

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/141

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

12.04.2019.

(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:

Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Стефан (Милорад) Павловић

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

Мастер студије, Хемијско инжењерство

Универзитет у Источном
Сарајеву, Технолошки
факултет Зворник, БИХ

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2016.

4. Година уписа на докторске студије: 2016.
-

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хемијско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Љиљана Мојовић

Звање: Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **L. Mojović**, S. Nikolić., M. Rakin, M. Vukašinović (2006) Production of bioethanol from corn meal hydrolyzates, *Fuel*, **85** (12-13) 1750-1755. ISSN: 0016-2361; IF(2006)=1.358.
2. S. Nikolić, **L. Mojović**, M. Rakin, D. Pejin, J. Pejin (2010) Ultrasound-assisted production by simultaneous saccharification and fermentation of corn meal. *Food Chemistry*, **122** (1) 216-222. ISSN: 0308-8146; IF(2010)=3.458.
3. **L. Mojović**, D. Pejin, M. Rakin, J. Pejin, S. Nikolić, A. Djukić-Vuković, (2012) How to improve the economy of bioethanol production in Serbia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **16** (8) 6040-6047, ISSN 1364-0321; IF(2012)=5.627
4. A. Đukić-Vuković, **L. Mojović**, B. Jokić, S. Nikolić, J. Pejin, (2013). Lactic acid production on liquid distillery stillage by *Lactobacillus rhamnosus* immobilized onto zeolite, *Bioresource technology*, 135 (May 2013) 454-458. (ISSN 0960-8524) IF(2013)=5.039 (Agricultural Engineering: 1/12)
5. Đukić-Vuković, B. Jokić, S. Kocić-Tanackov, J. Pejin, **L. Mojović** (2016). Mg-modified zeolite as a carrier for *Lactobacillus rhamnosus* in L (+) lactic acid production on distillery wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 59, 262–266. (ISSN 1876-1070) IF(2016)=4.217 (Engineering, Chemical: 16/135)
6. Ž. Kesić, I. Lukić, M. Zdujić, **L. Mojović**, D. Skala, (2016) Calcium oxide based catalysts for biodiesel production: A review , Review Paper, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly CICEQ*, 22 (4) 391-408, ISSN 1451-9372, IF(2016)=0.664.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

Име и презиме ментора: др Далибор Маринковић

Звање: Научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. *Dalibor M. Marinković*, Marija R. Miladinović, Jelena M. Avramović, Ivan B. Krstić, Miroslav V. Stanković, Olivera S. Stamenković, Dušan M. Jovanović, Vlada B. Veljković, Kinetic modeling and reaction optimization of sunflower oil methanolysis catalyzed by spherically-shaped $\text{CaO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalyst, *Energy Conversion and Management*, 163 (2018) 122-133, (IF 2017 6,377; ISSN 0196-8904). DOI: 10.1016/j.enconman.2018.02.048.
2. *Dalibor M. Marinković*, Jelena M. Avramović, Miroslav V. Stanković, Olivera S. Stamenković, Dušan M. Jovanović, Vlada B. Veljković, Synthesis and characterization of spherically-shaped $\text{CaO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalyst and its application in biodiesel production, *Energy Conversion and Management*, 144 (2017) 399-413, (IF 2017 6,377; ISSN 0196-8904). DOI: 10.1016/j.enconman.2017.04.079.
3. *Dalibor M. Marinković*, Miroslav V. Stanković, Ana V. Veličković, Jelena M. Avramović, Marija R. Miladinović, Olivera O. Stamenković, Vlada B. Veljković, Dušan M. Jovanović, Calcium oxide as a promising heterogeneous catalyst for biodiesel production: Current state and perspectives, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 56 (2016) 1387-1408, (IF 2017 9,184; ISSN 1364-0321). DOI: 10.1016/j.rser.2015.12.007.
4. Zoran Popović, Ivan Souček, *Dalibor Marinković*, Ozren Jocić, Viability of newly developed processes for catalytic conversion of bio-glycerin into various “green chemicals” and development opportunities for Serbia, *Journal of Applied Engineering Science*, 14 (3): (2016) 409-421. ISSN 1451-4117. DOI:10.5937/jaes14-9551.
5. *Dalibor Marinković*, Zoran Popović, Aleksandar Orlović, Mirjana Ristić, Modeling of motor fuel consumption in Serbia, with projection to 2025, *Hemijska industrija*, 66 (3): (2012) 413-423, (IF 2017 0,591, ISSN 0367-598X), DOI: 10.2298/HEMIND110224105M.

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 11.04.2019. године размотрило предложену тему и закључило да је
тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја
за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

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

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

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 43. Правилника о докторским студијама ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 11.04.2019. године, донета је

О Д Л У К А

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

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Стефану Павловићу**, мастер хемијском инжењеру, под називом: „**Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља**“.

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

За менторе се одређују др Љиљана Мојовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Далибор Маринковић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Центар за катализу и хемијско инжењерство, уз сагласност Комисије за докторске студије.

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Стефана М. Павловића, мастера хемијског инжењерства**, за израду докторске дисертације

На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета одржаној 07.03.2019. године, одлуком број 35/89, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Стефана М. Павловића, мастера хемијског инжењерства**, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља”**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи:

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Стефан (Милорад) Павловић је рођен 31. октобра 1992. године у Београду. Основну и средњу школу завршио је у Бијељини (Република Српска). Технолошки факултет, Универзитета у Источном Сарајеву уписао је школске 2011/2012. године и дипломирао са средњом оценом 9,89. Дипломски рад под називом *„Моделовање дестилационих колона”* одбранио је 09. 07. 2015. године са оценом 10. Школске 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014 и 2014/2015 године проглашаван је за најбољег студента године, а основне академске студије је завршио као студент генерације.

Мастер академске студије на Технолошком факултету, Универзитета у Источном Сарајеву уписао је школске 2015/2016. године и завршио са средњом оценом 10,00. Мастер рад под називом *„Утицај динамике струјања и температуре на састав и конверзију масних киселина у процесу хидрогеновања сунцокретовог уља”* одбранио је 17. 10. 2016. године са оценом 10. Средња просечна оцена Стефана М. Павловића на основним и мастер академским студијама је 9,95.

Школске 2016/2017. године на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду уписао је прву годину докторских академских студија – студијски програм Хемијско инжењерство. Завршио је другу годину докторских академских студија и положио све испите предвиђене планом и програмом са средњом оценом 10,00. Школске 2017/2018. године уписао је трећу годину докторских академских студија. Докторска дисертација кандидата је из области хетерогене катализе и каталитичког реакционог инжењерства, а реализација експерименталног дела се одвија у лабораторијама Центра за катализу и

хемијско инжењерство (НУ Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја, Универзитет у Београду), где је и запослен у истраживачком звању истраживач-приправник.

У досадашњем научно-истраживачком раду кандидат Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства, био је ангажован на научно-истраживачким пројектима из области основних истраживања и технолошког развоја које је финансирало Министарство науке и технологије Републике Српске, као и на Пројекту билатералне сарадње између Републике Српске и Републике Словеније. Кандидат је учествовао на више научних скупова националног и међународног значаја. Објавио је више научних и стручних радова штампаних у врхунским часописима националног значаја, као и у зборницима радова саопштених на научним скуповима међународног значаја штампаних у целини. Коаутор је рада објављеног у тематском зборнику међународног значаја, као и једног универзитетског уџбеника.

Током основних академских студија стицао је практичне вештине обављајући индустријску праксу у секторима ваздухопловне и хемијске индустрије: Завод за ремонт турбо-млазних мотора Орао (Бијељина), Фабрика глинице Алумина (Зворник), Рафинерија нафте Брод (Брод) и Рафинерија уља Модрича (Модрича). У оквиру стручних посета и обука кандидат Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства, је боравио у више иностраних индустријских привредних субјеката као што су: *Chemie Site-Chemie Park Marl* (Немачка), *Vereinigte Fettwarenindustrie GmbH* (Аустрија), *Expandable Polystyrene (EPS) Producer* (Грчка) и *Sajababony Chemical Industrial Park* (Мађарска).

Као носилац је стипендије Централно-европског програма за размену универзитетског особља (СЕЕРУС) између Републике Србије и Републике Хрватске, 2018. године боравио је на Прехрамбено-технолошком факултету, Универзитета Јосип Јурај Штросмајер у Осиеку. Током боравка учествовао је у реализацији експеримената који су се односили на синтезу и проверу каталитичке активности слојевитих двоструких хидроксида типа хидроталцита као катализатора за производњу биодизела и развијању методе за анализу метил-естара масних киселина методом течне хроматографије високих перформанси (HPLC).

Као асистент на Технолошком факултету у Зворнику, Универзитета у Источном Сарајеву био је ангажован у извођењу наставе на основним академским студијама на следећим предметима: Физичка хемија 1 и Физичка хемија 2 (школске 2013/2014 и 2014/2015 године). Школске 2015/2016, 2016/2017 и 2017/2018 године био је ангажован у извођењу наставе и реализацији лабораторијских и рачунских вежби на следећим предметима: Механичко процесно инжењерство, Топлотно и дифузионо процесно инжењерство и Основе реакцијског инжењерства у својству сарадника у настави на Технолошком факултету у Зворнику, Универзитета у Источном Сарајеву. У академској 2018/2019 години радно је ангажован као сарадник у настави на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, где обавља активности у реализацији вежби на предмету Биотехнолошки практикум.

Област научног интересовања Стефана М. Павловића, мастера хемијског инжењерства, је усмерена на хемијско-инжењерске процесе са посебним освртом на инжењерску термодинамику и каталитичко реакционо инжењерство. У инжењерској термодинамици кандидат је проучавао различите физичке и хемијске процесе примењујући упрошћене термодинамичке методе, вршио прорачуне термодинамичких величина, развијао и оптимизовао физичке методе раздвајања различитих флуидних система, као и термодинамичке прорачуне размене топлоте и масе за одабране физичке и хемијске процесе. У оквиру истраживања у областима инжењерске термодинамике и јединичних операција које налазе примену у хемијском инжењерству Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства, је објавио више радова у врхунским часописима националног значаја. У области каталитичког реакционог инжењерства проучавао је различите каталитичке системе у циљу повезивања фундаменталних знања хетерогене катализе и каталитичких процеса везаних за дизајнирање и рад хемијских реактора. Посебну пажњу у овој научној области је

посветио синтези и карактеризацији катализатора који се користе сложеним процесима каталитичког парцијалног хидрогеновања јестивих биљних уља, као и процесима метанације који се користе за производњу биогаса.

Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства, је добитник плакете Универзитета у Источном Сарајеву за резултате које је постигао у образовном и педагошком раду на Технолошком факултету. Члан је Српског хемијског друштва и Клуба младих хемичара Србије. На шестој Конференцији младих хемичара Србије одржаној у Београду 2018. године за постер презентацију рада „*Preparation of zeolite from coal fly ash as waste raw material*” освојио је прву награду. Кандидат течно говори немачки и енглески језик (чита и пише).

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства, је научно-истраживачки рад у оквиру докторских академских студија започео 2016. године у Институту за хемију, технологију и металургију, Центру за катализу и хемијско инжењерство, Универзитета у Београду, где је од 01.06.2018. године запослен као истраживач-приправник на пројекту интегралних и интердисциплинарних истраживања под називом „Наноструктурни функционални и композитни материјали у каталитичким и сорпционим процесима” који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (ИИИ 45001, руководиоца пројекта др Предраг Банковић, научни саветник). Од 1. јануара 2019. године члан је истраживачког тима на заједничком пројекту међуакадемске билатералне сарадње између Републике Србије (Српска академија наука и уметности-САНУ, српски партнер-ИХТМ-ЦКХИ) и Републике Бугарске (Бугарска академија наука, бугарски партнер-Институт за катализу) под називом „Материјали слојевите структуре као прекурсори наночестичних каталитичких система за примену у процесима производње чистих алтернативних горива и здраве хране” за период 2017-2019. (руководилац пројекта др Мирослав Станковић, научни саветник). У оквиру реализације пројекта на којима је ангажован научна активност кандидата усмерена је на синтезу и карактеризацију нових типова катализатора и могућност њихове примене у различитим процесима, са посебним освртом на процесе у области хетерогене катализе који укључују валоризацију отпадне биомасе и производњу биогорива. Кандидат је у оквиру пројекта на којима је ангажован остварио значајан допринос у реализацији задатака предвиђених планом и програмом, показао велику способност, висок степен креативности и иновативности, висок ниво колегијалности, склоност ка тимском раду, али и самосталност у истраживачком раду. У свом досадашњем раду, кандидат је показао изузетну склоност доброг организовања експерименталног рада, припреме експерименталних инсталација, као и извођење експеримената који се односе на синтезу каталитичких материјала и њихову карактеризацију. У експерименталном раду, Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства је са успехом савладао различите поступке синтезе чврстих каталитичких материјала и њихове карактеризације на софистицираним инструментима за одређивање хемијских, структурно-морфолошких, текстуалних и каталитичких својстава чврстих материјала. На основу приказаних референци у библиографској листи уочава се да је кандидат и доста раније стекао знања о основним принципима и методологији научно-истраживачког рада.

Током докторских академских студија, кандидат је положио све предмете (укупно 13) предвиђене планом и програмом докторских академских студија просечном оценом 10,00 и освојених 82 ЕСПБ. 25.09.2018. године, кандидат је одбранио Завршни испит под називом „*Кисело-базна катализа у процесима производње биодизела*“ пред комисијом у саставу: др Љиљана Мојовић, редовни професор ТМФ-а, др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор ТМФ-а и др Борис Лончар, редовни професор ТМФ-а.

Положени испити на докторским академским студијама су:

Редни број	Шифра предмета	Назив предмета	ЕСПБ	Оцена
1.	ДЗМЗ	Математичка обрада експерименталних података	5	десет (10)
2.	ДФПЗ	Феномени преноса у инжењерству материјала	5	десет (10)
3.	Д1011	Хемијска кинетика	5	десет (10)
4.	ДТЗ	Термодинамика чврстог стања	5	десет (10)
5.	Д193	Хетерогена катализа	4	десет (10)
6.	Д174	Физика материјала	4	десет (10)
7.	Д124	Биомаса као извор енергије	4	десет (10)
8.	Д103	Биохемијска кинетика	5	десет (10)
9.	14Д164	Процеси под високим притисцима	5	десет (10)
10.	14Д136	Зелена хемија	5	десет (10)
11.	Д113	Одабрана поглавља пројектовања у хемијској индустрији	5	десет (10)
12.	ДЦЕНГ	Енглески језик	допунски испит	десет (10)
13.	ДЗИ	Завршни испит	30	десет (10)
			Укупно ЕСПБ	Просечна оцена
			82	10,00

Списак објављених научних радова и саопштења

Рад у тематском зборнику међународног значаја (М14)

1. Ljubica Vasiljević, **Stefan Pavlović**, *Biodegradable Polymers Based on Proteins and Carbohydrates*, In Book: *Advances in Applications of Industrial Biomaterials*, Springer Verlag, Berlin, 2017, pp. 87-101, doi: 10.1007/978-3-319-62767-0_5

Објављен уџбеник (П31)

2. Vladan Mičić, Branko Pejović, Milorad Tomić, **Stefan Pavlović**, *Razmjenjivači toplote- Inženjerski aspekti*, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet, 2017, ISBN 978-99955-81-25-1

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33)

3. Dalibor Marinković, **Stefan Pavlović**, Miroslav Stanković, *Deactivation Aspects of Methanolysis Catalysts Based CaO Loaded on Mesoporous Carrier*, 6th International Conference on Engineering, Environment and Materials in Processing Industry, Jahorina, 2019, pp. 59-64, doi: 10.725/EEMEN1901059M
4. **Stefan Pavlović**, Bojan Kostić, Dalibor Marinković, Margarita Gabrovska, Dimitrinka Nikolova, Davor Lončarević, Miroslav Stanković, *Structure and Morphology of Calcined Lanthanum Doped Hydrotalcite*, 14th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, 2018, pp. 653-656
5. Dalibor Marinković, Margarita Gabrovska, Dimitrinka Nikolova, **Stefan Pavlović**, Biljana Milovanović, Miroslav Stanković, *Synthesis and Characterization of Mixed Oxides Derivate*

from *Li Modified Mg-Al Hydrotalcite*, 14th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, 2018, pp. 657-660

6. Đurđa Oljača, Biljana Milovanović, **Stefan Pavlović**, Radenko Smiljanić, Zoran Obrenović, Radislav Filipović, *Zinc Removal from Bayer Liquor by Using Aluminium Hydroxide with Specific Structural Properties as Crystallization Agent*, 12th Conference of Chemists, Technologists, and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka, 2018, pp. 155-159
7. Ivan Ristić, Milovan Jotanović, Tamara Erceg, Ljubiša Nikolić, Suzana Cakić, Vladan Mičić, **Stefan Pavlović**, *Energy Efficient Poly(Lactide) Obtaining by Microwave Synthesis*, 10th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection, Bled, 2017, pp. 43-49
8. Miroslav Stanković, Jugoslav Krstić, Vojkan Radonjić, Davor Lončarević, Margarita Gabrovska, Dimitrinka Nikolova, **Stefan Pavlović**, *Effect of Nickel Salts on the Dispersion of Nickel and Reducibility of Supported Ni-Mg Catalyst Precursors by Precipitation-Deposition*, 13th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, 2016, pp. 223-226
9. **Stefan Pavlović**, Milovan Jotanović, Vladan Mičić, Biljana Milovanović, *Analysis, Modelling, and Design of Binary Distillation Systems*, 5th International Congress „Engineering, Environment and Materials in Processing Industry“, Jahorina, 2016. pp. 588-604
10. Pero Dugić, Zoran Petrović, **Stefan Pavlović**, Vojislav Aleksić, Biljana Milovanović, *Recycling of Oily Waste Packaging by Pyrolysis*, 3th International Conference on New Technology, Mostar, 2016, pp. 1-10
11. Vladan Mičić, Jurij Krope, Darko Goričanec, Milovan Jotanović, **Stefan Pavlović**, *Eksplotacija niskotemperaturnih energetskih izvora korišćenjem visokotemperaturne toplotne pumpe*, 8th International Conference Contemporary materials, Banja Luka, 2015
12. Milovan Jotanović, Vladan Mičić, Ivan Ristić, **Stefan Pavlović**, Jaroslava Budinski Simendić, *Fermentacija lignoceluloznih obnovljivih sirovina i proizvodnja vodonika*, 8th International Conference Contemporary materials, Banja Luka, 2015

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

13. Biljana Milovanović, Đurđa Oljača, **Stefan Pavlović**, Gordana Ostojić, Zoran Obrenović, *Alumina Production from Purified Bayer Liquor*, 26th Croatian Meeting of Chemists and Chemical Engineers, Šibenik, 2019, (апстракт прихваћен за презентовање 11.04.2019. године)
14. **Stefan Pavlović**, *Heat Utilization of Bayer Liquor by Using the High Temperature Heating Pump*, 1st International Environmental Conference, Zagreb, 2015, p. 9

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

15. **Stefan Pavlović**, Dalibor Marinković, Miroslav Stanković, Biljana Milovanović, *Preparation of Zeolite from Coal Fly Ash as Waste Raw Material*, 6th Conference of the Young Chemists of Serbia, Belgrade, 2018, p. 99
16. **Stefan Pavlović**, *Verification of McCabe-Thiele Method and Determination of Basic Parameters of Distillation by Using Software Packages MATLAB and ChemCAD for separating*

of mixture *n*-heptane-*n*-octane, 3th Conference of Young Chemists of Serbia, Belgrade, 2015, p.100

Рад у националном часопису међународног значаја (M24)

17. Milovan Jotanović, Vladan Mičić, **Stefan Pavlović**, *Hydrogen Production by Biomass Gasification*, *Zaštita materijala*, **58**(2), 2017, 228-234, doi: 10.5937/ZasMat1702228J

Рад у врхунском часопису националног значаја (M51)

18. Branko Pejović, Mitar Perušić, Mladen Ignjatović, Vladan Mičić, **Stefan Pavlović**, *O jednoj pogodnoj metodi optimizacije zavarenog sklopa*, *Tehnika*, **65**(6), 2016, 839-850, doi:10.5937/tehnika1606838P
19. Branko Pejović, Slavica Cvetković, Aleksandar Todić, Bogdan Ćirković, **Stefan Pavlović**, *Appendix to Rationally Designing of Machine Tools for Example of Universal Lathe*, *Tehnika*, **64** (2), 2015, 270-280

Рад у истакнутом националном часопису (M52)

20. Vladan Mičić, Branko Pejović, Mitar Perušić, **Stefan Pavlović**, Jelena Pavličević, Jaroslava Budinski Simendić, Milorad Andrić, *Proposal for Determining the Minimum Volume of the Reservoir for Characteristic Compressed Gases Based on the Concept of Maximum Work*, *Klimatizacija, grejanje, hlađenje*, **2**, 2018, 145-151

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Према резултатима оствареним на докторским академским студијама, бројним објављеним радовима, као и радовима из области предметне докторске дисертације (четири рада презентована на конференцијама у категорији M33 и један рад у категорији M64; један рад пријављен за међународни научни скуп (14th European Congress on Catalysis-EuropaCat 2019, Aachen, Germany) је у поступку рецензије, кандидат Стефан М. Павловић је показао способност и интерес за бављење научно-истраживачким радом. Висок ниво самосталности кандидата огледа се у проналажењу везе и повезивању досадашњих истраживања у изабраној области са експерименталним радом и креирању методологије рада. Поред тога, кандидат са великом пажњом и високим нивоом одговорности обавља све постављене задатке у задатом року. На основу биографских података, објављених научних радова, као и способности кандидата, Комисија је мишљења да је Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства, подобан за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Проналажење економски одрживих и еколошки прихватљивих решења за проблеме економских и еколошких изазова у креирању стратегије одрживог развоја са којима се сусрећу савремене друштвене заједнице у данашње време постају неопходност. Такви захтеви су нарочито последњих година условили интензивирања истраживања у области валоризације биомасе кроз каталитичке процесе за производњу еколошки обновљивих горива [1-4]. Темељно начело концепта одрживог развоја је остваривање одрживог развоја кроз заштиту животних ресурса и као такво усмерено је и на рационално искоришћавање енергије и материјала и коришћење контролних инструмената за заштиту и унапређење животне средине који укључују и контролу обима индустријског отпада у животној средини. Отпадни материјал настао сагоревањем угља у термоенергетским постројењима (електрофилтерски пепео (ЕФП) или летећи пепео (енг. *fly ash*)) доводи до загађења у

животним срединама где се његова одлагалишта налазе. Депоније пепела у овом тренутку представљају озбиљан еколошки проблем и захтевају велике напоре и економска средства друштвене заједнице у циљу сузбијања нагомилавања огромних количина овог индустријског отпада и његове успешне ремедијације [5-7]. Обећавајуће одрживо решење је валоризација угљених летећих пепела, што представља добит не само са еколошког већ и са економског аспекта када се узме у обзир чињеница да отпадни материјали могу постати корисне сировине за производњу других вредних материјала [8-10]. Међутим, у овом тренутку валоризоване количине овог отпада су занемарљиво мале и налазе примену углавном у индустрији грађевинског материјала као додатак цементу и бетонима [11], индустрији керамике и у изградњи путева. Из тог разлога последњих година спроведене су бројне студије како би се пронашли нови производи или процеси у којима би овај отпад могао да буде валоризован [12-14].

Хемијски састав отпадног летећег пепела у коме најзаступљенији елементи силицијум и алуминијум са мање заступљеним елементима Са, Fe, Na, K, Mg и Ti граде различите алумо-силикатне форме, које чине овај материјал погодним за валоризацију у циљу добијања новог материјала, зеолитног типа [15]. Зеолитни материјал погодних физичко-хемијских својстава, посебно у погледу специфичне површине и кристалне структуре, углавном се добија хидротермалним поступцима у специфичним реакционим условима у зависности од хемијске природе полазног материјала, што ће дефинисати како структуру, тако и природу насталог зеолитног материјал [15, 16].

Овако добијен зеолитни материјал погодних првенствено текстуалних, а потом и хемијских својстава може имати вишеструку улогу у дизајнирању нових наноструктурних катализатора, носача катализатора или адсорбенса, који би могли наћи примену у различитим хемијским реакцијама и процесима (синтеза дибензилиденацетона, хидрокрековање биљних уља са високим садржајем слободних масних киселина и остатка вакуум дестилације у процесу прераде нафте, хидрогеновање алкил-фенола добијених из лигнина, уклањање арсена и амонијака из отпадних вода и други), не само у метанолизи триацилглицерола (ТАГ) различитог порекла [16-23].

Употребом хетерогених катализатора значајно се превазилазе недостаци хомогених каталитичких процеса, као што су поступак издвајања и пречишћавања производа реакције, еколошки проблеми, могућност поновног и пролонгираног коришћења катализатора [21]. Такође, хетерогени каталитички процеси су посматрано са економског аспекта још увек повољнији у односу на надкритичне [24] и ензимске процесе [25]. Као хетерогени катализатори у досадашњим истраживањима коришћени су оксиди алкалних и земноалкалних метала [9, 26], мешовити оксиди [27], зеолити [15], хидроталцити [28], јоноизмењивачке смоле [29] и други. Генерално, највећи број истраживања се односи на оксиде алкалних и земноалкалних метала. Међу њима, СаО је најчешће проучаван и коришћен хетерогени катализатор због велике каталитичке активности, слабе растворљивости у метанолу, нетоксичности, лаке доступности и ниске цене.

Како би се у потпуности одржао концепт одрживе синтезе каталитичког материјала, активна компонента СаО може се добити валоризацијом великог броја отпадних материјала кречњачког порекла, као што су љуска јаја, љуштуре и кости животиња, итд [9]. Погодним термичким третманом карбонатне неактивне форме могу се превести у оксидне активне форме. У циљу добијања активне и стабилне структуре катализатора овако добијени оксиди могу се модификовати различитим поступцима: импрегнацијом на одговарајући носач [19], рехидратацијом [30] или хидротермалним третманом [31].

У хетерогеним каталитичким реакцијама примена метал-оксидних катализатора на носачима има изгледнију будућност у односу на остале типове катализатора јер омогућава постизање следећих ефеката као што су: (а) боља дисперзност, (б) већа површина честица метала (кристалита, кластера и индивидуалних атома), (в) већа отпорност на синтеровање, (г) бифункционална катализа у системима метал-носач катализатора и више металних форми на

носачу, (д) већа отпорност на тровање, (ђ) повољна метал-носач интеракција и (е) дужи радни век [21].

Други део предметне докторске дисертације посвећен је истраживању валоризације природних биолошких ресурса, у циљу смањења употребе резерви енергената и подстицању коришћења обновљивих извора енергије за добијање горива употребом чистијих технологија. Последњих година је ова научна тема интензивирана, с тим да је сада пажња истраживача усмерена на економску одрживост и конкуритивност процеса кроз употребу јефтиних, отпадних или нејестивих сировина. Биодизел, на тржишту доминантно гориво произведено из биомасе, у овом тренутку представља најперспективније алтернативно еколошко гориво. У поређењу са фосилним дизелом пружа низ предности као што су: (а) биоразградивост, (б) мања токсичност, (в) висок цетански број, (г) потпуно сагоревање, (д) мањи садржај сумпора, (ђ) мањи садржај ароматских једињења, (е) заокружен циклус CO_2 и др. Важно је напоменути да се биодизел у постојећим СУС моторима може користити уз незнатне промене погонских система, а технологије његове производње се могу интегрисати у постојећа индустријска постројења. Биодизел полако добија на значају као замена дизел гориву у СУС моторима, али је потребно још времена да би достигао свој пуни комерцијални потенцијал. Биодизел горива у зависности од сировине за добијање могу се разврстати у четири генерације: прва генерација - биодизел добијен из ТАГ садржаних у јестивим уљима (спорна примена због глобалне конкуритивности храни), друга генерација - биодизел добијен валоризацијом нејестивих и отпадних ТАГ сировина (ограничења у вези са хемијским саставом усложњавају процес добијања биодизела), трећа генерација - биодизел добијен из триацилглицерола садржаних у микроорганизмима као што су микроалге и четврта генерација - биодизел добијен из генетски модификованих микроорганизама. Последње две генерације су у фази почетних истраживања и развоја [32].

Поред изазова који су у вези са синтезом, активацијом и употребом катализатора и избором одговарајућег извора ТАГ, посебну пажњу привлачи правилан избор реакторског система који ће с једне стране извршити интензификацију процеса добијања биодизела, док ће с друге стране превазићи главне проблеме реакције метанолизе који су у директној вези са преносом масе и топлоте у сложенем хетерогеном систему чврсто-течно. Претходно наведене циљеве могуће је остварити, поред прелиминарних истраживања у најчешће коришћеним дисконтинуалним (шаржним) реакционим условима, и у континуалним (микро- и осцилаторним) реакторима [33-35]. Оптимизација реакционих услова за ову реакцију у новим континуалним реакторима пружиће драгоцене информације за будући наставак истраживања кроз увећање размера процеса и потенцијалну изградњу пилот постројења.

Циљ ове дисертације је да се синтетише наноструктурни катализатор на бази СаО на зеолитном носачу одговарајућом валоризацијом различитих отпадних материјала, а који ће показати високу активност, стабилност и дуготрајност у реакцији метанолизе сунцокретовог уља, односно добијања биодизела квалитета захтеваног стандардом. Поред набројаних карактеристика катализатор би требало да има погодну структуру за индустријску употребу у реакторима који раде у континуалним режиму рада.

Задаци постављени темом ове дисертације су:

- синтеза носача катализатора зеолитне структуре развијене мезопорозне површине из отпадног летећег пепела насталог сагоревањем угља у термоелектранама;
- синтеза високоактивне и стабилне форме наноструктурних базних катализатора на бази СаО валоризацијом отпадне љуске кокошијих јаја;
- карактеризација синтетисаних материјала, уз њихову обраду и тумачење, у циљу проналажења везе са понашањем катализатора у реакцији;

- дефинисање реакционог механизма уз корелисање активности катализатора и са бројем и јачином активних центара на површини;
- утврђивање утицаја реакционих услова на садржај метил естара масних киселина (МЕМК) и оптимизација реакције метанолизе сунцокретоног уља у присуству чврстих базних катализатора у шаржном и континуалним процесима;
- утврђивање понашања катализатора у микроканалима микрореактора у циљу неометаног одвијања реакције и постизања жељених резултата који су у сагласности са перформансама овог типа реакторског система;
- избор кинетичког модела за најактивније каталитичке форме и израчунавање кинетичких параметара у шаржним и континуалним условима одигравања реакције метанолизе;
- успостављање везе између израчунатих кинетичких параметра и услова под којима се одиграва реакција у различитим примењеним реакторским системима;
- тестирање стабилности катализатора при изложености атмосферском ваздуху и дуготрајности катализатора у континуалним реакционим условима и поновљеним шаржним циклусима.

Литература:

- [1] G. Mao, N. Huang, L. Chen, H. Wang, "Research on biomass energy and environment from the past to the future: A bibliometric analysis," *Science of the Total Environment*, vol. 635, pp. 1081-1090, 2018.
- [2] R. Sindhu, P. Binod, A. Pandey, S. Ankaram, Y. Duan, M.K. Awasthi, "Biofuel Production From Biomass: Toward Sustainable Development," in *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, Elsevier, 2019, pp. 79-92.
- [3] G. Joshi, J. K. Pandey, S. Rana, D. S. Rawat, "Challenges and opportunities for the application of biofuel," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 79, pp. 850-866, 2017.
- [4] H. Hassan, Md. A. Kalam, "An Overview of Biofuel as a Renewable Energy Source: Development and Challenges," *Procedia Engineering*, vol. 56, pp. 39-53, 2013.
- [5] M. Ćujić, S. Dragović, M. Đorđević, R. Dragović, B. Gajić, "Environmental assessment of heavy metals around the largest coal fired power plant in Serbia," *Catena*, vol. 139, pp. 44-52, 2016.
- [6] O. Kostić, S. Jarić, G. Gajić, D. Pavlović, M. Pavlović, M. Mitrović, P. Pavlović, "Pedological properties and ecological implications of substrates derived 3 and 11 years after the revegetation of lignite fly ash disposal sites in Serbia," *Catena*, vol. 163, pp. 78-88, 2018.
- [7] P. Dimovski, Z. Hojka, Ž. Dželetović, "Uporedna tehno-ekonomska analiza primene postupka odlaganja pepela i šljake iz termoelektrana, toplana i metalurških postrojenja konvencionalnim postupcima i vraćanje istih "na mesto nastanka" odnosno u prostore napuštenih rudnika uz prethodnu pripremu...", *Rudarski radovi*, vol. 4, pp. 91-114, 2012.
- [8] S. Sivalingam, S. Sen, "Valorization of coal fly ash into nanozeolite by sonication-assisted hydrothermal method," *Journal of Environmental Management*, vol. 235, pp. 145-151, 2019.
- [9] R. Shan, L. Lu, Y. Shi, H. Yuan, J. Shi, "Catalysts from renewable resources for biodiesel production," *Energy Conversion and Management*, vol. 178, pp. 277-289, 2018.
- [10] A. Marwaha, P. Rosha, S. K. Mohapatra, S. K. Mahla, A. Dhir, "Waste materials as potential catalysts for biodiesel production: Current state and future scope," *Fuel Processing Technology*, vol. 181, pp. 175-186, 2018.
- [11] N. Karličić, M. Stanojević, D. Radić, M. Bajić, "Fly ash properties from lignite combustion domestic power plants important for use in building materials industry," in *27. Međunarodni*

kongres o procesnoj industriji, 2014.

- [12] S. Boycheva, D. Zgureva, M. Václavíková, Y. Kalvachev, H. Lazarova, M. Popova, "Studies on non-modified and copper-modified coal ash zeolites as heterogeneous catalysts for VOCs oxidation," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 361, pp. 374-382, 2019.
- [13] R. Cui, B. Yang, S. Li, J. Wang, S. Ma, "Heterogeneous Fenton catalysts prepared from modified-fly ash for NO_x removal with H₂O₂," *Catalysis Communications*, vol. 119, pp. 180-184, 2019.
- [14] Y. Xiang, Y. Xiang, L. Wang, "Microwave radiation improves biodiesel yields from waste cooking oil in the presence of modified coal fly ash," *Journal of Taibah University for Science*, vol. 11, no. 6, pp. 1019-1029, 2017.
- [15] A. M. Cardoso, A. Paprocki, L. S. Ferret, C. M. N. Azevedo, M. Pires, "Synthesis of zeolite Na-P1 under mild conditions using Brazilian coal fly ash and its application in wastewater treatment," *Fuel*, vol. 139, pp. 59-67, 2015.
- [16] R. Bhandari, V. Volli, M. K. Purkait, "Preparation and characterization of fly ash based mesoporous catalyst for transesterification of soybean oil," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 906-914, 2015.
- [17] V. Volli, M. K. Purkait, "Selective preparation of zeolite X and A from flyash and its use as catalyst for biodiesel production," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 297, pp. 101-111, 2015.
- [18] M. C. Manique, L. V. Lacerda, A. K. Alves, C. P. Bergmann, "Biodiesel production using coal fly ash-derived sodalite as a heterogeneous catalyst," *Fuel*, vol. 190, pp. 268-273, 2017.
- [19] S. L. Martínez, R. Romero, J. C. López, A. Romero, V. S. Mendieta, R. Natividad, "Preparation and Characterization of CaO Nanoparticles/NaX Zeolite Catalysts for the Transesterification of Sunflower Oil," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 50, no. 5, pp. 2665-2670, 2011.
- [20] M. Kirubakaran, V. A. M. Selvan, "A comprehensive review of low cost biodiesel production from waste chicken fat," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, no. 1, pp. 390-401, 2018.
- [21] D. M. Marinković, M. R. Miladinović, J. M. Avramović, I. B. Krstić, M. V. Stanković, O. S. Stamenković, D. M. Jovanović, V. B. Veljković, "Kinetic modeling and optimization of sunflower oil methanolysis catalyzed by spherically-shaped CaO/ γ -Al₂O₃ catalyst," *Energy Conversion and Management*, vol. 163, pp. 122-133, 2018.
- [22] D. Marinković, M. Stanković, A. Veličković, J. Avramović, M. Miladinović, O. Stamenković, V. Veljković, D. Jovanović, "Renewable and Sustainable Energy Reviews," *Calcium oxide as a promising heterogeneous catalyst for biodiesel production: Current state and perspectives*, vol. 56, pp. 1387-1408, 2016.
- [23] D. Marinković, J. Avramović, M. Stanković, O. Stamenković, D. Jovanović, V. Veljković, "Synthesis and characterization of spherically-shaped CaO/ γ -Al₂O₃ catalyst and its application in biodiesel production," *Energy Conversion and Management*, vol. 144, pp. 399-413, 2017.
- [24] S. Glišić, D. Skala, "The problems in design and detailed analyses of energy consumption for biodiesel synthesis at supercritical conditions," *The Journal of Supercritical Fluids*, vol. 49, no. 2, pp. 293-301, 2009.
- [25] F. Moazeni, Y. C. Chen, G. Zhang, "Enzymatic transesterification for biodiesel production from used cooking oil, a review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 216, pp. 117-128, 2019.
- [26] M.Y. Yogesh, C. Sharma, "Process optimization and catalyst poisoning study of biodiesel production from kusum oil using potassium aluminum oxide as efficient and reusable heterogeneous catalyst," *Journal of Cleaner Production*, vol. 199, pp. 593-602, 2018.
- [27] C.S. Castro, C. Ferreti, J.I. Di Cosimo, J. Mansur Assaf, "Support influence on the basicity

promotion of lithium-based mixed oxides for transesterification reaction," *Fuel*, vol. 103, pp. 632-638, 2013.

- [28] J. Nowicki, J. Lach, M. Organek, E. Sabura, "Transesterification of rapeseed oil to biodiesel over Zr-doped MgAl hydrotalcites," *Applied Catalysis A: General*, vol. 524, pp. 17-24, 2016.
- [29] Y. Ma, Q. Wang, X. Sun, S. Wu, Z. Gao, "Kinetics studies of biodiesel production from waste cooking oil using FeCl₃-modified resin as heterogeneous catalyst," *Renewable Energy*, vol. 107, pp. 522-530, 2017.
- [30] S. Niju, K. M. Meera, S. Begum, N. Anantharaman, "Modification of egg shell and its application in biodiesel production," *Journal of Saudi Chemical Society*, vol. 18, no. 5, pp. 702-706, 2014.
- [31] F. Liu, Y. Zhang, "Hydrothermal growth of flower-like CaO for biodiesel production," *Ceramics International*, vol. 38, no. 4, pp. 3473-3482, 2012.
- [32] H. A. Alalwana A. H. Alminshidb, H. A .S. Aljaafari, "Promising evolution of biofuel generations. Subject review," *Renewable Energy Focus*, vol. 28, pp. 127-139, 2019.
- [33] S. Budžak, G. Miljić, M. Tišma, S. Sundaramb, V. Hessel, "Is there a future for enzymatic biodiesel industrial production in microreactors?," *Applied Energy*, vol. 201, pp. 124-134, 2017.
- [34] S. Budžaki, S. Sundaram, M. Tišma, V. Hessel, "Cost analysis of oil cake-to-biodiesel production in packed-bed micro-flow reactors with immobilized lipases," *Journal of Bioscience and Bioengineering*, p. In Press, 2019.
- [35] H. S. Santana, J. L. Silva Jr., O. P. Taranto, "Development of microreactors applied on biodiesel synthesis: From experimental investigation to numerical approaches," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 69, pp. 1-12, 2019.

3. Полазне хипотезе

Ова докторска дисертација је заснована на следећим хипотезама:

- електрофилтерски пепео настао сагоревањем лигнитног угља у различитим термо-енергетским постројењима на територији Републике Србије захваљујући адекватном хемијском саставу, правилним избором услова процеса алкалне фузије може бити трансформисан у погодан носач активне каталитичке компоненте, при чему и сам може дати допринос у катализи реакције метанолизе сунцокретовог уља;
- процесом алкалне фузије доћи ће до разарања првобитне микросферне структуре електрофилтерског пепела, чиме ће нова форма материјала представљати смешу различитих кристалних зеолитних форми које ће обезбедити повољна структурно-морфолошка и текстуална својства материјала за одвијање реакције метанолизе сунцокретовог уља, где је потребно обезбедити такву структуру катализатора која ће омогућити неометану дифузију реактанта до активних каталитичких центара;
- применом нових прилагођених континуалних типова реактора (микро- и осцилаторни реактори) захтеване реакционе конверзије ће се постићи и за 20 пута брже у односу на комерцијално најчешће примењиване шаржне реакционе системе;
- калцијум-оксид, добијен из љуски јаја, на носачу добијеном из модификованог електрофилтерског пепела, представљаће стабилну каталитичку форму, која ће моћи да се користи у више реакционих циклуса, при чему неће доћи до значајнијег пада активности.

4. Научне методе истраживања

Синтеза носача катализатора

Синтеза носача зеолитне структуре извршиће се у хидротермалним условима процесом алкалне фузије термички и киселински третираног ЕФП на високој температури и високој концентрацији фузионог агенса (натријум-хидроксида).

Синтеза катализатора

Синтеза наноструктурног катализатора на бази СаО извршиће се методом импрегнације, где ће се активна компонента (СаО), добијена калцинацијом љуске кокошијег јајета, нанети на зеолитни носач из водене или алкохолне суспензије, а добијени прекурсор ће се калцинисати на одговарајућој температури у циљу добијања активне каталитичке форме.

Карактеризација катализатора

Карактеризација носача катализатора и готовог и катализатора биће извршена следећим методама:

Хемијски састав

- оптичка емисиона спектроскопија са индуковано-спрегнутом плазмом (ICP-OES)
- енергетско-дисперзивна рендгено-структурна анализа (EDX)

Структурно-морфолошка својства

- рендгено-структурна дифракција праха (XRDP)
- скенирајућа-електронска микроскопија са емисијом поља (FESEM)

Хемијска структура функционалних група на површини

- ослабљена укупна рефлексија са инфрацрвеном спектроскопијом са Фуријеровом трансформацијом (ATRFT-IR)

Текстурална својства

- одређивање параметара порозне структуре (кумулативна запремина пора, привидна густина, средњи пречник пора и укупна порозност) у мезо- и макропорозној области Нг-порозиметријом.
- одређивање специфичне површине и расподеле величина пора у микро- и мезопорозној области N₂-физисорпцијом.

Расподела киселих и базних центара и базност материјала

- температурно-програмирана десорпција CO₂ и NH₃ (TPD-CO₂ и TPD- NH₃)
- одређивање базности и базне јачине волуметријском титрацијом коришћењем Хаметових (Hammett) индикатора.

Реакција метанолизе

Провера каталитичке активности у реакцији метанолизе извршиће се у шаржном и континуалном реактору. Реакције ће се изводити при различитим температурама, при чему ће највиша температура бити у близини температуре кључања метанола. У шаржном реакционом систему, поред утицаја температуре на брзину реакције и принос МЕМК, анализираће се и утицај концентрације катализатора и молског односа метанола и уља. У

континуалним условима биће спроведена истраживања у микрореактору и осцилаторном реактору (*Oscillatory baffled reactor*) уз анализу времена задржавања и стабилности катализатора. Предметна истраживања ће обухватити одређивање значајности утицаја реакционих услова на принос МЕМК.

Карактеризација биодизела

Квалитативни и квантитативни састав реакционе смеше (МЕМК, моноацилглицероли - МАГ, диацилглицероли - ДАГ и ТАГ) биће одређиван методом танкослојне (TLC) и течне хроматографије високих перформанси (HPLC). Излуживање катализатора биће праћено одређивањем концентрација калцијумових јона у реакционој смеси оптичком емисионом спектроскопијом са индуковано-спрегнутом плазмом (ICP-OES).

5. Очекивани научни допринос

Научни допринос ове докторске дисертације огледа се у добијању новог катализатора у потпуности заснованог на отпадним материјалима и његовој примени у реакцији метанолизе у новим континуалним реакционим системима. Предметна докторска дисертација ће обради следеће теме:

- потпуна карактеризација и понашање електрофилтерског пепела у процесу алкалне фузије и дефинисање методе и оптималних реакционих услова (концентрација фузионог агенса, време фузије и масени однос чврсте и течне фазе) за реакцију алкалне фузије у циљу добијања носача катализатора погодних текстуралних и структурно-морфолошких карактеристика;
- дефинисане методе и оптималних услова синтезе (концентрација активне компоненте и температура калцинације) наноструктурног катализатора на бази СаО, који је у потпуности добијен из отпада;
- успостављање везе између структурно-морфолошких и текстуралних карактеристика катализатора са понашањем катализатора у хетерогено катализованој метанолизи сунцокретовог уља;
- дефинисање оптималних услова метанолизе сунцокретовог уља која се одиграва у присуству наноструктурног катализатора на бази СаО у шаржном реактору са мешањем (почетни молски однос метанола и уља, температура реакције, концентрација катализатора и време трајања реакције);
- развијање поступка метанолизе у новим континуалним реакторима, микрореактору и осцилаторном реактору, као и утврђивање значајности утицаја реакционих услова;
- утврђивање стабилности наноструктурног катализатора на бази СаО у реакционом систему у погледу излуживања калцијумових јона у реакциону смешу (активност у поновљеним шаржним циклусима, продужена употреба у континуалним реакторима и утицај изложености атмосфери на каталитичке перформансе);
- анализирање кинетике и утврђивање кинетичког модела реакције метанолизе сунцокретовог уља у присуству синтетисаних катализаторима на бази СаО.

6. План истраживања и структура рада

Предметна докторска дисертација ће бити реализована у осам фаза:

- 1) прелиминарна систематска физичко-хемијска и морфолошка испитивања узорака електрофилтерског пепела из различитих термоенергетских постројења Републике Србије у циљу одабира најбољег сировинског летећег пепела;

- 2) синтеза и карактеризација носача активне каталитичке компоненте зеолитне структуре из ЕФП и анализа утицајних параметара у циљу одређивања оптималних услова синтезе;
- 3) синтеза катализатора на бази калцијум-оксида нанешеног на претходно припремљен носач уз оптимизација концентрације активне врсте на носачу и температуре калцинације прекурсора;
- 4) потпуна физичко-хемијска и морфолошка карактеризација активираних узорака катализатора;
- 5) одређивање оптималних реакционих параметара катализатора у реакцији метанолизе сунцокретовог уља у шаржном реактору;
- 6) интензификација процеса метанолизе извођењем реакције у континуалним реакторима (микро- и осцилаторном);
- 7) анализа стабилности и дуготрајности катализатора применом у више реакционих циклуса;
- 8) анализа кинетике реакције и развој кинетичког модела уз дефинисање механизма реакције које је у складу са свим добијеним експерименталним резултатима.

Докторска дисертација ће имати следећа поглавља: *Увод*, *Литературни преглед* (преглед досадашњих истраживања и отворених питања у области хетерогено катализоване метанолизе, преглед отпадних сировина као потенцијалних катализатора, преглед метода за интензификацију процеса синтезе катализатора и преглед реакционих система за реакцију метанолизе), *Експериментални део* (опис синтезе носача катализатора и катализатора, методе карактеризације катализатора, анализа активности катализатора у шаржним и континуалним условима, карактеризација производа реакције, анализа стабилности катализатора и утврђивање кинетичког модела), *Резултати и дискусија* (приказ свих резултата који се односе на структурно-морфолошке и текстуалне особине катализатора и њихово повезивање са понашањем у реакцији метанолизе у различитим реакционим системима), *Закључци* и *Литература*.

7. Закључак и предлог

Кандидат **Стефан М. Павловић**, мастер хемијског инжењерства, у свом досадашњем научно-истраживачком раду, показао је способност и иницијативу, као и кооперативност при реализацији постављених задатака. Узимајући у обзир прегледани материјал, изложене резултате, познавање кандидата и чињеницу да **Стефан М. Павловић** испуњава све услове предвиђене Правилником о докторским академским студијама Технолошко-металуршког факултета, Комисија сматра да је предложена тема докторске дисертације под насловом: „Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља“ научно утемељена. Истраживања у овој дисертацији припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Хемијско инжењерство, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет, Универзитета у Београду. Комисија предлаже Иставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, да кандидату **Стефану М. Павловићу** одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За менторе се предлажу: **др Љиљана Мојовић**, редовни професор, Технолошко-металуршког факултета и **др Далибор Маринковић**, научни сарадник, Института за хемију, технологију и металургију.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Љиљана Мојовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки
факултет

Др Далибор Маринковић, научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за хемију,
технологију и металургију, Центар за катализу и
хемијско инжењерство

Др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки
факултет

Др Марина Тишма, ванредни професор
Универзитет Јосипа Јураја Штросмајера у Осијеку,
Прехрамбено-технолошки факултет

Др Мирослав Станковић, научни саветник
Универзитет у Београду, Институт за хемију,
технологију и металургију, Центар за катализу и
хемијско инжењерство