

**Вијећу Машинског факултета,
Универзитета у Источном Сарајеву
Бука Карацића 30
71123 Источно Сарајево
Република Српска, БиХ
Датум: __18.07.2022__**

Одлуком Научно-наставног вијећа Машинског факултета, Универзитета у Источном Сарајеву, број 656 -С/22 од 06.07.2022. године, именована је Комисија за преглед, оцјену и одбрану докторске дисертације кандидата Мр Биљане Прохаска под називом:

„Оптимизација геометрије гасних горионика високог степена перфорације због смањења топлотних напрезања“ (у даљем тексту: Комисија) у сљедећем саставу:

1. **Др Петар Гверо, редовни професор**, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет Бања Лука, ужа научна област: Термотехнички системи, предсједник и члан Комисије;
2. **Др Предраг Живковић, ванредни професор**, Универзитет у Нишу, Машински факултет Ниш, ужа научна област: Термотехника, термоенергетика и процесна техника, члан Комисије;
3. **Др Дејан Јеремић, доцент**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област: Примијењена механика, члан Комисије;
4. **Др Никола Вучетић, доцент**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област: Примијењена механика, члан Комисије и
5. **Др Небојша Радић, редовни професор**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област: Примијењена механика, ментор и члан Комисије.

**ИЗВЈЕШТАЈ
о оцјени урађене докторске дисертације**

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

У данашње вријеме свјedoци смо да се свијет суочава са великом енергетском кризом. Важност природног гаса као енергента, као и осталих гасовитих горива, сада је постала више него јасна. У научној заједници свијест о важности и квалитету гасовитих горива као извора енергије позната је већ деценијама. Иако конвенционалан необновљив извор енергије, природни гас, као и гасовита горива произведена из нафте, су широко коришћени због релативно ниске цијене коштања, али и малог утицаја на животну средину у поређењу са чврстим и течним горивима. Већ дуго низ година се усавршавају разне технологије коришћења гасовитих горива, како у индустрији, тако и у енергетици и системима гријања. Природни гас је постао алтернатива чврстим и течним фосилним горивима у кућним системима гријања, како са економског, тако и са аспекта заштите животне средине. У развоју технологија коришћења природног гаса, велика пажња се поклања еколошком аспекту – емисији полутаната који се јављају као посљедица употребе и сагоријевања гаса. На овим темељима су се развијали и мали кућански системи гријања на гасовита горива. Веома велики број научних радова је објављен управо из области која се бавила појединим сегментима оваквих система гријања. Овдје се посебно издвојио предмијешани цилиндрични гасни горионик са високим степеном модулације снаге. Због велике популарности и све веће употребе ова врста горионика је предмет велике пажње научника и конструктора. Флексибилност с аспекта горива које се користи, промјенљивост у зависности од географског подручја, односно доступности, биогас или гасовита горива произведена из нафте, такође игра велику улогу и дат је посебан фокус. Од конструкције самог тијела цилиндричног гасног горионика зависе многи поменути аспекти. Тако су се посебно развијали метални жичани гасни горионици, перфорирани метални горионици израђени од лима, керамички и други. У овом раду је истраживана конструкција перфорираних металних гасних горионика израђених од лима.

Веома актуелна тема је усавршавање геометрије овог горионика са аспекта квалитета сагоријевања, искористивости генерисане топлоте, али и емисије продуката сагоријевања. Издржљивост усљед изложености високим температурама, односно топлотним оптерећењима, која могу бити промјењива, отворило је читав научни фронт према новим материјалима који би се користили у конструкцији горионика. Начин формирања фронта пламена и развој процеса турбуленције при сагоријевању на површини тијела директно зависе од геометрије тијела горионика. Обједињавајући све ове аспекте цилиндрични перфорирани метални горионик се посебно издвојио. У самој геометрији истраживани су и дијелови унутрашњег и вањског цилиндра који чине његову конструкцију. Перфорираност унутрашњег цилиндра осигурава равномјеран доток гаса и ваздуха за сагоријевање ка спољашњем цилиндру и веома је важна за функционисање горионика. Перфорираност вањског цилиндра на чијој површини долази до сагоријевања представља скуп свих претходно наведених аспеката истраживања. С тим у вези актуелност истраживања и оптимизација различитих облика перфорације на вањском плашту тијела гасног горионика је изузетно важна.

