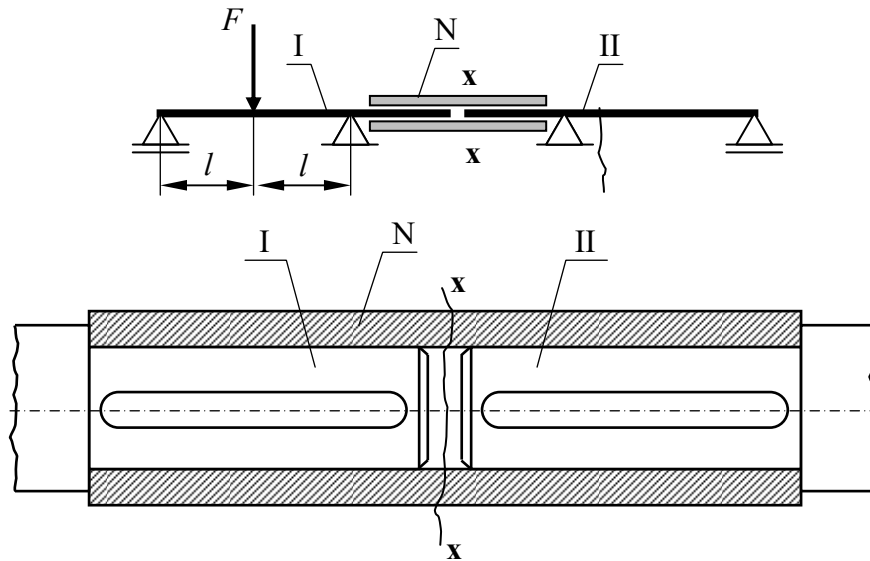
## XII

Na slici je prikazan transportni uređaj – stoni rotacioni dodavač. Uređaj dobija pogon preko konusnog zupčastog para 1-2. Na vertikalnom vratilu V nalazi se obrtni sto OS ( $T_{os} = 2000 \text{ Nm}$ ;  $D_{os} = 1,5 \text{ m}$ ) i konusni zupčanik 2 ( $d_m = 1015 \text{ mm}$ ;  $\alpha_w = 20^\circ$ ;  $\delta = 84^\circ$ ). Kućište vratila KV je povezano sa pločom P grupnom zavrtanjском vezom, koju čine četiri zavrtnja M12 pritegnuta silom od po 10 kN. U nepokretni oslonac vratila su ugrađena dva ležaja: NU1011 i 51111. Maksimalna obimna brzina obrtnog stola je 1 m/s.



## XIII

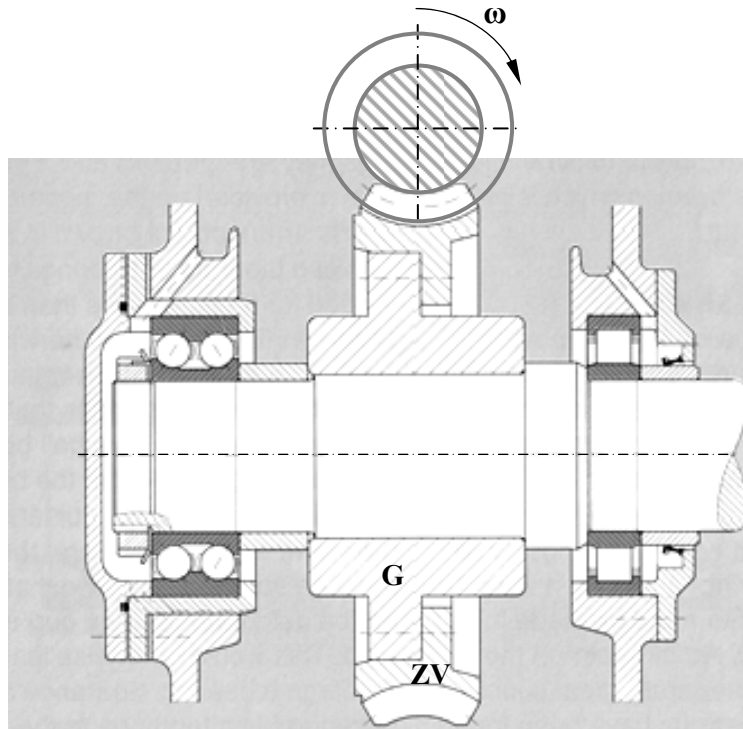
Obrtno kretanje ( $n = 1000 \text{ }^{\circ}/\text{min}$ ) i obrtni moment ( $T = 730 \text{ Nm}$ ), **konstantnog** intenziteta i smera, se prenose sa vratila **I** na vratilo **II** posredstvom naglavka **N**. Unutrašnji prečnik naglavka **N** je  $d = 32 \text{ mm}$ , a spoljašnji prečnik  $D = 50 \text{ mm}$ . Intenzitet sile na vratilu **I** je  $F = 8 \text{ kN}$ .



