

NASTAVNO NAUČNOM VEĆU MAŠINSKOG FAKULTETA U NIŠU

Predmet: Izveštaj komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta u Nišu broj 612-785-6/2009, od 08.10.2009. godine imenovani smo za članove komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije, kandidata mr Radoslava Tomovića dipl. inž. mašinstva, pod nazivom

ISTRAŽIVANJE UTICAJA KONSTRUKCIONIH PARAMETARA KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA NA STANJE NJIHOVE RADNE ISPRAVNOSTI

Nakon pregleda doktorske disertacije, saglasno Zakonu o Univerzitetu i Statutu Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu, komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

Doktorska disertacija kandidata mr Radoslava Tomovića dipl. inž. mašinstva obuhvata 333 stranice formata A4 osnovnog teksta, koji je podeljen u 7 poglavlja i 5 dodataka. Rad sadrži ukupno 345 stranica, od čega su 12 uvodnih stranica **sa sadržajem**, dok literaturni navodi čine 9 stranica, sa 164 bibliografske jedinice. U radu je dato 317 slika **sa objašnjenjem** i 22 tabelarna prikaza.

Uvodne stranice rada počinju sa Izvodom, u kome su date osnovne naznake o sadržaju rada, kao i pregled ključnih reči.

Ključne reči: *kotrljajni ležaj, dinamičko ponašanje, radna ispravnost, radna sposobnost, konstrukcija, vibracije, amplituda, frekvencija, radijalni zazor, kotrljajna tela, radijalno opterećenje, rotor, raspodela opterećenja, kontaktne deformacije, relativno pomeranje, granično pomeranje, granično opterećenje.*

Celokupna materija doktorske disertacije izložena je u 7 poglavlja i 5 dodataka, koji nose sledeće naslove:

1. *Uvod*
2. *Teorijske osnove, pregled stanja i identifikacija područja istraživanja*
3. *Analiza dinamičkog ponašanja kotrljajnih ležajeva sa aspekta njihove radne ispravnosti*
4. *Raspodjela opterećenja na kotrljajna tijela kod radijalnog ležaja sa unutrašnjim radijalnim zazorom*
5. *Analize uticaja različitih parametara konstrukcije kotrljajnih ležajeva na stanje njihove radne ispravnosti*
6. *Validacija matematičkog modela i parametarske analize uticaja konstrukcije kotrljajnih ležajeva na stanje njihove radne ispravnosti*
7. *Zaključak*
8. *Dodatak A – Hertz-ova kontaktna teorija*
9. *Dodatak B - Kinematički model kotrljajnog ležaja*
10. *Dodatak C - Dinamički model kotrljajnog ležaja*
11. *Dodatak D - Računarski programi za proračun parametara strukturnih vibracija kotrljajnog ležaja*
12. *Dodatak E - Dijagrami frekventnog spektra vibracija ispitivanih ležajeva*

U poglavlju br. 1. „Uvod”, kandidat ističe značaj koji kotrljajni ležaj ima u konstrukcijama, kao jedan od najčešće korišćenih i kritičnih elemenata i objašnjava razloge i potrebu za jednim ovakvim radom, koji se bavi istraživanjem stanja radne ispravnosti i radne sposobnosti kotrljajnih ležajeva i uticaja konstrukcije ležaja na to i takvo stanje. Analizirajući specifičnu funkciju koju kotrljajni ležajevi imaju u konstrukcijama, kandidat ističe da se najveći broj nepravilnosti u radu mašina najpre ispoljava upravo na ležajevima, što je osnovni razlog da se kod mašinskih sistema posebna pažnja posvećuje dijagnozi i praćenju stanja istih. Pravilnu dijagnozu stanja radne ispravnosti kotrljajnih ležajeva moguće je izvršiti, samo uz dobro poznavanje uticaja karakteristika konstrukcije ležaja na osnovne parametre koji definišu kvalitet ležaja i kvalitet obavljanja funkcije u konstrukcijama.

