

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

215/4
(Број захтева)

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

18.03.2021.
(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:

„МОДЕЛИРАЊЕ КИНЕТИКЕ ПРОЦЕСА ПИРОЛИЗЕ МЕШАВИНА ЛИГНИТА СА
БИОМАСОМ И ОТПАДОМ“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технологија материјала

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:
ЗАГОРКА (МИЛОВАН) БРАТ
- Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Машински факултет Београд
- Година завршетка претходног нивоа студија: 2010.
- Година уписа на докторске студије: 2017.
- Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: _____ Драгослава Стојиљковић _____

Звање: _____ Редовни професор _____

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. M. Trninić, D. Stojiljković, N. Manić, Ø. Skreiberg, L. Wang, A. Jovović, A mathematical model of biomass downdraft gasification with an integrated pyrolysis model, *Fuel*, 265 (2020) 116867. (M21)
2. N. Manić, B. Janković, M. Pijović, H. Waisi, V. Dodevski, D. Stojiljković, V. Jovanović, Apricot kernel shells pyrolysis controlled by non-isothermal simultaneous thermal analysis (STA), *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (2020) 1-15. (M21)
3. B. Janković, N. Manić, D. Stojiljković, V. Jovanović, The assessment of spontaneous ignition potential of coals using TGA–DTG technique, *Combustion and Flame*, 211 (2020) 32-43. (M21)
4. B. Janković, N. Manić, D. Stojiljković, The gaseous products characterization of the pyrolysis process of various agricultural residues using TGA-DSC-MS techniques, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (2020), vol. 139 br. 5, str. 3091-3106 (M21)
5. N. Manić, B. Janković, H. Waisi, D. Stojiljković, M. Radojević, Advanced Distributed Reactivity Model for the Static Pyrolysis of Corn Stover Feedstock, *MATCH-Communications in Mathematical and in Computer Chemistry*, (2020), vol. 84 br. 1, str. 85-130 (M22)
6. B. Janković, M. Radojević, M. Balać, D. Stojiljković, N. Manić, Thermogravimetric study on the pyrolysis kinetic mechanism of waste biomass from fruit processing industry, *Thermal Science*, (2020) 191-191. (M23)

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: _____ Небојша Манић _____

Звање: _____ Ванредни професор _____

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. P. Angelopoulos, N. Manić, P. Tsakiridis, M. Taxiarchou, B. Janković, Dehydration of rhyolite: activation energy, water speciation and morphological investigation, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (2020) 1-13. (M21)
2. N. Manić, B. Janković, V. Dodevski, Model-free and model-based kinetic analysis of Poplar fluff (*Populus alba*) pyrolysis process under dynamic conditions, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (2020) 1-20. (M21)
3. M. Trninić, D. Stojiljković, N. Manić, Ø. Skreiberg, L. Wang, A. Jovović, A mathematical model of biomass downdraft gasification with an integrated pyrolysis model, *Fuel*, 265 (2020) 116867. (M21)
4. N. Manić, B. Janković, M. Pijović, H. Waisi, V. Dodevski, D. Stojiljković, V. Jovanović, Apricot kernel shells pyrolysis controlled by non-isothermal simultaneous thermal analysis (STA), *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (2020) 1-15. (M21)
5. B. Janković, I. Smičiklas, N. Manić, A. Mraković, M. Mandić, Đ. Veljović, M. Jović, Thermo-oxidative evolution and physico-chemical characterization of seashell waste for application in commercial sectors, *Thermochimica Acta*, (2020) 178568. (M21)
6. B. Janković, N. Manić, D. Stojiljković, V. Jovanović, The assessment of spontaneous ignition potential of coals using TGA–DTG technique, *Combustion and Flame*, 211 (2020) 32-43. (M21)
7. B. Janković, N. Manić, D. Stojiljković, The gaseous products characterization of the pyrolysis process of various agricultural residues using TGA-DSC-MS techniques, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (2020), vol. 139 br. 5, str. 3091-3106 (M21)
8. N. Manić, B. Janković, H. Waisi, D. Stojiljković, M. Radojević, Advanced Distributed Reactivity Model for the Static Pyrolysis of Corn Stover Feedstock, *MATCH-Communications in Mathematical and in Computer Chemistry*, (2020), vol. 84 br. 1, str. 85-130 (M22)
9. B. Janković, M. Radojević, M. Balać, D. Stojiljković, N. Manić, Thermogravimetric study on the pyrolysis kinetic mechanism of waste biomass from fruit processing industry, *Thermal Science*, (2020) 191-191. (M23)

Обавештавамо вас да је

Наставно – научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 18.03.2021. 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

- 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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 215/4
Датум: 18.03.2021. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Загорке Брат**, маст. инж. маш., бр. 1963/1 од 14.12.2020. године да јој се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Александар Јововић, ред. проф., др Владимир Јовановић, доц. и др Бојан Јанковић, виши научни сарадник, ИНН Винча Београд број 215/3 од 09.03.2021. 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 18.03.2021. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ЗАГОРКА БРАТ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«МОДЕЛИРАЊЕ КИНЕТИКЕ ПРОЦЕСА ПИРОЛИЗЕ МЕШАВИНА ЛИГНИТА СА БИОМАСОМ И ОТПАДОМ»**.

Одлуком ННВ број 215/2, од 11.02.2021. године за ментора докторске дисертације Загорке Брат, маст. инж. маш. именовани су др Драгослава Стојиљковић, ред. проф. и др Небојша Манић, ванр. проф.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата за израду докторске дисертације студента докторских студија Загорке М. Брат

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Београду број 215/2 од 11.02.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Загорке М. Брат**, студента Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме:

„Моделирање кинетике процеса пиролизе мешавина лигнита са биомасом и отпадом”

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографски подаци

Загорка М. Брат рођена је 27.09.1986. године у Београду. Основне академске студије завршила је на Машинском факултету Универзитета у Београду 2008. године са просечном оценом 9,83, а мастер академске студије је завршила 2010. године у истој високошколској установи, са просечном оценом 9,75. Мастер студије завршила је на модулу за Термоенергетику, одбравивши мастер рад под називом „Прорачун критичног истицања кроз сигурносне вентиле“ под менторством проф. др Владимира Стевановића. Докторске академске студије на Машинском факултету уписује 2010. године на Катедри за технологију материјала, у оквиру Лабораторије за горива и сагоревања, а под потенцијалним менторством проф. др Драгославе Стојиљковић.

Од јула 2010. до 2018. године радно искуство стицала је у предузећу IMG Engineering & Construction као пројектант сарадник на великом броју пројеката рађених за процесну индустрију у Републици Србији, где се као значајан посебно издваја Пројекат модернизације Рафинерије нафте Панчево, а потом и као водећи инспектор и оцењивач за опрему под притиском у нафтној, петрохемијској индустрији и енергетици у предузећу PED Inspect doo. Као значајни пројекти реализовани током рада на позицији водећи инспектор – оцењивач су учешће у поступку оцене усаглашености опреме под притиском за потребе изградње постројења за издвајање CO₂ у погону НИС а.д. Нови Сад – ПИТНИГ Елемир, као и управљање поступцима оцене усаглашености у земљи и иностранству на пројекту изградње постројења за одложено коксовање (ДЦУ) у НИС а.д. Нови Сад – Рафинерија нафте Панчево, као и новом блоку ТЕ Костолац В3. Од јуна 2018. године запослена је на радном месту водећег инжењера инспекције базиране на ризику (RBI) у НИС а.д. Нови Сад – Рафинерија нафте Панчево, где се

бави организацијом активности на имплементацији методологије RBI анализе, развојем система за процену ризика, планирање и оптимизацију инспекције. Поред редовних активности, ангажована је као ментор у програму „NIS Calling“ студентске праксе и организацију друштвено одговорних волонтерских акција у оквиру Клуба волонтера НИС а.д. Нови Сад. Радне квалификације потврђује полагањем Стручног испита за област машинство и стицањем лиценци 330 и 430 за Одговорног пројектанта и Одговорног извођача радова термотехнике, термоенергетике, процесне и гасне технике. Поред лиценци Инжењерске коморе Србије, поседује и међународни IRCA сертификат за екстерног оцењивача система квалитета у складу са стандардом ISO 9001:2015, као и сертификате за визуелни преглед заверених спојева (VT2), испитивање хемијског састава материјала методом PMI и статичку и динамичку анализу система цевовода применом софтвера Caesar II. Упоредо са сталним запослењем слуша наставу и полаже испите на докторским студијама, ради на експерименту за израду докторске дисертације и пише радове за научне часописе у којима је првоименована или коаутор. Течно говори енглески језик, а служи се руским језиком.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидаткиња је уписала докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2010/2011. године, са поновним уписом 2017/2018. године. Током докторских студија положила је све предмете одређене наставним планом и програмом и успешно одбранила Пројекат идеје докторске дисертације пред три члана комисије. Тренутни статус кандидаткиње у складу је са Законом о високом образовању Републике Србије. У складу са чланом 15. Правилника о докторским студијама Машинског факултета у Београду, кандидаткиња **Загорка М. Брат** је остварила укупно 120 ЕСПБ бодова, чиме је испунила основни услов да пријави докторску дисертацију. Просечна оцена кандидата током докторских студија је 9,86 (девет и 86/100). У даљем тексту дата је табела у којој су наведени положени премети, предметни наставници, остварени ЕСПБ бодови и добијене оцене.

Број	Назив предмета	Предметни наставник	Семестар и ЕСПБ	Оцена
1.	Виши курс математике	Проф. др Стојан Раденовић	1/5	10 (десет)
2.	Нумеричке методе	Проф. др Миодраг Спалевић	1/5	9 (девет)
3.	ОМНИРИК	Проф. др Милош Недељковић	1/5	10 (десет)
4.	Горива и посебна поглавља из сагоревања	Проф. др Драгослава Стојиљковић	1/5	10 (десет)
5.	Истраживање и публикавање 1	др Владимир Јовановић, доцент	1/10	10 (десет)
6.	Одабрана поглавља из механике флуида	Проф. др Светислав Чантрак	2/5	9 (девет)
7.	Екологија сагоревања	Проф. др Драгослава Стојиљковић	2/5	10 (десет)
8.	Истраживање и публикавање 2	Проф. др Драгослава Стојиљковић	2/15	10 (девет)

9.	Управљање отпадом	Проф. др Александар Јововић	2/5	10 (десет)
10.	Истраживање и публиковање 3	др Небојша Манић, ван. проф.	3/20	10 (десет)
11.	Истраживање и публиковање 4	др Владимир Јовановић, доцент	4/8	10 (десет)
12.	Енергетска ефикасност у индустрији	Проф. др Дејан Радић	3/5	10 (десет)
13.	Емисије из индустријских процеса	Проф. др Дејан Радић	3/5	10 (десет)
14.	Пројекат идеје докторске дисертације	Проф. др Драгослава Стојиљковић	4/22	10 (десет)

Кандидат је аутор је и коаутор два научно-стручна рада, објављених у часописима М22 и М23 категорије, и једне публикације са међународног скупа објављене у изводу категорије М34.

1.3 Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми

Научни рад	Категорија*
Manić, N., Jovanović, V., Stojiljković, D., Brat, Z. : Application of Different Turbulence Models for Improving Construction of Small-Scale Boiler Fired by Solid Fuel, Thermal Science, 21, 2017, pp. 809-823, doi: 10.2298/TSCI160627017M	M22
Brat, Z. , Manić, N., Stojiljković, D., Trninić. M.: Application of different k-epsilon turbulence models on combustion process modelling in small-scale pellet stoves for household heating, Progress in computational fluid dynamics, 19, 2019, pp. 180-190, doi: 10.1504/PCFD.2019.099592.	M23
Brat, M.Z. , Manić.G.N., Trninić R.M., Stojiljković D.D., Jovović, M.A.: Modeliranje procesa devolatilizacije mešavina uglja i otpadne gume primenom kinetičke analize zasnovane na WMR i TGA eksperimentima, Konferencija „Elektrane“, Zlatibor, 2018.	M34

* Према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

Наведене референце показују да је кандидаткиња овладала методама моделирања турбуленције процеса сагоревања, експерименталног испитивања горива применом термогравиметријских метода, као и евалуације добијених података у циљу прецизније карактеризације горива и оценое његове подобности за примену у енергетске сврхе, због чега су одређивани и кинетички параметри термохемијских процеса конверзије.

1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Својим досадашњим истраживачким активностима кандидаткиња **Загорка М. Брат** је испољила потребан квалитет, заинтересованост, способност и стручност за научни и истраживачки рад. Публиковани и изложени радови у часописима и на конференцији указују на потенцијале кандидаткиње да се бави како теоријским, тако и сложеним експерименталним истраживањима.

С обзиром да су досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидаткиње суштински повезани са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације, комисија сматра да кандидаткиња има научно-стручну усмереност у области које покрива предложена тема.

На основу биографских података кандидаткиње, положених испита на докторским студијама, њених научних и стручних активности, афинитета, исказаног интересовања, као и објављених радова, Комисија закључује да кандидаткиња **Загорка М. Брат** испуњава потребне услове и да је оспособљена за успешан самостални теоријски и експериментални рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. ПРЕДМЕТ РАДА

Предмет докторске дисертације је кинетичка анализа процеса пиролизе мешавина лигнита са биомасом или отпадом различитих структура применом изоконверзионих и „*model based*“ кинетичких метода, сопствено развијених и комерцијалних софтвера (NETZSCH Kinetics Neo), као и различитих експерименталних инсталација – термогравиметријски анализатор (TGA) и реактор са усијаном мрежицом (WMR). Процес пиролизе, као прва фаза процеса сагоревања горива, представља процес деволатилизације горива који зависи од различитих карактеристика горива (хемијски састав и гранулација горива), карактеристика процеса (брзина загревања, температура и атмосфера) и конструкције ложишта (зона увођења горива у ложиште, начин сагоревања), и као такав значајно утиче на ефикасност целокупног процеса сагоревања. Потенцијал биомасе у обновљивим изворима енергије у Републици Србији процењен је на 61 %, од чега се у енергетске сврхе користи око 67 % расположиве дрвне биомасе и свега око 2 % пољопривредне биомасе. Због великих процењених доступних количина, упоредо са повољним термичким карактеристикама у погледу вредности топлотне моћи које одговарају вредностима топлотних моћи мрких угљева, као и нулте емисије CO₂, употреба биомасе за косагоревање у енергетици разматра се као потенцијално решење. Заменом дела лигнита биомасом или отпадом очекује се постизање смањења емисија гасова стаклене баште (GHG) из процеса сагоревања лигнита, смањења енергетског интензитета, остваривање уштеда у потрошњи фосилних горива и смањења насталих количина отпада. Примена TGA и WMR експерименталних метода за симулацију процеса пиролизе позната је при испитивању угљева и биомасе и отпада појединачно, док понашање мешавина горива различитих структура у анализираним условима није довољно истражено. За експериментална испитивања коришћени су лигнити костолачког и колубарског угљеног басена у мешавинама са две врсте полимерних

материјала различитих хемијских структура: талог кафе - SCG (биомаса) и гранулат отпадних пнеуматика – WRG (отпад). Примена отпадних пнеуматика се разматра због својих повољних својстава у погледу вредности топлотне моћи која одговара топлотној моћи високо квалитетних угљева (једна тона отпадне гуме еквивалентна је тони квалитетног угља или 0,7 тона уља за ложење).

3. НАУЧНИ ЦИЉ РАДА

Циљ израде предложене докторске дисертације је карактеризација процеса пиролизе мешавина лигнита са биомасом и отпадом, као и дефинисање утицаја врсте и масених удела биомасе и отпада, врсте лигнита и примењене експерименталне методе на кинетичке параметре процеса пиролизе применом различитих изоконверзионих и „*model based*“ кинетичких метода. За анализирани процес пиролизе израђује се математички модел који се потврђује на основу резултата спроведених експерименталних испитивања.

На основу резултата термичких анализа спроведених применом термогравиметријског анализатора и реактора са усијаном мрежицом, могуће је одредити кинетичке параметре процеса пиролизе горива, као што су енергија активације и пред-експоненцијални фактор, применом различитих изоконверзионих метода. Добијени резултати могу се поредити са резултатима стандардне техничке анализе горива, при чему се применом TGA методе остварује већа тачност услед истовременог мерења различитих параметара техничке анализе. Различите експерименталне методе коришћене су у циљу истраживања утицаја брзине загревања на синергетско, односно адитивно деловање компоненти мешавина у случају различитих брзина загревања и времена за одвијање реакција. С обзиром да се применом TGA узорак загрева до коначне температуре брзинама загревања 10, 15 и 20 °C/min, које су значајно ниже од брзина загревања у реалним условима, омогућено је описивање појединачних фаза разлагања материјала, односно дефинисање његове структуре и опсега температура за одвијање хемијских реакција у реалним условима. WMR метода за симулацију процеса „флеш“ пиролизе због великих брзина загревања (процес пиролизе са брзинама загревања > 1000°C/s), у односу на TGA, више одговара реалним условима сагоревања, при чему се испољава различито понашање мешавина. Дефинисане карактеристичне температуре процеса пиролизе, као почетне фазе сагоревања, симулираног применом различитих експерименталних метода, користе се за оптимизацију процеса сагоревања у ложиштима енергетских котлова, што је посебно важно приликом коришћења мешавина угља са биомасом или отпадом. Осим утицаја примењених експерименталних и различитих изоконверзионих и „*model based*“ метода, истраживан је и утицај биомасе и отпада и њихове структуре на понашање мешавина, чиме се омогућава потврда формираног математичког модела који описује понашање двокомпонентних мешавина у реалним условима косагоревања.

4. ПОЛАЗНА ХИПОТЕЗА ИСТРАЖИВАЊА

Карактеризација процеса пиролизе угља применом термичких анализа представља развијену технику, која се, уз претпоставку да угљак представља доминантну компоненту

мешавине, може користити и за карактеризацију процеса пиролизе мешавина угља и биомасе и отпада одговарајућих карактеристика.

TGA се показала нарочито погодном за испитивање различитих врста полимерних материјала, што се може искористити за анализу понашања мешавина лигнита и одабраних полимерних материјала - SCG и WRG. С друге стране, TGA због примењених малих брзина загревања не описује реалне услове сагоревања у ложиштима енергетских котлова, што захтева примену WMR инсталације која ради са великим брзинама загревања и поређење добијених резултата ради дефинисања утицаја брзине загревања на понашање мешавина. Приликом испитивања, полази се од претпоставке да су формиране мешавине хомогене и са тачно дефинисаним концентрацијама отпада у формираним узорцима, при чему је понашање мешавина условљено примењеним брзинама загревања (примењеном методом), као и врстом и масеним уделом биомасе и отпада. Добијени резултати кинетичке анализе могу се користити за дефинисање математичког модела којим се описује понашање мешавина у различитим условима и омогућава оптимизацију реалног процеса копиризације, уштеду у примени фосилних горива, повећање енергетске ефикасности и смањење енергетског интензитета, као и смањење емисије GHG и расположивих количина отпада. Извођење ових резултата даје значајан научни допринос у погледу детаљног истраживања утицаја различите врсте и масеног удела биомасе и отпада на понашање мешавина са лигнитима, при чему се добијени резултати могу користити и за решавање постојећих практичних проблема у домаћој енергетици.

У наставку се наводи литература која обухвата проблематику која је утицала на покретање истраживања предвиђених у овој докторској дисертацији:

- [1] P.Jovančić, M.Tanasijević, D.Ivezic, *Serbian energy development based on lignite production*, Energy Policy, 39 (2011), pp.1191-1199
- [2] A.M.Carpenter, N.M.Skorupska, *Coal Combustion – Analysis and testing*, IEA CR/64, November 1993, IEA Coal Research, London
- [3] G.R.Gavalas, *Coal Pyrolysis*, Elsevier Scientific Publishing Company, 1982.
- [4] X.Li, V.Strezov, T.Kan, *Energy recovery potential analysis of spent coffee grounds pyrolysis products*, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Vol. 110 (2014), pp.79-87
- [5] P.Basu, *Biomass gasification, pyrolysis and torrefaction – Practical Design and Theory*, Second edition, Academic Press, 2013
- [6] S.Wang, Z.Luo, *Pyrolysis of Biomass*, Green Alternative Energy Resources, Vol.1, 2017
- [7] Biomass in the energy industry – An introduction, Energy Bioscience Institute, 2014
- [8] T.Heinze, *Polysaccharides I – Structure, characterization and use*, Advances in Polymer Science, Vol.186, Springer-Verlag, 2005
- [9] Rubber Chemistry, Matador Rubber s.r.o., 2007
- [10] N.K.Dutta, P.P.De; N.R.Choudhury, *Thermal Analysis of Rubbers and Rubbery Materials*. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, UK: Rapra Technology Ltd, 2010

- [11] P.K.Gallagher, *Handbook of thermal analysis and calorimetry*, Vol.1, Principles and practise, Elsevier Science B.V., 1998
- [12] D.A.Tillman, D.N.B.Duong, N.Stanley Harding, *Solid Fuel Blending: Principles, Practices, and Problems*, Elsevier Inc., 2012
- [13] A.A.Jain, A.Mehra, V.V.Ranade, *Processing of TGA data: Analysis of isoconversional and model fitting methods*, Fuel, Vol. 165 (2016), pp.490-498
- [14] V.I.Dybkov, *Chemical kinetics*, IPMS Publications, Kyiv, 2013
- [15] S.Vyazovkin, K.Chrissafis, M.L.Di Lorenzo, N.Koga, M.Pijolat, B.Roduit, N.Sbirrazzuoli, J.J.Sunol, *ICTAS Kinetics Committee recommendations for collecting experimental thermal analysis data for kinetic computations*, Thermochimica Acta, Vol. 590 (2014), pp.1-23
- [16] S.Vyazovkin, A.K.Burnham, J.M.Criado, L.A.Perez-Maqueda, C.Popescu, N.Sbirrazzuoli, *ICTAS Kinetics Committee recommendations for performing kinetic computations on thermal analysis data*, Thermochimica Acta, Vol. 520 (2011), pp.1-19
- [17] E.Moukhina, *Determination of kinetic mechanisms for reaction measured with thermoanalytical instruments*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol.109 (2012), pp.1203-1214
- [18] I.Fedunik-Hofman, A.Bayon, S.W.Donne, *Kinetics of Solid-Gas Reactions and Their Application to Carbonate Looping Systems*, Energies, Vol.12 (2019), Iss.15, pp.2981
- [19] J.Cai, W.Wu, R.Liu, *Isoconversional Kinetic Analysis of Complex Solid-State Processes: Parallel and Succesive Reactions*, Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol.51 (2012), pp.16157-16161
- [20] J.Yan, H.Jiao, Z.Li, Z.Lei, Z.Wang, S.Ren, H.Shui, S.Kang, H.Yan, C.Pan, *Kinetic analysis and modeling of coal pyrolysis with model-free methods*, Fuel, Vol.241 (2019), pp.382-391
- [21] J.Fermoso, O.Mašek, *Thermochemical decomposition of coffee ground residues by TG-MS: A kinetic study*, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Vol.130 (2018), 358-367
- [22] J.D.Martinez, N.Puy, R.Murillo, T.Garcia, M.V.Navarro, A.M.Mastral, *Waste tyre pyrolysis – A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vo.23 (2013), pp.179-213
- [23] T.Maneras, J.Herrera, R.Romero, P.Osorio, L.E.Artega-Perez, *Waste tires pyrolysis kinetics and reaction mechanism explained by TGA and Py-GC/MS under kinetically-controlled regime*, Waste Management, Vol.102 (2020), pp.21-29
- [24] S.De, M.Assadi, *Impact of cofiring biomass with coal in power plants – A techno-economic assessment*, Biomass and Bioenergy, Vol. 33 (2009), pp.283-293
- [25] M.Varol, A.T.Atimtay, B.Bay, H.Olgun, *Investigation of co-combustion characteristics of low quality lignite coals and biomass with thermogravimetric analysis*, Thermochimica acta, Vol. 510 (2010), pp.195-201

- [26] L.Xiang-Guo, M.Bao-guo, X.Li, H.Zhen-wu, W.Xin-gang, *Thermogravimetric analysis of the co-combustion of the blends with high ash coal and waste tyres*, *Thermochimica Acta*, Vol. 441 (2006), pp.79-83

У литератури [1] сумиране су резерве и планови експлоатације лигнита у различитим угљеним басенима Републике Србије као и планови развоја енергетике базирани на изградњи нових блокова постојећих термоенергетских постројења у чијим ложиштима се сагорева лигнит. Могућности примене лигнита дефинишу се на основу резултата испитивања чији су општи принципи испитивања методологија даље приказани у [2] и [3], уз увођење претпоставке о могућности примене мешавина лигнита, биомасе и отпада које се додатно испитују у складу са наведеним поступцима. Проширивање методологије уследило је применом литературе [4-8] за карактеризацију биомасе и [9-10] за карактеризацију отпада. Анализа процеса термохемијске конверзије испитиваних горива и мешавина обухваћена је литературом [11], при чему је само формирање мешавина описано у литератури [12], где су дефинисане и најчешће методе припреме мешавина, начина увођења у ложишта, принципа косагоревања као и практичних проблема који се јављају применом наведених решења. Детаљна анализа термичког разлагања материјала обухваћена је истраживањем хемијске кинетике, чије су методе сумиране у литератури [13-20] и обухватају разматране изоконверзионе („*model free*“) и „*model based*“ кинетичке методе чији резултати ће бити коришћени за потврду дефинисаног кинетичког модела процеса пиролизе. Литература [21-23] анализира процесе пиролизе појединачне биомасе и отпада применом TGA методе, док [24-26] даје различите резултате анализе процеса косагоревања угља, биомасе и отпада. Услед постојања разлика у дефинисаним закључцима и резултатима различитих истраживања понашања мешавина лигнита са различитим врстама биомасе и отпада, уочен је простор за проширење методологије и израду кинетичког модела процеса копиризе мешавина лигнита, биомасе и отпада који ће описати реалан процес копиризе као почетне фазе сагоревања.

5. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

За потребе експерименталних истраживања користиће се стандардни поступци термичких анализа применом различитих лабораторијских инсталација - TGA произвођача NETZSCH, типа STA449F5 Jupiter® за симулацију процеса споре пиролизе, као и посебно развијена лабораторијска инсталација – WMR, за симулацију поступка „тренутне“ пиролизе. Симулација наведених поступака пиролизе спроводиће се у контролисаној инертној атмосфери азота, при различитим задатим брзинама загревања (TGA), односно улазним напонима (WMR) потребним за достизање задате температуре потпуне деволатилизације узорака мешавина. Разлика у наведеним методатама огледа се у брзинама загревања до задате вршне температуре процеса пиролизе, при чему ће се TGA инсталација користити за симулацију поступка споре пиролизе са брзинама загревања 10, 15 и 20 °C/min, док ће се за симулацију поступка „флеш“ пиролизе са брзинама загревања већим од 1000 °C/s користити WMR метода.

Добијени резултати биће обрађивани помоћу Proteus® софтвера обезбеђеног од стране произвођача, као и MatLab® кодова развијених у Лабораторији за горива и сагоревање и комерцијалног софтвера NETZSCH Kinetics Neo. Анализа хемијске кинетике симулираних процеса пиролизе биће спроведена применом изоконверзионих метода, а свеобухватно моделирање процеса уз помоћ одговарајућих применљивих „*model based*“ метода у зависности од показаних карактеристика процеса пиролизе мешавина. Валидација резултата

моделирања биће извршена поређењем са експериментално добијеним резултатима на TGA и WMR.

6. ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА И НАУЧНИ ДОПРИНОС

- Дефинисање утицаја врсте материјала (биомасе и отпада), масеног удела и врсте лигнита на кинетичке параметре процеса пиролизе мешавина;
- Дефинисање утицаја брзине загревања, односно примењене методе на кинетичке параметре процеса пиролизе мешавина;
- Дефинисање и валидација кинетичког модела за описивање процеса пиролизе мешавина као и параметарска анализа утицајних величина (брзина загревања, вршна температура, масени удео).

7. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

План истраживања у оквиру теме докторске дисертације састоји се из следећих фаза:

Предложена докторска дисертација оквирно ће садржати следећа поглавља:

- Увод;
- Карактеристике материјала и значај формирања мешавина;
 - Угаљ;
 - Биомаса;
 - Гума;
- Пиролиза;
 - Процес пиролизе;
 - Пиролиза угља;
 - Пиролиза биомасе;
 - Пиролиза гуме;
 - Методе за испитивање процеса пиролизе;
 - TGA;
 - WMR;
 - Хемијска кинетика процеса пиролизе;
- Експериментална испитивања;
 - Узорци;
 - Методе процеса пиролизе;
- Моделирање процеса пиролизе;
- Анализа резултата;
- Закључак и предлог за наставак истраживања.

8. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом пријаве теме кандидаткиње **Загорке М. Брат**, магист. инж. маш., Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме закључује да је предложена тема изузетно актуелна и одговарајућа за израду докторске дисертације, као и да кандидаткиња испуњава све предвиђене услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета, при чему поседује истраживачке способности за рад на докторској дисертацији. Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидаткињи **Загорки М. Брат**, магист. инж. маш. студенту Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, одобри израда докторске дисертације под називом:

„Моделирање кинетике процеса пиролизе мешавина лигнита са биомасом и отпадом“.

Тема припада области техничких наука – машинство, ужој научној области – Технологија материјала - погонски материјали и сагоревање, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан. За ментора ове докторске дисертације предлажу се проф. др Драгослава Стојиљковић, дипл. инж. маш., редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду и др Небојша Манић, дипл. инж. маш., ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд, 05.03.2021.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Александар Јововић, редовни професор

др Владимир Јовановић, доцент

др Бојан Јанковић, виши научни сарадник,
Универзитет у Београду, ИНН Винча Београд

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 215/2
Датум: 11.02.2021. године
Београд, Краљице Марије бр.16

На основу члана 64. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1450/4 од 14.06.2018. године и члана 20. а сагласно члану 29. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду од 24.05.2016.г., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној дана 11.02.2021. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Именују се **др Драгослава Стојиљковић, редовни професор и др Небојша Манић, ванр. проф.** за менторе докторске дисертације **„Моделирање кинетике процеса пиролизе мешавина лигнита са биомасом и отпадом“** кандидата **Загорке Брат, MSc.**, студента докторских студија.

Одлуку доставити: ментору, докторанту и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић