

UNIVERZITET U KRAGUJEVCU  
MAŠINSKI FAKULTET U KRAGUJEVCU

**PRINCIPI TRIBODIZAJNA I EFEKTI NA SISTEMIMA ZA  
VOĐENJE EKSCENTRIČNO OPTEREĆENIH  
ELEMENATA**

- MAGISTARSKA TEZA -

Kandidat:

**Slobodan Mitrović, dipl. ing.**

Mentor:

**Prof. Dr Miroslav Babić, dipl. ing.**

Kragujevac, decembar 2000.

*Magistarska teza **PRINCIPI TRIBODIZAJNA I EFEKTI NA SISTEMIMA ZA VOĐENJE EKSCENTRIČNO OPTEREĆENIH ELEMENATA** predstavlja pokušaj unapređenja tribomehaničkih sistema za vođenje ekscentrično opterećenih elemenata sa aspekta tribodizajna kao međuveze ili interfejsa između triboloških principa i znanja i praktične realizacije naprednih tribomehaničkih sistema.*

*Koristim ovu priliku da izrazim zahvalnost svim profesorima, kolegama, prijateljima i porodici od kojih sam imao nesebičnu pomoć i podršku prilikom izrade magistarske teze.*

*Veliku zahvalnost dugujem svom mentoru prof. dr Miroslavu Babiću za svesrdnu pomoć i podršku u toku izrade teze, a takođe i u toku mog celokupnog naučno istraživačkog rada.*

*Posebnu zahvalnost dugujem prof. dr Svetislavu Zaharu, čije su mi sugestije i predlozi značajno doprinele oko izrade uređaja za ispitivanje kliznih vođica.*

*Sugestije docenta dr Branka Tadića, vezane za samu ideju, konstruisanje i realizaciju uređaja su doprinele boljem sagledavanju celokupne problematike i doprinele da rad dobije na vrednosti.*

*Zahvalnost dugujem prof. dr Miodragu Laziću na veoma korisnim sugestijama koje su doprinela boljem konačnom izgledu i sadržaju rada.*

*Posebnu zahvalnost dugujem fabrici "ZASTAVA - mašine" na svestranoj pomoći oko obezbeđenja potrebnih materijala i oko same izrade uređaja, bez čije pomoći sam uređaj ne bi mogao biti realizovan.*

*Decemabar, 2000.  
Kragujevac*

*Slobodan Mitrović, dipl.inž.*

# SADRŽAJ

1. UVODNA RAZMATRANJA .....	1
2. DISIPATIVNI ASPEKT TRIBOLOŠKIH POJAVA .....	5
2.1 Osnovni pojmovi .....	5
2.2 Disipativna priroda trenja i habanja .....	7
2.3 Posledice triboloških procesa .....	12
3. TRIBODIZAJN KAO KONCEPT .....	15
3.1 Osnovni pojmovi i principi tribodizajna .....	15
3.2 Tribodizajn i konstruisanje .....	26
3.3 Tribodizajn u projektovanju mašina .....	29
4. ANALIZA TRIBOMEHANIČKIH SISTEMA ZA VOĐENJE .....	33
4.1 Procesi na kontaktnim površinama pri trenju klizanja .....	36
4.1.1 Vrste trenja klizanja kod vođica alatnih mašina .....	37
4.1.1.1 Granično trenje kod kliznih vođica .....	38
4.1.1.2 Kombinovano trenje kod kliznih vođica .....	38
4.1.1.3 Hidrodinamičko trenje na kliznim vođicama .....	39
4.1.1.4 Hidrostatičko trenje na kliznim vođicama .....	39
4.1.2 Uticajni faktori na koeficijent trenja pri klizanju .....	41
4.1.2.1 Koeficijent trenja kao funkcija nepokretnog kontakta .....	41
4.1.2.2 Zavisnost koeficijenta trenja od brzine kliznja .....	42
4.1.2.3 Zavisnost koeficijenta trenja od pritiska na kliznim vođicama ..	44
4.1.2.4 Zavisnost koeficijenta trenja od viskoziteta ulja primenjenog za klizne vođice .....	45
4.1.2.5 Zavisnost koeficijenta trenja od konstruktivnog izvođenja kanala za podmazivanje i kvaliteta obrade kliznih površina .....	45
4.1.2.6 Analitička veza koeficijenta trenja i režima rada kliznih vođica .	47
4.1.2.7 Hidrorasterećenje kao metod smanjenja koeficijenta trenja na kliznim vođicama .....	48

4.2 Vođice za pravolinijska kretanja . . . . .	50
4.2.1 Klizne vođice . . . . .	52
4.2.1.1 Klasifikacija kliznih vođica . . . . .	52
4.2.1.2 Uslovi i režim rada kliznih vođica . . . . .	54
4.2.1.3 Materijal za klizne vođice . . . . .	56
4.2.1.4 Konstrukcija i oblici kliznih vođica za pravolinijsko vođenje . . . . .	57
4.2.1.5 Podmazivanje kliznih vođica . . . . .	61
4.2.1.6 Vođice graničnog (mešanog) trenja . . . . .	61
4.2.1.7 Hidrodinamičke vođice . . . . .	64
4.2.1.8 Hidrostatičke vođice . . . . .	67
4.2.1.9 Aerostatičke vođice . . . . .	69
5. OPTIMIZACIJA SISTEMA ZA VOĐENJE EKSCENTRIČNO OPTEREJENIH VOĐICA SA ASPEKTA TRIBODIZAJNA . . . . .	70
5.1 Opterećenje kliznih vođica centričnim silama . . . . .	70
5.2 Opterećenje kliznih vođica ekscentričnim silama . . . . .	73
5.2.1 Raspodela opterećenja kliznih vođica . . . . .	74
5.2.2 Provera samokočenja . . . . .	77
5.2.3 Analiza karakteristinih slučajeva . . . . .	78
5.2.4 Analiza naponskog sranja na kliznim vođicama . . . . .	82
5.3 Usvajanje osnovnog modela ekscentrično opterećenog klizača . . . . .	86
5.4 Predlog konstruktivnog rešenja za poboljšanje triboloških karakteristika ekscentrično opterećenih vođica . . . . .	87
6. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA . . . . .	91
6.1 Projektovanje uređaja . . . . .	91
6.1.1 Šema uređaja . . . . .	91
6.1.2 Konstruktivna dokumentacija . . . . .	94
6.1.3 Osnovne karakteristike uređaja . . . . .	94
6.1.4 Modeliranje uređaja . . . . .	101
6.1.5 Realizovani uređaj . . . . .	103
6.1.6 Merni sistem . . . . .	105
6.2 Plan i uslovi ispitivanja . . . . .	109
6.3 Rezultati ispitivanja . . . . .	112
6.4 Analiza rezultata . . . . .	118
7. ZAKLJUČCI . . . . .	122
8. LITERATURA . . . . .	126
9. PRILOG . . . . .	129