I na kraju, analizirajući stanje radne ispravnosti i radne sposobnosti kotrljajnog ležaja kandidat zaključuje, da je: „*Najpotpuniju i najdetaljniju dijagnostiku stanja radne ispravnosti kotrljajnog ležaja, sa identifikacijom uzroka toga stanja, moguće dobiti na osnovu analize dinamičkog ponašanja kotrljajnog ležaja. Dinamičko ponašanje veoma dobro odslikava skoro sve karakteristike konstrukcije, izrade, montaže i eksploatacije ležajeva.*” Iz tih razloga kandidat, kao predmet istraživanja u svome radu uzima istraživanje dinamičkog ponašanja kotrljajnih ležajeva. Kao osnovne pokazatelje dinamičkog ponašanja kandidat uzima: broj obrtaja, tačnost obrtanja i karakteristike vibracija (amplitudu i frekvenciju).

Na osnovu detaljne analize problema, kao i analize literaturnih izvora iz ove oblasti, kandidat kao ciljeve svog istraživanja navodi sledeće:

1. Detaljnu analizu konstrukcije ležaja.
2. Razvoj matematičkog modela dinamičkog ponašanja kotrljajnog ležaja u radu.
3. Razvoj odgovarajućeg računarskog modela na osnovu razvijenog matematičkog modela.
4. Identifikaciju dominantnih parametara konstrukcije ležaja za stanje njegove radne ispravnosti.
5. Analizu uticaja identifikovanih parametara na dinamičko ponašanje kotrljajnog ležaja u radu.

Analiza uticaja identifikovanih parametara konstrukcije kotrljajnog ležaja na njegovo dinamičko ponašanje podrazumeva:

1. Numeričku analizu uticaja parametara konstrukcije ležaja na stanje njegove radne ispravnosti.
2. Eksperimentalno ispitivanje dinamičkog ponašanja kotrljajnih ležajeva sa aspekta uticaja navedenih parametara.
3. Upoređivanje eksperimentalnih rezultata sa rezultatima dobijenim na osnovu numeričke analize.
4. Donošenje zaključaka o uticaju pojedinih parametara konstrukcije ležaja na njegovu radnu sposobnost i stanje njegove radne ispravnosti.

U poglavlju br. 2., „**Teorijske osnove, pregled stanja i identifikacija područja istraživanja**”, kandidat u početku prikazuje pregled osnovne literature iz oblasti kotrljajnih ležajeva. Ova literatura je korišćena kao teoretska osnova za istraživanje. Iza toga prikazana je detaljna analiza stanja istraživanja u oblasti dinamičkog ponašanja kotrljajnih ležajeva. Prikazani pregled i analiza sami po sebi predstavljaju samostalnu literaturnu celinu, koja se u ovom obliku, ne može pronaći na srpskom govornom području.

Kandidat u prikazanoj analizi, sva istraživanja u oblasti dinamičkog ponašanja kotrljajnih ležajeva svrstava u četiri osnovna pravca:

1. Razvoj matematičkog modela kotrljajnog ležaja.
2. Istraživanje dinamičkog ponašanja kotrljajnog ležaja.
3. Istraživanje dinamičkog ponašanja rotora oslonjenog na kotrljajne ležajeve.
4. Razvoj eksperimentalnih metoda i uređaja za ispitivanje dinamičkog ponašanja i dijagnozu stanja kotrljajnih ležajeva.

Za sve navedene pravce kandidat je, veoma studiozno i sistematizovano, dao pregled i naveo osnovne literaturne izvore i istraživanja i ukratko naveo najvažnije rezultate tih istraživanja.

Na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja kandidat zaključuje da se poremećajne sile, koje izazivaju vibracije kod kotrljajnih ležajeva, generišu usled četiri osnovna uzroka:

- a. specifične konstrukcije i načina rada kotrljajnog ležaja (strukturne vibracije),
- b. grešaka mikro i makrogeometrije elemenata ležaja (vibracije tehnološkog porekla),
- c. oštećenja elemenata ležaja (vibracije usled oštećenja elemenata ležaja),
- d. negativnog uticaja okoline (vibracije nastale zbog dejstva okoline).

Kandidat ističe da: *"Konstrukcija ležaja utiče na generisanje vibracija u sva četiri navedena slučaja. Međutim, samo u prvom slučaju specifična konstrukcija ležaja je direktni uzročnik vibracija, dok su u ostala tri slučaja glavni uzročnici vibracija tehnološke nesavršenosti i oštećenja elemenata ležaja, kao i poremećajne sile generisane u okolini ležaja. Prema tome, parametri konstrukcije koji utiču na pojavu strukturnih vibracija ležaja, mogu se direktno uzeti kao parametri u odnosu na koje se može izučavati uticaj konstrukcije ležaja na njegovo dinamičko ponašanje i stanje njegove radne ispravnosti."* Na osnovu ove činjenice kandidat identifikuje istraživanje strukturnih vibracija kotrljajnog ležaja i uticaja konstrukcije ležaja na generisanje ovih vibracija kao osnovno područje istraživanja u okviru rada.

Poglavlje 3., „Analiza dinamičkog ponašanja kotrljajnih ležajeva sa aspekta njihove radne ispravnosti”, počinje sa detaljnom analizom osnovnih mehanizama za generisanje strukturnih vibracija kod kotrljajnih ležajeva. Na osnovu ove analize i na temelju istraživanja Krjučkova iz 1959. i Smirnova iz 2005., kandidat u ovom poglavlju razvija i predlaže novi matematički model dinamičkog ponašanja kotrljajnog ležaja. Razvijeni model pruža mogućnost eksplicitnog izražavanja uticaja parametara konstrukcije ležaja na njegovo dinamičko ponašanje, što omogućuje adekvatnije sagledavanje i preglednu parametarsku analizu. Model za razmatranje uzima idealno izrađen kotrljajni ležaj sa radijalnim dodirnom i unutrašnjim radijalnim zazorom. U radu je detaljno objašnjen postupak dobijanja ovog modela.

Kandidat najpre razvija matematički model dinamičkog ponašanja krutog rotora u kotrljajnom ležaju. Usvojeni pristup u razvoju modela omogućio je linearizaciju diferencijalnih jednačina koje opisuju vibraciono kretanje kotrljajnog ležaja. To je znatno pojednostavilo problem i novi model učinilo pogodnijim za analizu dinamičkog ponašanja, u odnosu na dosad razvijene i poznate modele, koji se zasnivaju na veoma komplikovanim sistemima nelinearnih diferencijalnih jednačina, koji su izuzetno teški za rešavanje, čak i za karakteristike savremenih računara. Na osnovu novog modela izvedena je diferencijalna jednačina i jednačina kretanja strukturnih vibracija spoljašnjeg prstena ležaja.

Pored toga, kandidat je u ovom poglavlju izveo i opšte obrasce za proračun graničnih vrednosti potrebnog relativnog pomeranja prstenova ležaja i granične vrednosti potrebnog spoljašnjeg radijalnog opterećenja za oslanjanje unutrašnjeg prstena na određeni broj kotrljajnih tela. Izvedeni obrasci imaju praktični značaj za razvoj elastodinamičkog modela i modela dinamičkog ponašanja kotrljajnog ležaja, kao i za proračun broja kotrljajnih tela koja učestvuju u prenošenju spoljašnjeg radijalnog opterećenja. Razvijeni modeli omogućuju veoma jednostavno određivanje broja aktivnih kotrljajnih tela u zavisnosti od veličine primenjenog opterećenja i konstrukcije ležaja.

U Poglavlju 4., „Raspodjela opterećenja na kotrljajna tela kod radijalnog ležaja sa unutrašnjim radijalnim zazorom”, kandidat je razvio novi model za proračun raspodele opterećenja na kotrljajna tela ležaja u graničnom slučaju oslanjanja, kada pojedina kotrljajna tela ulaze u kontakt sa oba prstena ležaja. Razvijeni model omogućuje veoma jednostavno određivanje faktora raspodele opterećenja na osnovu odgovarajućih tabela i dijagrama koji su izvedeni i prikazani u ovom poglavlju. Množenjem odgovarajućih faktora sa vrednošću graničnog radijalnog opterećenja lako se određuju u graničnim slučajevima oslanjanja, pripadajuća opterećenja kotrljajnih tela ležaja. Razvijeni model, iako razmatra samo granične položaje oslanjanja, znatno je jednostavniji od dosad razvijениh i poznatih modela za određivanje faktora raspodele opterećenja na kotrljajna tela ležaja i kao takav može predstavljati dobru osnovu za razvoj opšteg modela za proračun raspodele opterećenja kod kotrljajnog ležaja sa unutrašnjim radijalnim zazorom.

U Poglavlju 5. „**Analiza uticaja različitih parametara konstrukcije kotrljajnih ležajeva na stanje njihove radne ispravnosti**”, data je parametarska analiza uticaja konstrukcije ležaja na njegovo dinamičko ponašanje i raspodelu opterećenja između kotrljajnih tela. U analizi su razmatrana dva konstrukciona parametra, koji imaju najveći uticaj na dinamičko ponašanje ležaja: veličina unutrašnjeg radijalnog zazora i ukupan broj kotrljajnih tela u ležaju. Kako je kod ležajeva, zbog osobina nelinearnog elastičnog kontakta, koji se javlja između kotrljajnih tela i kotrljajnih staza, veoma izražena međusobna povezanost uticaja karakteristika konstrukcije i osobina spoljašnjeg radijalnog opterećenja, u analizi je posebna pažnja posvećena uticaju spoljašnjeg radijalnog opterećenja na generisanje vibracija i dinamičko ponašanje. Kompletna parametarska analiza, opisana u ovom poglavlju, urađena je pomoću matematičkih modela koji su razvijeni i predstavljeni u trećem i četvrtom poglavlju rada i računarskih programa koje je kandidat razvio u okruženju programskog paketa MATLAB, a koji su dati u Dodatku D rada. Rezultate parametarske analize kandidat je predstavio pomoću većeg broja dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih dijagrama, koji se odlikuju dobrom preglednošću, sa jasno naznačenim osama, jedinicama mera i ostalim karakteristikama. Svaki od dijagrama u tekstu je detaljno objašnjen i analiziran, na osnovu čega je dobijena iscrpna studija uticaja razmatranih parametara na stanje radne ispravnosti i dinamičko ponašanje kotrljajnog ležaja. Smatra se da izvedena parametarska analiza može biti od velikog praktičnog značaja inženjerima konstruktorima i inženjerima koji rade u održavanju, prilikom rešavanja konkretnih problema vezanih za ležajeve, kao što su: izbor ležaja i optimalnih vrednosti parametara konstrukcije ležaja, kao i pri dijagnozi stanja radne ispravnosti i radne sposobnosti kotrljajnih ležajeva.

U Poglavlje br. 6. je izvršena „**Validacija matematičkog modela i parametarske analize uticaja konstrukcije kotrljajnih ležajeva na stanje njihove radne ispravnosti**”. Matematički modeli i parametarska analiza koji su predstavljeni i opisani u prethodnim poglavljima uspešno su provereni eksperimentom. Eksperimentalna istraživanja i dobijeni rezultati su opisani i analizirani u ovome poglavlju. U istraživanjima je ispitivan uticaj ukupnog broja kotrljajnih tela i veličine unutrašnjeg radijalnog zazora na osnovne parametre koji opisuju dinamičko ponašanje ležaja, kao što su:

- frekvencija i amplituda apsolutnih vibracija spoljašnjeg prstena ležaja i
- frekvencija i amplitude relativnih vibracija između spoljašnjeg prstena i rotora.

Kako je izučavanje uticaja konstrukcije na generisanje vibracija kod ležajeva neodvojivo od istraživanja uticaja spoljašnjeg radijalnog opterećenja, posebna pažnja prilikom ispitivanja posvećena je proučavanju ovog problema.

Za potrebe eksperimentalnih istraživanja razvijena je i posebna konstrukcija probnog stola za dinamičko ispitivanje kotrljajnih ležajeva, koja omogućuje zadavanje i merenje spoljašnjeg radijalnog opterećenja i praćenje promene relativnih vibracija između spoljašnjeg i unutrašnjeg prstena ležaja i apsolutnih vibracija spoljašnjeg prstena ležaja. Opis i izgled konstrukcije probnog stola je prikazan u ovom poglavlju. U tekstu je takođe detaljno opisan postupak eksperimentalnih ispitivanja i data analiza dobijenih rezultata.

Ispitivanja su obavljena kroz merenja, na velikom broju različitih ležajeva, uz varijaciju nivoa spoljašnjeg radijalnog opterećenja. Sva ispitivanja obavljena su na kotrljajnim ležajevima proizvedenim u FKL (Fabrici kotrljajnih ležajeva i kardana) iz Temerina. Velika većina ležajeva je specijalno birana i sklapana prema parametrima potrebnim za pojedina ispitivanja. Kao rezultat svakog merenja, na ispitivanim ležajevima, dobijen je vremenski zapis relativnih vibracija rotora i apsolutnih vibracija spoljašnjeg prstena. Rezultati eksperimentalnih merenja su prikupljeni, obrađivani i memorisani pomoću odgovarajućeg uređaja za akviziciju podataka, koji radi na principu virtuelne instrumentacije. Upravljanje akvizicijom podataka ostvareno je pomoću složenog softverskog paketa LabVIEW. Primer zapisa sirovog signala, dobijenog na osnovu merenja, dat je u okviru ovog poglavlja. Vremenski promenljivi rezultati merenja su dalje obrađivani FFT-tehnikom, pomoću MATLAB-ove biblioteke funkcija za digitalnu obradu signala *Signal Processing Toolbox*. Frekventni spektari relativnih i apsolutnih vibracija, koji su dobijeni tokom ispitivanja, prikazani su u Dodatku E. Ovaj dodatak sadrži ukupno 168 ovakvih dijagrama.

Eksperimentalna ispitivanja potvrdila su validnost matematičkih modela i parametarskih analiza, urađenih u ovom radu. Može se reći da eksperimentalne vrednosti parametara vibracija veoma dobro prate trend promene dobijen na osnovu novog matematičkog modela strukturnih vibracija kotrljajnog ležaja. Odstupanja u rezultatima merenja uglavnom su posledica tehnoloških vibracija ležaja, što govori da su kod realnih ležajeva ove vibracije uvek prisutne i da se ne mogu zanemariti. Dobijeni matematički modeli, dopunjeni modelom koji bi tretirao tehnološke vibracije ležaja, predstavljaju dobru osnovu za razvoj opšteg modela dinamičkog ponašanja kotrljajnog ležaja.

U „Zaključku”, poglavlje 7., kandidat daje izvod iz prethodno opisanih i sprovedenih teorijskih, analitičkih, numeričkih i eksperimentalnih istraživanja, kao i pregled najvažnijih rezultata ovih istraživanja. Na osnovu ovog pregleda, kandidat u posebnim delovima ovog poglavlja ističe originalni naučni doprinos rada i predlaže pravce daljih istraživanja.

Naučni doprinos rada ogleda se u sledećem:

1. Razvijen je novi matematički model za analizu dinamičkog ponašanja krutog rotora oslonjenog na kotrljajne ležajeve, koji omogućuje bolje sagledavanje uticaja konstrukcije ležaja na generisanje poremećajnih sila i eksplicitno izražavanje uticaja pojedinih parametara konstrukcije na dinamičko ponašanje kotrljajnog ležaja.
2. Izveden je novi linearni model dinamičkog ponašanja spoljašnjeg prstena kotrljajnog ležaja i zakon kretanja strukturnih vibracija spoljašnjeg prstena ležaja.
3. U radu je usvojen i novi pristup u matematičkom modeliranju kotrljajnog ležaja, koji razmatra dva granična slučaja oslanjanja unutrašnjeg prstena ležaja: oslanjanje na paran i neparan broj kotrljajnih tela. Analiza napravljena u radu je ukazala na razlike u raspodeli opterećenja, dinamičkom ponašanju, nivou kontaktnih deformacija i karakteristikama krutosti u ova dva krajnja položaja oslanjanja.
4. Data je detaljna parametarska analiza uticaja unutrašnjeg radijalnog zazora i ukupnog broja kotrljajnih tela na stanje radne ispravnosti i dinamičko ponašanje ležajeva. Pri tome je posebna pažnja posvećena uticaju spoljašnjeg opterećenja na generisanje vibracija i dinamičko ponašanje ležaja.
5. Izvedeni su opšti obrasci za proračun graničnih vrednosti potrebnog relativnog pomeranja prstenova ležaja i granične vrednosti potrebnog spoljašnjeg radijalnog opterećenja za oslanjanje unutrašnjeg prstena na određeni broj kotrljajnih tela, koji imaju praktični značaj za razvoj elastodinamičkog modela i modela dinamičkog ponašanja kotrljajnog ležaja, kao i za proračun broja aktivnih kotrljajnih tela, koja učestvuju u prenošenju spoljašnjeg radijalnog opterećenja.
6. Izveden je novi model za proračun raspodele opterećenja na kotrljajna tela u graničnom slučaju oslanjanja, kada pojedina kotrljajna tela ulaze u kontakt sa prstenovima ležaja. Razvijeni model, iako razmatra samo granične položaje oslanjanja, znatno je jednostavniji od dosad razvijenih i poznatih modela za određivanje faktora raspodele opterećenja na kotrljajna tela i kao takav može predstavljati dobru osnovu za razvoj opšteg modela za proračun raspodele opterećenja kod kotrljajnog ležaja sa unutrašnjim radijalnim zazorom.
7. U radu je razvijena konstrukcija ispitnog stola za istraživanje dinamičkog ponašanja kotrljajnih ležajeva, koja omogućuje zadavanje i merenje spoljašnjeg radijalnog opterećenja i praćenje promene apsolutnih vibracija spoljašnjeg prstena ležaja i relativnih vibracija između spoljašnjeg i unutrašnjeg prstena ležaja primenom bezkontaktnih senzora. To je novi pristup u eksperimentalnom istraživanju dinamičkog ponašanja kotrljajnih ležajeva, koji omogućuje bolji uvid u dinamičko ponašanje i način generisanja poremećajnih sila.

Na osnovu dobijenih rezultata u okviru rada, kandidat na kraju zaključka predlaže pravce daljih istraživanja u ovoj oblasti.

ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu izložene analize doktorske disertacije pod nazivom

ISTRAŽIVANJE UTICAJA KONSTRUKCIONIH PARAMETARA KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA NA STANJE NJIHOVE RADNE ISPRAVNOSTI

Komisija smatra da:

1. Podneti rad u potpunosti odgovara temi prihvaćenoj od strane Naučno-nastavnog veća Mašinskog fakulteta u Nišu;
2. Rad je tehnički korektno i kvalitetno urađen, adekvatno koncipiran i omogućava dobro praćenje dobijenih rezultata istraživanja;
3. Rad se odlikuje visokim stepenom inovacije;
4. Na osnovu konkretnog istraživačkog projekta, kandidat je došao do značajnih naučnih rezultata, koji predstavljaju originalni naučni doprinos u oblasti kotrljanih ležajeva i dinamike mašina, kao i oblasti tehničke dijagnostike kotrljajnih ležajeva i mašinskih sistema.
5. Kandidat je došao do konkretnih praktičnih saznanja i inovacionih modela, čija primena u oblasti projektovanja i održavanja mašinskih sistema može biti od značaja prilikom izbora optimalnih vrednosti parametara konstrukcije kotrljajnog ležaja, kao i pri dijagnozi stanja njihove radne ispravnosti i radne sposobnosti;
6. Kandidat je pokazao zavidne programerske sposobnosti i posebna znanja u primeni složenih aplikativnih softvera kao što su Matlab i LabView, kao i odlično vladanje sa uređajima za akviziciju podataka i senzorima za različita merenja koja su izvedena u okviru istraživanja;
7. Kandidat vlada potrebnim znanjima za istraživanja u oblasti mašinskih konstrukcija, posebno kotrljajnih ležajeva, konstruisanja, dinamike mašina, metoda merenja i analize vibracija i tehničke dijagnostike;
- 8. Kandidat je pokazao sposobnost da izvrši sintezu naučnih znanja iz raznih oblasti u cilju realizacije postavljenog zadatka;
9. Kandidat je ispoljio potpunu samostalnost i inventivnost u naučno-istraživačkom radu.

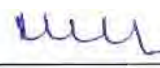
Na osnovu napred izloženog Komisija je konstatovala da rad kandidata mr Radoslava Tomovića, diplomiranog inženjera mašinstva, predstavlja u potpunosti originalan naučni rad, koji je ispunio zahteve postavljene teme i prikazanim naučnim doprinosima i teoretskim, analitičkim, numeričkim i eksperimentalnim analizama i predlozima za dalja istraživanja, objedinio teorijska i laboratorijska iskustva sa potrebama i iskustvima konkretne inženjerske prakse.

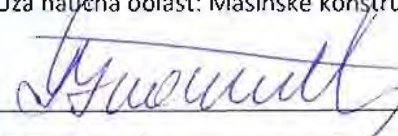
Komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučno veću Mašinskog fakulteta u Nišu da se rad kandidata mr Radoslava Tomovića dipl. inž. maš., pod nazivom

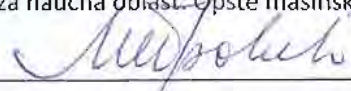
ISTRAŽIVANJE UTICAJA KONSTRUKCIONIH PARAMETARA KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA NA STANJE NJIHOVE RADNE ISPRAVNOSTI

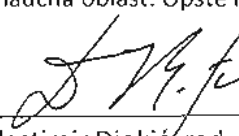
prihvati kao doktorska disertacija i kandidat pozove na usmenu javnu odbranu.

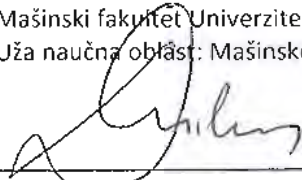
U Nišu, Beogradu i Podgorici
20.10.2009.

1. 

dr Vojislav Miltenović, red. prof.
Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu
Uža naučna oblast: Mašinske konstrukcije
2. 

dr Radoš Bulatović, red. prof.
Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore,
Republika Crna Gora
Uža naučna oblast: Opšte mašinske konstrukcije
3. 

dr Radivoje Mitrović, red. prof.
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu,
Uža naučna oblast: Opšte mašinske konstrukcije
4. 

dr Vlastimir Djokić, red. prof.
Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu
Uža naučna oblast: Mašinske konstrukcije
5. 

dr Dragān Milčić, van. prof.
Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu
Uža naučna oblast: Mašinske konstrukcije