

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1377/5
Датум: 31.10.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев мр Зорице Милошевић, дипл.инж.маш., бр. 1377/1 од 08.07.2013. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Татјана Лазовић, проф.др Милета Ристивојевић, проф.др Александар Маринковић, проф.др Владимир Поповић и др Бојан Подгорник, научни саветник, Институт за метале и технологије, Љубљана, Словенија бр. 1377/4 од 25.10.2013. године, а на основу чл. 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 31.10.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«УТИЦАЈ ТРИБОЛОШКИХ ПАРАМЕТАРА НА НОСИВОСТ БОКОВА ЗУБАЦА ЗУПЧАСТИХ ПАРОВА У ПРЕНОСНИЦИМА СНАГЕ ПУТНИЧКИХ АУТОМОБИЛА»** докторанта **МР ЗОРИЦЕ МИЛОШЕВИЋ**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту **Мр Зорици Милошевић**, именује се проф.др **Татјана Лазовић**.

Одлуку доставити: Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

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

Овде

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Зорице Милошевић, дипл.инж.маш., за израду докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета бр. 1377/3 од 05.09.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **мр Зорице Милошевић, дипл.инж.маш.,** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Утицај триболошких параметара на носивост бокова зубаца зупчастих парова у преносницима снаге путничких аутомобила“.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Мр Зорица Милошевић (рођ. Вукадиновић), дипл.инж.маш., рођена је 11.09.1971. године у Крагујевцу, Република Србија. Основну школу је завршила у Крагујевцу, школске 1985/86. године, као носилац дипломе „Вук Караџић“. Школовање на смеру за машинске техничаре - конструкторе, у Машинско-саобраћајној школи „Застава“, завршила је 1990. године, као ђак генерације. Машински факултет у Крагујевцу, смер за производно машинство, уписала је школске 1990/91. године и дипломирала 1996. године.

У Дирекцију за Технолошки развој предузећа „Застава аутомобили“ у Крагујевцу, Зорица Милошевић се запослила 1997. године. Радила је на пословима уговарања и реализације инвестиционих улагања у опрему, инсталације и грађевине. У „Институт за аутомобиле“ прелази 1998. године, где ради као опитни инжењер у Лабораторији за испитивање електро-опреме и пројектант у Служби за инжењеринг лабораторијске опреме. На позицију истраживача у Служби за научно-истраживачку делатност прелази 2003. године и ту остаје до 2010. године.

Из породичних разлога, 2010. године се сели у Београд. У Дирекцији за животна осигурања компаније „Дунав осигурање“ је радила од 2010. до краја 2012. године. Од 2013. године је запослена у Центру за моторна возила АМСС, као водећи инжењер на пословима контроле усаглашености возила по АДР прописима (Европски споразум о превозу опасне робе у

међународном друмском саобраћају). Члан је радне групе за доношење правилника за примену Закона о транспорту опасног терета коју је формирало Министарство саобраћаја Републике Србије.

Зорица Милошевић, дипл.инж.маш., је школске 1998/99. године уписала последипломске студије на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу, Смер за машинске конструкције и механизацију. Магистрала је на тему „Испитивање утицаја мазива на трајност синхроне групе мењача“ 2003. године. Након тога, 2004. године је изабрана у звање истраживач-сарадник, на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу.

Мр Зорица Милошевић је била учесник већег броја домаћих и међународних научних и стручних скупова са саопштењима. Коаутор је 25 радова објављених у зборницима радова са скупова, 2 рада у домаћим часописима, 1 рада у међународном часопису, 3 годишња извештаја са пројекта, 1 извештаја публикованог у Scientific Final Report COST Action 532, као и већег броја извештаја о испитивањима мазива и мењача за потребе предузећа „Застава аутомобили“ из Крагујевца.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Зорица Милошевић, дипл.инж.маш., одбранила је **магистарску тезу** на тему „Испитивање утицаја мазива на трајност синхроне групе мењача“ 2003. године, на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу. Ментор рада је проф. др Даница Јосифовић. Предмет магистарске тезе је изучавање система за синхронизацију и мазива мењачког преносника и развијање методологије испитивања, на основу које би се селектовало оптимално мазиво. Примењен је системски методолошки приступ, који је систем за синхронизацију и мазиво посматрао засебно и у међусобној интеракцији. Дат је приказ конструкцијских решења и принципа рада најчешће коришћених система за синхронизацију, као и преглед метода за њихово испитивање. Значајна пажња посвећена је анализи критичних стања система, њиховим узроцима и последицама. Детаљно је разматрана проблематика мазива, са објашњавањем формулација и особина мазива, као и видова подмазивања заступљених код зупчастих преносника снаге. Део магистарске тезе је посвећен теоријској идентификацији процеса трења и хабања у преносницима снаге са посебним освртом на проблематику контаминације уља продуктима хабања. Истраживање и изучавање извода из теорије и анализа добијених експерименталних резултата, резултирали су извођењем великог броја закључака о дефинисаној и развијеној методологији испитивања фактора који утичу на функцију и радни век система за синхронизацију мењачких преносника. У закључним разматрањима дат је критички осврт на комплетно изложену материју и предложене су **смернице за даља истраживања**.

Од 2004. до 2006. године, као гостујући истраживач у Центру за трибологију и техничку дијагностику Машинског факултета Универзитета у Љубљани, мр Зорица Милошевић је радила на **пројекту** „Истраживање могућности рада триболошких система без мазива или са микро-нано уљним филмом“, у оквиру билатералне сарадње Србије и Словеније. У том периоду била је и стипендиста научне фондације Републике Словеније „АД-футура“.

Као члан Management Committee COST Action 532 испред Србије и одговорни истраживач, у периоду од 2004. до 2007. године, мр Зорица Милошевић је учествовала у реализацији **пројекта** под називом „Influence of lubricants on tribological characteristics of contact surfaces and working life of gears by power transmission and elements of synchronization system of motor vehicles“ (Project Code TS16).

Радови кандидата објављени у часописима:

1. **Вукадиновић, З.,** Јосифовић, Д.: Испитивање утицаја мазива на хабање система за синхронизацију, Застава, №37/2004, Година XVI, Крагујевац, 2004, стр. 48-51. (UDK: 629.113.585.9.004.6:621.892.09)

2. **Вукадиновић, З.**, Јосифовић, Д.: *Модел процеса и промена параметара синхронизације степена преноса путничких аутомобила у условима подмазивања*, Застава, Година XVI, Крагујевац, 2004, стр. 60-65. (YU ISSN 0352292 X; UDK: 629.113.585.9:621.892)
3. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D.: *Determination of wear products in oils by atomic absorption spectroscopy (AAS)*, Tribologia, year XXXV, N°2/2004 (194), 2004, pp. 27-39 (ISSN 0208-7774)

Радови изложени на на научно-стручним скуповима и штампани у зборницима радова:

1. **Вукадиновић, З.**, Станковић, Љ.: *Одређивање енергетског биланса возила на путу за летњи режим рада*, Зборник радова са скупа Извор и пренос снаге - ИПС'99, Подгорица-Бечићи, 1999, стр. 75-79.
2. **Вукадиновић, З.**, Јошовић, Н., Живановић, Б.: *Систем допунског загревања динамометарске хелије*, Зборник радова са XXIV Југословенског мајског скупа одржавалаца - YUMO 2000, Херцег Нови, 2000, стр. 557-561.
3. **Вукадиновић, З.**, Костић, В., Стојадиновић, Б., Ђурђевић, С.: *Испитивање мењача на пробном столу*, Зборник радова са XIV Стручног саветовања са међународним учешћем - GALAX 2000, Златибор, 2000, стр. 215-219.
4. **Вукадиновић, З.**, Несторовић, Д., Милетић, С., Радовић, Ј.: *Прилог побољшању комфора возила Југо Флорида*, Зборник радова са XI Међународног научног симпозијума о Моторним возилима и моторима - MBM 2000, Крагујевац, 2000, стр. 157-160.
5. **Вукадиновић, З.**, Гологлавић-Колб, М., Цицмил, Б.: *Анализа хабања синхроних прстенова мењача у функцији примењеног мазива*, Зборник радова са скупа Извор и пренос снаге - ИПС 2001, Подгорица-Бечићи, 2001, стр. 383-389.
6. **Вукадиновић, З.**, Гологлавић-Колб, М., Цицмил, Б., Недић, А.: *Утицај мазива на систем за синхронизацију возила Застава*, Зборник радова са VII Југословенске конференције о трибологији са међународним учешћем - YUTRIB 2001, Београд, 2001, стр. 2.51-2.54.
7. **Вукадиновић, З.**, Јосифовић, Д.: *Избор материјала елемената синхронизације преносника снаге*, Зборник радова са Научно-стручног скупа Истраживање и развој машинских елемената и система - ИРМЕС 2002, Српско Сарајево - Јахорина, 2002, стр. 745-750.
8. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D., Gologlavić-Kolb, M.: *Contribution to tribological investigations of oils for power transmitters of motor vehicles*, Proceedings of the VIII International Symposium INTERTRIBO 2002, Stara Lesna - Tatranska Lomnica, Slovakia, 2002, pp. 377-380.
9. **Вукадиновић, З.**, Јосифовић, Д., Цицмил, Б.: *Методологија избора мазива за преноснике снаге*, Зборник радова са VI Међународног саветовања о достигнућима електро и машинске индустрије - ДЕМИ 2003, Бања Лука, 2003, стр. 563-569.
10. **Вукадиновић, З.**, Јосифовић, Д., Недић, Б., Цицмил, Б., Колб, М.: *Оцена мењачких уља са триболошког аспекта*, Зборник радова са VIII Интернационалне конференције о трибологији - ИТЦ 2003, Београд, 2003, стр. 202-207.
11. **Вукадиновић, З.**, Јосифовић, Д.: *Утицај базног уља на триболошке карактеристике моторних уља*, Зборник радова са VIII Међународне конференције о трибологији - ИТЦ 2003, Београд, 2003, стр. 212-216.
12. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D.: *Laboratory test of synchromesh gears on passenger cars*, Proceedings of the Third Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics - YSEMS, Porretta Terme, Italy, 2004, pp. 131-132.
13. **Вукадиновић, З.**, Јосифовић, Д.: *Избор мазива за подмазивање преносника снаге путничких аутомобила у функцији различитих параметара*, Зборник радова са научно-стручног скупа Истраживање и развој машинских елемената и система - ИРМЕС 2004, Крагујевац, 2004, стр. 433-438.
14. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D.: *Identification of machine system wearing with wear products in oils*, Proceedings of the 4th International Conference Research and Development in Mechanical Industry - RaDMI 2004, Златибор, 2004, pp. 328-387.

15. **Вукадиновић, З.**, Јосифовић, Д.: *Модел процеса и промена параметара синхронизације степена преноса путничких аутомобила у условима подмазивања*, Зборник радова са XIII Међународног научног симпозијума о Моторним возилима и моторима - MBM 04, Крагујевац, 2004, стр. 288-297. (апстракт штампан у часопису „Застава“ N°38/2004, стр. 51-52).
16. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D., Nedić, B.: *Test on effect of oil quality to motor cars synchromesh gearboxes*, Proceedings of Conference on Fuels, Tribology and Ecology - SLOTRIB 04, Radenci, Slovenija, 2004, pp. 75-86. (рад по позиву)
17. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D.: *Investigation of damage of synchronization elements of gearboxes of passenger cars*, Proceedings of the 7th Conference and Exhibition Innovative Automobile Technology - IAT 05, Bled, Slovenija, 2005, pp. 505-514.
18. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D.: *Tribological aspects on choice of lubricants and material for passenger car gearbox elements*, Proceedings of the 9th International Conference on Tribology - BALKANTRIB 05, Крагујевац, 2005, pp. 689-693.
19. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D., Vižintin, J., Kržan, B.: *Influence of lubricants on tribological characteristics of contact surfaces and working life of gears*, COST 532, Proceedings of Conference Triboscience and Tribotechnology integrated with NIST Conference, Porto, Portugal, 2005, pp. 75-80.
20. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D.: *About the tribological characteristics of oil to the gearboxes of passenger car from aspect of minimizing lubrication*, Proceedings of the 2th International Conference POWER TRANSMISSIONS 2006, Novi Sad, 2006, pp. 399-402.
21. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D., Vižintin, J., Kržan, B.: *The influence of lubricants on the mechanical losses reduction of gearbox*, Proceedings of International Conference on Tribology AITC-AIT 2006, CD, paper N°72418506, Parma, Italy, 2006.
22. Nestorović, D., Stojiljković, D., **Vukadinović, Z.**: *The influence quality of motor oil on petrol engines*, Proceedings of International Conference on Tribology AITC-AIT 2006, CD, paper N°57701022, Parma, Italy, 2006.
23. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D., Nestorović, D.: *Tribological aspect of cone friction surfaces contact of vehicles synchronization system elements*, IXth International Symposium INTERTRIBO 2002, Stara Lesna - Tatranska Lomnica, Словачка, 2006, 68-73
24. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D., Vižintin, J.: *Contribution to tribological investigation of vehicles gearbox oils and materials*, Proceedings of Conference on Fuels, Tribology and Ecology - SLOTRIB 06, Ljubljana, Slovenija, 2006, pp. 139-144. (рад по позиву)
25. **Vukadinović, Z.**, Josifović, D., Vižintin, J.: *Effects of oil kind on tribological characteristic of automotive gears*, Proceedings of European Conference on Tribology and Final Conference of COST 532 action: Triboscience and Tribotechnology, Ljubljana, Slovenija, 2007, pp. 945-954.

Напомена: Радови кандидаткиње су објављени под девојачким презименом **Вукадиновић**.

Учешће на пројектима:

1. COST 532 акција (Project Code TS16): *„Influence of lubricants on tribological characteristics of contact surfaces and working life of gears by power transmission and elements of synchronization system of motor vehicles“*, руководиоца пројекта: проф. др Даница Јосифовић, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу, 2004-2007.
2. Билатерални пројекат Републике Србије и Републике Словеније: *„Истраживање могућности рада триболошких система без мазива или са микро-нано уљним филмом“*, руководиоци пројекта: проф. др Јоже Вијинтин (Центар за трибологију и техничку дијагностику, Машински факултет Универзитета у Љубљани, Словенија) и др Милан Миловановић, Застава аутомобили - Институт за аутомобиле, Крагујевац, Србија, 2004-2005.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Увидом у досадашње стечено научно-истраживачко искуство мр Зорице Милошевић, може се констатовати постојање континуитета у истраживањима, у односу на тему докторске дисертације која се предлаже. Упоредном анализом резултата истраживања спроведених у оквиру израде своје магистарске тезе, она је указала на проблеме, који могу послужити као смернице за даља истраживања. Неки од предложених праваца даљих истраживања су управо предмет предложене докторске дисертације.

Афинитет мр Зорице Милошевић за рад на предложеној теми доказују публиковани научни и стручни радови, као и учешће у истраживачким пројектима, управо из области којом се бавила током и после израде магистарске тезе и у којој би наставила своја истраживања у оквиру израде докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Моторно возило представља скуп склопова, подсклопова и делова који својом међусобном интеракцијом омогућавају функционалан, поуздан и трајан рад возила као целине. Један од најважнијих склопова у возилу је преносник снаге, чија је основна функција да при преносу снаге врши трансформацију броја обртаја и обртног момента, доводећи их при томе на вредности, које одговарају тренутним условима рада мотора. Стални развој аутомобилске индустрије поставља све веће захтеве према преносницима снаге, а то су, између осталих, повећање степена искоришћења, поузданости, носивости и радног века њихових виталних и доминантних елеманата - зупчастих парова. Осим тога, савремено доба условљава и респектовање еколошких, економских, енергетских, ергономских и естетских захтева, што је посебно изражено у аутомобилској индустрији. Стога је развој нових модела аутомобилских преносника снаге, или реконструкција постојећих, стални изазов за произвођаче аутомобила и истраживаче у овој области.

У савременим аутомобилима, најширу примену имају зупчасти вишестепени преносници снаге. У току експлоатације моторног возила, зупчасти парови у преносницима снаге су изложени временски променљивим - динамичким оптерећењима, која зависе од низа фактора. То су: брзина кретања возила, квалитет и услови пута, начин вожње, временски услови. Промена радних режима возила доводи до промене радних оптерећења зупчастих парова у преносницима снаге, сила трења између контактних површина бокова зубаца зупчаника, радне температуре. При томе, у случајевима непредвиђених екстремних промена радних услова и радних режима возила, може доћи до оштећења зупчастих парова у преносницима снаге, у виду површинских и запреминских разарања зубаца зупчаника. Дисипативни процеси настали на тај начин, манифестују се нежељеним ефектима, који се могу идентификовати кроз губитке енергије, материјала, кретања. Ови ефекти утичу на смањење или губитак функционалности и поузданости, смањење радног века и раст трошкова одржавања преносника снаге и возила у целини.

Објекат истраживања је постојећи преносник снаге (мењач) израђен по лиценци ФИАТ-а и уграђиван у возила Застава. Први корак у истраживањима је анализа постојећег конструкционог решења зупчастих парова преносника снаге, са аспекта геометрије зубаца, расподеле оптерећења на истовремено спрегнуте парове зубаца, материјала и термичке обраде бокова зубаца, радних и критичних напона на боковима зубаца, као и карактеристика мазива и начина подмазивања. Кроз критичку анализу постојећег конструкционог решења биће извршена идентификација проблема у постојећим решењима са аспекта носивости бокова зубаца зупчастих парова у преноснику и утицаја кључних параметара као што су мазиво, материјал и термичка обрада бокова зубаца.

Да би се смањило површинско разарање бокова зубаца зупчастих парова у преносницима снаге, исти се морају подмазивати. Избор средства за подмазивање - мазива за зупчaste

парове у преносницима снаге, условљен је врстом и конструкцијом преносника, материјалима од којих су зупчасти парови израђени, условима рада и радним режимима преносника и возила, врстом и величином оптерећења зупчастих парова, начином подмазивања и др. Многобројне анализе узрока отказа зупчастих парова у преносницима снаге, описане у стручној и научној литератури, су показале да су откази често последица употребе мазива неодговарајућих карактеристика. Зато је веома важно познавати састав и својства мазива, као и механизам њиховог деловања у раду зупчастих парова у преносницима снаге. Водећи светски произвођачи преносника снаге путничких аутомобила имају различите критеријуме и методе за избор мазива за преноснике снаге, тј. мењачких уља. У овој дисертацији ће посебна пажња бити посвећена истраживању утицаја мазива на носивост бокова зубаца зупчастих парова у преносницима снаге. То подразумева детаљну систематизацију и критичку анализу актуелних метода, као и дефинисање методологије и критеријума оцено квалитета и степена деградације мазива са аспекта радне способности и носивости бокова зубаца зупчастих парова. Да би мазиво могло да испуни своју улогу, мора да буде формулисано квалитетним базним уљем и пакетом адитива. Део дисертације биће посвећен испитивањима комбинација различитих материјала зупчаника са мазивима различитих база и адитива, при чему ће као један од основних критеријума оцено бити анализа параметара трења контактних површина и успостављање интеракције мазиво - материјал - површина. Међутим, само коришћење квалитетног мазива је потребан, али не и довољан услов за поуздан рад зупчастог пара. Један од главних предуслова поузданог рада је усклађеност карактеристика мазива са материјалом, стањем површина, термичком и другим видовима обраде контактних површина, за одређене радне режиме и услове оптерећења, а у циљу постизања веће носивости бокова зубаца.

Кроз теоријске анализе и експерименталне симулације, у дисертацији ће бити истраживан утицај врсте мазива на триболошке карактеристике контактних површина и носивост бокова зубаца зупчаника преносника снаге. Овде се мора истаћи, да планирано моделско испитивање узорака материјала не може дати потпуно реалну и релевантну слику о утицају наведених параметара на носивост бокова зубаца зупчастих парова израђених од истих материјала. Моделско испитивање може дати квалитативне смернице за спровођење истраживања на реалним објектима - зупчаницима и смањити број варијанти за даља сложеност и скупа испитивања реалних зупчаника. Осим тога, експериментални резултати морају бити у одговарајућој корелацији са теоријским поставкама носивости бокова зубаца зупчастих парова. Стога ће посебна пажња у дисертацији бити посвећена анализи развоја математичког модела површинске носивости бокова зубаца. Биће спроведена критичка анализа степена сагласности актуелних математичких модела површинске носивости зубаца са резултатима експерименталних истраживања.

Први парцијални циљ дисертације је да се систематизују и аналитички дискутују досадашња научна сазнања у овој области. Други парцијални циљ дисертације је да се теоријским и експерименталним путем успостави веза између својстава контактних површина и карактеристика мазива са аспекта њихове формулације и сагледа њихов утицај на особине контакта при различитим условима подмазивања. Резултати моделских испитивања различитих врста материјала и термичких обрада контактних парова и мазива формулисана различитим базним уљима и пакетима адитива треба да омогуће избор најбоље могуће триболошке комбинације материјал - мазиво, са циљем даљег истраживања носивости бокова зубаца зупчастих парова аутомобилских преносника снаге. Трећи парцијални циљ дисертације је успостављање корелације између резултата спроведених експерименталних истраживања и теоријских математичких модела носивости бокова зубаца зупчастих парова преносника, са аспекта утицаја карактеристика мазива и подмазивања.

Општи циљ истраживања у дисертацији је развој методологије за квалитативну и квантитативну анализу утицаја триболошких параметара на носивост бокова зубаца зупчастих преносника, као и уопштавање истраживачких приступа и њихову примену на развој нових преносника снаге различите намене.

У циљу прегледа и анализе досадашњих истраживања из предметне области, кандидаткиња је припремила и проучила одређени број референци. Подразумева се да у току израде дисертације, списак релевантне литературе мора бити редовно ажуриран новим референтним изворима са презентованим актуелним достигнућима. Полазна литература је:

1. Hoehn, B.-R., Stahl, K., Michaelis, K.: *Lubricant influence on slow speed wear in gears*, Goriva i maziva, 51, 1, 2012, str. 5-28.
2. Hoehn, B.-R., Oster, P., Tobie, T., Michaelis, K.: *Test methods for gear lubricants*, Goriva i maziva, 47, 2, 2008, str. 129-152.
3. Höhn, B.-R., Stahl, K., Schudy, J., Tobie, T., Zornek, B.: *FZG Rig-Based Testing of Flank Load Carrying Capacity*, Internal Gears Technology, June/July 2012, pp. 60-69. www.geartechnology.com
4. Funatani, K.: *Heat treatment of automotive components: current status and future trends*, Trans. Indian Inst. Met., Vol.57, No. 4, August 2004, pp. 381-396.
5. Michalczewski, R., Piekoszewski, W., Tuszyński, W., Szczerek, M., Wulczyński, J.: *The New Methods for Scuffing and Pitting Investigation of Coated Materials for Heavy Loaded Lubricated Elements*, pp. 306-320. www.intechopen.com
6. Michalczewski, R., Szczerek, M., Tuszynski, W., Wulczyński, J.: *A four-ball machine for testing antiwear, extreme-pressure properties, and surface fatigue life with a possibility to increase the lubricant temperature*, Tribologia, No. 1, 2009, pp. 113-127.
7. Ристивоевич, М., Митровић, Р., Лазовић, Т.: *Влияние длины контактных линий на контактные напряжения зубьев цилиндрических зубчатых передач*, Техника машиностроения, No.2, 2001, стр. 34-38.
8. Ristivojevic, M., Mitrovic, R., Lazovic, T.: *The physical basis for defining the transverse load and the contact ratio factors*, Proceedings of International conference POWER TRANSMISSIONS 03, Varna, Bulgaria, 2003, pp. 1-4.
9. Ristivojević, M., Mitrović, R., Lazović, T.: *Uticaj raspodele opterećenja na merodavno opterećenje zupca*, Zbornik radova sa IX SEVER-ovog simpozijuma o mehaničkim prenosnicima, Subotica, Srbija, 2003, str. 7-74.
10. Ristivojević, M., Mitrović, R., Lazović, T.: *Analiza kontaktnog napona na bokovima zubaca cilindričnih zupčanika u uslovima granične raspodele opterećenja*, Zbornik radova sa Naučno-stručnog skupa IRMES, Jahorina, Bosna i Hercegovina, 2002, str. 613-618.
11. Markovic, S., Milovic, L.J., Vrhovac, M., Lazovic, T., Marinkovic, A., Aleksic, V.: *Life Extension of Gears Flank Surfaces Regenerated by Hard Facing*, Metalurgia International, Vol. 18, Issue 2, 2013, pp. 81-85.
12. Markovic, S., Milovic, L.J., Marinkovic, A., Lazovic, T.: *Tribological aspect of selecting filler metal for repair surfacing of gears by hardfaceng*, Structural integrity and life, Vol. 11, No. 2, 2011, pp. 127-130.
13. Ристивојевић, М., Митровић, Р.: *Расподела оптерећења – зупчасти парови и котрљајних лежаји*, Машински факултет – Чигоја штампа, Београд, 2002.
14. Aksić M.: *Eksperimentalna metoda za identifikaciju opterećenja prenosnika snage*, Magistarski rad, Mašinski fakultet Univerziteta u Kragujevcu, 1980.
15. Janićijević N., Janković D., Todorović J.: *Konstrukcija motornih vozila*, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
16. Nikolić V.: *Mašinski elementi*, Nikola Nikolić, Kragujevac, 1995.
17. Norman S., Korosec P.S.: *Ulja za menjače i zupčanike zadnjeg mosta vozila u 90-tim godinama*, JUGOMA, No.200, Zagreb, 1990.
18. Veinović S., Pešić R., Petković S.: *Pogonski materijali motornih vozila*, EuroPrint, Banja Luka-Kragujevac, 2000.
19. Bartz W.J.: *Reološka svojstva multigradnih motornih ulja, uključivo viskoznost kod povišenog tlaka*, JUGOMA, No.189, Zagreb, 1990.
20. Basta D.: *Bazna ulja-aktuelna situacija i trendovi*, XIV Stručno savetovanje GALAX 2000, Zlatibor, 2000, p.32-39.

21. Beuf D.D.: *Used Oil Analysis and Equipment Monitoring*, Texaco Training, Chevron-Texaco Technology, Ghent, 2001.
22. Gergel W.C.: *Lubricant Additive Chemistry*, The Lubrizol Corporation, Ohio, USA, 1994.
23. Godfrey D., Herguth W.R.: *Physical and Chemical Properties of Industrial Mineral Oils Affecting Lubrication*, Parts I, II, III and IV, *Lubrication Engineering*, 51 (5,6,10,12), 1995.
24. Ivković B., Rac A.: *Tribologija*, Jugoslovensko društvo za tribologiju, Kragujevac, 1995.
25. Janković Lj.: *Optimizacija procesa podmazivanja obzirom na gubitke snage u kinematskoj strukturi prenosnika bagera DREGLAJNA HSR-5/45*, Magistarski rad, Tehnički fakultet, Čačak, 1998.
26. Lauer D.: *Synthetic Gear Oil Selection*, www.machinerylubrication.com.
27. Lechner G.: *Berechnung der Freßtragfähigkeit von Stirn-und Kegelradern*, ZF, 1973.
28. Murray D.W., Clarke C.T., MacAlpine G.A., Wright P.G.: *The Effect of Base Stock Composition on Lubricant Performance*, SAE 821236, 1982, pp. 15-27.
29. Norman S., Korosec P.S.: *Ulja za menjače i zupčanike zadnjeg mosta u '90-tim godinama*, JUGOMA, No.200, Zagreb, 1990.
30. O'Connor J.J., *Standard Handbook of Lubrication Engineering*, McGraw-Hill Book Co., 1968.
31. Orlović M., Orlović A., Jakšić G.: *Tehnologija baznih mineralnih ulja-stanje i trend razvoja*, Hemijska industrija, Vol.50, No.9, Beograd, 1996, pp.331-337.
32. Peal S.N., Graham R., O'Connor B.M.: *Ispitivanje pogodnosti multigradnih maziva za menjače*, Hemijska industrija, Vol.50, No.9, Beograd, 1996, pp.357-362.
33. Peal S.N., Graham R., O'Connor B.M.: *Prednosti multigradnih transmisionih maziva*, Stručno savetovanje sa međunarodnim učešćem GALAX 96, Kopaonik, 1996, pp.31-51.
34. Rizvi S.Q.A.: *Lubricant Additives*, Petroleum and Coal, Vol.38, No.3, 1996, pp.15-24.
35. Savić V.: *Tribologija i podmazivanje*, IKOS, Novi Sad, 1995.
36. Troyer D., Fitch J.: *Oil Analysis Basics*, Noria Corporation, Oklahoma, 1999.
37. Verčon J.: *Maziva i podmazivanje*, JUGOMA, Zagreb, 1986.
38. *Ethyl Specification Handbook*, Ethyl Corporation, 2000.
39. *Tehnički katalog GALAX proizvoda*, NIS Rafinerija nafte Beograd, Beograd, 1998.
40. Интерни стандарди предузећа Застава из Крагујевца.
41. Стандарди у вези са предметом дисертације: ISO, DIN, ASTM, MIL, JUS, СРПС.

3. Полазне хипотезе

Упоредни приказ сопствених досадашњих истраживања кандидата и резултата доступних актуелних истраживања других аутора, као и критички осврти на потенцијалне резултате планираних оригиналних теоријских и експерименталних истраживања, основа су за избор адекватног модела и метода истраживања при конципирању ове докторске дисертације.

Полазна идеја рада је да се формулацијом мазива у одговарајућој сагласности са својствима материјала, термичке обраде и геометрије зупчастих парова може утицати на смањење површинског разарања – хабања бокова зубаца, тј. повећање њихове носивости, уз респектовање специфичних радних услова, одређених конкретно дефинисаном апликацијом зупчастих парова - у преносницима снаге путничких аутомобила. Пре свега, неопходно је идентификовати карактер и интензитет радног оптерећења зупчастих парова у преноснику, а затим расподелу оптерећења на истовремено спрегнуте парове зубаца и вредности контактних напона. Истовремено, потребно је познавати и триболошке процесе који се дешавају у преноснику, јер се на тај начин може утицати на смањење оштећења контактних површина и повећање носивости. Смањење силе трења и њених последица може се остварити подмазивањем, тј. применом одговарајућих мазива. При избору мазива неопходно је познавати њихов састав (формулацију), особине и начин деловања, дебљину слоја мазива између контактних површина, радне услове и начин подмазивања. Уља за зупчасте парове у

преносницима снаге путничких аутомобила морају да подносе високе контактне притиске, смањују трење између контактних површина у релативном кретању, спречавају или смањују површинска оштећења бокова зубаца, одводе топлоту изазвану трењем, штите контактне површине од корозије и одводе нечистоћу и продукте хабања из контактних зона.

Дакле, основна хипотеза дисертације је заснована на тврдњи да се на смањење механичких губитака и повећање носивости бокова зубаца зупчаника може утицати применом мазива одговарајуће формулације. Међутим, пракса показује да је често дејство мазива на смањење сила трења и других неповољних ефеката при контакту површина у релативном кретању делимично, а у неким случајевима уопште не долази до изражаја. Из ове хипотезе проистиче следећа претпоставка, да се знатно смањење трења и повећана отпорност према хабању бокова зубаца може остварити правилним избором материјала зупчастих парова и термичке обраде контактних површина зубаца, компатибилним са одговарајућом формулацијом мазива. У овој дисертацији се, кроз предложена теоријска и експериментална истраживања, очекује објашњење ових чињеница и појава.

4. Научне методе истраживања

У раду ће бити примењене аналитичке и експерименталне методе истраживања. Аналитичка метода ће се користити за прорачуне носивости зупчастих парова, као и за компаративну анализу и утврђивање степена сагласности добијених експерименталних резултата са актуелним математичким моделима носивости бокова зупчастих парова. Оцену ваљаности предложених формулација мазива и материјала зупчаника биће могуће дати након експерименталних истраживања. Експериментална истраживања ће обухватити испитивања мазива према стандардним методама и испитивања на „Four ball“ и SRV уређајима за триболошка испитивања мазива и FZG уређајима за испитивање зупчастих парова у затвореном колу снаге. При томе ће се пратити промене које се дешавају на контактним површинама, промене физичко-хемијских карактеристика мазива, као и њихова интеракција, тј. утицај триболошки параметара на носивост бокова зубаца зупчастих парова у преносницима снаге.

5. Очекивани научни допринос

На основу свега изложеног, може се констатовати значајна актуелност и сложеност предмета истраживања, те да предложена тема може бити довољно опсежна за остваривање одговарајућег научног доприноса. Очекивани научни доприноси су:

- развој оригиналне методологије за избор најбоље могуће формулације мазива за одређени материјал и термичку обраду зубаца зупчастих парова, узимањем у обзир специфичности радних услова, одређених применом тих зупчастих парова у преносницима снаге путничких аутомобила;
- утврђивање степена сагласности адекватне формулације мазива, експериментално одабране кроз одговарајућа моделска испитивања узорака материјала, а затим верфиковане испитивањем реалних зупчастих парова, и одговарајућих математичких модела, а у циљу достизања веће носивости бокова зубаца;
- квалитативна анализа и квантификација утицаја параметара мазива и услова подмазивања на носивост бокова зубаца зупчастих парова у преносницима снаге путничких аутомобила.

Надовезивањем на резултате релевантних референци, а на основу синтезе савремених сазнања и постојећих метода за идентификацију и оцену утицаја триболошких параметара на носивост бокова зубаца зупчастих парова, може се констатовати постојање одговарајућих математичких модела и експерименталних резултата. Међутим, поставља се хипотеза о

недостатку њихове детаљне упоредне анализе, у смислу верификације експерименталних резултата теоријским моделима, са једне стране, односно процене степена егзактности и веродостојности математичких модела експерименталним испитивањима, са друге стране. У овом домену, очекују се и следећи научни доприноси дисертације:

- успостављање корелације између резултата реализованих експерименталних истраживања и постојећих актуелних математичких модела носивости бокова зубаца зупчастих парова, са квалитативном и квантитативном анализом степена њихове сагласности и критичком дискусијом изведених закључака;
- оцена степена егзактности и свеобухватности актуелних математичких модела носивости бокова зубаца, анализом нивоа усаглашености са резултатима спроведених експерименталних истраживања, у домену утицаја триболошких параметара.

Поступак испитивања развијен у оквиру овог истраживања и добијени резултати би омогућили оцену ваљаности и примењивости одређене формулације мазива за преноснике снаге путничких аутомобила, као и дијагностику радног стања преносника. Развијена методологија испитивања би се могла применити на проблеме и испитивања сличног карактера. Добијени резултати могли би да се имплементирају у процедуре избора најпогодније врсте мазива у смислу физичко-хемијских карактеристика и смањења губитака у преноснику, као и при избору материјала зупчаника, са аспекта носивости. Уколико се испитивањем потврди ваљаност нових формулација мазива у спрези са одговарајућим материјалом зупчаника и термичком обрадом бокова зубаца, њихова комбинација може бити генерална препорука за примену у преносницима снаге возила – путничких аутомобила средње класе, чиме би резултати спроведених испитивања добили и своју практичну примену.

6. План истраживања и структура рада

Рад на докторској дисертацији има три методолошке целине. Прва целина је рад на уводу у проблематику, који претпоставља детаљан критички преглед и дискусију актуелне доступне литературе из предметне области. То су научни и стручни радови, публиковани у часописима и зборницима радова са домаћих и међународних научно-стручних скупова, затим монографије, уџбеници, технички приручници, каталози произвођача, извештаји са пројеката, експертиза и студије случаја, као и одговарајући стандарди и извештаји техничких комитета. На основу анализе досадашњих сопствених истраживања кандидата и доступних резултата истраживања других аутора, биће формиран пресек стања у предметној научној области и формулисани правци и начин даљих теоријских и експерименталних истраживања у оквиру дисертације. Друга методолошка целина дисертације обухвата теоријске анализе у оквиру предмета истраживања. То су анализе математичког модела контактних напона на боковима зубаца зупчастих парова, респектовањем свих релевантних утицајних фактора, као што су расподела оптерећења на истовремено спрегнуте парове зубаца, геометријске карактеристике зубаца, тачност израде. Теоријску основу рада чини и разматрање идентификације и описа процеса трења и хабања бокова зубаца зупчастих парова, узимањем у обзир специфичности апликације у преносницима снаге путничких аутомобила. Трећу методолошку целину рада и доминантну фазу плана истраживања чине активности експерименталног испитивања. Ове активности обухватају развој методе експерименталних истраживања, планирање и реализацију експеримента, као у дискусију резултата са посебним освртом на степен компатибилности са теоријским математичким моделима носивости бокова зубаца. Структура текста дисертације биће условљена током и фазама израде дисертације, тј. садржаће адекватну презентацију горе наведених фаза теоријских и експерименталних истраживања и њихових резултата, као и све уобичајене пратеће садржаје, у виду Увода, Закључка, Предлога и праваца за даља потенцијална истраживања, Списка коришћених ознака, Прегледа литературе и др.

7. Закључак и предлог

На основу пријаве за израду докторске дисертације кандидата мр Зорице Милошевић, дипл.инж.маш., бр.1377/1 од 08.07.2013. године, Комисија за подношење извештаја о прихватању теме, именована одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета бр.1377/3 од 05.09.2012.г., је закључила да је предложена тема научно заснована и адекватна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законске услове и услове квалификованости и компетенције за рад на предложеној теми докторске дисертације. Стога, Комисија за подношење извештаја о прихватању теме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду, да кандидату

мр Зорици Милошевић, дипл.инж.маш.

одобри тему докторске дисертације под називом

УТИЦАЈ ТРИБОЛОШКИХ ПАРАМЕТАРА НА НОСИВОСТ БОКОВА ЗУБАЦА ЗУПЧАСТИХ ПАРОВА У ПРЕНОСНИЦИМА СНАГЕ ПУТНИЧКИХ АУТОМОБИЛА

у научној области

Опште машинске конструкције

за коју је матичан

Машински факултет Универзитета у Београду.

За **ментора** на овој дисертацији се предлаже **др Татјана Лазовић, дипл.инж.маш., доцент** на Катедри за Опште машинске конструкције Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 10.10.2013. г.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Татјана Лазовић, доцент
Машински факултет Универзитета у Београду

.....
Др Милета Ристивојевић, редовни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

.....
Др Александар Маринковић, ванредни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

.....
Др Владимир Поповић, ванредни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

.....
Др Бојан Подгорник, научни саветник
Институт за метале и технологије, Љубљана, Словенија
(Inštitut za kovinske materijale in tehnologije - IMT)

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **мр Зорицу Милошевић, дипл.инж.маш.**

Име и презиме ментора: **др Татјана Лазовић, дипл.инж.маш.**
Звање: **ванредни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Ristivojevic, M., Lazovic, T., Vencl, A.: *Studying the load carrying capacity of spur gear tooth flanks*, Mechanism And Machine Theory, Vol. 59, 2013, pp. 125-137, ISSN 0094-114X, (IF: 1,366) - M21
2. Ognjanovic, M., Simonovic, A., Ristivojevic, M., Lazovic, T.: *Research of rail traction shafts and axles fractures towards impact of service conditions and fatigue damage accumulation*, Engineering Failure Analysis, Vol.17, №7-8, 2010, pp. 1560-1571, ISSN1350-6307 (IF: 0,770) - M22
3. Ristivojevic, M., Mitrovic, R., Lazovic, T.: *Investigation of causes of fan shaft failure*, Engineering Failure Analysis, Vol.17, №5, 2010, pp. 1188-1194, ISSN 1350-6307 (IF: 0,770) - M22
4. Marinkovic, A., Lazovic, T., Stankovic, M.: *Tribological aspects of ballroom dance as a human activity with energy consumption analysis*, Journal Of The Balkan Tribological Association, Vol.19, №2, 2013, pp. 274-284, ISSN 1310-4772 (IF: 0,318) - M23
5. Markovic, S., Milovic, LJ., Vrhovac, M., Lazovic, T., Marinkovic, A., Aleksic, V.: *Life Extension of Gears Flank Surfaces Regenerated by Hard Facing*, Metalurgia International, Vol. 18, Issue 2, 2013, pp. 81-85, ISSN 1582-2214 (IF: 0,084) - M23
6. Lazović, T., Mitrović, R., Ristivojević, M.: *Influence of internal radial clearance on the ball bearing service life*, Journal Of The Balkan Tribological Association, Vol.16, №1, 2010, pp. 1-8, ISSN 1310-4772 (IF: 0,161) - M23

7. Popovic, V., Vasic B., Lazovic, T., Grbovic, A.: *Application of New Decision Making Model Based on Modified Cost-Benefit Analysis - a Case Study*, Asia-Pacific Journal Of Operational Research, Vol. 29, Issue 06, 2012, pp. 1250034/1-25, ISSN 0217-5959 (IF: 0,250) - M23

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

☒ В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум 25.10.2013.

М.П.
