

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

493/4
(Број захтева)
20.05.2021.
(Датум)

Већу научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену
докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ МИЛОШ (БРАНКО) РАДОЈЕВИЋ

:

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

пријавио је докторску дисертацију под називом:

**КВАЛИТАТИВНА ИДЕНТИФИКАЦИЈА ГАСОВИТИХ ПРОДУКАТА ТЕРМОХЕМИЈСКЕ КОНВЕРЗИЈЕ
БИОМАСЕ ПРИМЕНОМ СИМУЛТАНЕ ТЕРМАЛНЕ АНАЛИЗЕ И МАСЕНЕ СПЕКТРОМЕТРИЈЕ**
из научне области: МАШИНСТВО

Универзитет је 06.07. својим актом под 61206-2130/2- дао сагласност на предлог теме докторске
дана 2020. бр. 20 дисертације

која је гласила:

КВАЛИТАТИВНА ИДЕНТИФИКАЦИЈА ГАСОВИТИХ
ПРОДУКАТА ТЕРМОХЕМИЈСКЕ КОНВЕРЗИЈЕ
БИОМАСЕ ПРИМЕНОМ СИМУЛТАНЕ ТЕРМАЛНЕ
АНАЛИЗЕ И МАСЕНЕ СПЕКТРОМЕТРИЈЕ

Име и презиме ментора др Небојша Манић, ванр. проф.
и др Бојан Јанковић, виши научни сарадник, ИИН
Винча

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној
_____18.03.2021._____

одлуком факултета под бр. 493/2 , у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Драгослава Стојиљковић	Ред. проф.	Технологија материјала - погонски мат. и сагоревање	Машински факултет
2.	Др Мирко Коматина	Ред. проф.	Термомеханика	Машински факултет
3.	Др Владимир Јовановић	Доц.	Технологија материјала - погонски мат. и сагоревање	Машински факултет
4.	Др Љиљана Медић	Ред. проф.	Енергетика	Политехнички универзитет у Мадриду
5.	Др Милан Вујановић	Ванр. проф.	Машинство	Факултет стројарства и бродоградње Универзитета у Загребу

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности __21.05.2021.____.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана __20.05.2021.____

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној __18.03.2021.____

одлуком факултета под бр. 493/2

, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Драгослава Стојиљковић	Ред. проф.	Технологија материјала - погонски мат. и сагоревање	Машински факултет
2.	Др Мирко Коматина	Ред. проф.	Термомеханика	Машински факултет
3.	Др Владимир Јовановић	Доцент	Технологија материјала - погонски мат. и сагоревање	Машински факултет
4.	Др Љиљана Медић	Ред. проф.	Енергетика	Политехнички универзитет у Мадриду
5.	Др Милан Вујановић	Ванр. проф.	Машинство	Факултет стројарства и бродоградње Универзитета у Загребу

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилози:**
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 493/4
Датум: 20.05.2021. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017 и 27/2018-др. закон), члана 48. Статута Универзитета у Београду, члана 42. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду и чланова 38. и 39. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и реферата Комисије у саставу: др Драгослава Стојиљковић, ред. проф., др Мирко Коматина, ред. проф., др Владимир Јовановић, доц., др Љиљана Медих, ред. проф., Политехнички универзитет у Мадриду и др Милан Вујановић, ванр. проф., Факултет стројарства и бродоградње Универзитета у Загребу о оцени докторске дисертације **„Квалитативна идентификација гасовитих продуката термохемијске конверзије биомасе применом симултане термалне анализе и масене спектрометрије“** студента докторских студија **Милоша Радојевића**, маг. инж. маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 20.05.2021. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„КВАЛИТАТИВНА ИДЕНТИФИКАЦИЈА ГАСОВИТИХ ПРОДУКАТА ТЕРМОХЕМИЈСКЕ КОНВЕРЗИЈЕ БИОМАСЕ ПРИМЕНОМ СИМУЛТАНЕ ТЕРМАЛНЕ АНАЛИЗЕ И МАСЕНЕ СПЕКТРОМЕТРИЈЕ“** студента **МИЛОША РАДОЈЕВИЋА**, маг. инж. маш.

