

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/86

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

21.04.2017.

(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:

**Динамика струјања течности и честица у реакторима са осцилаторним током и примена
на биохемијску реакцију уз употребу имобилисаних ензима**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Данијела (Славољуб) Славнић

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

Технолошко-металуршки факултет, Хемијско инжењерство

Универзитет у Београду,

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2008.
-

4. Година уписа на докторске студије: 2016. (Поновни упис након истека рока за завршетак студија)
-

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хемијско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Никола Никачевић

Звање: Ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Slavnić D., Živković L., Bjelić A., Bugarski B., **Nikačević N.** Residence time distribution and Peclet number correlation for continuous oscillatory flow reactors, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Article in press, DOI: 10.1002/jctb.5242, (2017), ISSN 1097-4660, (IF(2015)=2.738)
2. Slavnić D., Bugarski B., **Nikačević N.** Hemijski reaktori sa oscilirajućim tokom fluida, *Hemijska industrija*, 68(3), (2014), pp. 363–379. ISSN 0367-598X, (IF(2014)= 0.364)
3. **Nikačević N.M.**, Petkovska M., Duduković M.P. Solids flow pattern in gas-flowing solids-fixed bed contactors. part II. mathematical modelling, *Chemical Engineering Science*, 64(10) (2009), 2491-2500. ISSN: 0009-2509 (IF(2011) = 2,431)
4. **Nikačević N.M.**, Huesman A.E.M., Van den Hof P.M.J., Stankiewicz, A.I. Opportunities and challenges for process control in process intensification, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 52 (2012), 1-15, ISSN:0255-2701 (IF(2012)= 1,950)
5. **Nikačević N.**, Jovanović M., Petkovska M. Enhanced ammonia synthesis in multifunctional reactor with in situ adsorption, *Chemical Engineering Research and Design*, 89(4) (2011), 398-404, ISSN:0263-8762, (IF(2011)= 1,968)

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 20.04.2017. 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

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 43. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 20.04.2017. 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 **Данијели Славнић**, дипл. инж., под називом: **„Динамика струјања течности и честица у реакторима са осцилаторним током и примена на биохемијску реакцију уз употребу имобилисаних ензима“**.

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

За ментора се одређује др Никола Никачевић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, уз сагласност Комисије за трећи степен Факултета.

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Danijele Slavnić za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta br. 35/662 od 29.12.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Danijele Slavnić, dipl. inž. tehnologije za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme pod nazivom „Dinamika strujanja tečnosti i čestica u reaktorima sa oscilatornim tokom i primena na biohemijsku reakciju uz upotrebu imobilisanih enzima"

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći:

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1 Biografski podaci

Danijela Slavnić (rođ. Andrejić) je rođena 15.01.1981.godine u Pirotu. Osnovnu školu i Gimnaziju je završila u Babušnici. Školske 2000/2001.godine je upisala Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu. Diplomirala 2008.godine na Katedri za hemijsko inženjerstvo.

Školske 2009/2010.godine upisala je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu na Katedri za Hemijsko inženjerstvo.

Od 2008.godine angažovana je kao spoljni stručni saradnik firme Bioeko Tehnologije d.o.o. koja se bavi razvojem, inženjerstvom i konsaltingom.

1.2 Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Danijela Slavnić je položila sve ispite (12) uključujući i završni ispit, predviđene studijskim programom na doktorskim studijama i to:

Naziv predmeta	Ocena	ESPB
Viši kurs termodinamike	10(deset)	5
Industrijske vode	10(deset)	4
Biomasa kao izvor energije	10(deset)	4
Matematička obrada eksperimentalnih podataka	10(deset)	5

Specijalna poglavlja prenosa mase	10(deset)	4
Analogije fenomena prenosa	10(deset)	5
Hemijska kinetika	10(deset)	5
Fizičko-hemijske osnove farmaceutskog inženjerstva	10(deset)	4
Odabrana poglavlja projektovanja procesa u hemijskoj industriji	10(deset)	5
Odabrana poglavlja projektovanja procesa u biohemijskom inženjerstvu	10(deset)	5
Višefazni sistemi	10(deset)	5
Završni ispit	10(deset)	30
PROSEK/UKUPNO	10,00 (deset i 00/100)	81

