

**НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВЕЋУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У НИШУ**

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Нишу бр. 612-686-5/2012 од 09.11.2012. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под називом:

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

кандидата мр Наде Бојић, дипл. инж. маш.

На основу приложене документације уз пријаву докторске дисертације, односно образложења теме, професионалне биографије, публикованих научних и стручних радова, али и увидом у целокупну делатност кандидата, чланови Комисије подносе следећи:

ИЗВЕШТАЈ

Мр Нада Бојић, дипл. инж. маш., поднела је 09.11.2012. године Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Нишу пријаву теме и захтев за оцену научне заснованости теме за израду докторске дисертације.

У својој пријави теме и у захтеву за оцену научне заснованости теме за израду докторске дисертације мр Нада Бојић, дипл. инж. маш. предложила је програм и садржај истраживања у оквиру докторске дисертације.

1. ОСНОВНИ БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ КАНДИДАТА

1.1 Лични подаци и подаци о досадашњем образовању

Кандидат мр Нада Бојић, дипл. инж. маш, рођена је 20.05.1978. године у Пожеги. Завршила је основну школу „Петар Лековић“ у Пожеги са одличним успехом, а Машинску школу у Пожеги као један од најбољих ђака те школе. Тим поводом била је стипендиста Министарства за образовање и науку.

На Машински факултет у Крагујевцу се уписала 1997/1998. године и дипломирала на катедри за производно машинство са оценом 10 (десет) на тему: „**Статичка и динамичка моћ ношења лежаја са и без радијалног зазора**“. Ментор дипломског рада је била проф. др Вера Николић Станојевић.

На Последипломске студије Машинског факултета Универзитета у Крагујевцу се уписала 2004/2005. године и положила све испите који су предвиђени наставним планом и програмом за последипломске студије са просечном оценом 9,44. Магистарски рад под називом:“**Напонско деформационо стање у зонама извора концентрације напона код елемената машинских конструкција**” одбранила је 03.12.2009. године на Машинском факултету у Крагујевцу. Ментор магистарског рада био је проф. др Ненад Марјановић.

1.2 Професионална каријера

Кандидат мр Нада Бојић је запослена у Фабрици сита и лежаја ФАСИЛ А.Д. Ариље, где је радила као конструктор технолог РЈ “Клизни лежаји” до 2008. године.

На месту инжењера за унапређење размењивача топлоте радила је до јуна 2010. године, затим као главни инжењер клизних лежаја, радила до 2011. године.

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ

Примљено:	17.12.2012.		
Орг.јед.	Број	Прилог	Вредности
73	612-786	1	2012

Сада ради на месту шефа обезбеђења квалитета у Фабрици сита и лежаја ФАСИЛ А.Д. Ариље.

2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊЕГ НАУЧНОГ И СТРУЧНОГ РАДА КАНДИДАТА

Мр Нада Бојић је до сада публиковала 10 радова:

2.1. Научно стручни радови (хронолошки приказ са категоризацијом)

1. *H. Bojiћ*: Напонско деформационо стање у зонама извора концентрације напона, Магистарски рад, Машински факултет у Крагујевцу, 2009. M72
2. *H. Bojiћ, З. Југовић, М. Поповић*: Утицај облика отвора на напонско стање код делова машинских конструкција при једноосном затезању плоча, ИМК 14 октобар, бр. 34-35, 2010, стр 17-22, ISSN 0354-6829. M51
3. *N. Bojić, Z. Jugović*: Analysis of stress in plates with holes, RaDMI 2010, br.1, Donji Milanovac, 2010, str.189-198. M33
4. *N. Bojić, Z. Jugović*: Stress concentration in plates with one hole, KOD 2010, Palić, 2010, str. 73-78. M33
5. *S. Lj. Marković, A. Marinković, N. Bojić*: Shaping machinery elements exposed to cyclic load, KOD 2010, Palić, 2010, str.199-206. M33
6. *N. Bojić, Z. Jugović, R. Nikolić, V. Lazić, R. Čukić*: Determination of optimal way for the diagonal sieves joining, IRMES 2011, Zlatibor, 2011, str. 573-578. M33
7. *N. Bojić, Z. Jugović, M. Popović, R. Slavković*: Influence of hole` shape on the stress concentration at a stress plate bending and tension, The Seventh Triennial International Conference, Heavy Machinery HM 2011, Proceedings, 2011, pp.17-21, ISBN 978-86-82631. M33
8. *G. Manojlović, N. Bojić, I. Nikolić*: Inženjersko obrazovanje u Srbiji, Čačak, 2011, str 23-25., ISBN 978-86-7776-128-8. M63
9. *G. Manojlović, N. Bojić, I. Nikolić*: Uloga i značaj medijateke u realizaciji nastave, TECHNICS AND INFORMATICS IN EDUCATION, 2012, str 133-138, UDK: 371.64/.69, Čačak. M63
10. *N. Bojić, Z. Jugović, S. Dragicević, R. Slavković*: Comparative Study of the Tensile Stress of Diagonal Sieves Produced by Plasma Welding and Hard Soldering Process, METALURGIJA INTERNATIONAL 2012, vol. 17 br. 5, str. 25-29, ISSN 1582-2214. M51

3. ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Предмет истраживања

Савремена сазнања науке о конструисању још увек у процес конструисања не укључују довољно и триболошке аспекте конструисања. Триболошки аспекти конструисања и трибологија у конструисању су неопходни услов исправног конструисања. Са триболошког аспекта током процеса конструисања основно је извршити адекватан избор елемента машинског система (материјала, мазива и система подмазивања) који се жели конструисати, а затим утврдити које су му радне и триболошке карактеристике (одређивање радног века са гледишта хабања, прорачун дебљине мазивог слоја, температуре, протока мазива, губитака

услед трења итд.). Свакако, клизни лежај је најинтересантнији машински елемент са триболошког аспекта.

Клизни лежаји имају велику примену у тешкој машиноградњи, код млинова, турбина, дробилица, ваљаоничких и ковачких машина, преса, редуктора итд. Код клизних лежаја релативно кретање делова уз истовремено преношење оптерећења остварује се посредством клизања. Истраживања извршена последњих година довела су до значајног усавршавања клизних лежаја. Основна предност клизних лежаја огледа се у њиховој носивости, односно радном веку. Ако се код клизног лежаја обезбеде услови хидродинамичког пливања, онда он има скоро неограничени радни век. Ово је нарочито битно код рада са високом учестаношћу обртања, где котрљајни лежаји због ограничене носивости и ограниченог радног века не могу да се примене. Са друге стране тенденција развоја савремених машина огледа се у сталном побољшању њихових перформанси. То је махом повезано са увећањем оптерећења, брзине и бројева обртаја уз истовремено смањење димензија и тежине. Овакав тренд развоја указује да у будућности треба очекивати већу примену клизних лежаја. На то указују и истраживања која се врше у овој области.

Избор материјала лежајне чауре од пресудног је значења за век лежаја и читаве машине када се због нестационарних услова погона или других разлога не може постићи хидродинамичко подмазивање. Међутим и код лежајева са стационарним условима долази до граничног и евентуалног сувог трења код покретања и заустављања машине. Ови материјали морају имати добра антифрикциона својства, при краткотрајном раду лежаја на суво не смеју допустити заривање, морају се добро углачати. Поред тога, потребно је да имају мали коефицијент трења, отпорност према хабању, као и својство да не изазивају велико хабање другог клизног елемента, способност подношења великих специфичних притисака како на нормалним тако и на повишеним температурама, релативно добра пластичност (мека метална основа) како би се могло извршити потребно прилагођавање површини рукавца (односно изравнале микро и макро неравнине и површинске грешке) и тиме обезбедио што равномернији распоред оптерећења по површини лежишта, способност основе да прими похабане тврде делиће и сачува рукавац од већег хабања, способност доброг одвођења топлоте, отпорност према корозији.

Радни век рада машина и различитих механизма битно зависе од правилног избора и примене мазива. Лоше одабрано мазиво или његова погрешна примена је узрок ненормалном, убрзаном хабању површина које су у контакту и појава трајних оштећења. У зависности од избора мазива, односно у случају истраживања самоподмазујућих клизних лежаја, у зависности од конструкционих параметара клизних лежаја са графитом, је специфичност рада клизног лежаја: брзина и облик кретања, радијално оптерећење, температура итд. Како је хабање елемената последица трења, а трење представља отпор релативном кретању, основна улога графита је да смањи тај отпор. Графит се може дефинисати као материјал који смањује трење, али осим тога испуњава и неке сасвим одређене и строго постављене захтеве. Односно мора да подмазује површине, али уједно мора да има способност хлађења, заштиту од корозије, и да буде термички стабилан.

Основно својство самоподмазујућих лежаја јесте да не захтевају посебно подмазивање и одржавање током рада. То одређује области примене: на местима где су мазива неефикасна, односно на местима изложеним ниским или високим температурама или у реактивној средини, где се флуиди за подмазивање не могу користити због могућности контаминације производа или средине, где је примена уобичајених мазива непогодна због немогућности одржавања. Самоподмазујући клизни лежаји указују на низ предности и омогућавају знатне уштеде како у одржавању, тако и у средствима за подмазивање. Приликом коришћења, графит формира танак филм на обе додирне површине, који је веома отпоран на ударе и који се задржава и у позицији мировања.

Код самоподмазујућих клизних лежаја, лежишне чауре су израђене од основног материјала високог квалитета са улошцима (ламеллама) од графита који хомогено пријањају

на површину заузимајући 20 до 30 % чауре. Улошци од графита утичу како на смањење коефицијента трења тако и на смањење хабања. Наведени улошци израђени су под високим притиском и састављени су од графита и металног праха. У зависности од потреба користе се графитни улошци, који могу бити разврстани у неколико група. У овој тези вршиће се истраживања на радијалним клизним лежајима са графитом GF1 који има одличну отпорност на корозију и рад на температури до 400°C. Приликом истраживања у дисертацији ће се користити лежишне чауре са различитим пречником графитних уложака и различитим процентом покривености лежајне чауре, а истраживање конструкционо-триболошких параметара ће се вршити са аспекта оптималне основне функције.

Висока интеграција мултифизичких софтверских алата - CAD/CAE софтвери и знатан пораст могућности процесирања савремених рачунарских система омогућавају да се виртуелни развој производа заснива на симулацији реалних оптерећења и услова. За детаљнији прорачун и у циљу узимања у обзир свих утицајних фактора у пољу клизног лежаја, који је ослабљен ламелама графита, за истраживања у овој тези користиће се CAE алати које се базирају на методи коначних елемената.

Карактеристике CAD/CAE софтвер-а за инжењерску анализу конструкција омогућавају да се изврши детаљна анализа термо-механичких карактеристика клизног лежаја са графитом, који су посебни због своје конструкције. Ово истраживање је усмерено на идентификацију термо-механичких карактеристика и могућих узрока појаве нежељеног хабања у експлоатацији клизних лежаја са графитом. У правцу извођења нумеричких симулација које одговарају реалним експлоатационим условима рада, неопходна су експериментална истраживања конструкционо-триболошких карактеристика клизних лежаја са графитом. У том правцу ће бити формирано експериментално радно место за ову сврху.

Предмет ове докторске дисертације биће анализа конструкционо – триболошких параметара радијалних клизних лежаја са графитом са аспекта оптималне основне функције. Разумевање овог феномена захтева познавање бројних утицајних параметара који потичу из различитих области инжењерства: конструисање, технологија, трибологија, термотехника, механика и др.

У оквиру прве фазе истраживања биће извршена анализа техничко-експлоатационих карактеристика клизног лежаја са графитом и идентификација утицајних параметара који дефинишу конструкционе карактеристике клизног лежаја са графитом.

У оквиру друге фазе истраживања дефинисаће се нумеричке, оптимизационе и експерименталне процедуре истраживања и развоја клизних лежаја са графитом.

У трећој фази истраживања формираће се оригинални експериментални сто и вршити експериментална истраживања на радијалним клизним лежајима са графитом,

У четвртој фази истраживања вршиће се термо-механичка анализа са оптимизацијом конструкције лежаја са аспекта оптималне функције.

3.2 Методе истраживања

За истраживање у раду користитиће се експерименталне и нумеричке методе да би се предвидело понашање клизних лежаја са графитом у реалним експлоатационим условима.

Применом експерименталних истраживања, извршиће се идентификација парцијалних утицаја појединих конструкционих параметара клизних лежаја са графитом, као и њихове корелационе зависности. Путем експерименталних метода биће одређени и параметри реалних експлоатационих оптерећења и биће извршена валидација методологије развоја.

Нумеричке методе ће се користити за симулацију експлоатационог понашања клизних лежаја са графитом. Термо-механичка анализа ће се радити применом FEA софтвера ANSYS.

На крају истраживања биће извршено поређење нумеричких резултата добијених нумеричком симулацијом са резултатима који су добијени експериментално.

3.3. Научни циљеви (доприноси) дисертације

Научни допринос дисертације огледа се у:

- Дефинисаној методологији развоја клизних лежаја са графитом,
- Идентификацији доминантних конструкционих параметара клизних лежаја са графитом са аспекта триболошких карактеристика,
- Термо-механичкој анализи комплексног склопа лежишне чауре – бронза/графит
- Експерименталним истраживањима триболошких карактеристика клизних лежаја са графитом,
- Експериментална валидација методологије развоја клизних лежаја са графитом.

3.4. Оквирни садржај докторске дисертације

1. Увод
2. Преглед стања истраживања и идентификација подручја истраживања
3. Студија и анализа постојећих конструкцијских решења радијалних клизних лежаја са графитом
4. Теоријска идентификација доминантних конструкционо-триболошких параметара радијалних клизних лежаја са графитом
5. Експериментално испитивање триболошких параметара радијалних клизних лежаја
6. Термо-механичких анализа карактеристика радијалних клизних лежаја са графитом применом методе коначних елемената
7. Дискусија резултатат и закључна разматрања

4. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Чланови Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације закључују:

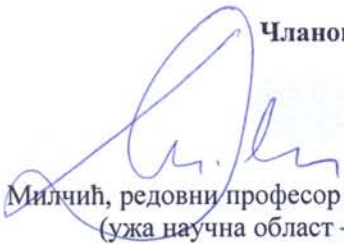
- Да кандидат мр Нада Бојић, дипл. инж. маш. формално испуњава све предвиђене услове Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Нишу и Статутом Машинског факултета Универзитета у Нишу за стицање права на пријаву теме и израду докторске дисертације.
- Да је својим досадашњим стручним и научно-истраживачким радом испољила способност да се бави научним истраживањем.
- Да је предложена тема **„Истраживање конструкционо-триболошких параметара радијалних клизних лежаја са графитом са аспекта оптималне основне функције ”** научно заснована.
- Да досадашњи стручни и научно-истраживачки рад кандидата указује на способност кандидата да предложена истраживања успешно реализује у кратком временском интервалу.
- Да се за **ментора докторске дисертације именује др Драган Милчић**, ред. проф. Машинског факултета Универзитета у Нишу, који је сагласан са овим предлогом. (Списак најзначајнијих референци ментора из уже научне области, из које је тема докторске дисертације, дат је у Прилогу.)

На основу претходно изложеног, чланови Комисије за оцену научне заснованости теме предлажу Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Нишу, да мр Нади Бојић, дипл. инж. маш., одобри израду докторске дисертације под радним називом:

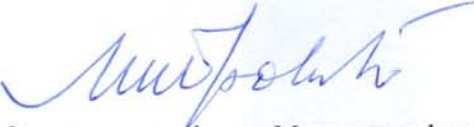
“ Истраживање конструкционо-триболошких параметара радијалних клизних лежаја са графитом са аспекта оптималне основне функције ”

У Нишу, Београду,
Децембра 2012. год.


Чланови комисије:



Др Драган Милчић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Нишу
(ужа научна област – Машинске конструкције)



Др Радивоје Митровић, редовни професор. Машинског факултета Универзитета у Београду
(ужа научна област – Опште машинске конструкције)



Др Душан Стаменковић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Нишу
(ужа научна област – Саобраћајно машинство)

Прилог

Списак најзначајнијих референци ментора из уже научне области из које је тема докторске дисертације:

1. Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Anđelković Boban, Vukićević Miomir, Bjelić Mišo: **Mathematical Model for Analytical Estimation of Generated Heat During Friction Stir Welding. Part 1**, Journal of Balkan Tribological Association, Vol. 17, No 2, 2011, pp. 179-191, ISSN 1310-4772, Sofia, Bulgaria, 2011, (M23= 3.0, R52=3.0);
2. Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Anđelković Boban, Vukićević Miomir, Bjelić Mišo: **Mathematical Model for Analytical Estimation of Generated Heat During Friction Stir Welding. Part 2**, Journal of Balkan Tribological Association, Vol. 17, No 3, 2011, pp. 361-370, ISSN 1310-4772, Sofia, Bulgaria, 2011, (M23= 3.0, R52=3.0);
3. Dragan Milčić, Miroslav Mijajlović, Nenad Pavlović, Mića Vukić: **Temperature Based Validation of the Analytical Model for the Estimation of the Amount of Heat Generated During Friction Stir Welding**, Thermal Science, Year 2012, Volume 16, Issue Supplement 2 (in press), (M23= 3.0, R52=3.0);
4. Dragoljub Živković, Dragan Milčić, Milan Banić, Pedja Milosavljević: **Thermomechanical finite element analysis of hot water boiler structure**, Thermal Science, Year 2012, Volume 16, Issue Supplement 2 (in press), (M23= 3.0, R52=3.0);
5. Milčić, D., Miltenović, V., Stevanović, D., Anđelković, B.: **CAD sistem za konstruisanje kliznih ležaja**. Međunarodni skup Teška mašingradnja - TM'96, 1996., Kraljevo, s. 8.49-8.54. (M63=0.5, R65=0.5)
6. Milošević, V., Milčić, D., Mijajlović, M.: **Softver za proračun i modeliranje radijalnih kliznih ležaja**, Zbornik radova, Yu Info 2008, Kopaonik, 2008, CD. (M63=0.5, R65=0.5)