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, студенту, менторима др Небојши Манићу, ванр. проф. и др Бојану Јанковићу, вишем научном сараднику ИНН Винча и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Милоша Б. Радојевића**, мастер инжењера машинства.

Одлуком 493/2 од 18.03.2021. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Милоша Б. Радојевића**, мастер инжењера машинства под насловом

„Квалитативна идентификација гасовитих продуката термохемијске конверзије биомасе применом симултане термалне анализе и масене спектрометрије“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Милош Б. Радојевић, мастер инжењер машинства, уписао је прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2016/2017. године. На основу захтева студента Милоша Б. Радојевића, маст. инж. маш., бр. 624/1 од 18.05.2020. године да му се одобри израда докторске дисертације и реферата Комисије у саставу: др Драгослава Стојиљковић, ред. проф., др Владимир Јовановић, доц., др Љиљана Медич, ред. проф., Polytechnic University of Madrid (UPM), Department for Energy and Fuels, Madrid, Spain, број 624/5 од 23.06.2020. 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 64. Статута Машинског факултета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 25.06.2020. године, донело је одлуку бр. 624/6 да се прихвата научна заснованост теме докторске дисертације и да студент **Милош Б. Радојевић**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **„Квалитативна идентификација гасовитих продуката термохемијске конверзије биомасе применом симултане термалне анализе и масене спектрометрије“**. За менторе студенту Милошу Б. Радојевићу, именовани су др Небојша Манић, ванредни

професор Машинског факултета у Београду и др Бојан Јанковић, виши научни сарадник ИИН Винча.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду донело је Одлуку број 61206-2130/2-20 од 06.07.2020. године којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Милоша Б. Радојевића, под насловом: **„Квалитативна идентификација гасовитих продуката термохемијске конверзије биомасе применом симултане термалне анализе и масене спектрометрије“**.

На основу обавештења ментора др Небојше Манића, ван. проф. и др Бојана Јанковића, вишег научног сарадника, да је кандидат Милош Б. Радојевић, завршио докторску дисертацију под насловом: **„Квалитативна идентификација гасовитих продуката термохемијске конверзије биомасе применом симултане термалне анализе и масене спектрометрије“**, и предлога Катедре за Технологију материјала, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је на седници одржаној 18.03.2021. године донело Одлуку број 493/2 којом се именују чланови Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Драгослава Стојиљковић, редовни професор, Машински факултет у Београду
- др Мирко Коматина, редовни професор, Машински факултет у Београду
- др Владимир Јовановић, доцент, Машински факултет у Београду
- др Љиљана Медић, редовни професор, Политехнички универзитет у Мадриду
- др Милан Вујановић, ванредни професор, Факултет стројарства и бродоградње у Загребу

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом **„Квалитативна идентификација гасовитих продуката термохемијске конверзије биомасе применом симултане термалне анализе и масене спектрометрије“**, припада области техничких наука - машинству, ужој научној области технологија материјала – погонски материјали и сагоревање, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милош Радојевић рођен је 27.09.1992. године у Београду. Основне академске студије завршио је на Машинском факултету Универзитета у Београду 2014. године са просечном оценом 9,71, а мастер академске студије 2016. године у истој високошколској установи, са просечном оценом 9,45. Мастер студије завршио је на модулу за Термотехнику, одбравивши мастер рад под називом „Експериментална испитивања пећи мале снаге за сагоревање пелета од биомасе“ под менторством доцента др Небојше Манића. Докторске академске студије на Машинском факултету уписује 2016. године на Катедри за технологију материјала, у оквиру Лабораторије за горива и сагоревања, а под потенцијалним менторством др Небојше

Манића.

Од априла 2017. до априла 2018. године стипендиста је Министарства просвете, науке и технолошког развоја на основу ангажовања на пројекту ИИИ42010 – Смањење аерозагађења из термоелектрана у ЈП Електропривреда Србије. На Универзитету у Београду-Машинском факултету запослен је од 10.04.2018. године.

Испите на докторским студијама завршава у предвиђеном року од две године, чиме задржава финансирање докторских студија из буџета Републике Србије, док константно ради на експерименталним истраживањима везаним за израду докторске дисертације. С обзиром на мултидисциплинарност предмета истраживања током научно-истраживачког рада, успоставља сарадњу са др Бојаном Јанковићем, дипломираним физико-хемијарем, вишим научним сарадником Института за нуклеарне науке „Винча“ Универзитета у Београду, који поред др Небојше Манића доприноси анализи комплексних физичко-хемијских процеса и формирању концепта докторске дисертације, услед чега постаје, поред др Небојше Манића, кандидатов ментор.

У сарадњи са ментором др Небојшом Манићем, ван. проф. као и другим члановима Лабораторије за горива и сагоревање, кандидат је обавио усавршавање у фабрици NETZSCH GmbH у Selb-у, Немачка, као и сарадњу са Политехничким Универзитетом у Мадриду. Усавршавање у Немачкој било је кључно за разумевање суштинског рада уређаја и његовог подешавања за различите врсте испитивања. Након сарадње са тимом из NETZSCH лабораторије за примењену термалну анализу, кандидат је развио и дефинисао методологију за испитивање биомасе, што представља један од кључних доприноса предметне докторске дисертације. С друге стране, сарадњом са Политехничким универзитетом у Мадриду кандидат је проширио своја знања из области термалне анализе и стекао нова, значајна искуства за даљи рад у области. Током боравка, размењена искуства су допринела обостраном усавршавању, како у раду са уређајем за симултану термалну анализу, тако и у дефинисању тема за даља истраживања и разматрање нових могућности анализе горива применом симултане термалне анализе.

Кандидат је аутор или ко-аутор на радовима објављеним у међународним часописима и на скуповима:

Категорија M14

1. Pijović M, Janković B, Stojiljković D, Radojević M, Manić N, editors. Thermo-Analytical Characterization of Various Biomass Feedstocks for Assessments of Light Gaseous Compounds and Solid Residues. Computational and Experimental Approaches in Materials Science and Engineering; 2020; Cham: Springer International Publishing.

Категорија M21

2. Radojević M, Janković B, Stojiljković D, Jovanović V, Čeković I, Manić N. Improved TGA-MS measurements for evolved gas analysis (EGA) during pyrolysis process of various biomass

feedstocks. Syngas energy balance determination. *Thermochimica Acta*. 2021;699:178912. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tca.2021.178912>

3. Janković B, Manić N, Dodevski V, Radojević M, Stojiljković D. Kinetic study of oxy-combustion of plane tree (*Platanus orientalis*) seeds (PTS) in O₂/Ar atmosphere. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2019. doi:10.1007/s10973-019-09154-z

Категорија M22

4. Radojević M, Janković B, Jovanović V, Stojiljković D, Manić N. Comparative pyrolysis kinetics of various biomasses based on model-free and DAEM approaches improved with numerical optimization procedure. *PLOS ONE*. 2018;13(10):e0206657. doi:10.1371/journal.pone.0206657
5. Manić N, Janković B, Waisi H, Stojiljković D, Radojević M. Advanced Distributed Reactivity Model for the Static Pyrolysis of Corn Stover Feedstock. *MATCH Communications in Mathematical and in Computer Chemistry*. 2020.

Категорија M23

6. Radojević M, Balać M, Jovanović V, Stojiljković D, Manić N. Thermogravimetric kinetic study of solid recovered fuels pyrolysis. *Hemijska Industrija*. 2018;72(2):8. doi:<https://doi.org/10.2298/HEMIND171009002R>
7. Manić N, Janković B, Stojiljković D, Jovanović V, Radojević M. TGA-DSC-MS analysis of pyrolysis process of various agricultural residues. *Thermal Science*. 2019;23(Suppl. 5):1457-72. doi:10.2298/TSCI180118182M
8. Janković B, Radojević M, Balać M, Stojiljković D, Manić N. Thermogravimetric study on the pyrolysis kinetic mechanism of waste biomass from fruit processing industry. *Thermal Science*. 2020 OnLine-First(00):191. doi:10.2298/TSCI200213191J

Категорија M33

9. Manić N, Jovanović V, Radojević M, Stojiljković D, Estimation of kinetic parameters for biomass thermochemical conversion using TGA. *Industrial energy and environmental protection in South Eastern European Countries - IEEP 2017*; 2017; Zlatibor, Serbia: Društvo termičara Srbije.
10. Radojević M, Manić N, Jovanović V, Stojiljković D, Methodology and challenges of calibrating the instrument for simultaneous thermal analysis. *DEMI 2017 - 13th INTERNATIONAL Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering*; 2017; University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering.
11. Manić N, Stojiljković D, Jovanović V, Radojević M, The assessment of spontaneous ignition potential of coals using TGA. *International Conference Power Plants*; 2018; Zlatibor, Serbia.
12. Manić N, Janković B, Stojiljković D, Jovanović V, Radojević M, Castells Somoza B, Evaluation of spontaneous ignition potential for solid biomass through thermal analysis. *DEMI 2019 - 14th INTERNATIONAL Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering 2019*; University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, Banja Luka.
13. Radojević M, Stojiljković D, Jovanović V, Janković B, Manić N, Identification of main components of biomass volatiles by STA-MS analysis. *Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern European Countries - IEEP 2019*; 2019; Zlatibor, Serbia: Društvo termičara Srbije.

14. Manić N, Janković B, Stojiljković D, Radojević M, Castells Somoza B, Medić L, The application of a novel methodology for determination of biomass spontaneous ignition. SEE SDEWES 2020; 2020.
15. Manić N, Janković B, Stojiljković D, Jovović A, Jovanović V, Radojević M, Identification of multiple-step nature of food waste pyrolysis by the model-free kinetic modeling and iso-kinetic relationship for value-added chemicals production. 10th European Combustion Meeting; 2021 April 14-15; Napoli, Italy.
16. Bešenić T, Radojević M, Mikulčić H, Manić N, Vujanović M, Modelling of Nitrogen Oxides Formation During Pulverized Fuel Combustion. 10th European Combustion Meeting; 2021 April 14-15; Napoli, Italy.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Милоша Б. Радојевића под **„Квалитативна идентификација гасовитих продуката термохемијске конверзије биомасе применом симултане термалне анализе и масене спектрометрије“** садржи: 107 страна формата А4, 71 слику, 9 табела, 42 једначине и списак коришћене литературе који садржи 111 референци, као и прилог који садржи скуп објављених научних радова (6 радова) који представљају тематску целину у вези са темом докторске дисертације. Докторска дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Карактеристике биомасе као обновљивог извора енергије и њена улога у сектору производње енергије
3. Термохемијски процеси конверзије биомасе
4. Експериментална испитивања горива
5. Кинетика термохемијских процеса конверзије
6. Квалитативна и делимична квантитативна анализа гасова
7. Дискусија објављених научних радова који представљају тематску целину
8. Закључак и предлог за наставак истраживања
9. Литература

Прилог: Објављени научни радови који представљају тематску целину у вези са темом докторске дисертације

Осим наведеног, докторска дисертација садржи предговор, резиме на српском и енглеском језику, садржај, биографију аутора, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Поглавље 1: Увод

У првом поглављу приказана су уводна разматрања у вези са темом докторске дисертације, осврт на еколошку ситуацију и енергетске ресурсе у свету и Србији, као и преглед

релевантне литературе на којој су базирана основна начела овог истраживања. Дато је образложење и инспирација за израду ове докторске дисертације, као и поступак истраживања који је приказан уз навођење основних циљева које је потребно постићи.

Поглавље 2: Карактеристике биомасе као обновљивог извора енергије и њена улога у сектору производње енергије

Друго поглавље посвећено је биомаси, односно њеним основним карактеристикама и утицају овог горива на животну средину. Обрађени су, основни типови биомасе, уз примарни осврт на лигноцелулозну биомасу, као најзаступљенији вид који се користи у енергетском сектору. Физичке карактеристике биомасе анализирани су са аспекта техничке анализе, у циљу оцене могућности њене примене као горива.

Поглавље 3: Термохемијски процеси конверзије биомасе

У трећем поглављу обрађени су термохемијски процеси конверзије као могући начин за коришћење биомасе у енергетске сврхе. Процеси сагоревања, гасификације и пиролизе детаљно су описани, док су процеси торефакције и ликвефакције укратко описани, с обзиром да ови видови термохемијске конверзије нису разматрани у оквиру ове докторске дисертације.

Поглавље 4: Експериментална испитивања горива

Четврто поглавље посвећено је експерименталним методама коришћеним за испитивање горива у оквиру ове докторске дисертације. Најпре је описан уређај за симултану термалну анализу, са својим основним карактеристикама и могућностима примене. С обзиром да овај тип уређаја није примарно предвиђен за испитивање биомасе, у оквиру овог поглавља детаљно је описана процедура оптимизације рада уређаја у циљу прилагођавања испитивању биомасе. На сличан начин, описан је начин рада и масеног спектрометра, као другог кључног уређаја за наведена испитивања, а који је спрегнут са симултаним термалним анализатором. Масени спектрометар коришћен је примарно за анализу органских и неорганских гасовитих компонената горива. Експерименталним испитивањима и прегледом литературе, установљено је да се при термохемијској конверзији биомасе, највећи број гасова ослобађа у опсегу од 0 – 80 amu (atomic mass units), услед чега је овај опсег најчешће и скениран. На основу добијених резултата, развијена је методологија којом се са задовољавајућом тачношћу региструју ослобођени гасови.

Поглавље 5: Кинетика термохемијских процеса конверзије

У петом поглављу су приказане основе фундаменталних истраживања која подразумевају анализу кинетике процеса термичке деградације биомасе током разматраних термохемијских процеса конверзије. С обзиром на то да кинетичка анализа у оквиру ове докторске дисертације представља научну методу која омогућава постизање предвиђених циљева истраживања, у оквиру овог поглавља обрађене су само основне, изоконверзионе и „model-fit“ методе са реакционим моделима најчешће коришћеним у литератури.

Поглавље 6: Квалитативна и делимична квантитативна анализа гасова

У шестом поглављу представљен је суштински допринос ове докторске дисертације. Након успешне оптимизације уређаја за симултану термалну анализу и масеног спектрометра у циљу адекватног испитивања биомасе, једнако успешно представљена је, а накнадно и верификована у научном часопису (категорије M21), методологија за обраду података добијених из масеног спектрометра. Овом методом је унапређен досадашњи приступ анализи добијених података и омогућена је довољно прецизна идентификација и делимична квантификација ослобођених гасова, током термохемијских процеса конверзије биомасе, што представља значајан научни допринос у овој области.

Поглавље 7: Дискусија објављених научних радова који представљају тематску целину

У овом поглављу у сажетој форми је приказан и анализиран скуп објављених научних радова који представљају тематску целину у вези са темом докторске дисертације. Сви радови су повезани са истраживањима и резултатима добијеним у оквиру израде докторске дисертације.

Радови су објављени у међународним часописима, категорије M21, M22 и M23, а на три од наведених шест радова кандидат је први аутор, што је у складу са Правилником о докторским студијама на Универзитету у Београду („Гласник Универзитета у Београду“ бр. 191/2016, 212/2019, 215/2020 и 217/2020).

Поглавље 8: Закључак и предлог за наставак истраживања

У оквиру осмог поглавља сумиране су идеје и циљеви ове докторске дисертације, као и методологија која је довела до њихове реализације. Такође, наглашен је остварени научни допринос и дат је предлог за наставак истраживања у наредном периоду уз набавку додатне опреме.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Експериментална испитивања у оквиру ове докторске дисертације вршена су на најсавременијој апаратури за симултану термалну анализу и масену спектрометрију, при чему је овакав тип анализе у целом региону једино могуће спровести у Лабораторији за горива и сагоревање, Машинског факултета у Београду. Након вишегодишњег рада и усавршавања при раду са уређајем за симултану термалну анализу, формирана је прецизна методологија која омогућава добијање експерименталних резултата задовољавајуће поновљивости приликом испитивања примене биомасе у различитим термохемијским процесима.

На основу детаљног прегледа литературе, утврђено је да овакав вид испитивања није превише заступљен у свету, већ је ово област која је и даље у повоју, што се може закључити по броју аутора који објављују радове на ову тему у водећим међународним научним часописима. У току израде дисертације, кроз објављивање радова у водећим међународним часописима, кандидат је, уз подршку ментора и тима Лабораторије за горива и сагоревање,

био у току са најновијим достигнућима из ове области, истовремено дајући свој допринос научној заједници. Поред тога на основу добијених резултата испитивања применом експерименталних метода уз свеобухватну анализу веома сложених процеса процеса кандидат је развио нову методологију за идентификацију гасова који се ослобађају током процеса термичке разградње, као и њихову делимичну квантификацију што је верификовано у одговарајућем научном часопису категорије M21, чиме је и потврђен научни допринос и оригиналност ове докторске дисертације.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У оквиру ове докторске дисертације, наведено је 111 библиографских јединица, од којих већи део чини референтна литература која се односи на методолошке и опште принципе у заступљеној научној области ове дисертације. Иако је испитивање биомасе спрезањем симултане термалне анализе и масене спектрометрије релативно новијег датума, саме методе испитивања, засебно, познате су већ неколико деценија. С тога су и коришћене књиге многобројних аутора из ове области у циљу описивања процеса који се одвијају при експерименталним испитивањима, при чему је посвећена посебна пажња да се у што већој мери остане у оквирима машинског инжењерства, уз неопходну допуну из области хемије и физичке хемије. Ипак, у циљу одржавања савремености овог рада, али и услед недостатка штампане литературе, примарно је коришћена литература из међународних научних часописа. Узимајући у обзир да је истраживање у предметној дисертацији иновативног карактера, Комисија констатује да је кандидат успешно анализирао резултате добијене на основу истраживања литературе и на тај начин обезбедио подлогу за спровођење истраживања предметне докторске дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Научне методе примењене у оквиру ове докторске дисертације, са аспекта примене симултане термалне анализе и резултата експерименталних испитивања масеном спектрометријом уз анализу кинетике процеса, већ деценијама су познате. Међутим, с обзиром на чињеницу да наведене методе омогућавају фундаментални приступ приликом описивања термохемијских процеса конверзије биомасе и даље су актуелне, па су самим тим биле неопходне за описивање и разумевање разматраних процеса, чиме је започета анализа која је од суштинског значаја за ову докторску дисертацију. Са аспекта примене софтвера за обраду података, како основне тако и напредне, коришћени су специјализовани програми који су компатибилни са уређајима на којима су вршена експериментална испитивања, а набављени се директно од произвођача опреме. Поред тога, за формирање коначне методологије у којој се огледа суштински допринос ове докторске дисертације, а која је формирана од стране кандидата у оквиру Лабораторије за горива и сагоревање, коришћена је литература не старија од 5 година. Сама адекватност примењених метода, огледа се кроз добијене резултате експерименталним истраживањем, који су објављени у врхунским међународним научним часописима. У том циљу развијен је сопствени код у софтверу Matlab.

3.4. Применљивост остварених резултата

Највећи значај овог истраживања огледа се пре свега у формирању методологије за испитивање биомасе на уређају за симултану термалну анализу. Квалитетним спровођењем експерименталних испитивања и добијањем адекватних резултата, могуће је спровести прецизну кинетичку анализу којом се гориво карактерише на фундаменталном нивоу. Даљом оптимизацијом експерименталне процедуре и прилагођавањем масеног спектрометра за овакав вид испитивања, уз примену новоразвијене методологије, могуће је описати и окарактерисати гориво на потпуно нов начин. Кроз будуће студије, добијени подаци могу се даље унапредити и оптимизовати, што на крају може довести до квалитетнијег управљања термохемијским процесима конверзије биомасе уз повећање приноса финалног продукта, па тиме и степена искоришћења процеса, што индиректно утиче на енергетску ефикасност и заштиту животне средине, а омогућава и повећање учешћа обновљивих извора енергије у енергетском сектору. Такође, оптимизација термохемијских процеса конверзије омогућава коришћење биомасе не само као горива, већ и као сировине у складу са концептом биорафинерије и одређивање најбоље технологије за коришћење биомасе.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Чланови Комисије сматрају да је кандидат показао способност да самостално и системски решава инжењерске и научне проблеме, да користи расположиву литературу и да успешно влада савременим истраживачким методама у области чврстих биогорива, односно биомасе. Поседује теоријска и практична знања која му омогућавају да успешно реализује научно-истраживачки рад, што се доказује и кроз објављене научне радове. Такође, поседује значајно лабораторијско искуство, што се закључује на основу вишегодишњег рада у Лабораторији за горива и сагоревање.

Кандидат је спровео успешан избор метода и техника неопходних за оптимизацију предметне експерименталне апаратуре за испитивање биомасе и тиме дао допринос развоју ове савремене научне области која се константно развија и усавршава. Такође, показао је способност и знање за самосталан научни и истраживачки рад, методолошки исправан приступ праћењу и истраживању постојеће литературе и информација из области истраживања, као и креативност при прикупљању, обради и анализи прикупљених података. Комисија сматра да кандидат има све потребне квалитете за истраживачки и научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос кандидата огледа се у формирању методологије за квалитативну и квантитативну анализу ослобођених гасова при термохемијским процесима конверзије биомасе, применом масене спектрометрије, који је верификован објављивањем рада “Improved TGA-MS measurements for evolved gas analysis (EGA) during pyrolysis process of various biomass feedstocks. Syngas energy balance determination” у часопису **Thermochimica**

Acta, категорије M21, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2021.178912>. Наведени допринос приказан је у поглављу 6. докторске дисертације.

Кроз сарадњу са другим институцијама, током израде дисертације, кандидат се сусрео са различитим приступима употребе симултаног термалног анализатора за испитивање биомасе, где су уочене јасне разлике у квалитету добијених резултата, у корист кандидата.

За унапређење експерименталне методологије, потребно је одговарајуће теоријско и практичнолабораторијско знање. Неодговарајућим управљањем процеса добијају се резултати који би онемогућили проучавање реалног процеса и довели би до извођења погрешних закључака. Услед тога, унапређивањем експерименталне методе за испитивање биомасе помоћу симултане термалне анализе и масене спектрометрије, односно оптимизацијом процеса испитивања, као и развојем нове методологије за идентификацију и делимичну квантификацију ослобођених гасова, остварен је значајан научни допринос.

Практични допринос оваквог истраживања могу имати организације које желе да унапреде процес лабораторијских испитивања у циљу свеобухватне карактеризације биомасе за коришћење у енергетске сврхе, као и за оптимизацију процеса термохемијске конверзије горива на индустријском нивоу.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Прегледом релевантне научне литературе и постојећих решења који се тичу области и теме докторске дисертације, Комисија констатује да су приказани резултати и метод истраживања, као и метод обраде експерименталних резултата, изузетно значајни и научно утемељени и иновативни. Увидом у задате циљеве истраживања и резултате представљене у овој целокупној дисертацији, констатујемо да су пружени одговори на сва релевантна питања. Кандидат је научним методама дефинисаним овом дисертацијом дао допринос разумевању специфичне теме која је обрађена.

Применом представљене методологије може се остварити делимичан допринос у индустријском сектору, док је на лабораторијском нивоу остварен значајан допринос, пре свега у области карактеризације биомасе за различите примене у енергетске сврхе. Поред тога отворене су велике могућности за наставак истраживања, заснован на резултатима ове докторске дисертације.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни резултати и научни доприноси остварени у дисертацији су верификовани на следећи начин:

- Адаптација процедуре испитивања биомасе помоћу уређаја за симултану термалну анализу верификована је експерименталним резултатима. Омогућено је поуздано испитивање свих облика чврсте биомасе (али и других чврстих горива) током различитих термохемијских процеса, применом различитих носећих и заштитних гасова. Добијени експериментални подаци анализирали су и обрађени, а потом објављени у више међународних научних часописа;

- Адаптација процедуре испитивања биомасе помоћу масеног спектрометра као и формирање методологије за анализу добијених података, која обухвата поуздано детектовање ослобођених гасова и њихову делимичну квантификацију. Прикупљени подаци су анализирани и објављени у више међународних научних часописа.

Научни резултати из дисертације су објављени у часописима:

Категорија M21

1. **Radojević M**, Janković B, Stojiljković D, Jovanović V, Čeković I, Manić N. Improved TGA-MS measurements for evolved gas analysis (EGA) during pyrolysis process of various biomass feedstocks. Syngas energy balance determination. *Thermochimica Acta*. 2021;699:178912. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2021.178912> (IF 2019 = 2,762) (*Thermodynamics* 17/61)
2. Janković B, Manić N, Dodevski V, **Radojević M**, Stojiljković D. Kinetic study of oxy-combustion of plane tree (*Platanus orientalis*) seeds (PTS) in O₂/Ar atmosphere. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2019. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-019-09154-z> (IF 2019 = 2,731) (*Thermodynamics* 18/61)

Категорија M22

3. **Radojević M**, Janković B, Jovanović V, Stojiljković D, Manić N. Comparative pyrolysis kinetics of various biomasses based on model-free and DAEM approaches improved with numerical optimization procedure. *PLOS ONE*. 2018;13(10):e0206657. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206657> (IF 2018 = 2,776) (*Multidisciplinary Sciences* 24/69)

Категорија M23

4. **Radojević M**, Balać M, Jovanović V, Stojiljković D, Manić N. Thermogravimetric kinetic study of solid recovered fuels pyrolysis. *Hemijska Industrija*. 2018;72(2):8. doi: <https://doi.org/10.2298/HEMIND171009002R> (IF 2018 = 0,556) (*Engineering, Chemical* 125/138)
5. Manić N, Janković B, Stojiljković D, Jovanović V, **Radojević M**. TGA-DSC-MS analysis of pyrolysis process of various agricultural residues. *Thermal Science*. 2019;23(Suppl. 5):1457-72. doi: <https://doi.org/10.2298/TSCI180118182M> (IF 2019 = 1,574) (*Thermodynamics* 42/61)
6. Janković B, **Radojević M**, Balać M, Stojiljković D, Manić N. Thermogravimetric study on the pyrolysis kinetic mechanism of waste biomass from fruit processing industry. *Thermal Science*. 2020 OnLine-First(00):191. doi: <https://doi.org/10.2298/TSCI200213191J> (IF 2019 = 1,574) (*Thermodynamics* 42/61)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације и детаљне анализе, имајући у виду квалитет и научни допринос дисертације, Комисија за преглед, оцену и одбрану ове докторске дисертације закључује да је кандидат Милош Б. Радојевић, магистар инжењерских наука, успешно завршио докторску дисертацију под називом: „**Квалитативна идентификација гасовитих продуката термохемијске конверзије биомасе применом симултане термалне анализе и масене спектрометрије**“. Комисија закључује да дисертација представља значајан и

оригиналан научни рад са научним доприносом у научној области машинско инжењерство, ужа научна област **технологија материјала – погонски материјали и сагоревање**. Такође, докторска дисертација урађена је сходно стандардима научно истраживачког рада, испуњава све услове и у скалу је са Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да прихвати овај реферат и упути га Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду на усвајање, а дисертацију **„Квалитативна идентификација гасовитих продуката термохемијске конверзије биомасе применом симултане термалне анализе и масене спектрометрије“** кандидата Милоша Б. Радојевића, магист.инж.маш., студента докторских студија, стави на увид јавности, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану дисертације.

У Београду, 20.04.2021. год

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Драгослава Стојиљковић, ред. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду

.....
др Мирко Коматина, ред. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду

.....
др Владимир Јовановић, доцент
Машински факултет Универзитета у Београду

.....
др Љиљана Медич, ред. проф.
Политехнички универзитет у Мадриду

.....
др Милан Вујановић, ван. проф.
Факултет стројарства и бродоградње Универзитета у Загребу

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 493/4
Датум: 20.05.2021. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017 и 27/2018-др. закон), члана 41. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду, члана 64. Статута Машинског факултета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 20.05.2021. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„КВАЛИТАТИВНА ИДЕНТИФИКАЦИЈА ГАСОВИТИХ ПРОДУКАТА ТЕРМОХЕМИЈСКЕ КОНВЕРЗИЈЕ БИОМАСЕ ПРИМЕНОМ СИМУЛТАНЕ ТЕРМАЛНЕ АНАЛИЗЕ И МАСЕНЕ СПЕКТРОМЕТРИЈЕ“** студента **МИЛОША РАДОЈЕВИЋА**, магист. инж. маш.

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-2130/2-20, од 06.07.2020. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

Категорија M21

1. **Radojević M**, Janković B, Stojiljković D, Jovanović V, Čeković I, Manić N. Improved TGA-MS measurements for evolved gas analysis (EGA) during pyrolysis process of various biomass feedstocks. Syngas energy balance determination. Thermochimica Acta. 2021;699:178912. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2021.178912> (IF 2019 = 2,762) (Thermodynamics 17/61)

Одлуку доставити: студенту, ментору, Катедри за технологију материјала и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић