

Примљено:	25.07.2016.		
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредности
73	612 - 481 / 2016		

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ  
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Бојић Василија Нада
Датум и место рођења	20.05.1978 Ужице

### Основне студије

Универзитет	Универзитет у Крагујевцу
Факултет	Машински факултет
Студијски програм	
Звање	Дипломирани инжењер машинства
Година уписа	1997
Година завршетка	2005
Просечна оцена	7.15

### Магистарске студије, магистарске студије

Универзитет	Универзитет у Крагујевцу
Факултет	Машински факултет
Студијски програм	
Звање	Магистар наука
Година уписа	2004/2005
Година завршетка	2009
Просечна оцена	9.44
Научна област	Машинске конструкције и механизација
Наслов завршног рада	Напонско деформационо стање у зонама извора концентрације напона код елемената машинских конструкција

### Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Машински факултет
Студијски програм	
Година уписа	
Остварен број ЕСПБ бодова	
Просечна оцена	

### НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Истраживање конструкционо-триболошких параметара радијалних клизних лежаја са графитом са аспекта оптималне основне функције
Име и презиме ментора, звање	Драган Милчић, редовни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	8/20-01-001/13-018, У Нишу 29.01.2013. године

### ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	137
Број поглавља	7
Број слика (шема, графика)	83

Број табела	25	
Број прилога	-	
<b>ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације</b>		
Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
	Nada Bojić, Dragan Milčić, Istraživanje termo-mehaničkih karakteristika kliznih ležaja sa grafitom, "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications" – COMETA 2012, East Sarajevo - Jahorina, 2012, 28. - 30. Novembar, pp 347-354, ISBN 978-99938-655-5-1.	
1	<i>Тенденције развоја нових машина данас, базирани су на високој продуктивности, условљавајући тако значајан пораст: брзина, оптерећења, и радних температура. Као последице тога јављају се проблеми са повећањем трења и хабања. Не треба заборавити чињеницу да сваки други клизни лежај откаже због неодговарајућег подмазивања, што намеће питање оправданости употребе и унапређења нових технологија у производњи клизних лежајева. Циљ овог рада је да укаже на правце који би се могли користити у технологији производње, избору материјала постелице, развоју нових материјала постелице, избору средстава за подмазивање.</i>	M33
	Nada Bojić, Dragan Milčić, Milan Banić, Effect of coverage of graphite on self- lubricating plain bearings, Serbiantrib '15, May 13-15, Belgrade, p.p 309-313.	
2	<i>Самоподмазујући клизни лежаји имају исту улогу као котрљајни лежаји, али им се разликује принцип рада. Код самоподмазујућих клизних лежаја међусобна покретљивост делова у додиру и преношење оптерећења остварује се посредством клизања, када рукавац клиза по постелици лежаја. Раздвајање рукавца и постелице, односно спречавање њиховог непосредног додира и хабања постиже се подмазивањем графитом. Како је хабање елемената последица трења, а трење представља отпор релативном кретању, основна улога графита је да смањи тај отпор. Због тога је урађено експериментално испитивање самоподмазујућих лежаја са 20 и 30 % покривености графитом, које показује да се са повећањем процента покривености графита смањује трење.</i>	M33
	Nada Bojić, Dragan Milčić, Milan Banić, Miroslav Mijajlović, Experimental Approach in Estimation of the Friction Coefficient in the Self Lubricating Plain Bearings with Graphite Filler, The 3 <sup>rd</sup> international conference mechanical engineering in XXI century, Niš, September 17-18, 2015, pp. 179-182.	
3	<i>Лежајеви су саставни делови који се користе за ограничавање релативног кретања између два дела на само жезљено кретање. За разлику од котрљајних лежајева, лежајеви ограничавају кретање преко клизних површина - вратила (део вратила) и површине лежаја. Такав контакт је потпуно трење између контактних површина и изазива га сила трења, која би умањила способност и ефикасност лежаја оптерећења. Да би се избегао такав контакт, лежајеви су подмазани на одређеном нивоу одређеним методом. А код одређене групе клизних лежајева користи се графитне ламеле као средство за подмазивање. Спољашња површина таквог лежишта има радијалне рупе испуњене графитом који је у додиру са лежајем. Циљ ових испитивања јесте идентификација утицаја пречника графитних ламела, на коефицијент трења и температуру. Резултати добијени експерименталним истраживањем користе се, како би се предвидело понашање клизних лежаја са графитом у реалним експлоатационим условима.</i>	M33
	Nada Bojić, Dragan Milčić, Milan Banić, Miroslav Mijajlović, Ružica Nikolić, Radial force impact on the friction coefficient and temperature of the self-lubricating plain bearing, Facta Universitatis - Series Mechanical Engineering, прихваћен рад.	
4	<i>Самоподмазујућим лежајеви су првобитно развијени да елиминирају потребу за поновним подмазивањем, да обезбеде низи момент и да решавају проблеме примене у којој конвенционални метал на метал лежајеви не би радили на задовољавајући начин, на пример у присуству високих фреквенција вибрација. Међу доминантним</i>	M24

триболошким параметарима код лежајева, само два би се могла издвојити: коефицијент трења и температура. Да би се утврдили ти параметари, у овом раду коришћена је експериментална метода. Коришћењем ове методе, извршена је идентификација коефицијента трења и температуре и основана њихова корелација. Циљ овог истраживања је био да се утврди утицај радијалне силе на триболошким параметре како би се предвидело понашање клизних лежајева са графитом у реалним условима рада.

**НАПОМЕНА:** уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

### ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА

Одлуком Научно-стручног већа за техничко-технолошке науке, бр 8/20-01-001/13-018, од 29.01.2013. године дата је сагласност на тему ове докторске дисертације и тиме усвојена оцена Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, да кандидат испуњава све потребне услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Нишу и Статутом Машинског факултета Универзитета у Нишу за стицање права на пријаву теме и израду докторске дисертације.

Кандидат је у међувремену поднео радну верзију докторске дисертације одговарајуће садржине, обима и квалитета у складу са одобреном темом докторске дисертације.

### ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

На самом почетку докторске дисертације кандидата мр Наде Бојић, дипл. маш. инж. дати су подаци о дисертацији на српском и енглеском језику, Захвалност аутора, Уместо предговора, Садржај дисертације, Списак слика, Списак табела, Списак појмова, термина и ознака. Иза тога следи текст дисертације, изложен на 137 сраница формата А4 и подељен у 8 поглавља, а на самом крају је наведена цитирана литература са 91 библиографском јединицом.

У уводном поглављу је најпре објашњен предмет истраживања, а затим су наведени мотиви за израду дисертације и њени циљеви.

У другом поглављу је описано стање истраживања, односно преглед литературе на пољу истраживања клизних лежаја са аспекта триболошких карактеристика клизних лежаја коефицијента трења, хабања, материјала клизних лежаја, средства за подмазивање клизних лежаја. На крају поглавља наведена је област истраживања, односно шта је планирано да буде урађено у дисертацији.

У трећем поглављу је дата анализа постојећих конструкцијских решења самоподмазујућих радијалних клизних лежаја са графитом. Поглавље започиње са избором носећег материјала од кога се лије постелица клизних самоподмазујућих лежаја. Дефинисани су критеријуми које мора да испуни материјал постелице лежаја. Аутор се бави могућим материјалима постелице лежаја као што су композитни материјали и калајна бронза. У даљем току се даје избор чврстог средства за подмазивање – графита. За конструкцију клизног лежаја од значаја је избор димензија и облика лежаја, те аутор даје прорачун самоподмазујућег радијалног клизног лежаја. У даљем току су дата конструкциона решења постелица радијалних клизних лежаја са графитом.

У четвртм поглављу дата је идентификација доминантних конструкционо-триболошких параметара радијалних клизних лежаја са графитом: коефицијент трења, брзина клизања, број и пречник графитних ламела и покривеност клизног лежаја ламелама графита.

У петом поглављу је дат приказ експерименталног испитивања триболошких параметара самоподмазујућих радијалних клизних лежаја са графитом. Експериментална истраживања су вршена на 6 постелица димензија  $\varnothing 50/\varnothing 40 \times 40$  mm са различитим пречницима графитних ламела и са различитом покривеношћу. За материјал постелице је усвојена калајна бронза CuSn12. За експериментално истраживање конструисан и израђен је специјални алат. Експериментално је одређена сила трења, односно срачунат је посредно коефицијент трења, мерена је температура лежаја, а за то је коришћена термовизијска камера и два термопара. При експерименту радијално оптерећење је било 1500 и 3000 N, а број обртаја  $n=54$  и  $265 \text{ min}^{-1}$ .

У шестом поглављу извршена је апроксимација модела самоподмазујућег радијалног клизног лежаја са графитом, моделом лежаја чија је постелица израђена од калајне бронзе. Такође, приказан је нови метод за одређивање температурног поља самоподмазујућих радијалних клизних лежаја са графитом која се заснива на нумеричкој анализи применом методе коначних елемената. Нумеричка анализа извршена је у софтверском пакету ANSYS WORKBENCH. Нумеричка анализа је вршена у два корака. У првом кораку

је директном упареном анализом у временском домену одређен контактни флуks између рукавца и лежаја. Затим је одређени контактни флуks коришћен као улазни параметар термичке анализе у временском домену на основу које је и одређено температурног поља клизног лежаја.

У седмом поглављу дат је закључак дисертације. Дат је допринос дисертације и указано на могуће правце даљих истраживања.

### **ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације *(до 200 речи)*

Кандидат је успешно остварио све постављене циљеве из пријаве докторске дисертације:

- Дефинисана је методологија развоја радијалних клизних лежаја са графитом,
- Идентификовани су доминантни конструкциони параметри самоподмазујућих радијалних клизних лежаја са графитом са аспекта триболошких карактеристика,
- Извршена су експериментална истраживања триболошких карактеристика радијалних клизних лежаја са графитом са различитим пречницима графитних ламела и са различитим степеном покривености,
- Извршена је апроксимација модела самоподмазујућих радијалних клизних лежаја са графитом моделом лежаја чија је постелица израђена од калајне бронзе.
- Развијена је нова метода за процену температурног поља самоподмазујућих радијалних клизних лежаја са графитом применом FEA термо-механичке анализе.
- Извршена експериментална валидација нове методе за процену температурног поља самоподмазујућих радијалних клизних лежаја са графитом применом FEA термо-механичке анализе.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације *(до 200 речи)*

Докторска дисертација кандидата мр Наде Бојић, дипл. маш. инж. Садржи више оригиналних доприноса и решења у области самоподмазујућих радијалних клизних лежаја, како са аспекта експерименталних истраживања тако и са аспекта нумеричких истраживања. Део резултата, непосредно проистеклих или везаних за ову дисертацију већ је верификован публиковањем у рангираном часопису из уже научне области којој припада тема докторске дисертације, као и у Зборницима са међународних конференција. Најзначајнији научни доприноси докторске дисертације су:

- оригинална методологија развоја радијалних клизних лежаја са графитом;
- експериментално истраживање самоподмазујућих радијалних клизних лежаја са графитом и одређивање оптималне конструкције лежаја са аспекта пречника графитних ламела и степена прекривености лежаја графитним ламелама;
- оригинално развијеној методи за апроксимацију модела самоподмазујућег радијалног клизног лежаја са графитом моделом лежаја чија је постелица израђена од калајне бронзе;
- оригинално развијеној методи за процену температурног поља самоподмазујућег радијалног клизног лежаја са графитом и верификацији метода експерименталним испитивањима;
- препорука за избор оптималне покривености постелице графитним ламелама са аспекта триболошких карактеристика лежаја.

Оцена самосталности научног рада кандидата *(до 100 речи)*

Кандидат је испољио изузетан ниво самосталности у раду, анализе научних сазнања у области истраживања (машински елементи, трибологија, клизни лежаји), иницирање нових истраживања и оригиналност у осмишљавању научних и стручних решења. Резултати спроведених истраживања су публиковани на конференцијама и у часописима из уже научне области којој припада тема докторске дисертације, у потпуности потврђују да је кандидат оспособљен за самостални научни рад.

### **ЗАКЉУЧАК** *(до 100 речи)*

На основу изложене анализе докторске дисертације и увидом у публиковане научне радове кандидата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације констатују да поднета докторска дисертација у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Научно-стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу и Наставно-научног већа Машинског факултета у Нишу да представља оригиналан и вредан допринос области Конструкција и испитивања клизних лежаја, и са задовољством предлажу Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Нишу да рад кандидата мр Наде Бојић, дипл. маш. инж. под називом:

**Истраживање конструкционо-триболошких параметара радијалних клизних лежаја са графитом са аспекта оптималне основне функције**

прихвати као докторску дисертацију и кандидата позове на усмену јавну одбрану.

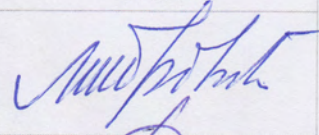
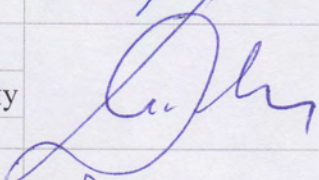
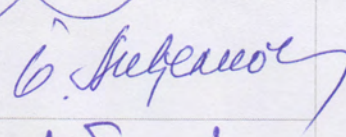
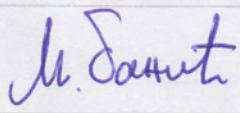
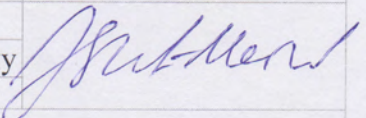
## КОМИСИЈА

Број одлуке НСВ о именовању Комисије

612-405-8/2016

Датум именовања Комисије

24.06.2016.

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	Др Радивоје Митровић, редовни професор	председник	
	Опште машинске конструкције (Научна област)	Машински факултет Универзитета у Београду (Установа у којој је запослен)	
2.	Др Драган Милчић, редовни професор	ментор, члан	
	Машинске конструкције (Научна област)	Машински факултет Универзитета у Нишу (Установа у којој је запослен)	
3.	Др Бобан Анђелковић, ванредни професор	члан	
	Машинске конструкције (Научна област)	Машински факултет Универзитета у Нишу (Установа у којој је запослен)	
4.	Др Милан Банић, доцент	члан	
	Машинске конструкције (Научна област)	Машински факултет Универзитета у Нишу (Установа у којој је запослен)	
5.	Др Јелена Стефановић – Мариновић, ванредни професор	члан	
	Машинске конструкције (Научна област)	Машински факултет Универзитета у Нишу (Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

17.07.2016.

у Нишу, Београду