

**YUTRIB'05**  
**9<sup>ta</sup> JUGOSLIVENSKA KONFERENCIJA O TRIBOLOGIJU**  
**JUN.15-18. 2005**  
**Kragujevac, Srbija i Crna gora**

---

**TRIBOLOŠKI REGULATORI I TRIBOLOŠKI  
ISPRAVNO KONSTRUISANJE**

*Prof.Dr SLOBODAN TANASIJEVIĆ, Mašinski fakultet, Kragujevac, SCG*

**Summary**

*Tribologically correct design is an important indicator of a quality and the technical level of a product. The basic characteristic of such design is decreasing of friction and wear to the minimum with the simultaneous increase of the degree of reliability and endurance.*

*Tribologically correct design is a new aspect in a systematic approach and methodological elaboration of design process.*

*Tribologically regulators are assemblages of elements and possibilities of regulate which effects on structure of tribomechanical system in the proper manner in aim obtainment tribologically correct design.*

*In this paper is given the analysis of importance and place tribologically regulators in creation tribologically correct design.*

**Key words:** *tribology, friction, wear, design*

**1.UVOD**

U životnom ciklusu novog proizvoda (tehnički uslovi, konstruisanje, izrada, montaža, eksploatacija, remont, regeneracija) najviša tačka primene novih znanja se javlja u procesu konstruisanja. Uzajamna zavisnost kvaliteta novog proizvoda i kvaliteta konstruisanja godinama je podsticala uslove za izgradnju odgovarajućih ekspertnih sistema sa krajnje kompleksnim podsistemima (baze podataka, mehanizmi zaključivanja i odlučivanja, podsistemi znanja.....).

Priroda triboloških procesa i prirodna neminovnost postojanja trenja i habanja tokom eksploatacije, uslovala je neophodnu potrebu unošenja triboloških znanja u procesu konstruisanja i stvaranju novog proizvoda. Činjenica da se novi proizvod povlači iz upotrebe najčešće zbog prekomernog habanja njegovih sklopova, uslovala je da se u okviru tribologije kao nauke razvija i posebna oblast *tribologija mašinskih elemenata i tribologija konstruisanja (tribotehnika)*. Njihov osnovni zadatak je dobijanje *tribološki ispravne*

*konstrukcije* kao značajnog pokazatelja kvaliteta novog proizvoda.

**2.TRIBOLOŠKI ISPRAVNO  
KONSTRUISANJE**

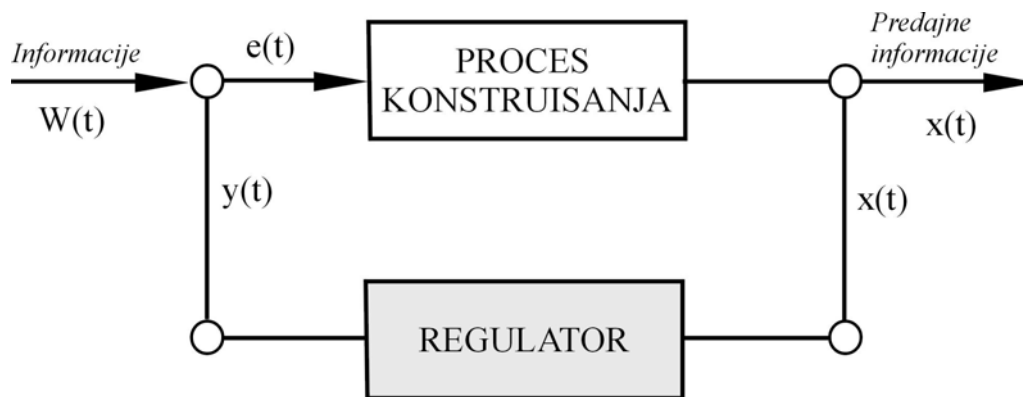
Konstruisanje se u najširem smislu može definisati kao intelektualni poduhvat preuzet za zadovoljavanje određenih potreba na najbolji mogući način. Istovremeno, konstruisanje je jedna od tehničkih aktivnosti prisutna u svim područjima ljudskog života, čvrsto oslonjena na otkrića i zakone nauke, usmerena na stvaranje uslova za primenu tih zakona na razvoj i realizaciju proizvoda.

Konstruisanje kao veoma složen proces može se razmatrati sa više aspekata i u više uzajamno povezanih različitih ravni: ravni psihološkog pristupa, ravni optimizacije, ravni obrade i transformisanja informacija, ravni organizacionog delovanja, ravni naučnog upravljanja, itd.

U kibernetском smislu, razmatranje konstruisanja u ravni upravljanja se može predstaviti sl.1. Pod pojmom upravljanje, u

opštem smislu, podrazumeva se skup trenutnih akcija ili akcija unapred definisanih za određeni vremenski period koje su usmerene na realizaciju jednog ili više jasno definisanih ciljeva. Sistem upravljanja je zatvoren i zato odgovara blok-dijagramu regulacionog procesa u kome je upravljački deo zamenjen

regulatorom. Proces konstruisanja je proces regulisanja, a regulator sadrži čitav skup trenutnih akcija i mogućnosti usmerenih ka dobijanju unapred definisanih ciljeva konstruisanja.



SI.1: Konstruisanje kao upravljačko-regulacioni sistem

Referentni spoljašnji ulaz  $[W(t)]$  je skup informacija (projektni zadatak, literatura, standardi, eksperimentalni rezultati, proračuni). Upravljački signal ili upravljačka akcija  $e(t)$  je skup sistematizovanih informacija, generalisane prethodno skupljenim informacijama. Izlazni signal su predajne informacije (definitivne skice, crteži, tablice, upustva). Regulisanje procesa konstruisanja i iteraciono svojstvo konstruisanja se postižu signalom povratne sprege  $y(t)$ .

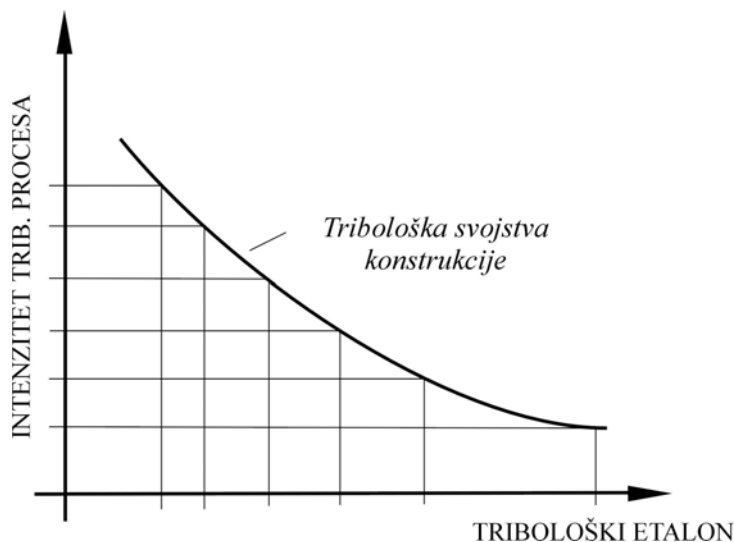
Izlazni signal u vidu predajnih informacija potpuno definiše sve potrebe za uspešnu realizaciju novog proizvoda. Valja napomenuti da ovako predstavljanje procesa konstruisanja pripada sistemu upravljanja prema optimalnom cilju, odnosno vrši se optimizacija funkcije cilja.

Konstrukciono-tehnološka dokumentacija kao skup predajnih informacija treba da omogući realizaciju konstrukcije koja sadrži čitav niz elementarnih svojstava: oblik, dimenzije, funkciju, materijal, ergonomska svojstva, tribološka svojstva, estetska svojstva, tehnološkičnost, ekonomičnost, itd.

Sa aspekta tribološki ispravnog konstruisanja, nama su posebno značajna tribološka svojstva konstrukcije.

Tribološki ispravna konstrukcija je značajan pokazatelj kvaliteta konstruisanja i tehničkog nivoa proizvoda. Osnovne karakteristike ovakve konstrukcije su minimiziranje trenja i habanja do granice mogućeg, uz istovremeno povećanje nivoa pouzdanosti i produženje veka trajanja. Zahtevi su veoma složeni i često nekompatibilni sa osnovnim pokazateljima kvaliteta konstrukcije, ali su i neophodni ukoliko želimo da približimo vek trajanja veku funkcionalnog staranja konstrukcije.

Tribološki ispravno konstruisanje podrazumeva regulisanje (unapređenje) triboloških svojstava konstrukcije u cilju minimalno mogućeg odstupanja procesa trenja i habanja od unapred zadatog tribološkog etalona. Tribološki etalon je definisan unapred određenom potrebom stanja triboloških procesa u nosiocima elementarnih funkcija konstrukcije. Pri tome su granične vrednosti tribološkog etalona minimalno trenje i habanje i prirodna težnja dovođenja odgovarajućeg odstupanja ka nuli ili suprotno, povećanje koeficijenta trenja kao potrebe podizanja nivoa opšte funkcionalnosti sistema (frikcioni prenosnici, kaišni i remeni prenosnici i dr.).



Sl.2: Dijagram zavisnosti triboloških svojstava konstrukcije od intenziteta triboloških procesa

Na sl.2. prikazan je dijagram zavisnosti triboloških svojstava konstrukcije od intenziteta triboloških procesa i tribološkog etalona. Što je intenzitet trenja i habanja manji manja su i odstupanja triboloških svojstava od granične vrednosti tribološkog etalona koji se definiše minimalnim trenjem i habanjem.

### 3. TRIBOLOŠKI REGULATORI

U kibernetikom smislu pod pojmom objekat regulisanaja ili proces regulisanaja podrazumevamo sistem kod koga se upravlja određenom veličinom ili određenim uslovima. Regulator, u širem smislu značenja, je deo za regulisanje koji obuhvata sve elemente procesa regulisanaja kojima se na određeni način dejstvuje na ulazni signal u objekat regulisanaja.

U tribološkom smislu regulisanaje je podešavanje elemenata tribomehaničkog sistema u cilju minimalno mogućeg odstupanja procesa trenja i habanja od unapred zadatog tribološkog etalona.

Pojam "tribološki regulator" ima šire značenje u kontekstu tribološki ispravnog

$$K = \{ K_1, K_2, K_3, \dots, K_n \}$$

gde su:

$$K_1 = \{ K_{11}, K_{12}, K_{13}, \dots, K_{1n}; TMS_{11}, TMS_{12}, TMS_{13}, \dots, TMS_{1n} \}$$

$$K_2 = \{ K_{21}, K_{22}, K_{23}, \dots, K_{2n}; TMS_{21}, TMS_{22}, TMS_{23}, \dots, TMS_{2n} \}$$

$$\dots$$

$$K_n = \{ K_{n1}, K_{n2}, K_{n3}, \dots, K_{nn}; TMS_{n1}, TMS_{n2}, TMS_{n3}, \dots, TMS_{nn} \}$$

Tribomehaički sistemi (TMS) su elementi rešenja za pojedine parcijalne funkcije. Ostali elementi podskupova (K<sub>ij</sub>) su elementi

konstruisanja. Pod njim podrazumevamo skup akcija i mogućnosti regulisanaja kojima se na odgovarajući način deluje na strukturu tribomehaničkog sistema. Tribološki regulatori mogu biti svojstva (oblik, materijal ..... ) ali i režimi (eksploatacioni, obradni.....) ili modifikacija kontaktne površine (topografija, prevlake.....). U svakom slučaju, tribološki regulatori nose predznak "dobrog izbora" i korišćenja dostupnih mogućnosti u procesu tribološki ispravnog konstruisanja.

U sferi uticaja, tribološki regulatori imaju dosta sličnosti sa uticajnim faktorima koji opredeljuju karakteristike trenja i habanja. Za razliku of faktora uticaja koji imaju višeznačno značenje, tribološki regulatori su jednoznačno određeni i njihov osnovni zadatak je minimiziranje negativnog uticaja brojnih faktora na trenje i habanje.

Tretirajući genezu konstrukcije (K) kao svojevrsni skup podskupova parcijalnih funkcija (K<sub>i</sub>), možemo pisati:

konstrukcije bez relativnog kretanja u kontaktu (elementi za vezu, postolja, stubovi,.....).

U procesu konstruisanja tribološkim regulatorima se deluje na tribomehaničke

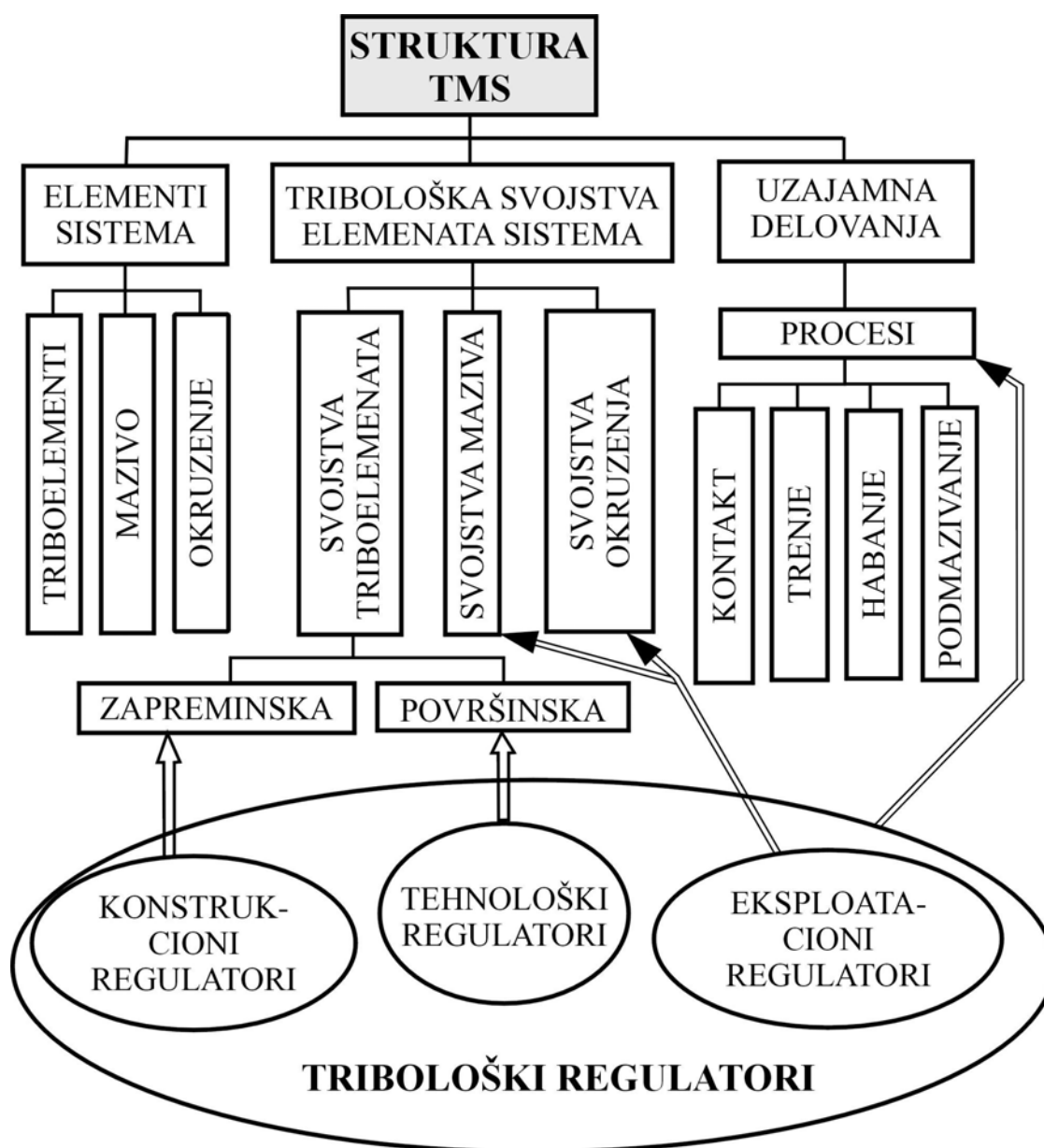
sisteme kao dinamičke izvršioce elementarnih funkcija koji deluju u uslovima frikcionog kontakta i relativnog kretanja svojih elemenata.

Kvalitet proizvoda utemeljen je još u fazi procesa konstruisanja u kojoj konstruktor definiše oblik delova, opterećenja, materijale,..... Proces realizovanja kvalitetnog proizvoda nastavlja se fazom proizvodnje u kojoj dostignuti stepen kvaliteta zavisi od primenjenih vidova obrade (mehaničke, hemijsko-termičke,.....). Kvalitet se održava ispravnom eksploatacijom proizvoda.

Tako posmatrano, tribološki regulatori se mogu podeliti u tri velike grupe: konstrukcioni regulatori, tehnološki regulatori, eksploatacioni regulatori.

regulatori. Dobro je napomenuti da bi se mogla formirati i četvrta grupa koja bi obuhvatala subjektivne osobine operatora (radnika-izvršioca).

Saglasno opštoj teoriji sistema, tribomehanički sistem (TMS) je red elemenata uzajamno povezanih strukturno i funkcionalno gde struktura karakteriše unutrašnju organizaciju, red i sastav sistema. Sa aspekta tribološki ispravnog konstruisanja posebno je značajna analiza strukture TMS koja se definiše elementima, njihovim karakterističnim svojstvima i njihovim uzajamnim delovanjima pri ostvarivanju osnovne funkcije.

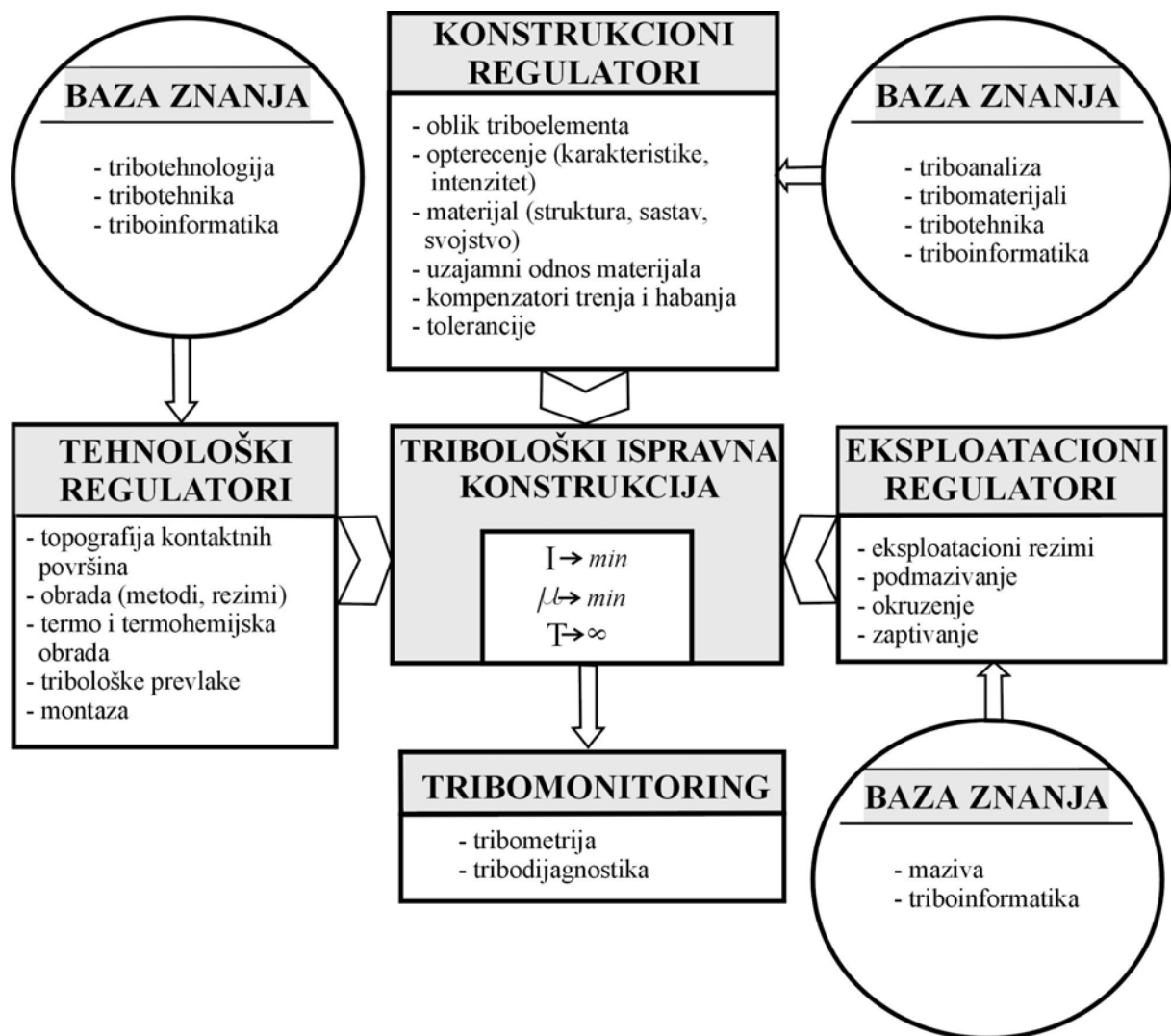


Sl.3: Opšta šeme delovanja triboloških regulatora na strukturu sistema

Sušтина tribološki ispravnog konstruisanja je pravilan izbor i pravovremeno delovanje tribološkim regulatorima na strukturu TMS kojima se podešavaju elementi sistema u fazi procesa konstruisanja. Osnovni cilj je realizacija funkcionisanja sistema sa minimalno mogućim odstupanjem procesa trenja i habanja od unapred zadatog tribološkog etalona. Pri tome su vrednosti etalona minimalno trenje i habanje ili povećanje trenja kao potreba podizanja nivoa opšte funkcionalnosti sistema.

Na sl.3 prikazana je opšta šema delovanja triboloških regulatora na strukturu TMS. Podizanjem nivoa triboloških svojstava elemenata sistema odgovarajućom grupom triboloških regulatora podstiču se željeni tribološki procesi i realizuje tribološki ispravna konstrukcija.

Podsećajući se još jednom da je konstrukcija skup podskupova parcijalnih funkcija u kome su TMS elementi rešenja pojedinih parcijalnih funkcija, tribološkim regulatorima se deluje na sve TMS kao nosioce elementarnih funkcija. Korišćenje triboloških regulatora je prisutno u svim fazama procesa konstruisanja: fazi koncipiranja, fazi formiranja konstrukcije i fazi detaljnog konstruisanja. Na sl.4 predstavljena je globalna šema delovanja triboloških regulatora na formiranje tribološki ispravne konstrukcije kao i baze znanja neophodne za pravilan izbor triboloških regulatora. U svakom slučaju, tribološki regulatori su "dobar izbor" uticaja i mogućnosti preusmerenja uticajnih faktora u smeru minimalnog odstupanja triboloških procesa od unapred zadatog tribološkog etalona.



Sl.4: Regulatori tribološki ispravne konstrukcije

Veliki broj baza znanja ukazuje na interdisciplinarni karakter tribologije i široku lepezu mogućih aspekata proučavanja, kao i na potrebu raspolaganja velikog broja tačno određenih triboloških informacija. Zbog složenosti triboloških procesa i velikog broja uticajnih faktora neophodno je raspolagati i usmereno proučavati informacije iz različitih oblasti ove široke nauke.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Tribološki ispravno konstruisanja je novi aspekt u sistemskom pristupu i metodološkoj razradi procesa konstruisanja. To je koncept oplemenjivanja metodičkog konstruisanja i konstruisanja podržanog računarom. Sastavni je deo sveukupnog procesa konstruisanja, prožima se sa svim drugim zahtevima koje kvalitetno konstruisanje zahteva i proteže se kroz sve faze procesa konstruisanja. Osnovni cilj ovakvog koncepta je minimalno trenje i habanje i dugi vek proizvoda.

Tribološki regulatori kao skup akcija, mogućnosti i sredstava su moćno oružje u regulisanju (podešavanju) elemenata tribomehaničkih sistema i postizanju minimalno mogućeg odstupanja procesa trenja i habanja od unapred zadatog tribološkog etalona.

Uključivanje tribologije i triboloških znanja u proces nastajanja konstrukcije, razvoj metoda i postupaka su meninovnost u opšte poklamovanoj borbi za kvalitetnije ali i racionalnije konstruisanje.

#### **5. LITERATURA**

- [1.] Tanasijević S.: Tribološki ispravno konstruisanje (monografija), Mašinski fakultet, Kragujevac, 2004.
- [2.] Tanasijević S.: Oblik triboelemenata i formiranje tribološki ispravne konstrukcije, Zbornik radova: ITC'03, Beograd, 2003.
- [3.] Simić D.: Osnovi kibernetike, ZSSOK, Kragujevac, 1979.