1. Proveriti nosivost naglavka **N** u preseku **x-x**. Materijal naglavka je čelik **E360** ( $R_m = 800 \text{ N/mm}^2$ ). Faktor dinamičke čvrstoće naglavka u posmatranom poprečnom preseku je **1,4**.
2. Odrediti najmanju potrebnu granicu tečenja materijala klina za vezu naglavka sa vratilom **I**, tako da stepen sigurnosti protiv **površinskog** razaranja klina ne bude manji od **2,2**. Dužina klina je **100 mm**. Na osnovu određene granice tečenja, izabrati materijal iz reda opštih konstrukcionih, ugljeničnih čelika (prikazati standardnu oznaku čelika), a zatim na osnovu izabranog materijala, odrediti stvarni stepen sigurnosti protiv površinskog razaranja klina.

## XIV

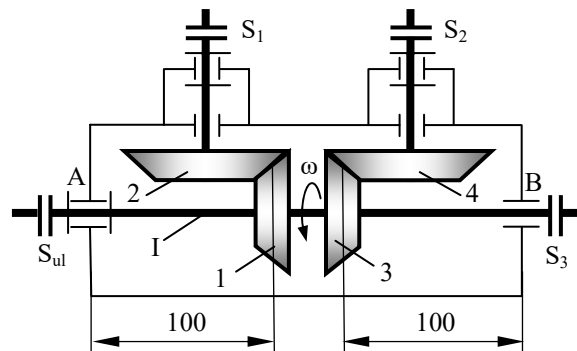
Izlazno vratilo pužnog reduktora prikazano je na slici. Obrtni moment na pužnom zupčaniku iznosi **600 Nm**. Na izlaznom kraju vratila ( $d = 45 \text{ mm}$ ) nalazi se spojnica. Veza vratila i oboda spojnice ostvarena je klinom.



1. Veza pužnog zupčanika i vratila ostvarena je presovanim spojem ( $\text{Ø}50\text{H}7/\text{t}6$ ).
  - a. Grafički prikazati naleganje glavčine pužnog zupčanika i vratila, sa kotiranim i unetim svim karakterističnim merama, tolerancijama, odstupanjima, preklopima i tolerancijom naleganja.
  - b. Odrediti klasu hrapavosti ( $R_a$  i  $N$ ) površina podglavka i glavčine, ali tako da bude **jednaka** za oba dela.

## XV

1. Zupčasti prenosnik sa jednom ulaznom spojnicom ( $S_{ul}$ ) i tri izlazne spojnice ( $S_1$ ,  $S_2$  i  $S_3$ ) prikazan je na slici. Prenosnik se sastoji od dva **identična** konusna zupčasta para **1-2** i **3-4**. Na ulaznom vratilu **I** se nalaze: ulazna spojnica  $S_{ul}$ , dva konusna zupčanika **1** i **3** i izlazna spojnica  $S_3$  ( $T_1 = T_3 = 2T_{S_3} = 100 \text{ Nm}$ ). Učestanost obrtanja vratila **I** je **1550 o/min**. Tokom rada prenosnika, ne menjaju se smer i intenzitet obrtnog momenta i brzine obrtanja.



- a. Odrediti intenzitete sila koje deluju na vratilo **I** ( $d_{m1} = d_{m3} = 75 \text{ mm}$ ;  $\delta_1 = \delta_3 = 25^\circ$ ;  $\alpha_n = \alpha_w = 20^\circ$ ).
- b. Nacrtať **šemu opterećenja** vratila **I** u dve međusobno normalne ravni, odrediti **reakcije oslonaca A i B** i prikazati **dijagrame napadnih opterećenja**: aksijalne sile  $F_a$ , ukupnog momenta savijanja  $M_s$  i momenta uvijanja  $T$ , sa unetim vrednostima.
- c. Proveriti stepen sigurnosti vratila **I** na sredini, između zupčanika **1** i **3**, gde ima pun kružni poprečni presek prečnika **35 mm**. Na razmatranom delu vratila, obrađenom grubim struganjem (vrednost odgovarajućeg uticajnog faktora je **0,82**) nema nikakvog oblika diskontinuiteta poprečnog preseka. Materijal vratila je ugljenični čelik sa mehaničkim karakteristikama datim u tablici:

E335	$R_c$	$R_m$	Savijanje		Uvijanje	
			$\sigma_{D(-1)}$	$\sigma_{D(0)}$	$\tau_{D(-1)}$	$\tau_{D(0)}$
	335	600	280	400	160	200

# **PRILOG**

**LITERATURA**

1. Mitrović, R., Ristivojević, M., Rosić, B.: Mašinski elementi 1, Mašinski fakultet, Beograd, 2019.
2. Ognjanović, M.: Mašinski elementi, Mašinski fakultet, Beograd, 2014.
3. Veriga, S.: Mašinski elementi, I i II, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
4. Krsmanović, V., Mitrović, R.: Klizni i kotrljajni ležaji, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Zavod za udžbenike, Beograd, 2015.
5. Mitrović, R., Ristivojević, M.: Tolerancije, Biblioteka Mašinstvo, Priručnik br.8, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2004.
6. Ristivojević, M.: Navojni spojevi, Biblioteka Mašinstvo, Priručnik br.9, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2003.
7. Mitrović, R.: Kotrljajni ležaji, Biblioteka Mašinstvo, Priručnik br.12, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2004.
8. Mitrović, R.: Klizni ležaji, Biblioteka Mašinstvo, Priručnik br.13, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2003.
9. Plavšić, N., Ristivojević, M., Mitrović, R., Rosić, B., Subić, A.: Mašinski elementi – Zbirka zadataka, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
10. Plavšić, N., Janković, M., Ristivojević, M., Mitrović, R., Rosić, B., Obradović, P.: Mašinski elementi – Zbirka rešenih ispitnih zadataka, Mašinski fakultet, Beograd, 2000.



11. Plavšić, N., Ristivojević, M., Mitrović, R., Rosić, B., Janković, M., Obradović, P.: Mašinski elementi – Priručnik za vežbe, Mašinski fakultet, Beograd, 2006.
12. Ristivojević, M., Mitrović, R., Lazović, T.: Mašinski elementi 1 – za drugi razred mašinske škole, Zavod za udžbenike, Beograd, 2004.
13. Mitrović, R., Ristivojević, M., Stamenić, Z.: Mašinski elementi 2 – za treći razred mašinske škole, Zavod za udžbenike, 2006.
14. Plavšić, N., Šijački-Žeravčić, V., Stamenić, Z.: Tablice mašinskih materijala, profila, limova i žica, Mašinski fakultet, Beograd, 2004.
15. Зинин, Б.С., Ройтенберг, Б.Н.: Сборник задач по допускам и техническим измерениям, Высшая школа, Москва, 1988.
16. Леликов, О.П.: Основы расчета и проектирования узлов машин, Машиностроение, Москва, 2007.
17. Decker, K.-H.: Maschinen-elemente, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2001.
18. Rolling bearings in industrial gearboxes, Publ.4560 E, SKF, 1997.
19. Bearing arrangements, Publ.4300 , SKF Group, 1995.
20. SKF General catalogue 6000 EN, SKF Group, 2005.
21. INA-FAG Rolling Bearings Catalogue, Schaeffler Group, 2008.