

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1331/6
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)02.10.2015.
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технологија материјала

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МАРКО (Драгиша) РИСТИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд3. Година дипломирања: 2010.4. Назив магистарске тезе кандидата: /5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /6. Година одбране магистарске тезе: /7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет БеоградОдсек, смер или група: /Година уписа докторских студија: 2010...Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 24.09.2015
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1331/5
Датум: 24.09.2015. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Марка Ристића**, маст. инж. маш., бр. 1331/1 од 06.07.2015. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Радица Прокић-Цветковић, ред. проф., ментор, др Александар Седмак, ред. проф., др Оливера Поповић, ванр. проф., др Мирко Козић, Научни саветник, Војнотехнички Институт, Београд, број 1331/4 од 22.09.2015. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 24.09.2015. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **МАРКО РИСТИЋ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА»**.

За ментора студенту Марку Ристићу, именује се проф. др **Радица Прокић-Цветковић**.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Милорад Милованчевић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата Марка Ристића, дипл. маш. инж. студента докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. 1331/3 од 03.09.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Марко Д. Ристић, дипл. маш. инж., студента докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, бр. индекса D73/10, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА.

проф. др Радица Прокић-Цветковић,
проф. др Александар Седмак,
др Оливера Поповић, ванр. проф.
др Мирко Козић, Научни саветник, Војнотехнички Институт, Београд

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Марко Ристић рођен је 18. 05. 1986. године у Смедеревској Паланци. Основну школу „Херој Иван Мукер“ завршио је 2001. године у Смедеревској Паланци. Средњу Машинско-електротехничку школу Гоша, смер Машински техничар за компјутерско конструисање, завршио је 2005. године. После завршетка средње школе, школске 2005/06 године уписао се на Машински факултет Универзитета у Београду. Мастер

студије је завршио 2010. године на модулу Транспортно ижињерство конструкције и логистика. Дипломски (Мастер) рад одбранио је из предмета Металне конструкције у машиноградњи. Тема дипломског рада била је: Главни машински пројекат потралне дизалице . Школске 2010/11. године уписао је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду.

Од октобра 2010. године, запослен је у Институту Гоша у Београду, ангажован је на пројекту министарства просвете науке и технолошког развоја.

1.2 Списак радова и пројеката и вези са темом докторске дисертације

1.2.1 Радови у међународном часопису – (M23)

1. **Marko Ristic**, Radica Prokic-Cvetkovic, MirkoKozic, SlavicaRistic, Boris Katavic; *Wear Reducing of Ventilation Mill Suction Plates Based on the Multidisciplinary Research*; Journal of the Balkan Tribological Association; ISSN 1310-4772, , Vol. 21, year 2015 book 3, pp 493-514
2. **Marko Ristic**, Ljiljana Radovanovic, Radica Prokic-Cvetkovic, Goran Otic, Jasmina Perisic, Ivana Vasovic, *Increasing the Energy Efficiency of Thermal Power Plant Kostolac B by the Revitalization of Ventilation Mills*, Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, year 2015, ISSN 1556-7257, DOI: 10.1080/15567249.2015.1014977.

1.2.3 Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини (M33)

1. M. Kutin, S. Ristic, M. Puharic, **M. Ristic** *Tensile Features of Hole in Plate Specimen Testing by Thermography and Conventional Method* Third Serbian (28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vlasina lake, Serbia, 5-8 July 2011, ISBN 978-86-909973-3-6, pp 563-573,
2. A. Alil, B. Katavic, **M. Ristić**, M Kocic, D. Jovanović, M. Prokolab, S. Budimir, *Structural and Mechanical Properties of Different Hard Welded Coatings for Impact Plate for Ventilation Mill*, The 5th International Conference Timisoara – Innovative technologies for joining advanced materials, year 2011, ISSN 1844-4938, Section 1 Quality of welded joint and welded structures,
3. **M. Ristic**, Lj. Radovanovic, M. Prokolab, I. Vasovic, B. Katavic, *Increase energy efficiency of thermal power plant Kostolac B by reducing wear of parts in ventilation mills*, The Third IIW South –East European Welding Congress, Timisoara, Romaniaa, 3-5 June 2015, ISBN 978-606-554-955-5, pp 247-252,
4. Aleksandar Vencl, Boris Katavić, Danijela Marković, **Marko Ristic**, Bojan Gligorijević, *The Tribological Performance of Hardfaced Coatings for Increasing the Wear Resistance of Ventilation Mill Working Parts*, 14th International Conference on Tribology, Belgrade, Serbia, 13-55 May 2015, COBISS.SR-ID 215023884, ISBN 978-86-7083-857-4, pp 159-169,
5. Mirjana Prvulovic, Milan Prokolab, Stevan Budimir, **Marko Ristic**, Miroslav Radosavljevic, Dragan Jovanovic, *Computation of Pressure Increase of the Liquid Carbon*

- Dioxide During Storage Time*, 4th international scientific conference on defensive technologies OTEX 2011, Belgrade, Serbia, 6-7 October 2011, ISBN 978-86-81123-50-8, pp 668-674,
6. B. Gligorijevic, B. Katavic, A. Alil, B. Jegdic, **M. Ristic**, M. Prokolab, *Analysis of a Floating-Head Heat Exchanger Bolts Failure*, International Conference "Structural integrity of welded structures" Timisoara Romania, 3-4 November 2011, ISSN 1842-5518, Session I – Metallic structures, Paper 2
 7. **M. Ristić**, M. Kočić, M. Vasović, I. Milutinoić, Z., Ilic, O., Obradović, J.; *Testing the Stability of Portal Crane*; I International Conference - Process Technology And Environmental Protection (PTEP 2011); Technical faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, University of Novi Sad; ISBN: 978-960-98780-6-7; COBISS. SR-ID 267866119; pp 124 – 131,
 8. Marina Kutin, Ivana Vasovic, Mirko Maksimovic, **Marko Ristic**; *Prediction of Residual Life Assesment Using Thermography and Crack Growth Analysis*; International Conference on Mechatronics and Applied Mechanics (ICMAM2011) Hong Kong, China Dec.27-28. 2011. ISSN: 1875-3892, Session 3, paper 6,
 9. Ana Alil, Bore Jegdić, Biljana Bobić, **Marko Ristić**, *Corrosion Behaviour of an al-zn-mg-cu Alloy After Different Heat Treatments*, II International Conference - Industrial Engineering and Environmental Protection (IIZS 2012), echnical faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, University of Novi Sad, ISBN: 978-86-7672-184-9, SR-ID 274556935, pp 121-129,
 10. Branko Skoric, Milan Arsenović, Marina Kutin, Ivana Vasovic, **Marko Ristic**, *Thermography and Numerical Simulations with Respects to Stress State and Fracture of Continuous Cast Specimens Made of Bronze Alloy*, Forth Serbian (29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vrnjačka Banja, Serbia, 4-7 June 2013, Serbian Society of Mechanics, ISBN: 978-86-909973-5-0, SR-ID 198308876, pp 485-490
 11. **Ristic Marko**, Perisic Jasmina, Radovanovic, Ljiljana, Adamovic, Zivoslav, *Failure Analysis of the Ventilation Mills in Power Plant and Proposals for Their Revitalization*, Forth Serbian (29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vrnjačka Banja, Serbia, 4-7 June 2013, ISBN 978-88-908185, paper 664
 12. Ivana Vasović, **Marko Ristić**, Mirjana Opačić, Mirko Maksimović, *Stress Analyses of Connection of Turntable with Chassis of Articulated Bus Using Software Package Catia and Comparative Methods*, III International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection, 30. Oktober, 2013, Zrenjanin, , ISBN 978-86-7672-208-2, COBISS SR-ID 274556935, pp 140-146.

1.2.4 Научни радови у водећим часописима националног значаја (M51)

1. Ivana Vasović, Mirko Maksimović, Marina Kutin, **Marko Ristić**, *Numerical Simulation in Domains Crack Growth and Welding Process Behaviors and Comparative Methods*, SCIENTIFIC BULLETIN of the POLITEHNICA University of Timisoara, editura politehnica; ISSN 1224-6077; vol. 57(71), special ISSUE S1, 2012; pp 75-80
2. Ana Alil, **Ristić Marko**, Stanković Miloš, Ristić Miloš, *Repair of Steel Construction of Truck-mounted Crane Tadaho tl200ii/k, Sanacija Celicne Konstrukcije Strele Samohodne Autodizalice Tadaho tl200ii/k*, Zavarivanje I zavarene konstrukcije (Welding & Welded

structures), Društvo za unapređenje zavarivanja u Srbiji (Serbian Welding Society), year 2014, ISSN 0354-7965, SR-ID 105396743, pp 169-174,.

3. Marina Kutin, Miroslav Radosavljevic, Ivana Vasovic, **Marko Ristić**, Ana Alil, Milan Prokolab; *Using the Numerical Simulations and Comparative Diagnostic Methods to Optimize the Product*; Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara, editura politehnica; ISSN 1224-6077; vol. 57(71), special ISSUE S1, 2012; pp 31-40
4. A. Alil, B. Katavic, **M. Ristić**, M Kocic, D. Jovanović, M. Prokolab, S. Budimir, *Structural and Mechanical Properties of Different Hard Welded Coatings for Impact Plate for Ventilation Mill*, Structural Integrity of Welded Structures, vol 3/2011 Year XX, 2011. ISSN 1453-0392, pp 7-11
5. **Marko Ristic**, Mirjana Prvulovic, Milan Prokolab, Stevan Budimir, Miroslav Radosavljevic, Dragan Jovanovic, Zlatan Milutinovic, *Numerical Simulation of the Cold-Water Pressure Test and Operating Conditions for Air Reservoir*, Scientific Bulletin of the „Politehnica” University of Timisoara, Romania Transactions on Mechanics. Tom 53 (67) ISSN 1224 – 6077, pp 73-76, year 2012.
6. **Marko Ristic**, Milorad Kocic, Ana ALIL, Olivera Ilić, Jelena Ignjatović, *Distribution of Loads of Cycloid Speed Reducer*, Scientific Bulletin of the „Politehnica” University of Timisoara, Romania Transactions on Mechanics, Tom 53 (67) ISSN 1224 – 6077, pp 69-72, year 2012.
7. Marina Kutin, Ivana Vasovic, Mirko Maksimovic, **Marko Ristic**; PREDICTION OF RESIDUAL LIFE ASSESMENT USING THERMOGRAPHY AND CRACK GROWTH ANALYSIS; Applied Mechanics and Materials Vols. 157-158 (2012) Trans Tech Publications, Switzerland doi: 10.4028/www.scientific.net/ AMM.157-158.202 , pp 202-209
8. **Marko Ristic**, Bojan Gligorijević, Ana Alil, Boris Katavić , Marina Kutin , Dragan Jovanović, Stevan Budimir, *Studies of the Properties of Different Hard Coatings Resistant to Wear*, scientific Bulletin of the „Politehnica” University of Timisoara, Romania Transactions on Mechanics, ISSN 1224 - 6077 , year 2012, pp 53-60, year 2012 .
9. Kutin Marina, Prokolab Milan, **Ristic Marko**, Alil Ana, Gligorijevic Bojan, *Determination and Analysis of the Dynamic Loaded Screws by Structural Analysis, Fractography and Numerical Simulation*, Trans Tech Publications, Switzerland, Advanced Materials Research Vol. 814 (2013), , doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.814.87, pp 87-98,
10. Milorad Kocic, Mirjana Prvulovic, Suzana Linic, **Marko Ristić**, Milan Prokolab , *Computer Simulation of Spray Deposition Process for Al1.0Si0.6Mg0.6Mn Alloy*, The Bulletin of the National R&D Institute for Welding and Material Testing ISIM Timișoara, Romania , year 2013 , ISSN 1453-0392, pp 09-12,
11. Stevan Budimir, Ana Alil, **Marko Ristic**, Milorad Kocic, Boris Katavic, *Analysis of Compressor Valves Bolts Failure*, The Bulletin of the National R&D Institute for Welding and Material Testing ISIM Timișoara, Romania year 2013, ISSN 1453-0392, pp 13-16,
12. Ivana Vasovic, **Marko Ristić**, Miroslav Radosavljevic, Zlatan Milutinovic, Milorad Kocic, *Stress Analyses and Optimization of Bus Chassis Using Software Package CATIA and Comparative Methods* , The Bulletin of the National R&D Institute for Welding and Material Testing ISIM Timișoara, Romania, year 2013, ISSN 1453-0392, pp 19-22,

13. Vasovic Ivana, **Ristic Marko**, Ristic Slavica, Maksimovic Mirko, Stamenkovic Dragi; *Numerical Modeling and Initial Fatigue Life Estimations of Welded Structural Components*; Advanced Materials Research Vol. 1029 (2014), Trans Tech Publications, Switzerland, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1029.124. , ISSN web 1662-8, year 2014, pp 124-129,
14. Milutinovic Zlatan, **Ristic Marko**, Vasovic Ivana, Prokolab Milan, Gligorijevic Bojan; *Analyzing Properties of New Hard Coating Technologies For Increasing The Wear Resistance*; Advanced Materials Research Vol. 1029 (2014), Trans Tech Publications, Switzerland, year 2014., doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1029.112., ISSN web 1662-8, pp 112-117.
15. M. Kočić, A. Vencl, I. Bobić, **M. Ristić**, M. Antić, Z. Milutinović, *Joining of Composite Materials Based on AL-SI Alloys by Using the GMAW Process*, Welding & Material Testing, , year XXIII, no.3/2014. ISSN 1453-0392, pp. 9-12

1.2.5 Радови саопштени на скуповима националног значаја, штампани у целини (M63)

1. **Marko Ristic**, Zlatan Milutinovic, Milan Prokolab, Milorad Kocic, Stevan Budimir, *Analyzing of Tribological and Structural Properties a of Wear Resistant Coatings*, Savetovanje Zavarivanje 2014, Borsko jezero –Jun 2014, ISBN 978-86-82585-11-4, COBISS.SR-ID 207486732, Section III.

1.2.6 Учешће у научноистраживачким пројектима финансираним од стране Минастарства за науку и технолошки развој Републике Србије

1. Од 2010 године ангажован је на пројекту министарства просвете науке и технолошког развоја – Истраживање и оптимизација технолошких и функционалних перформанси вентилационог млина термоелектране Костолац Б - евиденциони број пројекта TP34028.

1.2.7 Учешће на међународним пројектима

1. Од 13.09.2013. до 13.03.2015. био је ангажован на међународном, међуграничном пројекту Србија-Румунија, носилац пројекта је био Институт ИСИМ из Темишвара. Назив пројекта је *Партнерство и технолошка подршка за сарадњу између Истраживачко развојних институција и малих и средњих предузећа у пограничном региону* - PARTECH , MIS - ETC Kod : 1396.
2. Од 25.09. 2015. ангажован је на међународном, међуграничном пројекту Србија-Румунија, носилац пројекта је био Институт ИСИМ из Темишвара. Назив пројекта је *Training in Industrial Risk Management (Трениг кадрова за препознавање опсаности у индустријским постројењима)*- T-IRM , MIS - ETC Kod : 1412.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

У циљу реализације програма усавршавања, кандидат Марко Ристић, дипл.маш. инж, је положио следеће обавезне и изборне предмете:

Ред. бр. предмета	Назив предмета	Предметни Натавник	Година студија и ЕСПБ				Оцена испита
			1. Година		2. Година		
			I (30)	II (30)	III (30)	IV(30)	
1.	ОМНИР и комуникација	проф. др Милош Недељковић	5				10 (десет)
2.	Виши курс математике	проф. др Стојан Раденовић	5				10 (десет)
3.	Одабрана поглавља из механике	проф. др Миодраг Спалевић		5			10 (десет)
4.	Нумеричке методе	проф. др Јосиф Вуковић	5				8 (осам)
5.	Наука о материјалима и инжењерство	проф. др Радица Прокић-Цветковић	5				8 (осам)
6.	Интегритет и век конструкција	проф. др Александар Седмак		5			10 (десет)
7.	Металургија заварених спојева	проф. др Анђелка Милосављевић		5			9 (девет)
8.	Рачунарска механика лома	проф. др Александар Седмак			5		10 (десет)
9.	Откази и дијагностика	проф. др Александар Венцл			5		8 (осам)
10.	Истраживање и публиковање 1	проф. др Радица Прокић-Цветковић	10				10 (десет)
11.	Истраживање и публиковање 2	проф. др Радица Прокић-Цветковић		15			10 (десет)
12.	Истраживање и публиковање 3	проф. др Радица Прокић-Цветковић			20		10 (десет)
13.	Истраживање и публиковање 4	проф. др Радица Прокић-Цветковић				25	10 (десет)
14.	Припрема за пријаву дисертације					5	

Напомена:

Кандидат је положио свих 9 предмета предвиђених програмом Докторских студија Машинског факултета у Београду. Од тога четири обавезна и пет изборних предмета од којих сваки вреди 5 ЕСПБ бодова, укупно 45 ЕСПБ бодова. Кандидат је 70 ЕСПБ бодова остварио радом на истраживању и публиковању у Института Гоша у Београду, а 5 при припреми пријаве дисертације чиме је стекао укупно 120 бодова и услов за пријаву докторске дисертације.

Такође кандидат је успешно одбранио тему докторске дисертације пред торчланом комисијом са оценом 10 где је изнео главну тему и циљ свог истраживања, и тиме стекао неопходан услов за пријаву теме докторске дисертације.

1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Својим досадашњим стручним и истраживачким активностима кандидат је испољио квалитет, заинтересованост и стручност за научни и истраживачки рад.

Публиковани радови у часописима и на конференцијама, реализована техничка решења као и учешће на пројектима, указују на изразит смисао кандидата да се бави како теоријским, тако и сложеним експерименталним истраживањима.

Досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата суштински су повезани са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми.

На основу биографских података кандидата, положених испита на докторским студијама, одбраном теме докторске дисертације, његових научних и стручних активности, као и објављених радова, Комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Последњих година спроводе се значајна истраживања, која се односе на продужење животног века радних делова термоенергетских постројења. Опрема у термоелектранама је изложена дуготрајном дејству високих температура и притисака, хабању и цикличном оптерећењу. У наведеним условима експлоатације различити узроци могу довести до оштећења, појединих компонената као што је пример хабање радних делова вентилационог млина. Последице су смањење производног капацитета и вентилационог дејства млина у односу на пројектовану вредност, као и чести застоји због замене делова, што значајно утиче на продуктивност, економичност и енергетску ефикасност термоелектране.

Уколико се константује оштећење компоненте, које може довести до поремећаја у раду постројења, у пракси постоје три могућности: да се она остави у погону уз редовну и чешћу контролу, да се изврши ревитализација компоненте или да се замени потпуно новом компонентом. Одлука се доноси на основу техничких, технолошких и економских критеријума у зависности од могућности набавке новог дела, цене замене или ревитализације, могућности заустављања постројења и аспеката сигурности и заштите околине.

У овире ове докторске тезе пажња ће се усмерити на анализу радних услова и израду процедуре за продужење радног века делова вентилационог млина у Термоелектрани Костолац Б, поступцима наваривања и метализације. Тачније, предмет ових истраживања ће бити да се на основу техничко – технолошке анализе рада и стања компоненти вентилационог млина, које су доминантно изложене абразивном и ерозивном хабању, изврши избор радног дела, у овом случају устисних плоча, као и карактеризација основног материјала.

Први део дисертације биће усмерен и на примену савремених метода нумеричке симулације вишефазног струјања у вентилационом млину у циљу детаљније анализе проблема везаних за појаву абразије и ерозије изабране компоненте. На овај начин, применом софтверског пакета ANSYS FLUENT 12, добиће се детаљнији приказ мултифазног струјања и брзине мешавине која омогућава да се на основу интензитета и смера брзине, прецизније одреде критичне зоне у којима ће се појавити оштећења елемената вентилационог млина. Ове зоне се по правилу налазе у оним деловима млина, у којима је због смера брзине струјања као и удела чврстих честица смеше (угаљ, минералне материје, песак) највеће хабање истих.

У другом делу дисертације пажња ће бити усмерена на дефинисање технологија наношења тврдых антихабајућих превлака, што би обухватило: аналитичку оцену заварљивости основног метала радног дела, предвиђања могућих ефекта топлотних циклуса наношења тврдых превлака на микроструктуру материјала и особине слоја, избор и дефинисање поступка наношења тврдых превлака, избор додатних и потрошних материјала, као и дефинисање врсте и обима контроле нанешеног слоја. Након моделских испитивања и избора технологија наношења превлака, а у циљу верификације добијених резултата и повећања радног века одабране компоненте вентилационог млина, извршиће се функционални експерименти на деловима са антихабајућим превлакама (слојевима).

Истраживања у овој дисертацији ће омогућити како освајање технологија наношења тврдых антихабајућих слојева на радне делове вентилационих млинова у ТЕ Костолац Б, тако и продужење њиховог радног века. Истраживања која ће обухватити ова докторска теза су део истраживања у оквиру пројекта из области технолошког развоја која: **Истраживање могућности оптимизације рада и ревитализације хабајућих делова вентилационог млина термоелектране Дрмно -Костолац",** евиденциони број: **ТР - 19205А** и **Истраживање и оптимизација технолошких и функционалних перформанси вентилационог млина термоелектране костолац Б,** евиденциони број: **ТР – 34028,** који се финансирају од стране МПНТР РС и партиципаната ПД ТЕ-КО Костолац и MESSER TECHNOGAS AD.

Циљ истраживања суобухваћена овом докторском тезом, су усмерени на побољшање ефикасности рада вентилационог млина у склопу термоенергетског постројења, освајањем метода и нових знања у области нумеричке симулације вишефазних струјања и продужење радног века усисних плоча са антихабајућим превлакама.

Истраживања у оквиру ове дисертације обухватила би анализу услова рада и дефинисање метода и процедура за продужење радног века усисних плоча вентилационог млина. Продужење радног века поменутих плоча проистекло би из корелације резултата нумеричке симулације вишефазног струјања у вентилационом млину, посебно вектора брзина код усисних плоча, експерименталним испитивањима која укључују моделна испитивања пробних узорака са антихабајућим превлакама као и функционала испитивања усисних плоча са нанешеним антихабајућим превлакама.

Избор технологије наношења тврдых превлака подразумева претходно познавање облика и димензија радног дела, хемијског састава и структурно – механичких особина материјала, поступка наношења и особина додатног материјала. Основни принципи наношења тврдых антихабајућих превлака су директна последица разумевања металуршких феномена и микроструктуре при наношењу антихабајућих слојева.

На овај начин, продужио би се период између редовних и неопходних комплетних ремонта постројења као и смањење евентуалних ванредних застоја, чиме би се остварило повећање продуктивности и економичности рада вентилационих млинова, односно термоенергетских постројења.

Са аспекта методологије научно-истраживачког рада ова истраживања би донела новине у домаћу праксу мултидисциплинарног научног рада у којем још увек нема довољно радова у којима је присутна корелација више научних и стручних дисциплина.

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

1. Tan J.C., Looney L., Hashmi M.S.J., Component repair using HVOF thermal spraying, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 92-93, 1999 p.p. 203-208
2. A. Kushner and Edward R. Novinski, ASM Handbook Vol.18, *Thermal Spray Coatings*, Burton Perkin-Elmer Corporation, Metco Division, 1992, str
3. B.Tasevski, B. Momirov, *Shaft repair by metallizing*, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, 1/2005, (In Serbian) str. 23-28
4. Metals Handbook, 9th ed., Volume 18, *Friction, lubrication and wear*, ASM, Metals Park, Ohio, ISBN978-1-61503-163-4, 1993, pp. 320-380.
5. B. Perković, A. Mazurkijević, V. Tarasek, Lj. Stević, *Reconstruction, and realization of the projected modernization of power block B2 in the TE Kostolac*, Termotecnika 1, 2004, p.57-81.
6. Kamalesh S. Bhambare, Zhanhua Ma, Lu. Pisi, *CFD modeling of MPS coal mill with moisture evaporation*, Fuel Processing Technology Vol. 91, 2010, pp 566–571.
7. Chao Liu, Dongxiang Jiang , Fulei Chu, Jingming Chen, *Crack cause analysis of pulverizing wheel in fan mill of 600 MW steam turbine unit*, Engineering Failure Analysis, vol. 42, No. 2, 2014, p. 60-73
8. A. Alil, B. Katavić, M. Ristić, D. Jovanović, M. Prokolab, S. Budimir, M. Kočić, *Structural and mechanical properties of different hard welded coatings for impact plate for ventilation mill*, Welding and Material Testing 3 ,2011, p.7–11 (ISSN 1453-0392).
9. European Product Catalogue, *Wear and Fusion Technology*, Castolin Eutectic International Co, Vienna.
10. Bojan R. Gligorijević, Aleksandar Vencl, Boris T. Katavić, *Characterization and comparison of the carbides morphologies in the near-surface region of the single- and double-layer iron-based hardfaced coatings*, Scientific Bulletin of the „Politehnica” University of Timisoara, Romania, Transactions on Mechanics, ISSN 1224 – 6077, vol. 57 (71), 2012, p. 15-21
11. S.A.Morsi, A.J.Alexander, *An Investigation of Particle Trajectories in Two-Phase Flow System*, J. Fluid Mech., 55(2), 193-208, September 26, 1972.
12. B.Perković, A.Mazurkijević, V.Tarasek, Lj.Stević, *Rekonstrukcije, modrnizacije i ostvarenje projektovane snage bloka B2 u TE Kostolac*, Termotecnika br. 1, vol. XXX (30), pp. 57-81, 2004.
13. Titoslav Živanović, *Postrojenja za pripremu ugljenog praha sa ventilatorskim mlinovima*, Monografija, Mašinski fakultet, Beograd, 2000.

14. M.Kozić, S.Ristić, M.Puharić, B.Katavić, *Comparison of Euler-Euler and Euler- Lagrange approach in numerical simulation of multiphase flow in ventilation mill*, Third Serbian 28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Vlasina lake, Serbia, 5-8 july 2011.

3. Полазне хипотезе

Предметна истраживања у оквиру ове дисертације су базирана на следећим претпоставкама:

- Присуство различитих фаза (рециркулационих гасова, угљеног праха, песка и осталог), са различитим механичким и хемијским особинама и различитим гранулацијама ствара вишефазно струјање које доводи до низа интерактивних утицаја са виталним деловима ротационог и статичког дела вентилационог млина, до њиховог хабања и потпуног оштећења.
- Избор мултифазног модела симулације струјања (генерисање геометрије, мреже, избор модела струјања на основу Стоксовог броја, дефинисање фаза и удела честица чврсте и гасовите фазе, постављање почетних услова, симулација и праћење конвергенције решења) је темељ на којем се даље развија комплетна методологија истраживања и од којег зависи квалитет добијених резултата.
- Антихабајуће превлаке високе тврдоће и одговарајуће микроструктуре у анализираним условима експлоатације и присуства доминантних врста хабања (абразија и ерозија) омогућиће повећање животног века радних делова вентилационих млинова.

4. Научне методе истраживања

У циљу продужења животног века усисних плоча примениће се аналитичке и експерименталне методе истраживања услова и понашања основног материјала при наношењу тврдых превлака а у циљу постизања што мањег степена мешања и очувања у што већој мери особина антихабајуће превлаке, чија се својстава значајно разликују од основног материјала. Основни принципи наношења тврдых превлака су директна последица разумевања металуршких феномена и понашања микроструктуре у нанешеном слоју, посебно у зони под утицајем топлоте (ЗУТ).

У овом раду ће се користити одговарајући модел мултифазног струјања (на основу Стоксовог броја и специфицирања броја фаза присутних у струјању) који након детаљне анализе постојећих услова струјања треба да омогући: да се тачно специфицира број фаза, да се одреди просторна расподела фаза у нумеричком простору и да се на основу тога израчуна Стоксов број. Овај број је важан за струјања у случајевима када се могу занемарити инерцијалне, а морају узети у обзир вискозне силе и силе гравитације да би се постигла динамичка сличност струјању у реалном систему.

Дефинисање секундарних, чврстих фаза је активност која зависи од изабраног модела вишефазног струјања, а за најсложенији Ојлеров модел ту спадају величина честица секундарних фаза, грануларна вискозност и фрикциона вискозност, грануларна

проводљивост итд. Интеракцијом између фаза обухваћене су силе и размена топлоте између примарне и секундарних фаза. У зависности од њиховог међудејства могуће је укључити силу отпора, силу узгона и силу од придружених маса.

Избор турбулентног модела размотриће најоптималније моделе. Планира се да се користи к-ε турбулентни модел или модел Рејнолдсових напона, а у оквиру ових један од вишефазних модела који ће бити изабран на основу величине турбулентног трансфера између фаза. Укључивање запреминских сила је неопходно у нумеричкој симулацији вишефазног струјања. Утицај гравитације на кретање секундарних фаза биће укључен у нумеричку симулацију, како би се обезбедила потпуна сличност симулације са реалним струјањем.

Проучавање основних принципа различитих начина наношења тврдих металних превлака (слојева) отпорних на хабање заснива се на анализи једноставног наношења тврдог слоја, неким од поступака наваривања и метализације, на основни метал. Топлота нанешеног слоја узрокује појаву температурног градијента у основном материјалу. При хлађењу се формирају квази равнотежне структуре, које могу да се предвиде применом изотермалних (ИР) дијаграма, или прецизније, дијаграмима континуираног хлађења (КХ) и заваривачким дијаграмима континуираног хлађења (КХЗ) за основни материјал.

У овој фази истраживања извршиће се експериментална испитивања хемијског састава и структурно – механичких својстава одређеног броја узорака са тврдим превлакама, које ће се нанети различитим поступцима и додатним материјалима по дефинисаним условима. Анализа хемијског састава извршиће се спектрофотометријским и спектрометријским методама. Структурна стања ће се испитати светлосном и електронском микроскопијом. Стања узорака након наношења превлака испитаће се НДТ методама а механичка својства стандардним методама.

Истраживања која ће се извести у овој дисертацији треба да пружи основ за дефинисање новог приступа у изучавању утицаја услова експлоатације и могућег продужења радног века делова у вентилационом млину у условима интезивног хабања, које може бити константно и/или променљивог спектра оптерећења (удара).

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси у оквиру предложене теме усмерени су на успостављање нових приступа у анализи радних услова и решавања проблема радног века делова, који су изложени интезивном хабању (усисних плоча) у вентилационом млину. Овај оригиналан приступ могао би се применити и на сличним уређајима у разним гранама индустрије.

Мултидисциплинарним истраживањима у оквиру ове докторске тезе омогућила би се примена методе симулације вишефазног струјања и оптимизације рада вентилационог млина као и технологија ревитализације радних делова наношењем тврдих антихабајућих превлака, које би могле да се примене у раду и ремонту млина, а што би имало значајне економске ефекте на рад целокупног термоенергетског постројења.

Резултати ових истраживања би омогућили да се с једне стране прорачунске и експерименталне методе искористе у циљу повећања радног века сложених делова у термоенергетским постројењима која су изложена хабању, као и да се открију и анализирају критичне зоне на деловима постројења и редукују на минимум веома скупа

експериментална истраживања, са друге стране. Кроз сопствена истраживања у оквиру ове дисертације очекују се следећи доприноси:

- Успостављање новог приступа и развој нових метода за продужење радног века усисних плоча вентилационог млина, који би се могли применити и на друге компоненте у вентилационом млину као и у другим гранама индустрије, а веома су значајне са аспекта ефикасности и економичности рада ових постројења.
- Комплетно дефинисање струјних параметара у вентилационом млину, одређивање расподеле брзина и притисака вишефазног струјања (рециркулациони гасови, угљени прах, песак и друге примесе, односно чврста и гасовита фаза) унутар комплексног система као што је вентилациони млин са реалном геометријом и предвиђање ефеката струјања на радне делове, односно на материјал ових делова вентилационог млина,
- Употреба нових технологија и нових материјала за наношење тврдих антихабајућих превлака комплексно легираних са Cr, Mo, Nb, W, V, Ti, B, Co и другим елементима,
- Дефинисање технологије наношења тврдих антихабајућих превлака, предлог додатних и потрошних материјала са најприхватљивим особинама заварљивости, као и дефинисане врсте и обим контроле нанешеног слоја.
- Верификација резултата истраживања испитивањем реалних делова (усисне плоче) у току експлоатације,
- Успостављање поузданих процедура за дијагностику и ревитализацију делова који су изложени хабању, кроз корелацију резултата нумеричке симулације мултифазног струјања, моделних испитивања и функционалних испитивања.

6. План истраживања и структура рада

Фазе рада су следеће:

- Преглед доступне литературе из области функционисања и оптимизације рада вентилационих млинова у свету.
- Проучавање метода наношења тврдих превлака у циљу повећања отпорности на хабање (абразија и ерозија), а на основу расположивих литературних података;
- Проучавање савремених метода нумеричке симулације вишефазних струјања;
- Анализа услова рада вентилационог млина, са посебним освртом на функцију усисних плоча;
- Анализа струјања у вентилационом млину и дефинисање најважнијих параметара (гранични услови, параметри смеше, интеракције присутних фаза, турбулентни модели итд) за адекватну нумеричку симулацију;
- Дефинисање и анализа материјала усисних плоча вентилационог млина као и облика и димензија узорака за моделна испитивања;
- Аналитичка оцена заварљивости испитиваних челика, предвиђања могућих ефекта топлотних циклуса приликом наношења тврдих превлака на микроструктуру и особине нанешених слојева;
- За нумеричку симулацију вишефазног струјања у вентилационом млину са каналом аеросмеше, генерисање геометрије која представља нумерички домен, избор

мултифазног модела (на основу Стоксовог броја) и специфицирање броја присутних фаза, дефинисање удела и карактеристика секундарних (чврстих) фаза аеросмеше, као и интеракције између различитих фаза, избор модела турбуленције. Постављање граничних услова за улаз у млин, излазне канале, површину обртног ударног кола и непокретне зидове канала. Прорачун струјања и праћење конвергенције решења и анализа добијених резултата;

- Дефинисање технологија наношења тврдих превлака, избор поступака наношења тврдих превлака за сваку предложену технологију, избор додатних и потрошних материјала, као и врсте и обима контроле тврдих превлака;
- Израда и испитивање узорака за моделна испитивања (сечење и машинска припрема узорака за наношење тврдих превлака, наношење тврдих превлака на пробне узорак по претходно дефинисаним технологијама, испитивања методама без разарања, испитивања механичких и структурних особина);
- Верификација резултата испитивања извела би се кроз функционална испитивања изабране компоненте млина (усисне плоче), која би обухватила: дефинисање технологије наношења тврдих превлака, извођење наношења тврдих превлака, контрола и праћење компоненте у експлоатационим условима и анализа резултата.
- Закључак

Општа структура рада предложене дисертације:

1. Уводна разматрања
2. Преглед коришћене литературе, из области решавање и преглед проблематике рада вентилационих млинова у термоенергетским постројњима, нове методе наношења тврдих превлака и њихова испитивања, нумеричка симулација и примена софтвера на термоенергетским и другим комплексним постројењима, анализа и приступ испитивања тврдих превлака у лабораторијским условима.
3. Нумеричка симулација струјања у вентилационом млину
4. Експериментална испитивања анализа резултата
5. Функционална испитивања
6. Анализа резултата функционалних испитивања и дискусија
7. Закључак
8. Литература

7. Закључак и предлог

Анализом података из пријаве кандидата **Марка Д. Ристића**, дипл. маш. инж., Комисија закључује да је предложена тема актуелна и подобна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законом предвиђене услове и да има истраживачке способности за рад на докторској дисертацији.

Имајући у виду све наведено Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Марка Д. Ристићу, дип. маш. инж.

одобри израду докторске дисертације под називом

**„МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ
МЛИНОВА“**

у научној области Машинство – ужа стручна област Материјали, за коју је
Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора докторске дисертације предлаже се др Радица Прокић-Цветковић,
редовни професор на Катедри за технологију материјала Машинског факултета
Универзитета у Београду.

У Београду, 07.09.2015. год.

Чланови Комисије

проф. др Радица Прокић-Цветковић,
Машински факултет Универзитета у Београду

проф. др Александар Седмак,
Машински факултет Универзитета у Београду

др Оливера Поповић, ванр. проф.,
Машински факултет Универзитета у Београду

др Мирко Козић, Научни саветник,
Војнотехнички Институт, Београд

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Марка Д. Ристића, дипл. инж. маш, студента докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, бр. индекса Д73/10.

Име и презиме коментора: Радица Прокић-Цветковић

Звање: Редовни професор на Машинском факултету у Београду

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. A. Milosavljević, M. Rogulić, **R. Prokić-Cvetković**, S. Zec, Isledovanie vlijanija režimov deformaciji na teksturu upročnjaemih splavov aluminija, FIZIKA METALLOV I METALLOVEDENIE, Vol.75, N°4 (1993) pp.185-188. ISSN: 0015-3230, IF(1993)= **0.168**

2. A. Milosavljević, V. Šijački-Žeravčić, M. Rogulić, V. Milenković, **R. Prokić-Cvetković**, Vlijanie temperaturi vtoričnogo starenija na upročnenie i ostatočnie uprugie naprjaženija splavov AlMgSi i AlMgSiCu, FIZIKA METALLOV I METALLOVEDENIE, Vol.75, N°4 (1993) pp.96-100. ISSN: 0015-3230, IF(1993)= **0.168**

3. **R. Prokić-Cvetković**, A. Milosavljević, A. Sedmak, O. Popović, The Influence of Oxygen Equivalent in a Gas-mixture on the Structure and Toughness of Microalloyed Steel Weldments, JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, Vol.71, No 3 (2006) pp.313-321. ISSN: **0352-5139**, IF(2006)= **0.423**

4. T. Šibalija, S. Petronić, V. Majstorović, **R. Prokić Cvetković**, A. Milosavljević, Multi-response design of Nd:YAG laser drilling of Ni-based superalloy sheets using Taguchi's quality loss function, multivariate statistical methods and artificial intelligence, INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, ISSN (Print) 1433-3015 - ISSN (Online) 0268-3768, IF(2009)= **1.128**

5. Burzić, M., **Prokić-Cvetković R.**, Grujić, B., Atanasovska, I, Adamović, Ž., Safe Operation of Welded Structure with Cracks at Elevated Temperature, STROJNIŠKI VESTNIK - JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, 2008, Vol. 54, No. 11, pp. 807-816. ISSN: 0039-2480, IF(2008)= **0.235**

6. O.Popović, **R.Prokić-Cvetković**, A.Sedmak, V. Grabulov, Z.Burzić,M. Rakin, Characterisation of High-Carbon Steel Surface Welded Layer, JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, Vol.56, No 5 (2010) pp.295-300. IF(2009)= **0.533**

7. **R. Prokić Cvetković**, S. Kastelec Macura, A. Milosavljević, O. Popović, M. Burzić, The effect of Shielding Gas Composition on The Toughness and Crack Growth Parameters of AlMg4,5Mn Weld Metals, J.MIN.METALL.SECT.B-METALL.46 (2) B(2010) pp.193-202. ISSN: 1450-5339, IF(2010)= **1.294**

8. Srdjan Tadić, **Radica Prokić-Cvetković**, Igor Balać, Radmila Heinemann-Jančić, Katarina Bojić, Aleksandar Sedmak, Deformation Mechanisms in Ti₃Al-Nb Alloy at Elevated Temperatures, MATERIALS AND TECHNOLOGY, Vol.44, No 6 (2010), pp.357-361. ISSN: 1580-2949, IF(2010)= **0.312**

9. O.Popović, **R.Prokić-Cvetković**, A.Sedmak, G.Buyukyildirim, A.Bukvić, The influence of buffer layer on the properties of surface welded joint of high-carbon steel, MATERIALS AND TECHNOLOGY 45(5)(2011), pp. 33-38, ISSN: 1580-2949, IF(2011)= **0.804**

10. A. Bukvić, Z. Burzić, **R. Prokić-Cvetković**, O. Popović, M. Burzić, R. Jovičić, Welding Tehnology Selection Effect on Fracture-Toughness Parameters of Bi-material Welded Joints, TEHNIČKI VJESNIK-TEHNICAL GAZETTE, Vol.19, No 1 (2012) pp.167-174. ISSN: 1330-3651, IF(2011)= **0.347**

12. **R. Prokić Cvetković**, O. Popović, M. Burzić, R. Jovičić, S. Kastelec Macura, G.Buyukyildirim, The effect of welding process and shielding atmosphere on the AlMg4.5Mn weld metal properties, INTERNATIONAL JOURNAL OF MATERIALS RESEARCH, Vol.140, No 1 (2013) pp.18-25. ISSN: 1862-5282, IF(2013)= **0.675**

13. M. Burzić, M. Manjgo, D. Kozak, **R. Prokić Cvetković**, O. Popović, The effects of Dynamic Load on Behaviour of Welded Joint A-387 Gr. 11 Alloyed Steel (Article), METALURGIJA, Vol.52, No 1 (2013) 27-31. ISSN: 0543-5846, IF(2013)= **0.755**

14. O.Popović, **R.Prokić-Cvetković**, M. Burzić, U. Lukic, B. Bejic, Fume and gas emission during arc welding: Hazards and recommendation, RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, Vol. 37 br. , (2014), 509-516, ISSN: **1364-0321**, IF(2013)= **6.796**

15. S. Tadić, A. Sedmak, **R. Prokić-Cvetković**, A. Eramah, R. Rudolf, Superplastic Deformation of An X7093 Al Alloy, MATERIALS AND TECHNOLOGY, Vol.48, No 3 (2014) 321-325. ISSN: 1580-2949, IF(2013)= **0.555**

16. Marko Ristic, **Radica Prokic-Cvetkovic**, Mirko Kozic, Slavica Ristic, Boris Katavic; Wear Reducing of Ventilation Mill Suction Plates Based on the Multidisciplinary Research; JOURNAL OF THE BALKAN TRIBOLOGICAL ASSOCIATION; ISSN 1310-4772, , Vol. 21, year 2015 book 3, pp. 493-514, IF(2014)= **0.443**

17. Marko Ristic, Ljiljana Radovanovic, **Radica Prokic-Cvetkovic**, Goran Otic, Jasmina Perisic, Ivana Vasovic, Increasing the Energy Efficiency of Thermal Power Plant Kostolac B by the Revitalization of Ventilation Mills, ENERGY SOURCES, PART B: ECONOMICS, PLANNING, AND POLICY, year 2015, ISSN 1556-7257, DOI: 10.1080/15567249.2015.1014977., IF(2014)= **0.708**

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 SCle 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 SCle 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 07.09.2015.

М.П.