Топлотна оптерећења на плашту изазивају напрезања која могу довести до критичних, односно максимално дозвољених. Ова напрезања директно су зависна од облика перфорације. Због тога је истраживање усмјерено на напоне који се остварују на тијелу гасног горионика усљед топлотних оптерећења. Сходно томе, оптимизација облика перфорације је усмјерена према максимално оствареном степену сигурности усљед ових топлотних напрезања.

Анализирани су различити облици перфорација и њихове конфигурације на вањском плашту. Дати су перспективни оптимални распореди који би били прихватљиви са становишта сагоријевања и топлотног напрезања, а самим тим и издржљивости материјала на ова напрезања. Развијена су два различита математичка модела. Математички модел топлотног напрезања танкозидних пуних цилиндара са неравномјерном температурном расподјелом проширио је постојеће моделе. Математички модел је дао опис танкозидног перфорираног цилиндра са расподјелом температура на површини вањског плашта горионика, за различите облике перфорација.

Развијен је нумерички модел који обухвата читав низ различитих симулационих процеса обједињених и повезаних у једном нумерички повезаном простору. У ову сврху кориштен је програмски пакет *Ansys*. Улазна 3D геометрија дефинисана је у CAD софтверу *DesignModeler*. Ова геометрија је у склопу програмског пакета *Ansys* прослијеђена другим модулима. Даље је за рјешавање постављеног модела у склопу програмског пакета *Ansys* повезан модул *Fluent* који користи методу коначних запремина (FVM) за симулацију термо-струјних процеса (*CFD – Computational Fluid Dynamics*), са софтвером који користи методу коначних елемената (FEM), *Mechanical*. На овај начин свака промјена геометрије тијела гасног горионика, моделирана на одговарајући начин. Након читавог низа нумеричких експеримената у том истом простору ажурира се и оптимизација добијених рјешења уз помоћ групе алата повезаних у *Response Surface Optimisation*. На овај начин могуће је варирати читав низ геометријских параметара и тражити оптимална рјешења.

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

Урађена докторска дисертација представља оригинално научно дјело.

Кандидат је примијенио оригиналан приступ у математичком развоју проблема. Овим приступом се пришло опису понашања перфорираног цилиндра изложеног неравномјерном температурном пољу за различите облике и распореди перфорација. Математички модел танкозидног цилиндра проширен утицајем перфорација знатно је побољшао нумеричку анализу сложене геометрије оптерећене топлотним напрезањем.

Нумеричка анализа базирана на *FVM* и *FEM* методама је повезала читав низ различитих симулационих процеса и поставила јединствен модел за анализу утицаја геометрије на топлотна напрезања тијела гасног горионика. На овај начин кандидат је објединио у цјелину различите научне области којима је анализиран проблем. Искоришћен је максимално доступан лимит рачунарских ресурса да би се добили квалитетни и употребљиви резултати. Посебно треба напоменути захтијевну флуидодинамичку симулацију са становишта рачунарских потенцијала. Такође, ови резултати су добијени различитим нумеричким методама, *FVM* за флуидодинамичку симулацију *CFD* и *FEM* за симулацију механичког понашања, које обједињене у јединственом нумеричком простору представљају прави рачунарски изазов.

У овом истом нумеричком простору, као дио ове цјелине упоређиване су различите методе оптимизације да би се дошло до резултата. Изабране методе оптимизације дјеловале су на већи број предложених узорака перфорација и њихових конфигурација с циљем избора оптималног распореда. На овај начин добијени оптимални узорци перфорације предложени су као најперспективнији за даља истраживања и побољшања по низу додатних параметара. На овај начин кандидат је

исказао оригиналност у приступу анализи, повезивању научних области и креирању јединственог модела понашања гасног горионика у процесу рада.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

У току стручног напредовања, кандидат је као аутор или коаутор објавио више радова на међународним конференцијама и у међународном научном часопису. Остварен је низ резултата, насталих током периода ранијег истраживања или током саме израде дисертације из актуелне области развоја предмијешаних гасних горионика са високим степеном перфорације.

Радови објављени у зборницима са националних или међународних научних скупова

1. Биљана Прохаска, Петар Гверо и Сретен Лекић, „*Прилог развоју новог производа*“ 34. Јупитер конференција, 14. симпозијум, Београд, Република Србија, 2008. год.
2. Petar Gvero, Sreten Lekić, Đorđe Vojinović and Biljana Prochaska, „*Design and Modelling Aspects in Premixed Gas Burners Development*“, 11th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, SDEWES2016.0383, September, 2016, Lisbon, Portugal
3. Biljana Prochaska, Nebojša Radić and Petar Gvero „*Numerical research of thermal stress in a gas burner with a cylindrical mantle in relation to its construction*“, International Conference on Applied Sciences – ICAS 2019, Hunedoara, Romania, May 9-11, 2019. (Биљана Прохаска је учествовала на конференцији и презентовала рад, након чега је рад кандидован за објављивање и објављен у часопису *Journal of Physics*. Погледати под „Радови објављени у часописима националног или међународног карактера“)
4. Biljana Prochaska, Sreten Lekić and Petar Gvero, „*Dependence of thermal stress on perforation of premixed cylindrical gas burner*“, International Conference of Applied Science – ICAS 2022, Polytechnic University of Temisoara and University of Banja Luka, Banja Luka, 2022.

Радови објављени у часописима националног или међународног карактера

1. Biljana Prochaska, Nebojša Radić and Petar Gvero, „*Numerical research of thermal stress in a gas burner with a cylindrical mantle in relation to its construction*“, *Journal of Physics: Conference Series*, volume 1426/2020, doi:10.1088/1742-6596/1426/1/012022,(indexed by Clarivate Analytics - Web of Sciences (Conference Proceedings Citation Index). The paper has been classified as *scientific research paper*.

Међународни научни пројекти:

1. **FP6 project (2005-2007):** „*Flexible Premixed Burners for Low-Cost Domestic Heating Systems*“, INCO-CT-2004-509165 – project researcher.

2. **FP7 project (2009-2012): “HP-SEE (High-Performance Computing Infrastructure for South East Europe’s) Research Communities “.** The HP-SEE initiative is co-funded by the European Commission under the FP7 Research Infrastructures contract no. 261499. - **Subproject: “CFD Analysis of Combustion – CFDOF “-** project researcher.

4. Оцјена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему (по поглављима)

Кандидат је у потпуности испоштовао план и програм рада на дисертацији, а у складу са пријавом теме докторске дисертације.

Докторска дисертација кандидата садржи укупно 167 страница, укључујући насловну страну, сажетак на српском и енглеском језику, садржај и попис кориштених ознака. Главни текст дисертације је обима 158 страница, а у оквиру којих је приказано 100 слика и 21 табела.

Дисертација је организована кроз четрнаест поглавља, укључујући уводно поглавље, резултате и закључна разматрања дисертације. На крају дисертације је наведен списак кориштене литературе по реду појављивања.

У **првом** уводном поглављу рада дата су уводна разматрања из области теме дисертације. Кратко је описана актуелност теме којом се бави дисертација.

У **другом** поглављу описан је методолошки концепт. Јасно је дефинисан предмет истраживања са основним постављеним циљевима. Истакнут је значај неопходности истраживања постављене теме. Дате су полазне хипотезе дисертације. Наведени су материјали и методе научноистраживачког рада у дисертацији.

У **трећем** поглављу дат је преглед досадашњих и актуелних истраживања из области докторске дисертације. Наведено је и кратко описано 37 извора новијег датума објављивања.

У **четвртном** поглављу дате су теоретске основе преноса топлоте и топлотних напрезања. Описани су основни теоретски појмови, дате фундаменталне математичке поставке.

У **петом** поглављу описане су основе сагоријевања, процесних постројења, котлова и гасних горионика. На језгровит начин су описани основни појмови процеса сагоријевања гасовитих горива. Описан је процес истицања гасова кроз отворе и млазнике; дат је опис простирања пламена приликом сагоријевања гасовитог горива. На сликама и дијаграмски приказан је процес формирања пламена као и зависност формирања пламена од других параметара. Дат је кратак опис процесних постројења и улога ложишта са кратком основном подјелом. Описани су детаљно горионици са основним принципијелним и техничким подјелама. Указано је на актуелне тенденције развоја гасних горионика. Објашњено је зашто је избор истраживања управо био предмијешани цилиндрични перфорирани гасни горионик.

У **шестом** поглављу детаљније је описана конструкција цилиндричног перфорираног горионика. Наведено да у литератури нема довољно јасних описа топлотних напрезања сличних уређаја. Показане су основне зависности утицаја конструкције на емисију полутаната. Указано је на основне проблеме конструкције. Показана је зависност геометрије, посебно перфорација, на процес сагоријевања, на формирања пламена, појаву зона турбулентног сагоријевања. Приказан је процес формирања неравномјерног топлотног напрезања на вањском плашту гасног горионика.

У **седмом** поглављу приказан је геометријски модел. Дат је цртеж већ постојећег комерцијалног гасног горионика са основним габаритним димензијама. Издвојено је приказан узорак перфорација са димензијама, које се понављају кружно и линијски дуж цилиндра. Ови узорци су приказани и за унутрашњи и за вањски плашт гасног горионика. Представљају полазни облик узорака с којим се кренуло у процес оптимизације. Овдје је дат и опис рада гасног горионика.

У **осмом** поглављу приказана су два различита математичка модела топлотног напрезања танкозидног цилиндра.

Први модел описује цилиндар без перфорација са константним температурама на унутрашњем и спољашњем плашту. Дат је примјер постојећег математичког модела са приказаном зависношћу нормалног напона дуж аксијалне осе цилиндра оптерећеног константном температуром. Температура је унесена дуж цилиндра на начин да је цилиндар подијељен на прстенове дужине 10 mm на којима је температура константна. Ови прстенови формирају растући низ температуре у корацима по 25 K и приказан је њихов зависан напонски одговор.

Други математички модел даје најприје математички опис за пуни цилиндар без перфорација са дјеловањем температурне расподјеле на спољашњу површину. Дат је јасан опис математичког развоја насталих напона у структури цилиндра. Температурна расподјела је приказана као функционална зависност. Након тога се у математички модел уводи дјеловање перфорација на напрезање цилиндра. На крају поглавља је дат примјер гдје се види промјена нормалног напона дуж аксијалне осе, зависно од температурне расподјеле за пуни цилиндар и упоредно промјена нормалног напона дуж аксијалне осе за цилиндар са троугаоним распоредом кружних перфорација.

У **деветом** поглављу дат је детаљан опис материјала тијела гасног горионика за који је рађена анализа. Приказане су табеларне механичке и физичке особине материјала зависне од промјене температуре.

У **десетом** поглављу дат је нумерички модел. Најприје је постављена јасна шема модела у којој је приказан ток анализе од улазних података, преко начина обраде и корака израчунавања, па до излазних података. Након тога је приказан алгоритам нумеричког модела анализе и симулације. Објашњено је зашто је изабран програмски пакет *Ansys*. Приказан је ток нумеричке симулације у програмском пакету *Ansys*. У склопу нумеричке анализе приказан је низ кориштених модула интегрисаних у пакет *Ansys* и начин њихове комуникације. Нумеричка анализа полази од *CAD* модела основне геометрије урађеног у софтверу *DesignModeler*. Наредни корак је формирање мреже домена за флуидодинамичку симулацију – *Mesh*. Флуидодинамичка симулација *CFD* је урађена у модулу *Fluent*. Као излаз из ове симулације, добијено је температурно поље на вањском плашту гасног горионика. Оно је даље мапирано, пренесено у

наредни софтвер за симулацију прелазног топлотног оптерећења *Transient Thermal* и послужило је као оптерећење за статичку анализу у *Static Structural* - све заједно интегрисано у софтверу *Mechanical*. На крају су сви резултати анализирани по изабраним параметрима у модулу *Parameter Set*. Улазни параметри су пречник рупе и дужина прореза, а крајњи излазни параметри су температурно поље гасног горионика, остварени еквивалентни напон, укупне деформације и фактор сигурности. На крају је примењена група алата за оптимизацију модела, *Design Exploration, Response Surfaces* и *Optimisation*.

Према устаљеним распоредима за цијеви и отворе у термотехници, изабрано је 5 различитих узорака перфорација вањског плашта гасног горионика за анализу. Ови узорци перфорација понављају се кружно и линијски дуж вањског плашта. Узорци се разликују према положају и распореду отвора, прореза и рупа.

Зависно од узорка зависи и укупан број отвора на цилиндру вањског плашта, па је тако нпр. за Узорак 2, број отвора 8160. Овако сложена геометрија и симулациони процеси захтијевају велике рачунарске ресурсе због чега је била неопходна апроксимација модела. На примјеру Узорка 2, јасно је приказан и описан сваки нумерички корак по кориштеним модулима и комуникација између њих. Приказани су етапно резултати по корацима.

За визуелизацију резултата приказана су поља изабраних величина након завршених симулација. Тако је из софтвера *Fluent* дат приказ температурног поља цијелог простора који заузима тијело гасног горионика укључујући флуид, оствареног за сваки истраживани узорак под истим режимом рада. Приказ је дат у 4 пресјечне равни. Такође је и дат хистографски приказ процентуалне заступљености појединих температурних интервала на вањском плашту за сваки узорак. Након описа симулације топлотног напрезања из софтвера *Mechanical*, најприје је дато увезено температурно поље на вањском плашту за сваки узорак, затим поље остварене укупне деформације, поље еквивалентног напона и поље деформација гдје су јасно видљиве зоне са највећим деформацијама и напрезањима.

У поглављу **једанаест** описан је скуп методологија и техника према којима је урађена оптимизација добијених резултата. Изабран је детерминистички алгоритам Централни композитни дизајн - *Central Composite Design* – CCD. Према овом алгоритму дефинисан је низ конфигурација по сваком узорку. На овај начин сваки узорак по истом принципу формирања има по 9 различитих конфигурација. Конфигурације су формиране варирањем два основна посматрана параметра, пречника рупа и дужине прореза. За сваки узорак дата је Површина одговора - *Response Surface*, према двије различите технике Генетска агрегација - *Genetic Aggregation* и *Kriging* техника. Упоређивани су резултати одговора ових техника. На крају је рађена вишекритеријска оптимизација на основу Површине одговора према двије различите методе: *Screening* и *MOGA (Multi-Objective Genetic Algoritam)*. Упоређивани су резултати према обе ове методе оптимизације. Дат је дијаграмски приказ резултата.

У **дванаестом** поглављу дати су резултати нумеричке симулације и оптимизације. Резултати су приказани за сваки узорак посебно. Приказан је и анализиран резултат за сваку конфигурацију према оствареном максималном еквивалентном напону и фактору сигурности, затим према максималној температури и укупним деформацијама. Резултати су приказани дијаграмски и табеларно.

У **тринаестом** поглављу дат је приказ упоредних резултата математичког модела глатког цилиндра, затим математичког модела перфорираног цилиндра, са резултатима добијеним нумеричким симулацијама. Резултати су упоређивани дуж аксијалне осе и приказани су растерски и дијаграмски.

У **четрнаестом** поглављу дато је закључно разматрање цијелог истраживања.

5. Научни резултати докторске дисертације

Истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације су у потпуности испунила очекиване циљеве и постављене хипотезе.

- Научни допринос се састоји у избору сложенијих форми температурних расподела у развоју математичких модела основних облика пуног цилиндра. У склопу примијењеног математичког модела допринос је и у примјени апроксимативног корака при увођењу описа напрезања за еквивалентни цилиндар различитих перфорираности површина.
- Сљедећи допринос се састоји у избору параметара сагоријевања у CFD симулацији за предмијешане, цилиндричне гасне горионике са високим степеном перфорираности. Остварено је и увођење аутоматских процедура у увођењу температурних поља из флуидодинамичких симулација у симулације структурног понашања горионика. Развијене процедуре оптимизације омогућавају увођење нових параметара оптимизације гасног горионика, поред геометријских, а који се тичу ефикасности сагоријевања, емисије полутаната, избора оптималног горива и режима рада горионика. Све ово у склопу јединственог нумеричког модела, а у циљу оптимизације гасног горионика са становишта наведених аспеката.
- Дати су најперспективнији приједлози узорака перфорација за даља истраживања.

6. Примјењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Докторска дисертација доприноси бољем разумијевању и дубљој анализи понашања одређених структура горионика у сложеним термо-струјним условима.

Математички модел је дао опис утицаја перфорација на неравномјерна топлотна напрезања перфорираних танкозидних цилиндара.

Дат је одговор на понашање различитих узорака перфорација под конкретним истим режимом рада. Ово могу бити јасне препоруке произвођачима предмијешаних цилиндричних гасних горионика, јер су дефинисани најперспективнији узорци перфорација са становишта топлотних напрезања. У исти нумерички модел могу се укључити и друге врсте материјала тијела гасног горионика и упоређивати резултати и тражити оптимални материјали. На истом принципу могуће је лако пратити и одговоре за различита гасовита горива. Развијени нумерички модел може даље укључити различите параметре геометрије у анализу. Такође, може лако мијењати режим рада и оптимизовати излазне резултате за, на примјер, одређени опсег радних параметара. На основу постављеног нумеричког модела веома једноставно се могу

добити излазне вриједности полутаната јер је у симулацију био укључен модул који прати емисију NOx. Без значајних промјена у нумерички модел је могуће укључити и модуле за емисију SOx и чврстих честица као продуката сагоријевања.

Ови резултати би свакако били корисни у индустрији у смислу ефикасности и цијене коштања гасних горионика, али и у условима све већег загађења и захтјевима за смањење истих.

Свеукупно, овај рад је приказао један сегмент у анализи гасних горионика, али је поставио и одличан темељ за лако истраживање читавог низа других сегмената у развоју и усавршавању предмијешаних цилиндричних гасних горионика.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Кандидат ће јавно бранити докторску дисертацију.

Резултате низа истраживања из области докторске дисертације, односно из области перфорираних гасних горионика кандидат је већ објавио у више својих радова наведених под тачком 3. и резултати су верификовани од стране научне јавности на поменутиим научним конференцијама и у часопису.

Кандидат је у свом посљедњем раду који је презентован на међународној конференцији *ICAS 2022*, одржаној у Бањој Луци од 25. до 28. маја 2022. год. дао најсвеобухватнији приказ цјелокупног свог досадашњег истраживања из ове области.

8. ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

На основу увида у докторску дисертацију Мр Биљане Прохаска под називом „**Оптимизација геометрије гасних горионика високог степена перфорације због смањења топлотних напрезања**“, Комисија је једногласно закључила да је кандидат изабрао актуелну и оригиналну тему истраживања, коју је спровео поштујући све принципе научног рада и користећи савремене методе истраживања и анализе резултата.

Дисертација садржи оригиналне теоријске и нумеричке резултате из области топлотних напрезања танкозидних перфорираних цилиндара, односно гасних горионика. Даје јединствен приступ истраживању и директном повезивању различитих научних области од флуидодинамике, структурне анализе и оптимизације у циљу остваривања најбољих резултата.

Истраживања у оквиру ове дисертације дају значан допринос разумијевању и представљају основу будућим истраживањима гасних уређаја.

На основу наведеног, Комисија предлаже Научно-наставном вијећу Машинског факултета Универзитета у Источном Сарајеву и Сенату Универзитета у Источном Сарајеву, да докторску дисертацију под насловом

„Оптимизација геометрије гасних горјоника високог степена перфорације због смањења топлотних напрезања“

кандидата Мр Биљане Прохаска, дипл. инж. маш. прихвати и одобри њену јавну одбрану, којом ће стећи звање доктора техничких наука.

Комисија:

1. **Др Петар Гверо, редовни професор**, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет Бања Лука, ужа научна област: Термотехнички системи, предсједник и члан Комисије;

2. **Др Предраг Живковић, ванредни професор**, Универзитет у Нишу, Машински факултет Ниш, ужа научна област: Термотехника, термоенергетика и процесна техника, члан Комисије;

3. **Др Дејан Јеремић, доцент**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област: Примијењена механика, члан Комисије;

4. **Др Никола Вучетић, доцент**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област: Примијењена механика, члан Комисије;

5. **Др Небојша Радић, редовни професор**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област: Примијењена механика, ментор и члан Комисије.

Мјесто: Источно Сарајево

Датум 20.07.2022. год.