UDK 61.822

Modeliranje konstrukcije aksialnih ležajev velikih dimenzij

IVAN PREBIL - SAMO ZUPAN - MIHA MUŠIČ

1. UVOD

Pri konstruiranju eno- in dvorednih krogličnih ali valjčnih ležajev je v osnovi znana njihova groba oblika. Nedefinirane ostanejo dimenzije; te so odvisne od razmer pri uporabi in načina vgradnje ležajev, ki se uporabljajo kot vezni in nosilni elementi. Pri določanju nove vrste ležaja potrebujemo ležaju in novemu delovnemu načelu prilagojene analize, to je preračune ali eksperimentalne rezultate.

Do sedaj razviti matematični modeli in računalniški programi [1], [2], [3], [4], [5] so namenjeni za dimenzioniranje in preračun eno- in dvorednih krogličnih in valjčnih ležajev ter obračala cestnih in železniških vozil. Grafični programski paket [4] z modulno sestavo ležajev pa omogoča povsem avtomatizirano konstruiranje in izdelavo delavniške dokumentacije aksialnih ležajev.

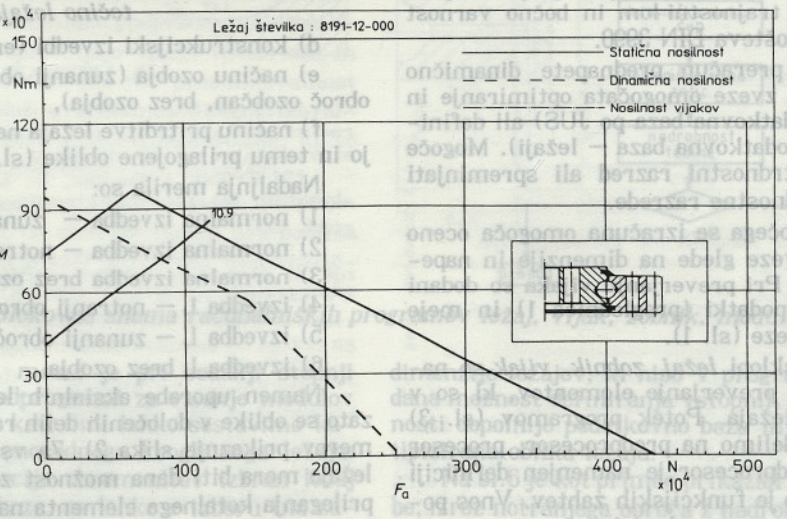
2. DIMENZIONIRANJE IN PRERAČUN AKSIALNIH LEŽAJEV

Med obratovanjem so ležaji obremenjeni z upogibnim momentom ter aksialno in radialno silo. Najpogosteje se pojavlja kombinacija vseh naštetih obremenitev hkrati. S postavljenimi matematičnimi modeli in računalniškimi programi se definirata za takšno kombinacijo obremenitev potrebna geometrična oblika ležaja (preglednica 1) in njegova mejna nosilnost (sl. 1).

Potrebne dimenzije za kotalni premer in premer kotalnega elementa so definirane na podlagi dovoljenega tlaka (ploščinskega pritiska), med površinami v dotiku. Dimenzije so izbrane iz vrst vrednosti, ki jih predpiše izdelovalec ležajev, po sistemu možne izbire kotalnih premerov ter kontrole definiranih premerov kotalnih elementov do dimenzij, pri katerih doseže tlak manjšo vrednost od dopustne. Dana je možnost preverjanja z že znanimi dimenzijami. Lahko je definirana ena od obeh veličin, druga vrednost pa določena (konstrukcijska zahteva).

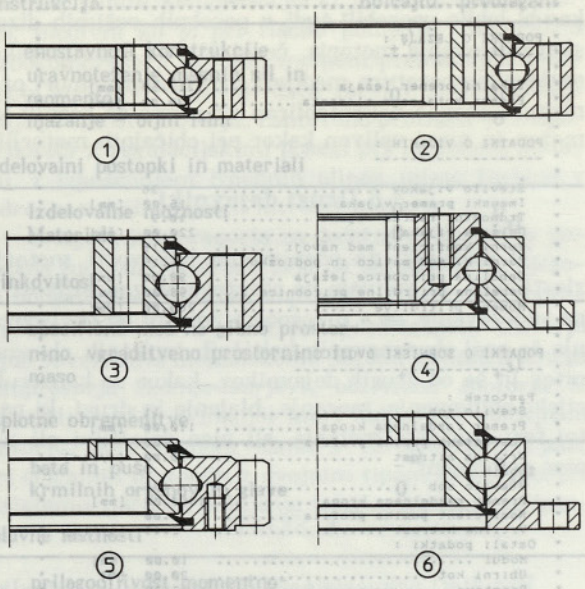
Preglednica 1: *Geometrijske veličine ležaja, vijačne zveze in zobniške dvojice.*

```
PODATKI O LEŽAJU :
------------------

  Tekalni premer ležaja ............ 1212.50  [mm]
  Premer kotalnega elementa ........   30.00  [mm]

PODATKI O VIJAKIH :
-------------------

  Število vijakov ..................      36
  Imenski premer vijaka ............   16.00  [mm]
  Trdnostni razred vijaka ..........   10.9
  Dolžina vijaka ...................  220.00  [mm]
  Torni koeficient med navoji ......     .15
  Torni k. med matico in podložko ...    .15
  Debelina prirobnice ležaja .......   98.00  [mm]
  Debelina pritrdilne prirobnice ....  98.00  [mm]
  Moment pritrditve ................  269.00  [Nm]

PODATKI O ZOBNIŠKI DVOJICI :
----------------------------

  Pastorek :
   Število zob .....................      11
   Premer razdelnega kroga .........  110.00  [mm]
   Koeficient pomika profila .......     .00
   Vrtilna hitrost .................   30.00  [1/min]
  Zobnik :
   Število zob .....................     136
   Premer razdelnega kroga .........  1360.00  [mm]
   Koeficient pomika profila .......     .00
   Vrtilna hitrost .................    2.43  [1/min]
  Ostali podatki :
   Modul ...........................   10.00  [mm]
   Ubirni kot ......................   20.00  [O]
   Prestava ........................   12.36
   Širina zobnika ..................   90.00  [mm]
   Medosni razmik ..................  735.00  [mm]
   Kakovostni razred ozobja ........       9
  Obremenitve :
   Moč pogonskega motorja ..........   24.20  [kW]
   Obodna sila .....................140056.69  [N]
   Radialna sila ...................50976.46  [N]
   Limitna napetost v korenu pastorka  460.00  [N/mm2]
   Limitna napetost v korenu zobnika .  350.00  [N/mm2]
   Limitni Hertzov tlak ............ 1630.00  [N/mm2]
   Korenska varnost za pastorek .....   2.08
   Korenska varnost za zobnik .......   1.89
   Varnost za Hertzov tlak ..........   1.44

   RAČUNALNIK : >> HEWLETT-PACKARD 9000/330
```



Sl. 1. *Mejna nosilnost enorednega krogličnega ležaja.*

Izdelovalci ležajev imajo tipizirano izdelovanje ležajev (sl. 2). Za te ležaje je izdelana podatkovna baza. Ta omogoča modelu izbiro geometrijsko že popolnoma definiranega ležaja, če razmere pri konstrukciji, izkoriščanju, montaži in vzdrževanju ne zahtevajo nove oblike.



Sl. 2. *Osnovne oblike enorednih krogličnih ležajev.*

Aksialni ležaji se uporabljajo predvsem kot vrtljive zveze. Zagonski moment se pri nizki vrtilni hitrosti pogonskega agregata prenaša prek zobniške dvojice. Odvisno od potreb vgraditve je ozobčan notranji ali zunanji vrteči se obroč ležaja. Preračun in preverjanje ozobja sta prirejena za zunanje in notranje valjaste zobniške dvojice s koeficientom premika osnovne zobnice 0,5 ali brez njega. Pri izbranem standardnem modulu in premeru razdelnega valja gnanega zobnika se definira geometrijska veličina zobniške dvojice. Dana je tudi možnost, da se vrednost izbere iz podatkovne baze (ležajev). Zobniška dvojica je preverjena na varnost glede na trajnostni lom in bočno varnost (preglednica 1) in upošteva DIN 3990.

Preverjanje in preračun prednapete dinamično obremenjene vijačne zveze omogočata optimiranje in kontrolo vijakov (podatkovna baza po JUS) ali definiran premer vijaka (podatkovna baza — ležaji). Mogoče je izbirati določen trdnostni razred ali spreminjati preračune za vse trdnostne razrede.

Izpis spreminjajočega se izračuna omogoča oceno optimalne vijačne zveze glede na dimenzije in napetostna stanja v njej. Pri preverjanju vijaka so dodani še vsi spremljajoči podatki (preglednica 1) in meje nosilnosti vijačne zveze (sl. 1).

Programski podsklopi *ležaj, zobnik, vijak* so namenjeni za izbiro in preverjanje elementov, ki so v sestavu aksialnega ležaja. Potek programov (sl. 3) lahko v grobem razdelimo na predprocesor, procesor in postprocesor. Predprocesor je namenjen definiciji vstopnih podatkov, to je funkcijskih zahtev. Vnos podatkov je interaktiven z uporabo izborov.

V procesorskem delu se po pravilih izvajanja ob uporabi podatkovne baze in baze znanja opravljajo funkcijska analiza, testiranje in optimiranje posameznih elementov.

Postprocesorski del daje obdelane rezultate, ki so lahko izpisani ali pa se uporabijo za nadaljevanje izvajanja sistema.

Pri podsklopih *ležaj, zobnik* in *vijak* so znanja, uporabljena v pravilih izvajanja sistema, v bazi znanja in v podatkovni bazi. Bazi med seboj nista strogo ločeni, podatkovna baza je v datotekah, baza znanja pa delno v datotekah, delno v programih, medtem ko so pravila izvajanja vključena z analitičnimi metodami izključno v programih.

Sistem programskih podsklopov na sliki 3 je izdelan za interaktivno uporabo na podlagi izborov tako, da se poljubno ustvarja potek izvajanja. Med izvajanjem so vse ključne točke dostopne, sproti pa se opozarja na napačne in nelogične podatke.

3. TEHNIŠKA DOKUMENTACIJA

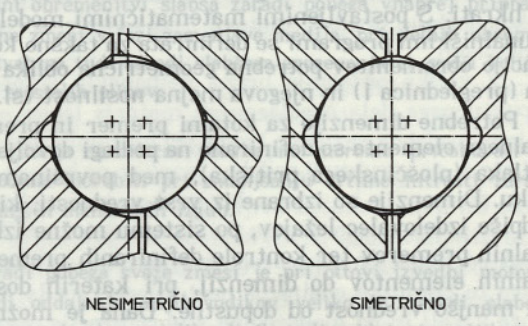
Izdelovalci tipizirajo aksialne ležaje po:

a) velikosti kotalnega premera,

b) velikosti kotalnega elementa,

c) obliki kotalnega elementa (kroglica, valjček),

č) načinu prileganja kotalnega elementa na tečino ležaja (simetričen, nesimetričen) (sl. 4),



Sl. 4. *Oblika prileganja kotalnega elementa na tečino ležaja.*

d) konstrukcijski izvedbi (eno- dvoredni),

e) načinu ozobja (zunanji obroč ozobčan, notranji obroč ozobčan, brez ozobja),

f) načinu pritrditve ležaja na nosilno konstrukcijo in temu prilagojene oblike (sl. 2).

Nadaljnja merila so:

1) normalna izvedba — zunanji obroč ozobčan,

2) normalna izvedba — notranji obroč ozobčan,

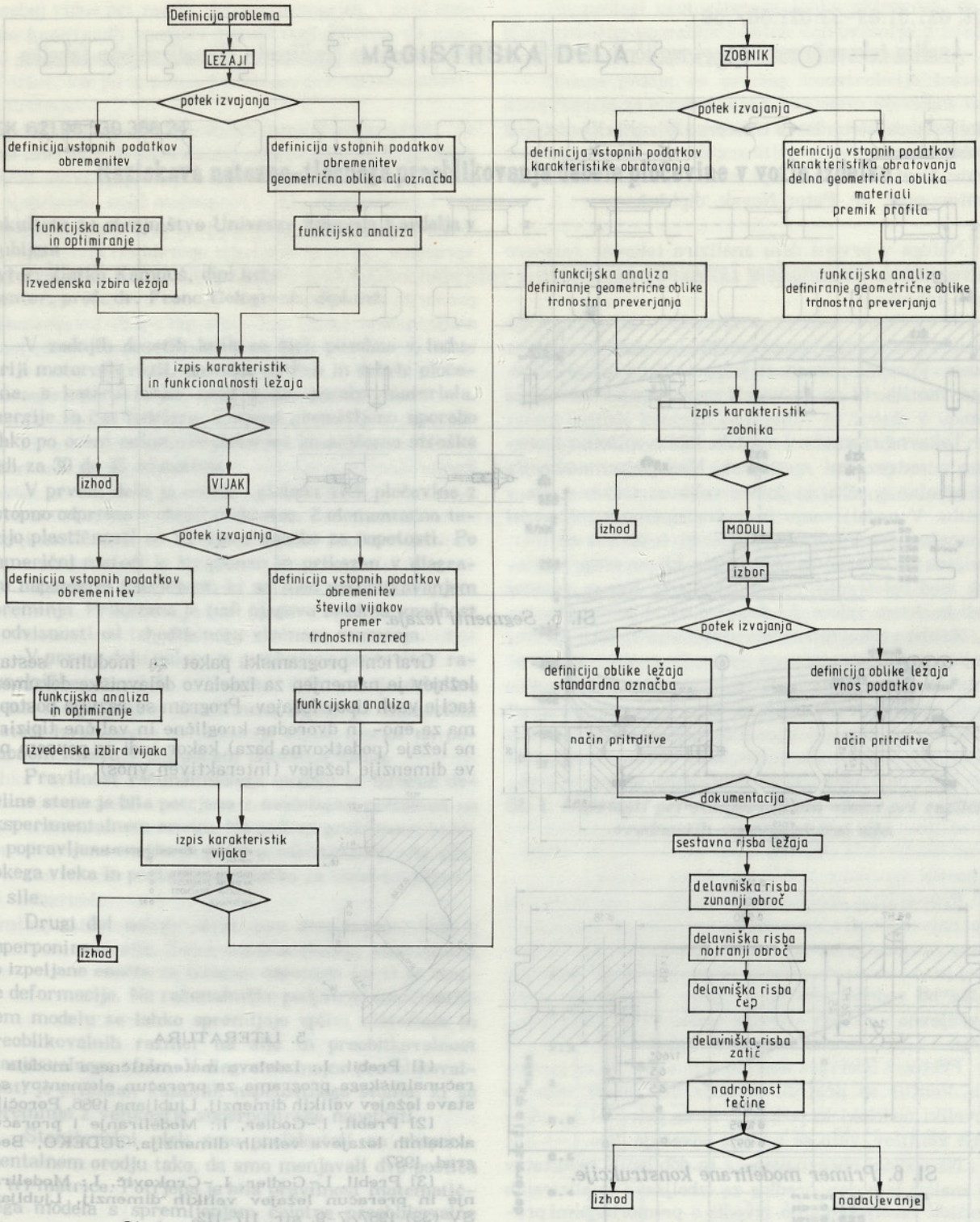
3) normalna izvedba brez ozobja,

4) izvedba L — notranji obroč ozobčan,

5) izvedba L — zunanji obroč ozobčan,

6) izvedba L brez ozobja.

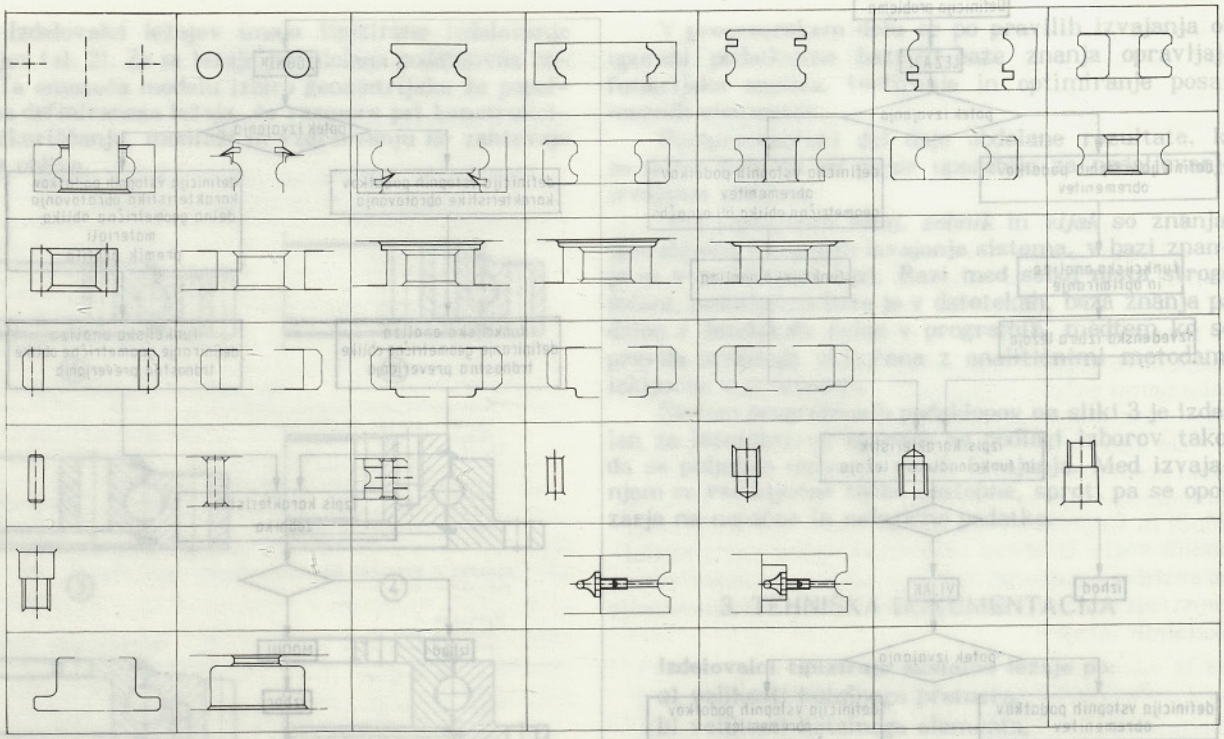
Namen uporabe aksialnih ležajev je zelo širok, zato se oblike v določenih delih razlikujejo (nekaj primerov prikazuje slika 2). Za vsako prikazano obliko ležaja mora biti dana možnost za prilagajanje načinu prileganja kotalnega elementa na tečino ležaja, obliko lukenj in navojev na zunanjem in notranjem obroču.



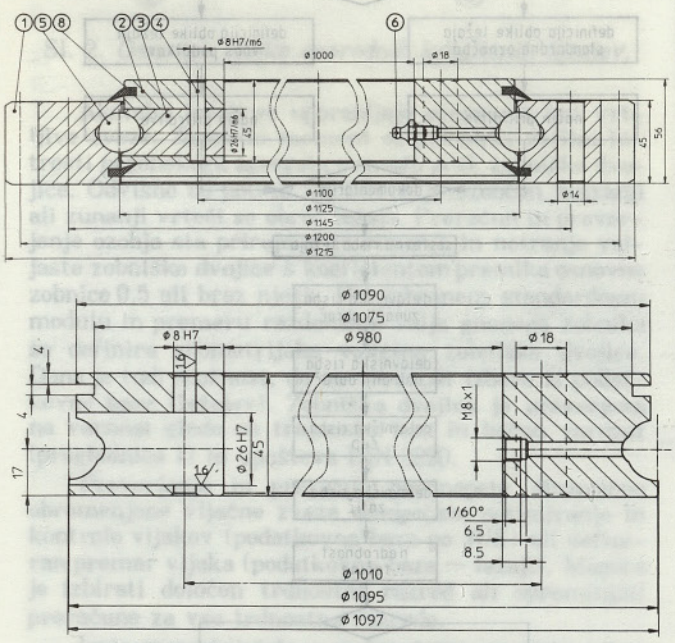
Sl. 3. *Blokovna shema računalniških programov ležaj, vijak, zobnik, modul.*

Programski paket *modul* je pri sedanji stopnji razvoja opremljen s podprogrami za risanje modulov — segmentov (sl. 5), s katerimi lahko sestavimo katerokoli želeno obliko enorednega krogličnega ležaja. Če je za dano kombinacijo obremenitev izbran ležaj na podlagi podatkovne baze, se lahko v izboru (na zaslonu) ali na grafični plošči izbere ta tip ležaja. Za dimenzije ležajev, ki niso v programu izdelovalca, je dana možnost definiranja vstopnih podatkov. Te vrednosti dopolnijo podatkovno bazo in tako nastane nova tipizirana oblika ležaja.

Na sl.6 je kot primer prikazan naris sestavne risbe, izrez notranjega obroča z nadrobnostjo tečine. (Kotalni element dotika tečini v štirih točkah, brez ohlapa).



Sl. 5. *Segmenti ležaja.*

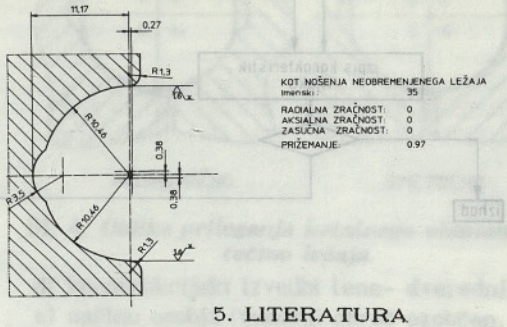


Sl. 6. *Primer modelirane konstrukcije.*

4. SKLEP

Matematični modeli in računalniški programi za preračun in preverjanje elementov sestava aksialnih ležajev velikih dimenzij so namenjeni izključno izdelovalcu ležajev, da lahko glede na razmere izkoriščanja, vgraditve, obremenitve in tip dvigala konstruira ustrezen ležaj. Ta je lahko eno- ali dvoreden. Kotalni elementi pa so kroglice ali valjčki.

Grafični programski paket za modulno sestavo ležajev je namenjen za izdelavo delavniške dokumentacije vseh tipov ležajev. Program se razvija postopoma za eno- in dvoredne kroglične in valjčne tipizirane ležaje (podatkovna baza) kakor tudi za povsem nove dimenzije ležajev (interaktiven vnos).



5. LITERATURA

[1] Prebil, I.: Izdelava matematičnega modela in računalniškega programa za preračun elementov sestave ležajev velikih dimenzij, Ljubljana 1986. Poročilo.

[2] Prebil, I.-Godler, I.: Modeliranje i proračun aksialnih ležajeva velikih dimenzija, JUDEKO, Beograd, 1987.

[3] Prebil, I.-Godler, I.-Crnkovič, I.: Modeliranje in preračun ležajev velikih dimenzij, Ljubljana SV (33) 1987/7-9, str. 117-112.

[4] Prebil, I.: Modeliranje konstrukcije aksialnega ležaja od zasnove do dokumentacije. I. del. Ljubljana, 1987. Poročilo.

[5] Prebil, I.: Modelling and Calculation of Large -Sized Bearings, SV (33) str. E 21 - E 25.

Naslovi avtorjev: dr. Ivan Prebil, dipl.inž.
Samo Zupan, dipl.inž. oba
Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Murnikova 2
Miha Mušič, dipl.inž.
ISKRA Avtomatika. TOZD TELA, Savska cesta 3