

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/338

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

13.11.2019.године

(Датум)

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„Утицај корозије на интегритет и век вештачког кука“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Тамара (Иван) Мијатовић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Технолошко-металуршки факултет

Универзитет у Београду,

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2016.

4. Година уписа на докторске студије: 2017.
-

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хемијско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Тамару Мијатовић

Име и презиме ментора: Љубица Миловић

Звање: Редовна професорка

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Vuherer T., **Milović Lj.**, Gliha V.: *Behaviour of small cracks during their propagation from Vickers indentations in coarse-grain steel: an experimental investigation*, – International Journal of Fatigue, Vol. 33, Issue 12, 2011, pp. 1505-1513. ISSN 0142-1123 (IF/2010: 1,806).
2. **Milović Lj.**, Vuherer T., Blačić I., Vrhovac M., Stanković M.: *Microstructures and mechanical properties of creep resistant steel for application at elevated temperatures*, – Materials & Design, Vol. 46, 2013, pp. 660-667. ISSN 0261-3069 (IF/2014: 3,501).
3. Sedmak A., **Milović Lj.**, Pavišić M., Konjatić P.: *Finite element modelling of creep process - steady state stresses and strains* – Thermal Science, Vol. 18, Suppl. 1, 2014, pp. 179-188. ISSN 0354-9836 (IF/2014: 1,222).
4. Aleksić V., Dojčinović M., Milović Lj., Samardžić I.: *Cavitation damages morphology of HSLA steel*, Metalurgija, Vol. 55, No 3, 2016, pp. 423-425. ISSN 0543-5846 (IF 2014: 0,959).
5. Aleksić V., **Milović Lj.**, Blačić I., Vuherer T., Bulatović S.: *Effect of LCF on behavior and microstructure of microalloyed HSLA steel and its simulated CGHAZ*, Engineering Failure Analysis, Vol. 104, 2019, pp. 1094-1106. ISSN 1350-6307 (IF 2018: 2,203).

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 31.10.2019. године размотрило предложену тему и закључило да је
тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од
значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф Др Петар Ускоковић

- Прилог 1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

**Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми
и у једном писаном примерку за архиву Универзитета**

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 43. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 31.10.2019. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Тамари Мијатовић**, број индекса 4018/2017, под називом: „**Утицај корозије на интегритет и век вештачког кука**“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Љубица Миловић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, уз сагласност Комисије за докторске студије.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Технолошко-металуршки факултет
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Тамаре Мијатовић, мастер. инж. тех. за израду докторке дисертације

Одлуком бр. 35/279 од 29. августа 2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Тамаре И. Мијатовић** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „**Утицај корозије на интегритет и век вештачког кука**“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Тамара И. Мијатовић, мастер. инж. тех., рођена је 29. септембра 1985. године у Београду. Основну школу и гимназију завршила је у Београду. Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду уписала је школске 2004/2005 на студијском програму Хемијско инжењерство, смер Фармацеутско инжењерство. Дипломирала је 2015. године са темом завршног рада „Затезна својства и корозиона постојаност биомедицинске легуре титана Ti-13Nb-13Zr“, на катедри за Хемијско инжењерство. Мастер студије је уписала школске 2015/16. године. Завршни мастер рад „Анализа техноекономске оправданости производње ферментисаних напитака на бази сурутке“, одбранила је 2016. године на смеру Биохемијско инжењерство и биотехнологија.

Докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду уписује школске 2017/18. године на смеру Хемијско инжењерство. Положила је све програмом предвиђене испите и 2019. године одбранила завршни рад на тему “Нумеричка анализа вештачког кука од легура титанијума“ под руководством менторке проф. др Љубице Миловић.

Од јула 2018. године Тамара И. Мијатовић је запослена у Иновационом центру Машинског факултета Универзитета у Београду.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Тамара И. Мијатовић је 2017. године уписала докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на смеру Хемијско инжењерство. Положила је све испите предвиђене студијским програмом са просечном оценом 10. Одбранила је завршни рад под називом “Нумеричка анализа вештачког кука од легура титанијума“ са оценом 10 пред комисијом у саставу: проф. др Љубица Миловић — ментор, проф. др Славиша Путић и проф. др Марина Дојчиновић.

Од 2018. године Тамара И. Мијатовић је запослена у Иновационом центру Машинског факултета Универзитета у Београду као сарадник на истраживачко развојним пројектима за сарадњу с привредом.

До сада је Тамара И. Мијатовић као аутор или коаутор објавила два научна рада.

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
Одабрана поглавља нумеричке анализе	10	5
Одабрана поглавља биохемије-витамини	10	5
Термодинамика чврстог стања	10	5
Инжењерство површина	10	5
Феномени преноса у инжењерству материјала	10	5
Отпорност материјала	10	5
Квантификација визуелних информација	10	5
Откази и интегритет конструкција процесне опреме	10	6
Електрохемијски и алтернативни извори електричне енергије	10	5
Економика енергетике	10	4
Енглески језик	10	-
Завршни испит	10	30

Објављени научни радови

1. Радови објављени у часописима међународног значаја – M20

1.1. Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком – M24

1.1.1. Čolić K., Gubeljak N., Burzić M., Sedmak A., **Mijatović T.**, Milovanović A.: *Analysis of fracture behaviour of thin S316L stainless steel plates*. Integritet i vek konstrukcija 17(3), (2017), 211-216.

2. Радови објављени у часописима националног значаја – M50

2.1. Рад у часопису националног значаја – M52

2.1.1. **Mijatović T.**, Perić M., Matović L., Ristović M., Drmanić A.: *Sinteza, karakterizacija, i ispitivanje antioksidativne aktivnosti estarskih i amidnih derivata 2,6-dimetil-4-supstituisane-1,4-dihidropiridin-3,5-dikarboksilne kiseline*. Journal of Engineering & Processing Management 10(2), (2018), 8-15.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Од јула 2018. године Тамара И. Мијатовић је укључена у експериментална и нумеричка истраживања израде и тестирања тоталне протезе вештачког кука од титанијумске легуре под руководством др Катарине Чолић, вишег научног сарадника и проф. др Александра Седмака.

На основу постигнутих резултата на последипломским студијама и током научноистраживачког рада у Иновационом центру Машинског факултета у оквиру пројеката развоја медицинских помагала, Тамара И. Мијатовић, показала је склоност и способност за бављење научноистраживачким радом. Тема докторске дисертације је из области истраживања на којима тренутно ради као сарадник на пројектима у Иновационом центру Машинског факултета. На основу изложеног Комисија сматра да Тамара И. Мијатовић, мастер инжењер технологије, испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Метални материјали који се примењују у контакту са ћелијама, ткивима или телесним течностима људског организма како би се надоместила оштећења до којих долази због старења, болести или несрећних случајева, називају се биокомпатибилни метални материјали. Биокомпатибилни метални материјали који се користе за израду медицинских импланата морају испунити одређене критеријуме у погледу биокомпатибилности, издржљивости, изузетне отпорности према корозији, нетоксичности, чврстоћи, жилавости и трајности. Циљ је да ови импланти остану функционални што дуже у организму човека. У биомедицинском инжењерству најчешће коришћени биокомпатибилни материјали јесу нерђајући челици, легуре на бази кобалта и хрома и легуре титанијума, првенствено због њихове отпорности на деловање механичких сила (удар, замор) и отпорности према корозији.

Тоталној замени зглоба подвргавају се пацијенти оболели од остеоартритиса кука који доводи до дегенерације површина зглоба. Када делују спољашње силе и оптерећења који премашују ниво еластичности кости настају механичке повреде. Тотална замена кука је хируршка процедура при којој се делови кости зглоба кука замењују вештачким материјалима. Истражују се нове технике да би фиксација импланта била трајнија. У ортопедији се користе различити материјали, метали, полимери и керамика због њихове чврстине, дуктилности, отпорности на лом, тврдоће, отпорности на корозију, могућности обликовања и биокомпатибилности.

Титанијум и легуре титанијума су последњих деценија најчешће коришћени имплантни метални материјали због своје велике вредности специфичне чврстоће и најприближније вредности модула еластичности са костима. Од биокомпатибилних металних материјала захтевају се изузетна заморна чврстоћа, добра жилавост и крутост која има приближну вредност крутости кости. Због погодне комбинације механичких и биолошких карактеристика које поседују, као што су релативно ниска вредност модула еластичности, у поређењу са другим металним материјалима, добра корозиона постојаност, смањена цитотоксичност и одговарајућа биокомпатибилност, у овој докторској дисертацији би се испитивале легуре титанијума, које имају широку комерцијалну употребу у медицини. То су легуре ознаке $Ti6Al4V$ и $Ti13Nb13Zr$. Легура $Ti13Nb13Zr$ у односу на легуру $Ti6Al4V$ која је дуже у комерцијалној употреби, има мању вредност модула еластичности и већу чврстоћу што је чини погоднијом за израду протеза вештачког кука. Напон течења биомедицинских легура на бази титанијума варира између 500 и 1000 МПа, док је затезна чврстоћа у распону од 900 до 1200 МПа, издужење при лому може бити од 10% до 20%. Биокомпатибилност легура титанијума потврђена је испитивањима на животињама и клиничким испитивањима на пацијентима. Закључак бројних испитивања је да постоји опасност од ослобађања токсичних елемената из легура титанијума. Управо из тих разлога

елемент ванадијум је замењен ниобијумом. Наравно, метални импланти имају и непожељне карактеристике као што је већа крутост од крутости којом се одликује кост, непропусност X зрака и велика специфична тежина. Даљи развој ових материјала је од изузетног значаја за њихову будућу примену у медицини. Предност титанијума је и његова специфична чврстоћа која је шест пута већа од специфичне чврстоће алуминијума и четири пута већа него код железа.

Механичка својства и биолошка инертност титанијума и његових легура у односу на живи организам као и добра корозиона постојаност довела је до њихове примене као имплантата у медицини. Телесне течности представљају 0,9% соне растворе који садрже аминокиселине и протеине. Телесне течности се састоје од лимфе, крви, ткивних флуида, али садрже и чврсте компоненте (леукоците, макрофаге) и крупне честице (лимфоците, тромбоците и еритроците). Вредност рН телесних течности је око 7, а вредност температуре и притиска је 37°C и 0,1 МПа. Оваква средина је изузетно корозивна за металне материјале. Нижи парцијални притисак кисеоника у људском организму него на ваздуху убрзава процес корозије биокompatibilних металних материјала.

Унутар људског организма трење металних материјала изазива хабање и тада долази до непрекидног ослобађања металних јона, једињења и опилака метала. Њихово ослобађање може изазвати тешке поремећаје локалног ткива или органа. Поједини метални материјали нису токсични, али производи њихове корозије, метални јони и продукти хабања у додиру са биомолекулима и ћелијама организма показују знаке токсичности. Када дође до корозије у организму њени продукти се јављају у виду растворених металних јона и изазивају нежељене реакције у организму.

Основни проблем у експлоатацији вештачких кукова је лом услед дејства ударне силе (саплитање, падање) или заморног оптерећења (ходање, трчање). Стога је циљ ове дисертације да се испита отпорност вештачког кука на поменура дејства механичких сила, а посебно да се утврде основни утицајни фактори. Главни фокус истраживања ће бити на утицају корозије, односно дејства средине у којој се вештачки кук налази.

1. Миловановић, А., Седмак, А., Чолић, К., Татић, У., Ђорђевић, Б.: Numerical analysis of stress distribution in total hip replacement implant. *Struct. Integr. Life* 17(2), 139-144 (2017)
2. Чолић, К.: Анализа отпорности на лом биоматеријала за вештачки кук. Докторска дисертација, Машински факултет, Београд, 2012.
3. Цвијовић-Алагић, И., Ракин, М.: Интегритет биомедицинских имплантата од легура титана (прв део). *Struct. Integr. Life* 8(1) 31-40 (2008)
4. Цвијовић-Алагић, И.: Отпорност према оштећењу и лому легура титана за примену у медицини. Докторска дисертација, Технолошко-Металуршки факултет, Београд, 2013.
5. Балаћ, И., Бугарски, Б., Ђосић, И., Драмићанин, М., Ђорђевић, Д., Филиповић, Н., et al.: Биоматеријали. Српска Академија Наука и Уметности, Институт техничких наука, Друштво за истраживање материјала, Београд, 2010.
6. Цвијовић-Алагић, И., Цвијовић, З., Малеташкић, Ј., Ракин, М.: Initial microstructure effect on the mechanical properties of Ti-6Al-4V ELI alloy pressed by high-pressure torsion. *Materials Science and Engineering A*, 736 (2018), pp. 175-192
7. Мајумдар, П., Ших, С.Б., Чараборти, М.: The role of heat treatment on microstructure and mechanical properties of Ti-13Nb-13Zr alloy for biomedical load

bearing applications. Катедра за инжењеринг металургије и материјала, Индијски технолошки институт Kharagpur, Индија, 2011.

8. Hughes, T.: The Finite Element Method, Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis. Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 2000.
9. Zienkiewicz, O.C.: The Finite Element Method, Volume 1: The Basis. Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, UK, 2000.
10. Манески, Т.: Компјутерско моделирање и прорачун структура. Машински факултет, Београд, 1998.
11. Чолић, К., Седмак, А.: The current approach to research and design of the artificial hip prosthesis: A review. *Rheumatology and Orthopedic Medicine*, Vol. 1 (1), pp. 1-7. doi: 10.15761/ROM.1000106
12. Чолић, К., Грбовић, А., Седмак, А., Легвел, К.: Application of Numerical Methods in Design and Analysis of Orthopedic Implant Integrity. In book: *Experimental and Numerical Investigations in Materials Science and Engineering*, Springer (2019.). DOI: 10.1007/978-3-319-99620-2_8
13. Чолић, К., Седмак, А., Грбовић, А., Татић, У., Седмак, С., Ђорђевић, Б.: Finite Element Modeling of Hip Implant Static Loading. *International Conference on Manufacturing Engineering and Materials, ICMEM 2016.*, Procedia Engineering 149:257-262
14. Ismail, N.F., Shuib, S., Muhd, A., Romli, A.Z., Shokri, A.A.: Finite Element Analysis of Uncemented Total Hip Replacement: The effect of bone-implant interface. *International Conference on Biomechanics and Medical Engineering*, Kuala Lumpur, 12-14 September 2018
15. Noda, M., Nakamura, Y., Adachi, K., Saegusa, Y., Takahashi, M. (2018.): Dynamic finite element analysis of implants for femoral neck fractures simulating walking. *Journal of Orthopaedic Surgery* 26(2), pp. 1-8
16. Annanto, G.P., Saputra, E., Jamari, J., Bayuseno, A.P., Ismail, R., Tauwgirrahman, M., Anwar, I.B. (2018): Numerical Analysis Of Stress Distribution On Artificial Hip Joint Due To Jump Activity. *The 3rd International Conference on Energy, Environmental and Information System (ICENIS 2018)*
17. Coigny, F., Todor, A., Rotaru, H., Schumacher, R., Schkommodau, R.(2016): Patient-specific hip prostheses designed by surgeons. *Current Directions in Biomedical Engineering*; 2(1): pp. 565– 567
18. Manmadhachary, A., Malyala, S.K., Alwala, A.: Medical Applications of Additive Manufacturing. *Proceedings of the International Conference in Computational Vision and Bio-Engineering 2018 (ISMAC-CVB)*, Lecture Notes, Springer nature Switzerland AG 2019
19. Jun, Y., Choi, K.: Design of patient-specific hip implants based on the 3D geometry of the human femur. *Advances in Engineering Software* 41 (2010.), pp. 537–547
20. Pozowski, A., Paprocka-Borowicz, M., Jarząb, S., Romaszkievicz, P., Starzyk, M.: Custom made total hip replacement – necessary or not?. *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska*, 74 (5), pp. 317-321, 2009.
21. Narra, S.P., Mittwede, S.V., Kenneth, V., Urish, L.: Additive Manufacturing in Total Joint Arthroplasty. *Orthopedic Clinics of North America*, Vol. 50 (1), pp. 13-20 (2019.)
22. Madrid, A.P.M., Vrech, S.M., Sanchez, M.A., Rodriguez, A.P.: Advances in Additive

- Manufacturing for bone tissue engineering scaffolds. Materials Science and Engineering C 100, pp. 631-644 (2019.)
23. Javaid, M., Haleem, A.: Current Status and challenges of Additive Manufacturing in Orthopedics: An overview. Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma, 10, pp. 380-386 (2019.)
 24. Skowronek, P., Twardoch, K., Skawinski, P., Zolnierz, M.: Strength analysis of hip joint replacement revision implant. Journal of Theoretical and Applied Mechanics 57 (1), pp. 235-248 (2019.)
 25. Popovich, A., Sufiiarov, V., Polozov, I., Borisov, E., Masaylo, D.: Procuring hip implants of titanium alloy by additive manufacturing. International Journal of Bioprinting, Vol.2 (2), pp. 78-84 (2016.)
 26. Dutta, B., Froes, F.H.: The Additive Manufacturing (AM) of titanium alloys. Metal powder report, Vol. 72 (2), pp. 96-106 (2017.)
 27. Eldesouky, I., Abdelaal, O., El-Hofy, H.: Femoral Hip Stem with Additively Manufactured Cellular Structures. IEEE Conference on Biomedical Engineering and Sciences (2014.), Miri, Sarawak, Malaysia
 28. Ballard, D.H., Trace, A.P., Ali, S., Hodgdon, T. et al.: Clinical Applications of 3D Printing. Primer for Radiologists, Vol. 25 (1), pp. 52-65 (2017.)
 29. Abdullah, K.A., Warren, R.: 3D printing in medical imaging and healthcare services. Journal of Medical Radiation and healthcare services 65 (2018.), pp. 237-239.

3. Полазне хипотезе

Предложена истраживања у оквиру ове докторске дисертације полазе од следећих хипотеза:

- Лом (ударни или заморни) настаје услед настанка и раста прслина на местима највеће концентрације напона
- Корозија убрзава процес настанка и раста прслине, али не утиче на локацију лома, односно корозиона оштећења производе нова места настанка прслина.
- Метода коначних елемената може довољно прецизно да симулира напонско стање вештачког кука под дејством механичких сила, укључујући утицај прслине, односно да одреди силе раста прслине.
- Експериментално одређивање отпорности на раст прслине у лабораторијским условима довољно прецизно одређује стварно понашање материјала *in vivo*.
- Поређењем сила раста прслине и отпорности материјала на раст прслине може да се добије поуздана процена интегритета и века вештачког кука.

4. Научне методе истраживања

У поступку реализације научних резултата предложене докторске дисертације користиће се експерименталне и нумеричке методе.

Експерименталне методе укључују испитивање епрувета за затезање и савијање у три тачке за одређивања ударне жилавости и отпорности на раст прслина у условима корозије која симулира течности у људском организму.

Нумерички приступ подразумева примену методе коначних елемената (МКЕ). Намера је да се на основу добијених експерименталних и нумеричких резултата формира верификован поновљив нумерички модел применљив на већи опсег појединачних случајева. Примена МКЕ у ортопедији је предвиђање механичког понашања протеза, а

самим тим и развој и унапређење дизајна импланата. На тај начин се смањују утрошено време и цена истраживања у односу на *in vivo* и *in vitro* испитивања.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос ове докторске дисертације треба да буде утврђивање утицаја дејства течности људског организма на понашање у присуству прслина уграђених вештачких кукова израђених од легура ознака *Ti6Al4V* и *Ti13Nb13Zr*, који су оптерећени механичким силама (удар, замор). Такође се очекују следећи појединачни научни доприноси:

- Утврђивање отпорности материјала вештачког кука на раст прслине у корозионој средини;
- Нумеричка симулација понашања вештачког кука са прслином под дејством механичких сила (удар, замор) и
- Процена интегритета и века вештачког кука на основу сила раста прслине и отпорности материјала на раст прслине.

6. План истраживања и структура рада

Предвиђено ја да предложена докторска дисертација има следећа поглавља: *Увод*, *Теоријски део*, *Експериментални део*, *Нумерички део-МКЕ*, *Резултати и дискусија*, *Закључак и Литература*.

Уводом ће се дефинисати и описати проблем истраживања уз анализу његовог значаја.

У теоријском делу ће бити дат преглед доступне литературе у области истраживања докторске дисертације.

У експерименталном делу детаљно ће бити објашњено испитивање узорака у лабораторијским условима са симулацијом реалних услова корозионе средине. Такође ће бити дата процена интегритета и века вештачког кука применом метода и параметара механике лома.

У оквиру нумеричког дела биће формиран и верификован нумерички прорачунски модел.

У поглављу анализа и дискусија биће дата анализа експерименталних резултата као и анализа резултата нумеричке симулације и поређење резултата експеримента и нумеричке симулације.

У поглављу Закључак сумираће се добијени резултати

Литература ће обухватити наводе цитиране у дисертацији као и радове проистекле у току рада на докторској дисертацији.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података Комисија сматра да кандидаткиња Тамара И. Мијатовић, мастер инжењер технологије испињава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под називом „**Утицај корозије на интегритет и век вештачког кука**“ научно заснована, стога предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да прихвати и одобри израду ове докторске дисертације. За ментора предлажемо проф. др Љубицу Миловић, редовну професорку Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство и ужој научној области Хемијско инжењерство за које је Технолошко-металуршку факултет Универзитета у Београду матична установа.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Љубица Миловић, редовна професорка
Технолошко-металуршког факултета
Универзитета у Београду

др Славиша Путић, редовни професор
Технолошко-металуршког факултета
Универзитета у Београду

др Жељко Камберовић, редовни професор
Технолошко-металуршког факултета
Универзитета у Београду

др Боре Јегдић, виши научни сарадник
ИХТМ, Београд

др Александар Седмак, редовни професор
Машинског факултета Универзитета у Београду