

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У
КРАГУЈЕВЦУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Кочовић Владимира, мастер инжењера машинства

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-207/13 од 12.03.2020. године, на предлог Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу (одлука бр. 01-1/528-20 од 20.02.2020. године), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Кочовић Владимира, мастер инжењера машинства, под насловом:

**„РАЗВОЈ АЛАТА ЗА ЗАВРШНУ ОБРАДУ ЦИЛИНДРИЧНИХ ОТВОРА
ИНЕРЦИЈАЛНОМ СИЛОМ“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја комисије за оцену подобности кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације, која је одобрена за израду Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу бр. 01-1/3629-24 од 19.10.2017. године и одлуком Већа за техничко-технолошке науке бр IV-04-1040/8 од 15.11.2017. године, на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Проблеми израде машинских делова резањем расту са захтевом тржишта за повећањем геометријске и димензионе тачности готових производа. С тим у вези све већи број истраживача изучава овај проблем и настоји да унапређењем постојећих процеса производње повећа тачност и прецизност алатних машина. Ова истраживања базирана су на унапређењу постојећих решења која нису отклонила неколико главних проблема од којих су најзначајнији: несавршеност вретеништа алатне машине, грешке у систему преносних механизма, грешке настале стежањем танкозидних предмета

обrade, итд. Немогућност алатне машине да реално заузме задати положај јасно се уочава посебно при задавању малих померања. Грешке у систему кретања алатне машине последица су пре свега постојања зазора између елемената система кретања, који експлоатацијом алатне машине, тј. хабањем елемената система кретања постају већи, што условљава пораст грешке система кретања, тј. смањење геометријске и димензионе тачности обрађеног дела. Грешке у систему кретања настају и у вретеништу алатне машине. Крута веза резног алата и вретена алатне машине услед обраде цилиндричних делова узрокује грешке облика радног комада. Овај проблем је нарочито присутан при обради цилиндричних површина код којих је захтевана висока геометријска и димензиона тачност. Унапређењем постојећих система кретања се не може значајно утицати на смањење описаних грешака, па је зато димензиона и геометријска тачност алатних машина недовољна, нарочито након одређеног времена експлоатације.

У циљу повећања димензионе и геометријске тачности предмета обраде у оквиру докторске дисертације развијен је и испитан резни алат који елиминисе поменуте грешке. Алат ради по принципу задате силе резања а не задате дубине резања. Процес резања константном силом резања омогућава поуздану контролу геометрије тј. остварене димензије, што је основна предност предложене методе у односу на постојеће методе завршне обраде цилиндричних делова. Предложена метода резања омогућује регулацију уских толеранција што није случај код класичних завршних обрада.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата Кочовић Владимира, мастер инжењера машинства, под насловом „Развој алата за завршну обраду цилиндричних отвора инерцијалном силом“ представља резултат научноистраживачког рада кандидата у актуелној научној области која се односи на теоријско-експериментално истраживање процеса завршне обраде метала базиране на микрорезању. С обзиром на приказане резултате теоријских истраживања, резултате лабораторијских истраживања и реализована решења алата, дисертација представља оригинални научни рад. Кандидат је детаљно, уз поштовање научних принципа, анализирао литературне изворе из разматране области и анализирао кључне проблеме који настају при обради машинских делова високе димензионе и геометријске тачности.

Детаљном анализом научних радова из области докторске дисертације може се закључити да постоје фундаменталне разлике у односу на друга научна истраживања.

У том смислу оригиналност ове докторске дисертације огледа се у:

1. Примени микрорезања за завршну обраду макро делова

Микрорезање је актуелна научноистраживачка тема која се изучава широм света. Међутим, многи истраживачи процес микрорезања користе искључиво за израду микро делова. Примена процеса микрорезања на макро делове представља значајну

област са могућношћу широке примене у завршним обрадама макро делова код којих се захтева велика димензиона и геометријска тачност.

2. Примени макро алата у процесу микрорезања

Примена микрорезања у процесу завршне обраде макро делова не захтева примену специјалних резних алата, већ се обрада може извести комерцијалном резном плочицом стандардне геометрије која се поставља у специјално дизајнирани носач резног алата.

3. Елиминисању утицаја крутости резног алата на димензиону тачност предмета обраде

Процес обраде микро делова изводи се микро резним алатима са задатом дужином резања. Ови алати због димензионих ограничења имају малу крутост што директно утиче на димензиону и геометријску тачност предмета обраде. Микрорезање макро делова изводи се применом константне силе продирања алата у материјал предмета. С обзиром да се резном алату на задаје дубина већ сила продирања, крутост носача резног алата не утиче на остварену дубину резања.

4. Обради цилиндричних површина применом константне силе продирања алата у материјал предмета обраде

Истраживања која се баве обрадом метала применом константне силе резања најчешће се изводе на равним и косим површинама. У оквиру докторске дисертације спроведено је испитивање процеса микрорезања применом константне силе продирања алата у материјал предмета обраде при обради цилиндричних површина.

5. Минимизирању утицаја грешака у систему кретања алатне машине;

С обзиром да се развијеном резном алату не задаје дубина већ сила резања, грешке у систему кретања алатне машине неће утицати на димензиону и геометријску тачност предмета обраде.

6. Не постојању потребе за управљачким системом

С обзиром да се са процесом микрорезања управља прецизном регулацијом центрифугалне силе која се јавља као последица ротације алата одређене масе, дубина резања зависи од масе, ексцентрицитета и угаоне брзине развијеног резног алата.

7. Елиминисању утицаја температуре на димензиону тачност предмета обраде

Током процеса обраде резањем генерише се одређена количина топлоте која зависи од параметара обраде, геометрије резног алата, материјала предмета обраде, итд. Ако се обрада изводи задавањем дубине резања, разлика задате и остварене дубине резања расте са повећањем температуре предмета обраде. Задавањем силе продирања резном алату, уместо дубине резања, елиминише се утицај температуре на димензиону тачност.

Поред наведеног, постигнут је значајан допринос у смислу управљања процесом обраде. Код постојећих, у свету реализованих решења, процесом обраде се управља преко дубине резања. Коришћењем развијених, у дисертацији приказаних решења

алата, управљање процесом се може вршити преко силе продирања алата у материјал предмета обраде. Показано је да се оваквим начином управљања процесом резања могу постићи мање вредности површинске храпавости, правилнија расподела материјала у површинском слоју, као и већа димензиона и геометријска тачност обрађених предмета обраде.

3. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној области

Кандидат Владимир Кочовић рођен је 02.04.1990. године у Крагујевцу, Република Србија. Основно образовање стекао је у основној школи „Свети Сава“ у Крагујевцу, а средњошколско образовање у „Првој техничкој школи“ у Крагујевцу на смеру електротехничар рачунара.

Школске 2009/2010. године уписао је основне академске студије на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу а дана 27.09.2012. године завршио студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу на смеру Енергетика и процесна техника са општим успехом 9,07 (девет и 7/100).

Школске 2012/2013. године уписао је мастер академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу на смеру Енергетика и процесна техника. Мастер студије је завршио дана 21.07.2014. године на поменутом факултету са општим успехом 9,38 (девет и 38/100).

Школске 2014/2015. године уписао је докторске академске студије Машинског инжењерства на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Испите на докторским академским студијама положио је 25.10.2016. године са општим успехом 9,67 (девет и 67/100).

Од школске 2009/2010. до школске 2013/2014. године био је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Након уписа докторских академских студија стекао је звање истраживач приправник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја TR 35021 под називом „Развој триболошких микро/нано двокомпонентних и хибридних самоподмазујућих композита“. Дана 22.01.2015. године стекао је звање истраживач сарадник које и сада има на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат Владимир Кочовић је у протеклом периоду био ангажован у извођењу наставе на предметима: Алати и прибори, Машински материјали, Експеримент у машинству, Савремени обрадни системи и Статистика у инжењерству.

Научно-истраживачка активност кандидата припада области Производно машинство, а уско је везана за развој резних алата.

Кандидат је до сада као аутор или коаутор објавио укупно **18** научно-истраживачких радова и то: један рад у врхунском међународном часопису (M21), један рад у истакнутом међународном часопису (M22), три рада у међународном

часопису (M23), три рада у националном часопису међународног значаја (M24), пет саопштења са међународног скупа штампана у целини (M33), једно саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34), два рада у истакнутом националном часопису (M52) и два техничка решења категорије (M84).

Објављени радови кандидата:

Рад у врхунском међународном часопису - категорија M21

1. B. Tadić, S. Randelović, P. Todorović, J. Živković, **V. Kočović**, I. Budak, Đ. Vukelić, Using a high-stiffness burnishing tool for increased dimensional and geometrical accuracies of openings, Precision Engineering-Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology, ISSN: 0141-6359, Vol. 43, pp. 335-344, 2016.

Рад у истакнутом међународном часопису - категорија M22

1. Đ. Vukelić, B. Tadić, D. Džunić, **V. Kočović**, Lj. Brzaković, M. Živković, G. Šimunović, Analysis of ball-burnishing impact on barrier properties of wood workpieces, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, ISSN: 0268-3768, Vol. 92, No. 1-4, pp. 129-138, 2017.

Радови у међународном часопису - категорија M23

1. M. Babić, **V. Kočović**, Đ. Vukelić, G. Mihajlović, M. Erić, B. Tadić, Investigation of ball burnishing processing on mechanical characteristics of wooden elements, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C - Journal of Mechanical Engineering Science, ISSN: 0954-4062, Vol. 231, No. 1, pp. 120-127, 2017.
2. B. Tadić, M. Matejić, G. Šimunović, M. Kljajin, **V. Kočović**, B. Bogdanović, Đ. Vukelić, Increasing Stiffness of Constructions through Application of Enhancing Elements, Tehnicki vjesnik - Technical Gazette, ISSN: 1330-3651, Vol. 25, No. 2, pp. 479-485, 2018.
3. B. Tadić, M. Živković, G. Šimunović, **V. Kočović**, T. Sarić, Đ. Vukelić, The Influence of Vacuum Level on the Friction Force Acting on the Pneumatic Cylinder Sealing Ring, Tehnički Vjesnik – Technical Gazette, ISSN: 1330-3651, Vol. 26, No. 4, pp. 970-976, 2019.

Радови у националном часопису међународног значаја - категорија M24

1. **V. Kočović**, S. Mitrović, G. Mihajlović, M. Mijatović, B. Bogdanović, Đ. Vukelić, B. Tadić, Applications of Friction Stir Processing during Engraving of Soft Materials, Tribology in Industry, ISSN: 0354-8996, Vol. 37, No. 4, pp. 434-439, 2015.
2. B. Tadić, **V. Kočović**, M. Matejić, Lj. Brzaković, M. Mijatović, Đ. Vukelić, Static Coefficient of Rolling Friction at High Contact Temperatures and Various Contact Pressure, Tribology in Industry, ISSN: 0354-8996, Vol. 38, No. 1, pp. 83-89, 2016.
3. M. Živković, M. Matejić, D. Miljanić, Lj. Brzaković, **V. Kočović**, Influence of the Previous Preheating Temperature on the Static Coefficient of Friction with

Саопштења са међународног скупа штампана у целини - категорија M33

1. **V. Kočović**, M. Jeremić, P. Todorović, B. Tadić, Đ. Vukelić: The compliance and load capacity of contacts based on friction, 14. International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, Belgrade, 2015, 13th-15th May, pp. 388-396, ISBN 978-86-7083-857-4.
2. B. Jeremić, M. Radenković, P. Todorović, I. Mačizić, M. Jeremić, **V. Kočović**: Static coefficient of rolling friction at high temperature, 14. International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, Belgrade, 2015, 13th-15th May, pp. 262-265, ISBN 978-86-7083-857-4.
3. B. Novkinić, **V. Kočović**, M. Jeremić, D. Miljanić: Problems of clamping fixtures compliance during the machining of the workpiece on the multi-axial milling machine tool, 12. International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Tehnology, DEMI 2015, Banja Luka, 2015, 29th-30th May, pp. 213-220, ISBN 978-99938-39-53-8.
4. D. Džunić, **V. Kočović**, I. Bijelić, M. Pantić, S. Petrović Savić, S. Mitrović, Analysis of ball burnishing influence on tribomechanical properties of aluminum, 37. International Conference on Production Engineering of Serbia, ICPE-S 2018, Kragujevac, 2018, 25th – 26th October, pp. 75-80, ISBN: 978-86-6335-057-1.
5. S. Petrovic Savic, M. Pantic, D. Dzunic, **V. Kocovic**, 3D modeling process automatization through macros implementation, 37. International Conference on Production Engineering of Serbia, ICPE-S 2018, Kragujevac, 2018, 25th – 26th October, pp. 269-273, ISBN: 978-86-6335-057-1.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу - категорија M34

1. **V. Kočović**, S. Kostić, S. Vasiljević, Ž. Santoši, A. Košarac, Determination of the parasitic forces that occur as a consequence of the movement of the roller over the miniature profiled guide, Book of Abstracts for the 9th International Scientific Conference on Research and Development of Mechanical Elements and Systems, IRMES 2019, Kragujevac, 2019, 5th -7th September, pp. 34-35, ISBN 978-86-6335-061-8.

Радови у истакнутом националном часопису - категорија M52

1. B. Tadic, M. Matejic, **V. Kocovic**, B. Novkinic, L. Brzakovic, G. Simunovic, D. Vukelic, Development a group fixture systems for machining centers, Journal of Production Engineering, ISSN: 1821-4932, Vol. 19, No. 1, pp. 69-74, 2016.
2. **V. Kočović**, S. Kostić, S. Vasiljević, Ž. Santoši, A. Košarac, Determination of the parasitic forces that occur as a consequence of the movement of the roller over the miniature profiled guide, Machine Design, ISSN 1821-1259, Vol. 11, No. 4, pp. 145-148, 2019.

Техничка решења - категорија М84

1. S. Randelović, Đ. Vukelić, P. Todorović, **V. Kočović**, B. Bogdanović, L. Ivanović, B. Tadić, Optimizacija procesa završne obrade kotrljanjem kuglice po površini predmeta obrade na osnovu dubine penetracije kuglice u materijal predmeta obrade, TP-89/2015, стр. 1-9, Metalik d.o.o., Nikšić, Crna Gora, 2015, <http://www.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2016/04/TEHNICKA-RESENJA-2011-2015-10-april.xls>.
2. B. Tadić, S. Randelović, P. Todorović, Đ. Vukelić, **V. Kočović**, B. Bogdanović, M. Jeremić, Kruti alat namenjen za završnu obradu metala kotrljanjem kuglice, TP-88/2015, стр. 1-13, Metalik d.o.o. Nikšić, Crna Gora, 2015, <http://www.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2016/04/TEHNICKA-RESENJA-2011-2015-10-april.xls>.

4. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Кочовић Владимира, мастер инжењера машинства, под називом „Развој алата за завршну обраду цилиндричних отвора инерцијалном силом“ одговара по садржају теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету и обиму истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за докторску дисертацију.

Докторска дисертација написана је на 188 страна, садржи 99 слика и 26 табела а цитирана су 203 библиографска податка.

Дисертација је организована у 9 поглавља, и то:

1. Уводна разматрања;
2. Завршне обраде цилиндричних отвора;
3. Теоријска разматрања;
4. Развој уређаја и анализа процеса резања константном силом;
5. Пројектовање и прорачун склопа алата;
6. Експериментална истраживања;
7. Дискусија добијених резултата;
8. Закључци;
9. Литература;

Прилози.

У првом поглављу су дата уводна разматрања са нагласком актуелности теме у савременој индустрији и описом проблема који ће се изучавати. Анализирани су

тренутни проблеми и технолошка достигнућа у обради микрорезањем. Мапирани су основни недостаци постојећих решења за микрорезање које развојем новог концепта треба отклонити.

У другом поглављу разматрају се технолошки поступци који се комерцијално примењују у обради унутрашњих цилиндричних површина. Наведене су предности и недостаци, као и могућности тих поступака обраде у погледу остварене површинске храпавости и димензионе тачности обрађених комада. У оквиру овог поглавља приказана су и могућности завршне обраде унутрашњих цилиндричних отвора пластичном деформацијом површинског слоја предмета обраде - резултати истраживања и предности ове у односу на друге методе обраде.

У трећем поглављу анализиране су димензионе и геометријске грешке обраде које настају при обради комерцијалним методама и алатима. Након мапирања проблема (грешке стегања, грешке базирања, грешке у систему кретања алатне машине, деформације танкозидних предмета обраде услед сила резања, итд.), предложен је модел резног алата који би минимизирао или потпуно отклонио недостатке комерцијалних метода обраде.

У четвртном поглављу представљена су прелиминарна експериментална истраживања која су имала за циљ да потврде теоријски модел и покажу могућност практичне примене предложене методе обраде. У том циљу, развијен је уређај на коме су изведена прелиминарна експериментална истраживања. Спроведена истраживања су показала предности предложене методе у смислу остваривања високе димензионе и геометријске тачности обрађених предмета обраде, као и могућности fine регулације дубине резања регулацијом силе резања.

У петом поглављу приказани су конструкција развијеног алата, прорачун силе продирања и начини њене регулације. Поред тога, у овом поглављу је приказана и конструкција алата за завршну обраду цилиндричних отвора пластичном деформацијом површинског слоја предмета обраде.

У шестом поглављу приказан је поступак експерименталних истраживања, начин квантификавања експерименталних резултата, као и добијени резултати.

У седмом поглављу су анализирани добијени резултати. Додатно је анализирана могућност примене на алатним машинама старије генерације у циљу повећања њихове димензионе и геометријске тачности а све у циљу повећања конкурентности малих привредних субјеката.

У осмом поглављу су наведени закључци који произилазе из теоријске анализе и експерименталних истраживања, као и поређења испитиване методе са комерцијалним резним алатима. Такође, дефинисани су и правци будућих истраживања који претходе индустријској примени развијеног алата.

У деветом поглављу дат је преглед коришћене литературе.

У прилозима су дати склопни и радионички цртежи уређаја за испитивање процеса резања константном силом и развијеног резног алата као и детаљан опис

начина одређивања тежишта развијеног резног алата и отпора кретања покретног дела резног алата.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Кочовић Владимир, мастер инжењер машинства, је у оквиру ове докторске дисертације извршио систематизацију постојећих теоријских и експерименталних знања и искустава из области обраде метала резањем. У току израде дисертације, кандидат је дошао до резултата и закључака који су значајни како у научном, тако и у практичном индустријском смислу. Најважнији научни резултати докторске дисертације су:

- оригинална теоријска истраживања и развој одговарајућег теоријског модела на основу кога је развијено конструктивно решење резног алата које се по конструкцији и начину управљања процесом разликује у односу на постојећа решења,
- значајно смањење грешака базирања и стезања предмета обраде, као и грешке у систему кретања алатне машине,
- могућност постизања високе димензионе тачности предмета обраде,
- могућност извођења завршне обраде унутрашњих цилиндричних отвора на машинама мале прецизности,
- смањење девијације кружности обрађене површине,
- могућност постизања храпавости која ову врсту обраде сврстава међу најфиније завршне обраде.

6. Применљивост резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Кочовић Владимира, мастер инжењера машинства, под насловом „Развој алата за завршну обраду цилиндричних отвора инерцијалном силом“ применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси.

Практична примена ове врсте завршне обраде је по многим критеријумима погоднија у односу на коришћење других врста завршних обрада, посебно брушења као најзаступљеније врсте завршне обраде. Ова метода пружа могућност извођења завршне обраде на универзалним алатним машинама а самим тим се пружа могућност да привредни субјекат прошири палету својих услуга без додатних улагања у машине.

Развијеним резним алатом је могуће обрађивати готово све пречнике унутрашњих цилиндричних отвора уз замену само једног елемента склопа алата. Ова метода обраде би дала посебне ефекте при обради цилиндара великог пречника и дужине.

Предложена метода обраде не захтева високу прецизност позиционирања резног алата и радног комада што омогућава примену мање прецизних алатних машина за завршну обраду унутрашњих цилиндричних отвора.

Развијени резни алат пружа могућност остваривања високе димензионе и геометријске тачности без потребе ангажовања скувих управљачких система.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Део научних резултата је већ верификован објављивањем научно-стручних радова у врхунским међународним научним часописима. Кандидат је објавио један рад који изучава проблем завршне обраде унутрашњих цилиндричних површина у часопису категорије M21, као и по један рад у часописима категорије M22 и M23 који изучавају могућност примене испитиване методе на композитним материјалима.

Комисија сматра да истраживања и још необјављени резултати ове докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље објављивање у међународним и водећим националним часописима и скуповима, који се односе на релевантну област.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Кочовић Владимира, мастер инжењера машинства, под насловом „Развој алата за завршну обраду цилиндричних отвора инерцијалном силом“, одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је у приказу свог рада користио одговарајућу стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

Докторска дисертација по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способности системског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање, показао способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу добијања конкретних и примењивих резултата.

С обзиром на актуелност проблематике која је обрађена и остварене резултате, чланови Комисије сматрају да кандидат Кочовић Владимир, мастер инжењер машинства, и поднета докторска дисертација, испуњавају све услове, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Кочовић Владимира, мастер инжењера машинства, предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију кандидата под називом:


„Развој алата за завршну обраду цилиндричних отвора инерцијалном силом“


прихвате као успешно урађену и да кандидата позову на јавну одбрану докторске дисертације.


Председник комисије за оцену и одбрану ове докторске дисертације је проф. др Ђорђе Вукелић, ванредни професор Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду.

У Крагујевцу и Новом Саду, 8. Мај 2020. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. 
Др **Борђе Вукелић**, ванредни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, ужа научна област: метрологија, квалитет, еколошко инжењерски аспекти, алати и прибори, председник Комисије

2. 
Др **Милан Ерић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: производно машинство, члан Комисије

3. 
Др **Петар Тодоровић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу; ужа научна област: производно машинство, члан Комисије