Od 2011.godine Danijela je angažovana na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja pod nazivom "Razvoj i primena novih i tradicionalnih tehnologija u proizvodnji konkurentnih prehrambenih proizvoda sa dodatom vrednošću za evropsko i svetsko tržište - STVORIMO BOGATSVO IZ BOGATSTVA SRBIJE" broj III46001. Takođe, učesnik je u realizaciji Inovacionog projekta u periodu 2014-2015.godine finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja pod nazivom „Nova ekološki održiva tehnologija dobijanja biogasa iz agro-otpada“.

U skladu sa Zakonom o visokom obrazovanju, školske godine 2016/17 upisala je ponovo doktorske akademske studije, treću godinu na profilu Hemijsko inženjerstvo.

Iz oblasti istraživanja kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije Danijela Slavnić je autor jednog rada objavljenog u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21), jednog rada objavljenog u časopisu međunarodnog značaja (M23), jednog saopštenja prikazanog na međunarodnim skupovima (M34), kao i jednog saopštenja prikazanog na nacionalnom skupu (M64).

Objavljeni naučni radovi i saopštenja kandidata vezani za temu doktorata:

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21)

Slavnić D., Živković L., Bjelić A., Bugarski B., Nikačević N.: *Residence time distribution and Peclet number correlation for continuous oscillatory flow reactors*, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Article accepted, DOI: 10.1002/jctb.5242, ISSN 1097-4660, IF=2.738 (2015)

Rad u međunarodnom časopisu (M23)

Slavnić D., Bugarski B., Nikačević N.: *Hemijski reaktori sa oscilirajućim tokom fluida*, Hemijska industrija, Vol 68, No 3, 2014, pp. 363–379. ISSN 0367-598X, IF= 0.364 (2014)

Saopštenja sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

Slavnić D., Bugarski B., Nikačević N.: *Solids flow pattern in oscillatory baffled reactor*, - 10th European Congress of Chemical Engineering, Nice, France, 27.09–01.10.2015., Book of Abstracts, p.1453

Saopštenje sa nacionalnog skupa štampano u izvodu (M64)

Slavnić D., Živković L., Bjelić A., Bugarski B., Nikačević N.: *Raspodela vremena zadržavanja u reaktoru sa oscilirajućim tokom fluida*, -51. Savetovanje srpskog hemijskog društva, Niš, 2014, Knjiga apstrakta, str. 33. ISBN 978-86-7132-054-2

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata tokom doktorskih studija, Danijela Slavnić je pokazala izuzetnu motivaciju i sposobnost za bavljenje naučnoistraživačkim radom. Do sada je objavila jedan rad u vrhunskom međunarodnom časopisu i jedan rad u međunarodnom časopisu kao i dva saopštenja na naučnim skupovima što ukazuje da kandidat ispunjava uslove za rad na predloženoj temi.

2. Predmet i cilj istraživanja

Sve veći ekonomski zahtevi tržišta za boljim kvalitetom proizvoda, smanjenjem otpada, smanjenjem energetske i materijalne potrošnje, primoravaju farmaceutsku i finu hemijsku industriju na velike promene u proizvodnji. Jedno od mogućih rešenja bi bilo da se procesi koji se konvencionalno izvode šaržno, izvode kontinualno. Međutim, reakcije od interesa u pomenutim industrijama su često spore, pa bi za kontinualno izvođenje bila neophodna primena cevni reaktora nepraktično velikih dužina. Veoma dobra alternativa konvencionalnim cevni reaktorima su reaktori sa oscilatornim tokom fluida i pregradama. Reaktori sa oscilatornim tokom fluida (ROT) omogućuju kontinualan rad sa strujanjem fluida približno klipnom strujanju pri malim površinskim brzinama fluida. Takođe se zbog sudara talasa sa pregradama javlja turbulencija, što vodi ka dobrom prenosu mase i toplote. Osim navedenih prednosti u ROT se ostvaruju i niži smicajni naponi (za isti unos energije) nego u reaktorima sa mehaničkim mešalicama, što je veoma značajno za primenu u biohemijskom i biomedicinskom inženjerstvu

[1-8]. Poslednjih godina mogućnost primene ovog tipa reaktora u različitim industrijskim granama privlači veliku pažnju, a ispitivanje, unapređenje i primena ovih reaktora u intenzifikaciji procesa predstavlja atraktivnu temu.

