

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, 2016

Dr Tatjana M. Lazović, dipl.inž.maš.

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

## MAŠINSKI ELEMENTI 1 – Zbirka zadataka

II 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 Radivoje Mitrović, dekan

### *Glavni i odgovorni urednik:*

Prof.dr Milan Lečić

Odobreno za štampu odlukom Dekana Mašinskog fakulteta u Beogradu  
br. 19/2016 od 31.08.2016.

ISBN 978-86-7083-910-6

*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, prilagođenog 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: [me1zbirka@gmail.com](mailto:me1zbirka@gmail.com)), što će doprineti poboljšanju kvaliteta zbirke u narednom izdanju.

U Beogradu, septembra 2016.

*Autor*

# SADRŽAJ

## Zadaci

1. Standardni brojevi i standardne dužinske mere.....	1
2. Tolerancije i naleganja .....	4
3. Opterećenja, naprezanja, naponi i stepen sigurnosti.....	9
4. Vratila, osovine i klinovi .....	17
5. Kotrljajni i klizni ležaji.....	32
6. Navoji i navojni parovi.....	42

<b>Rešenja zadataka .....</b>	<b>55</b>
-------------------------------	-----------

## Kombinovani zadaci sa rešenjima

I .....	85
II .....	91
III .....	97
IV .....	105
V .....	112
VI .....	119
VII .....	126
VIII .....	133

<b>Prilog.....</b>	<b>141</b>
--------------------	------------

<b>Literatura .....</b>	<b>169</b>
-------------------------	------------

**2.8.** Grafički prikazati tolerancijska polja i dijagram tolerancije naleganja za sledeća naleganja:

a)  $\varnothing 28 \frac{H7}{g6}$ ;      b)  $\varnothing 80 \frac{J_s7}{h6}$ ;

c)  $\varnothing 41 \frac{H8}{n7}$ ;      d)  $\varnothing 14 \frac{R10}{h9}$ ;

e)  $\varnothing 108 \frac{U9}{h8}$ ;      f)  $\varnothing 120 \frac{H8}{u8}$ ;

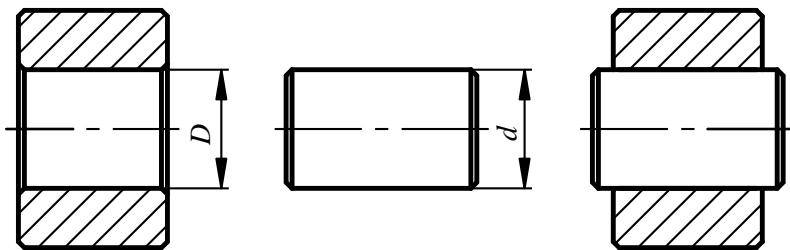
g)  $\varnothing 65 \frac{H6}{s5}$ ;      h)  $\varnothing 80 \frac{H9}{j_s9}$ .

**2.9.** Čaura i osovina (Sl.2.1), izrađene od čelika, formiraju odgovarajuće naleganje na standardnoj, sobnoj, temperaturi ( $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$ ). Izvršiti analizu promene naleganja sa promenom radne temperature delova sklopa za sledeće radne temperature:

a)  $\varnothing 50 \frac{H8}{g7}$ , radna temperatura sklopa je  $40^\circ\text{C}$ ;

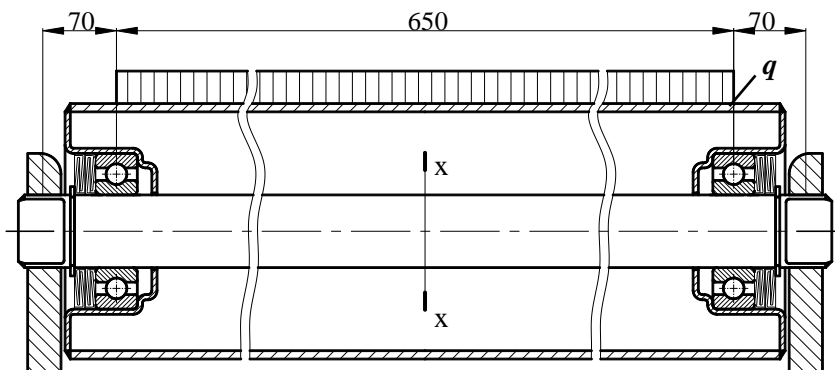
b)  $\varnothing 24 \frac{J_s9}{h9}$ , radna temperatura čaure je  $50^\circ\text{C}$ ;

c)  $\varnothing 75 \frac{H7}{r6}$ , radna temperatura osovinice je  $0^\circ\text{C}$ .



Slika 2.1

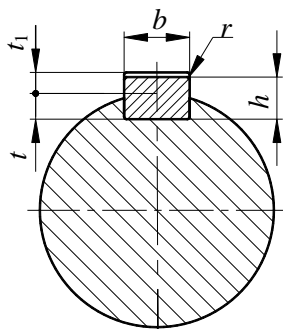
- 4.13.** Proveriti čvrstoću osovine valjka transportera (Sl.4.7) u preseku x-x ( $d = 25$  mm). Linijsko opterećenje valjka je promenljivo  $q = (0 \dots 1540)$  N/m. Osovina je izrađena od čelika Č 0370 (S235). Površina osovine na mestu preseka x-x je grubo strugana.



**Slika 4.7**

- 4.14.** Odabrati odgovarajuće dimenzije poprečnog preseka (Sl.4.8) prizmatičnog klina bez nagiba (tip A), ako je prečnik vratila na mestu klina:

- a)  $d = 17$  mm;
- b)  $d = 97$  mm;
- c)  $d = 110$  mm.



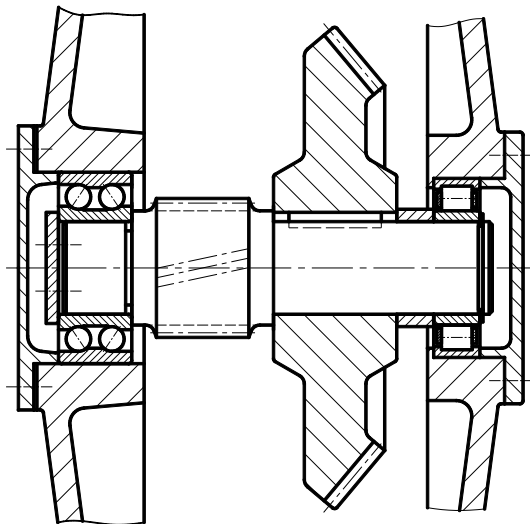
**Slika 4.8**

- 4.15.** Odabrati odgovarajući prizmatičnu klin bez nagiba (tip A) standardne dužine  $l$ , ako su poznati prečnik vratila i dužina glavčine (Sl.4.9):

**5.10.** Dvoredi kuglični kotrljajni ležaj sa kosim dodirom 3311 se nalazi u nepokretnom osloncu vratila (Sl.5.6). U pokretnom osloncu je cilindrično-valjčani ležaj NU211. Učestanost obrtanja i opterećenje su promenljivi (relativne vrednosti su date u tablici). Reakcije oslonaca su:  $F_{rA} = 11,6$  kN,  $F_{aA} = 8,2$  kN i  $F_{rB} = 9$  kN. Maksimalna učestanost obrtanja je  $n = 950$  o/min.

Deo radnog veka	Ekvivalentno opterećenje $F$	Učestanost obrtanja $n$
40%	$F$	$n$
20%	$1,5 F$	$n/2$
40%	$F/3$	$n$

- Grafički prikazati spektre opterećenja i učestanosti obrtanja.
- Izračunati srednju učestanost obrtanja tokom radnog veka ležaja.
- Odrediti radni vek ležaja u nepokretnom osloncu vratila.
- Odrediti radni vek ležaja u pokretnom osloncu vratila.



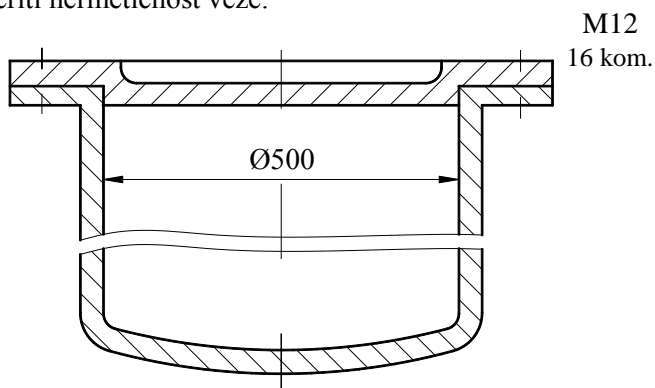
Slika 5.6

**5.11.** Međuvratilo dvostepenog prenosnika snage oslonjeno je na dva jednoreda konusno-valjčana ležaja 30310 (Sl.5.7). Učestanost obrtanja vratila je 1050 o/min. Odrediti radni vek ležaja u oba oslonca.



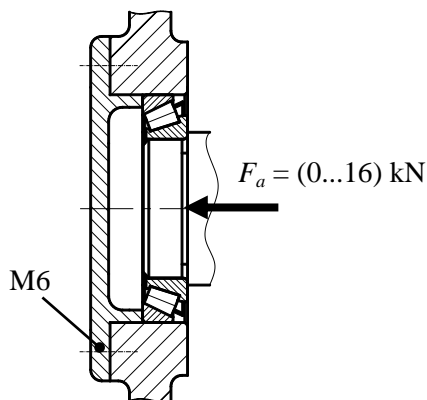
trenja u navojnom spoju je 0,16. Odnos krutosti zavrtnja i spojenih delova je 1:5. Pritisak u sudu se menja u granicama  $p = (0,25...1,25)$  MPa.

- Proveriti stepen sigurnosti zavrtnjeva na kraju pritezanja.
- Proveriti stepen sigurnoti zavrtnjeva u radu.
- Proveriti hermetičnost veze.



Slika 6.9

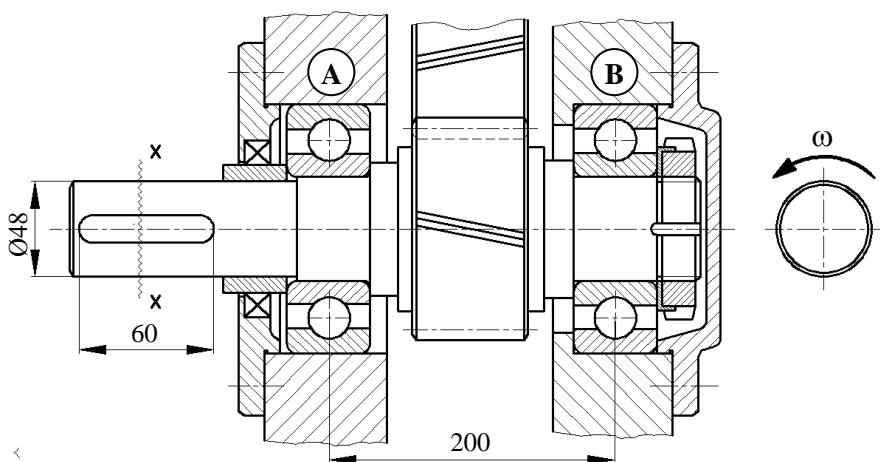
**6.20.** Veza poklopca i kućišta u osloncu vratila prenosnika snage (Sl.6.10) ostvarena je zavrtnjima M6, klase čvrstoće 5.6. Navoj je izrađen valjanjem, obrada je srednja. Odnos krutosti spojenih delova i zavrtnjeva je 2. Aksijalna sila u osloncu je  $F_a = 16$  kN. Vratilo često menja smer obrtanja, te se ukupno opterećenje poklopca menja u intervalu  $F = 0...F_a$ . Odrediti minimalni potrebni broj zavrtnjeva, tako da njihov minimalni stepen sigurnosti u radu bude 2. Pretpostaviti ravnomernu raspodelu opterećenja  $F$  na sve zavrtnje veze.



Slika 6.10

# 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 ( $T = 330 \text{ Nm}$ ;  $F_r = 2300 \text{ N}$ ;  $F_a = 1275 \text{ N}$ ;  $d_w = 110 \text{ mm}$ ).

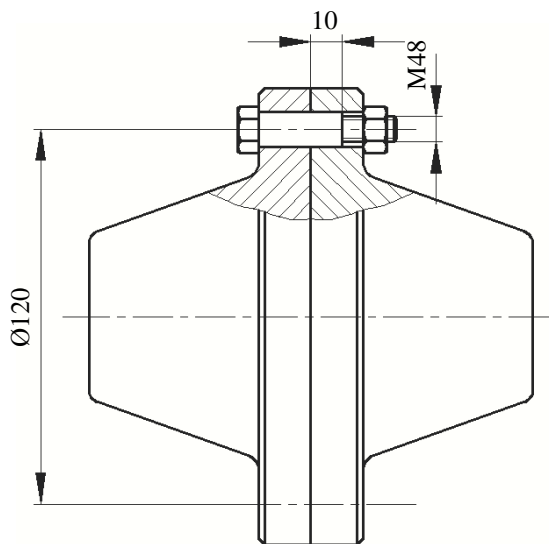


Slika 1.

1. Grafički prikazati naganje 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

posmatranom poprečnom preseku je **2**. Vratilo u toku rada često menja smer obrtanja.

5. Odrediti odnos radnog veka ležaja u osloncima **A** i **B**.
6. Na vratilo sa slike 1 treba ugraditi krutu spojnicu (Slika 2). Obodi spojnice su spojeni sa **6** zavrtnjeva **M8**, klase čvrstoće materijala **3.6**. Proveriti stepene sigurnosti zavrtnjeva, pod pretpostavkom ravnomerne raspodele opterećenja na sve zavrtnje grupne zavrtnjske veze.



Slika 2.

## *R e š e n j e*

**1.**

Odstupanja spoljašnje mere u naleganju unutrašnjeg prstena ležaja i rukavca vratila:  $\text{Ø}50\text{k}6 = \text{Ø}50_{0,002}^{0,018}$ .

Tolerancije unutrašnje i spoljašnje mere:  $T = 0,012$  i  $t = 0,016$ .

Tolerancija naleganja:

$$T_n = P_g - P_d = 0,030 - 0,002 = 0,028 \text{ mm};$$

$$T_n = T + t = 0,012 + 0,016 = 0,028 \text{ mm}.$$