Predmet naučnog istraživanja ove disertacije je eksperimentalno ispitivanje dinamike strujanja tečnosti i čestica u ROT, kao i mogućnost intenzifikacije enzimski katalizovane reakcije transgalaktozilacije primenom ovih reaktora. Osim toga, cilj disertacije je razvijanje novih matematičkih modela i korelacija na osnovu eksperimentalnih rezultata koji bi se koristili za analizu i projektovanje ROT.

Dinamika strujanja fluida i primena reaktora sa oscilatornim tokom fluida su ispitivani i rezultati su prikazani u literaturi [9-26]. Međutim, ispitivanje dinamike strujanja čvrste faze u ROT još uvek nije dovoljno ispitano, pa su dalja istraživanja neophodna. Čestice u ROT mogu da budu katalizatori, reaktanti, proizvodi (kristalizacija), adsorbensi itd.

Eksperimentalnim ispitivanjem u okviru ove disertacije utvrdiće se raspodela vremena zadržavanja tečnosti i čestica kroz kontinualne reaktore sa oscilatornim tokom fluida, što je značajno za razumevanje načina strujanja i projektovanje industrijskih reaktora. Osim toga, cilj istraživanja je razvoj modela i korelacija zasnovanih na bilansima populacije i eksperimentima sa obeleženom supstancom, pomoću kojih će moći da se predvidi način strujanja faza kroz reaktor.

Biohemijska reakcija transgalaktozilacije je reakcija koja se odvija paralelno sa biohemijskom reakcijom hidrolize laktoze pomoću enzima β -galaktozidaze. Koja od dve reakcije će biti favorizovana zavisi od uslova izvođenja. Reakcija hidrolize laktoze je predmet mnogih naučnih radova [27, 28] jer predstavlja jedan od najčešćih načina uklanjanja laktoze iz surutke i mleka u industriji. U reakciji transgalaktozilacije katalizovanoj β -galaktozidazom nastaju galakto-oligosaharidi, grupa nesvarljivih ugljenih hidrata najčešće izgrađenih od glukozne i nekoliko galaktoznih jedinica, koji su priznati prebiotici jer podstiču proliferaciju i aktivnost korisnih bakterija mikrobiote creva, dok sa druge strane vrše inhibiciju rasta loših bakterija onemogućavajući njihovu adheziju na zidove creva. U skladu sa tim, oni imaju ključnu ulogu u omogućavanju normalnog funkcionisanja ljudskog organizma, pre svega u olakšavanju varenja laktoze, poboljšanju resorpcije mineralnih materija, i u unapređenju imunog sistema. Galakto-oligosaharidi se u najvećoj meri koriste kao dodatak mlečnim formulama za ishranu novorođenčadi, ali u novije vreme se javlja potreba za njihovom primenom u industriji hrane za životinje. Prodor u ovu oblast primene je uslovljen povećanom produktivnošću procesa, pa se veliki deo istraživanja usmerava ka pronalaženju efikasnijih biokatalizatora, metoda imobilizacije biokatalizatora i intenzifikaciji procesa. Mogućnost primene ROT-a za izvođenje reakcije transgalaktozilacije i hidrolize laktoze pomoću slobodnih i imobilisanih enzima još uvek nije ispitivana, a predmet je istraživanja ove doktorske disertacije.

Cilj ovog dela istraživanja je da se utvrdi da li se ova reakcija može efikasno izvoditi u ROT i da li ovaj tip reaktora rezultira u intenzifikaciji reakcije u odnosu na šaržni i reaktor sa

fluidizovanim slojem. U radu će se postaviti matematički model koji uzima u obzir načine kretanja tečnosti i čestica (korelacije navedene u predhodnom delu), i izraze za brzinu biohemijske reakcije i prenosa mase. Model će biti verifikovan na osnovu eksperimentalnih rezultata i moći će da se primeni pri projektovanju ili optimizaciji ROT-a za reakciju transgalaktozilacije.

Literatura:

- [1] Stonestreet P., Harvey P.A., A mixing - based design methodology for continuous oscillatory flow reactors, Chem. Eng. Res. Des. 80 (1)(2002) 31 - 44
- [2] Ni X., Cosgrove J.A., Arnott A.D., Greated C.A., Cumming R.H., On the measurement of strain rate in an oscillatory baffled column using particle image velocimetry, Chem. Eng. Sci. 55 (16) (2000) 3195 - 3208
- [3] Ni X., Gao S., Scale up correlation for mass transfer coefficients in pulsed baffled reactors, Chem. Eng. J. 63 (3) (1996) 157 - 166
- [4] Ni X., Gao S., Cumming R.H., Pritchard D.W., A comparative study of mass transfer in yeast for a batch pulsed baffled bioreactor and a stirred tank fermenter, Chem. Eng. Sci. 50 (13) (1995) 2127 - 2136
- [5] Harvey A.P., Mackley M.R., Stonestreet P., Operation and optimization of an oscillatory flow continuous reactor, Ind. Eng. Chem. Res. 40 (2001) 5371 - 5377
- [6] Reis N., Mena P.C., Vicente A.A., Teixeira J.A., Rocha F.A., The intensification of gas- liquid flows with a periodic, constricted oscillatory meso tube, Chem. Eng. Sci. 62 (2007) 7454 - 7462
- [7] Abbott M.S.R., Harvey A.P., Valente Perez G., Theodorou M.K., Biological processing in oscillatory baffled reactors: operation, advantages and potential, Interface Focus 3 (1) (2013)
- [8] Mackley M.R., Stonestreet P., Heat transfer and associated energy dissipation for oscillatory flow in baffled tubes, Chem. Eng. Sci. 50 (1995) 2211-2224.
- [9] Ni X., Pereira N.E., Parameters affecting fluid dispersion in a continuous oscillatory baffled tube, AIChE J. 46 (1) (2000) 37 - 45
- [10] Ni X., Mackley M.R., Harvey A.P., Stonestreet P., Baird M.H.I., Rama Rao N.V., Mixing through oscillations and pulsations - a guide to achieving process enhancements in the chemical and process industries, Chem. Eng. Res. Des. 81 (A) (2003) 373 - 383
- [11] Zheng M., Mackley M., The axial dispersion performance of an oscillatory flow meso-reactor with relevance to continuous flow operation, Chem. Eng. Sci. 63 (2008) 1788 - 1799
- [12] Hamzah A.A., Hasan N., Takriff M.S., Kamarudin S.K., Abdullah J., Tan I.M., Sern W.K., Effect of oscillation amplitude on velocity distributions in an oscillatory baffled column (OBC), Chem. Eng. Res. Des. 90 (8) (2012) 1038 - 1044

- [13] Smith K.B., Mackley M.R., An experimental investigation into the scale-up of oscillatory flow mixing in baffled tubes, *Chem. Eng. Res. Des.* 84 (11) (2006) 1001 - 1011
- [14] Brunold C.R., Hunns J.C.B., Mackley M.R., Thompson J.W., Experimental-Observations on Flow Patterns and Energy - Losses for Oscillatory Flow in Ducts Containing Sharp Edges, *Chem. Eng. Sci.* 44 (5) (1989) 1227 - 1244
- [15] Mackley M.R., Ni X., Mixing and dispersion in a baffled tube for steady laminar and pulsatile flow, *Chem. Eng. Sci.* 46 (12) (1991) 3139 - 3151
- [16] Ni X., Gough P., On the discussion of the dimensionless groups governing oscillatory flow in a baffled tube, *Chem. Eng. Sci.* 52 (18) (1997) 3209 - 3212
- [17] Stonestreet P., Van Der Veeken P.M.J., The effects of oscillatory flow and bulk flow components on residence time distribution in baffled tube reactors, *Chem. Eng. Res. Des.* 77 (8) (1999) 671 - 684
- [18] Ni X., De Gélécourt Y.S., Baird H.I., Rama Rao N.V., Scale-up of single phase axial dispersion coefficients in batch and continuous oscillatory baffled tubes, *Can. J. Chem. Eng.* 79 (3) (2001) 444 - 448
- [19] Levenspiel O., *Chemical Reaction Engineering*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York, 1972
- [20] Mackley M.R., Smith K.B., Wise N.P., Mixing and separation of particle suspensions using oscillatory flow in baffled tubes, *Chem. Eng. Res. Des.* 71 (A) (1993) 649 - 656
- [21] Ejim L. N., Yerdelen S., McGlone T., Onyemelukwe I., Johnston B., Florence A. J., Reis N. M., A factorial approach to understanding the effect of inner geometry of baffled meso-scale tubes on solids suspension and axial dispersion in continuous, oscillatory liquid–solid plug flows, *Chem. Eng. J.* 308 (2017) 669–682
- [22] Gaidhani H.K., Mcneil B., Ni X., Fermentation of pullulan using an oscillatory baffled fermenter, *Chem. Eng. Res. Des.* 83 (6) (2005) 640 - 645
- [23] Lee C.T., Mackley M.R., Stonestreet P., Middelberg A.P.J., Protein refolding in an oscillatory flow reactor, *Biotechnol. Lett.* 23 (22) (2001) 1899 - 1901
- [24] Ghaci A.M., Resul M.G., Yunus R., Yaw T.S., Preliminary design of oscillatory flow biodiesel reactor for continuous biodiesel production from jatropha triglycerides, *J. Eng. Sci. Technol.* 3 (2) (2008) 138 - 145
- [25] Reis N.M.F., *Novel oscillatory flow reactors for biotechnological applications*, PhD dissertation, Universidade do Minho, Portugal, 2006
- [26] Lee C.T., Buswell A.M., Middelberg A.P.J., The influence of mixing on lysozyme renaturation during refolding in an oscillatory flow and a stirred - tank reactor, *Chem. Eng. Sci.* 57 (10) (2002) 1679 - 1684
- [27] Das B., Roy A.P., Bhattacharjee S., Chakraborty S., Bhattacharjee C., Lactose hydrolysis by β -galactosidase enzyme: optimization using response surface methodology, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 121 (2015) 244–252

- [28] Fischer J., Guidini C. Z., Santana L.N.S., de Resende M.M., Cardoso V.L., Ribeiro E. J., Optimization and modeling of lactose hydrolysis in a packed bed system using immobilized β - galactosidase from *Aspergillus oryzae*, J. Mol. Catal. B: Enzym. 85– 86 (2013) 178– 186

3. Polazne hipoteze

Rad na ovoj disertaciji osmišljen je tako da se najpre ispita dinamika strujanja tečnosti kroz dva, geometrijski slična reaktora i da se na osnovu eksperimentalnih rezultata i modela aksijalne disperzije razvije bezdimenziona korelacija kojom bi se uspešno mogao predvideti način strujanja tečnosti kroz reaktor. Razvijena korelacija bi bila jednostavnija od najčešće korišćene korelacije u literaturi i parametri ove korelacije bi imali istu vrednost za različite sisteme. U cilju potvrđivanja ove hipoteze, razvijena korelacija će biti verifikovana eksperimentalnim rezultatima dostupnim u literaturi.

Udrugom delu disertacije biće sprovedeno ispitivanje načina strujanja inertnih čestica kroz ROT. Polazna hipoteza je da postoji analogija uticaja operativnih parametara na način strujanja čestica, u odnosu na strujanje tečnosti u ROT. Shodno tome, postaviće se sličan matematički model i na osnovu eksperimenata će se estimirati bezdimenzioni broj mešanja koji pokazuje odstupanje od idealnog klipnog kretanja čestica.

Biohemijska reakcija transgalaktozilacije pomoću enzima β -galaktozidaze kao katalizatoraje ispitivana u literaturi sa imobilisanim enzimima u šaržnim i reaktorima sa fluidizovanim i pakovanim slojem. Treća hipoteza ove doktorske disertacije je da se navedena biohemijska reakcija može intenzifikovati primenom kontinualnog reaktora sa oscilatornim tokom. Očekuje se bolji prinos reakcije po zapremini reaktora usled boljeg mešanja, te bržeg prenosa mase između reaktanata / proizvoda i enzima imobilisanih na česticama.

4. Naučne metode istraživanja

Metode istraživanja u ovoj disertaciji obuhvataju eksperimentalne metode i teorijske metode kroz matematičko modelovanje i analizu reaktora sa oscilatornim tokom.

Eksperimentalne metode:

- *Eksperimenti za ispitivanje dinamike strujanja tečnosti u ROT.* Primeniće se metoda pobude sa obeleženom supstancom i određivanja odziva sistema. Radni fluid će biti voda, a obeležena supstanca rastvor metilensko plavog. Nakon uvođenja obeležene supstance u obliku impulsne promene, uzimaće se uzorci na izlazu iz reaktora u određenim vremenskim intervalima i analiziraće se na UV VIS Spektrofotometru. Na osnovu dobijenih rezultata odrediće se krive raspodele vremena zadržavanja na osnovu kojih će se utvrditi uticaj operativnih parametara na dinamiku strujanja tečnosti u ROT.

- *Eksperimenti za ispitivanje dinamike strujanja čestica u ROT.* Primeniće se takođe metoda pobude sa obeleženim česticima i praćenja odziva sistema na uvedenu promenu. U ovim eksperimentima će se, takođe, kao radni fluid koristiti voda, a kao čvrsta faza čestice jonoizmenjivačke smole u dve različite boje. U reaktor će se uvoditi stepenasta pobuda, promenom protoka čestica različitih boja. Uzorci suspenzija, prikupljeni nakraju reaktora u određenim vremenskim intervalima, će se skenirati i analizirati pomoću programskog paketa *Image J*. Na taj način će se odrediti odziv sistema na pobudu, odnosno krive zadržavanja čestica u reaktoru. Kao i u prethodnom slučaju, na osnovu dobijenih rezultata analiziraće se uticaj operativnih parametara na dinamiku strujanja čestica.

- *Eksperimenti sa enzimski katalizovanom reakcijom transgalaktozilacije.* Reakcija će se izvoditi u ROT pomoću enzima β -galaktozidaze kao katalizatora. Navedena reakcija će se najpre izvoditi sa slobodnim enzimom, a potom i sa enzimima imobilisanim na česticama jonoizmenjivačke smole. Eksperimenti će biti izvedeni pod povoljnim radnim uslovima (amplitude, frekvencije, koncentracije suspenzije i dr.) utvrđenim u predhodnim eksperimentalnim fazama. Uzorci prikupljeni na izlazu će se analizirati na tečnom hromatografu (HPLC) sa kolonom za razdvajanje šećera u cilju određivanja koncentracije supstrata i proizvoda, te prinosa reakcije. Ispitaće se uticaj različitih parametara na prinos reakcije, kao što su koncentracije supstrata, enzima, vremena zadržavanja, stepena recirkulacije i dr. Rezultati dobijeni u ROT će se uporediti sa rezultatima iz šaržnog i reaktora sa fluidizovanim slojem.

Teorijske metode podrazumevaju primenu teorije sistema i determinističkog modelovanja, kao i primenu numeričkih metoda, u cilju razvoja i rešavanja dinamičkih matematičkih modela reaktora sa oscilatornim tokom. Modeli će obuhvatiti materijalne bilanse za homogeni sistem (tečnost koja osciluje), heterogeni sistem sa inertnim česticama i heterogeni sistem sa biohemijskom reakcijom. Na ovaj način će se opisati fenomeni prisutni u reaktorskim sistemima sa oscilacijama na makroskopskom i mikroskopskom nivou (mešanje, reakcija i prenos mase). Za simulacije i estimacije parametara će se koristiti softverski paketi: gPROMS, MATLAB i STAR CCM+, u kojima su inkorporirane numeričke metode za rešavanje parcijalnih diferencijalnih jednačina i determinističke metode optimizacije.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će istraživanja u okviru ove doktorske disertacije dati višestruki naučni doprinos, pri čemu se može izdvojiti sledeće:

- Doprinos razumevanju fenomena dinamike strujanja tečnosti (na makro i mikro nivou) u kontinualnim reaktorima sa oscilatornim tokom,
- Dobro predviđanje načina strujanja tečnosti u ROT primenom razvijene korelacije, te praktični doprinos za projektovanje reaktora,

- Doprinos saznanjima i razumevanju fenomena dinamikevišefaznog strujanja čestica kroz kontinualni reaktor sa oscilatornim tokom tečnosti,
- Inovativna primena kontinualnog reaktora sa oscilatornim tokom u intenzifikaciji biohemijske reakcije transgalaktozilacije.
- Doprinos modelovanju i teorijskoj analizi reaktora sa oscilatornim tokom za primene u biohemijskom inženjerstvu.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Planira se sledeća struktura disertacije: *Uvod, Pregled dosadašnjih istraživanja, Dinamika strujanja tečnosti u ROT, Dinamika višefaznog toka tečnosti i čestica u ROT, Reakcija transgalaktozilacije u ROT, Zaključak i Literatura.*

U poglavlju *Uvod* će biti definisani glavni ciljevi disertacije, predmet istraživanja kao i naučni doprinos disertacije.

U poglavlju *Pregled dosadašnjih istraživanja* biće prikazan pregled relevantne literature i obuhvatiće sledeće: Istorijski razvoj, Geometrija i projektovanje reaktora sa oscilatornim tokom, Mešanje u reaktorima sa oscilatornim tokom, Smicajni naponi, prenos mase i toplote u reaktorima sa oscilatornim tokom, Nedostaci reaktora sa oscilatornim tokom i Primena reaktora sa oscilatornim tokom.

Svako od poglavlja *Dinamika strujanja tečnosti u ROT, Dinamika višefaznog toka tečnosti i čestica u ROT i Reakcija transgalaktozilacije u ROT* će sadržati sledeća podpoglavlja: Eksperimentalni deo gde će biti opisana aparatura na kojoj su izvedeni eksperimenti, primenjene eksperimentalne metode i materijali korišćeni u eksperimentima; Teorijski deo u kojem će biti opisane teorijske metode primenjene kroz matematičko modelovanje ispitivanih sistema i matematički modeli i deo Rezultati i diskusija u kojem će biti prikazani i analizirani rezultati eksperimenata, estimacija parametara i simulacija.

U *Zaključku* će biti sumirani dobijeni rezultati naučnog istraživanja uz osvrt na njihovu inovativnost, važnost i primenu, kao i predlog plana budućih istraživanja.

U poglavlju *Literatura* biće prikazani svi literaturni navodi citirani u disertaciji, kao i radovi proistekli iz istraživanja u okviru ove doktorske disertacije.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog komisija smatra da kandidat Danijela Slavnić ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe, na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije pod naslovom „***Dinamika strujanja tečnosti i čestica u reaktorima sa oscilatornim tokom i primena na biohemijsku reakciju uz upotrebu imobilisanih enzima***“ naučno utemeljena i da će rezultati ovog rada predstavljati značajan naučni doprinos naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, uža naučna oblast hemijsko inženjerstvo, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da kandidatu Danijeli Slavnić odobri izradu doktorske disertacije pod navedenim naslovom. Za mentora se predlaže dr Nikola Nikačević, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 07.04.2017.god.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Nikola Nikačević, vanredni profesor Univerziteta u Beogradu,

Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Branko Bugarski, redovni profesor Univerziteta u Beogradu,

Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Dejan Bezbradica, vanredni profesor Univerziteta u Beogradu,

Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Mihal Đuriš, naučni saradnik Univerziteta u Beogradu,

Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju