

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Образац 1.

1127/6
(Број захтева)

Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)

11.07.2013.
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА ПРОЦЕСА ПИРОЛИЗЕ КУКУРУЗНОГ ОКЛАСКА
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ процесна техника

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МАРТА (Радмила) ТРНИНИЋ

2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд

3. Година дипломирања: 2007.

4. Назив магистарске тезе кандидата: /

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

6. Година одбране магистарске тезе: /

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: /

Година уписа докторских студија: 2007.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 11.07.2013
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1127/5
Датум: 11.07.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев Марте Трнинић, дипл.инж.маш., бр. 1127/1 од 28.05.2013. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Александар Јововић, др Горан Јанкес, ред.проф. МФ у пензији, проф.др Мирослав Станојевић, проф.др Драгослава Стојиљковић и проф.др Нико Самец, Машински факултет Марибор, број 1127/4 од 08.07.2013. године, а на основу чл. 30 Закона о високом образовању и чл. 30 Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 11.07.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА ПРОЦЕСА ПИРОЛИЗЕ КУКУРУЗНОГ ОКЛАСКА»** докторанта **МАРТЕ ТРНИНИЋ**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту Марти Трнинић, именује се **проф.др Александар Јововић**.

Одлуку доставити: Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Подобност теме и кандидаткиње Марте Р. Трнинић за израду докторске дисертације

Одлуком 1127/3 бр. од 13.06.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње **Марте Р. Трнинић** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме

МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА ПРОЦЕСА ПИРОЛИЗЕ КУКУРУЗНОГ ОКЛАСКА

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидаткињи

1.1. Општи биографски подаци

Марта Трнинић је рођена 01.09.1977. године, у Београду.

Завршила је основну школу "Моше Пијаде" у Београду, 1992. године, са врло добрим и одличним успехом у свим разредима. Упоредно са основном школом, похађала је и музичку школу „Владимир Ђорђевић“, одсек виолина, са одличним успехом у свим разредима.

Завршила је „XIV београдску гимназију“ у Београду, природно-математички смер, са врло добарим и одличним успехом у свим разредима. Матурски испит положила је 1997. године, са одличним успехом.

Машински факултет Универзитета у Београду, уписала је школске 1997/98 године. 19.07.2007. – дипломирала је на Катедри за Процесну технику, предмет Индустријске пећи и котлови, са темом: „Могућност увођења спрегнуте производње електричне и топлотне енергије, СПЕТЕ, у компанију кондиторских производа Соко Штарк, Београд“, оцена: 10 (десет). Просечна оцена у току студија је 7,95 (седам и 95/100).

Школске 2007/08 године уписала је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду, на Катедри за Процесну технику. Програм Докторских студија „Sustainable energy and environment in Western Balkans“ организован је у сарадњи Машинског факултета Универзитета у Београду са Норвешким Универзитетом за Науку и Технологију у Трондхајму (Norwegian University of Science and Technology-NTNU, Trondheim) и финансиран је од стране владе Краљевине Норвешке.

Од 15.09.2008. године запослена је на Машинском факултету Универзитета у Београду, на Катедри за Процесну технику као сарадник на пројектима.

Поседује одлично знање енглеског језика, средњи ниво знања руског језика и основно знање норвешког језика.

Обучена за рад на рачунару у програмским пакетима MsOffice, AutoCAD, MATLAB, Mathcad и Engineering Equation Solver (EES).

Одлично познаје рад на лабораторијским инструментима као што су: спектометар са инфрацрвеном Фуријеовом трансформацијом - FT-IR (тип анализатора Nicolet iS10 FT-IR Spectrometer), квадруполни масени спектометар - MS (тип анализатора PFEIFFER Omnistar GSD 301 O), термогравиметријски и диференцијално термички анализатор - TGA / DTA (тип анализатора - Q 5000 IR и Mettler Toledo A851 TGA/SDT), термогравиметријски и диференцијално калориметриски анализатор TGA /DSC (тип анализатора Q600), елементарни анализатор (тип анализатора VARIO MACRO CHNS), лабораторијски калориметар (тип анализатора IKA oxugen bomb calorimeter C 5000).

Учешће у научним пројектима министарства просвете, науке и технолошког развоја:

1. Пројекат ТР 18026 „Технологија коришћења биомасе за производњу електричне енергије и за когенерацију“, руководилац пројекта проф. др Војин Грковић, факултет Техничких наука Универзитет у Новом Саду. Трајање пројекта од 2008 - 2011. године.
2. Пројекат ТР 33049 „Развој и изградња демонстрационог постројења за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије са гасификацијом биомасе“, руководилац пројекта од 2011 - 2012. године проф. др Горан Јанкес, од 2012 - 2014. године проф. др Мирослав Станојевић, Машински факултет Универзитета у Београду. Трајање пројекта од 2011- 2014. године.

Ангажовање у настави

Настава на Машинском факултету у Београду из предмета:

1. Аудиторне вежбе из предмета Апарати и машине у процесној индустрији, (ОАС) предметни професор - проф др Србислав Генић, дипл. инж. маш.
2. Аудиторне вежбе из предмета Процеси и опрема у области животне средине, (ОАС) предметни професор – проф др Александар Јововић, дипл. инж. маш

Настава на Норвешком Универзитету за Науку и Технику у Трондхајму, Краљевина Норвешка током летњег семестра 2010 године:

3. Демонстратор у одржавању лабораторијских вежби за мастер студије, на Норвешком Универзитету за Науку и Технологију, у Трондхајму, Норвешка. Назив лабораторијских вежби: „Solid Fuel Characterisation - methods, equipment and characteristics“, предметни професори - проф др Ivar Ståle Ertesvåg и др Morten Grønli.

Курсеви стручног усавршавања:

1. „Sustainable Development and Renewable Energy in South East Europe“, организован од стране Машинског факултета Универзитета у Сарајеву, период од 25. – 29. септембра 2008. године, у Фојници, Република Босна и Херцеговина.
3. “Thermo - Fluid Mechanics”, организован од стране Немачког Техничког Универзитета Ерланген (Friedrich Alexander Universität Erlangen, Nürnberg, Deutschland), период од 1. – 5. септембра 2008. године, у Херцег Новом.
4. “Energy Management and Control and Alternative and Renewable Energy Sources” - први модул, организован у сарадњи Привредне коморе Републике Србије, Машинског факултета Универзитета Београд и Института за међународни менаџмент Галилеја Универзитета у Израелу, (Galilee International Management Institute, University of Israel), период од 15. – 17. октобра 2008. године, у Београду.

5. "Energy Management and Control and Alternative and Renewable Energy Sources", други модул, организован у сарадњи Привредне коморе Републике Србије, Машинског факултета Универзитета Београд и Института за међународни менаџмент Галилеја Универзитета у Израелу, (Galilee International Management Institute, University of Israel), период од 10. – 12. новембра 2008. године, у Београду.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

У циљу стицања знања у научноистраживачком раду, Марта Трнинић је више пута била на стручном усавршавању на Норвешком Универзитету за Науку и Технику (Norwegian University of Science and Technology - NTNU):

1. у току месеца маја 2009. године, похађала је семинар „Analytical Techniques in Combustion“, организован од стране Норвешког Универзитета за Науку и Технику (Norwegian University of Science and Technology - NTNU), у Трондхајму, Краљевина Норвешка.

2. у периоду од септембра 2009. године до јуна 2010. године, на Норвешком Универзитету за Науку и Технику (Norwegian University of Science and Technology – NTNU), учествовала је у експерименталним истраживањима пиролизе кукурузног окласка, тресета и пшеничне сламе, и у изради нумеричког модела за потребе симулације процеса пиролизе различитих врста биљне биомасе.

3. у току месеца маја 2011. године, похађала је семинар „Kinetic modeling of biomass pyrolysis“, организован од стране Норвешког Универзитета за Науку и Технику (Norwegian University of Science and Technology - NTNU), у Трондхајму, Краљевина Норвешка.

У циљу реализације програма усавршавања Марте Трнинић, дипл.инж.маш., кандидаткиња је положила обавезне и изборне предмете.

Списак предмета на Докторским студијама на Машинском факултету Универзитета Београд

Ред. бр.	Назив предмета	предметни професор	година студија (ЕСПБ)				оцена испита
			1. година		2. година		
			I	II	III	IV	
1	Виши курс математике	проф др С. Раденовић проф др Д. Георгијевић	5				10 (десет)
2	Нумеричке методе	проф др С. Радојевић	5				10 (десет)
3	ОМНИР и комуникација	проф др М. Недељковић	5				10
4	Горива и посебна поглавља из сагоревања	проф др Д. Стојиљковић	5				10 (десет)
5	Одабрана поглавља из механике флуида	проф др С. Чантарк		5			10 (десет)
6	Енергетска ефикасност у индустрији	проф др Г.Јанкес		5			10 (десет)
7	Моделирање процеса сагоревања	проф др М. Аџић		5			10 (десет)
8	Индустријска енергетика и високотемпературни процеси и уређаји	проф др Г. Јанкес			5		10 (десет)
9	Управљање отпадом	проф др А. Јововић			5		10 (десет)

10	Лабораторијска истраживања I	проф др А. Јововић		10		10 (десет)
11	Лабораторијска истраживања II	проф др А. Јововић		15		10 (десет)
12	Лабораторијска истраживања III	проф др А. Јововић			20	10 (десет)
13	Лабораторијска истраживања IV	проф др А. Јововић			25	10 (десет)
14	Припрема за пријаву дисертације				5	

На докторским студијама кандидаткиња је положила свих 9 (девет) предмета са просечном оценом 10 (десет). Од тога 4 (четири) обавезна и 5 (пет) изборних предмета од којих сваки вреди 5 ЕСПБ бодова, укупно 45 ЕСПБ бодова. Кандидаткиња је 70 ЕСПБ бодова остварила радом у лабораторији Норвешког Универзитета за Науку и Технологију у Трондхајму (Norwegian University of Science and Technology-NTNU), а 5 при припреми пријаве дисертације.

Просечна оцена током докторских студија је 10 (десет).

Кандидаткиња има 3 (три) рада штампана у међународним часописима који имају импакт фактор на SCI листи.

Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности

Научни радови у међународним часописима

- Радови у врхунским међународним часописима (**M 21**):

1. Wang L., Trninić M., Skreiberg Ø., Grønli M., Antal Jr M. J.: *Is Elevated Pressure Required To Achieve a High Fixed-Carbon Yield of Charcoal from Biomass? Part 1: Round-Robin Results for Three Different Corncob Materials*, - Energy & Fuels, Vol 25, No 7, 2011, pp. 3251-3265.
2. Trninić M., Wang L., Varhegyi G., Grønli M., Skreiberg Ø.: *Kinetics of Corncob Pyrolysis*, - Energy & Fuels, Vol 26, No 4, 2012, pp. 2005-2013.

- Радови у међународним часописима (**M 23**):

1. Jankes G., Trninić M., Stamenić M., Simonović T., Tanasić N., Labus J., *Biomass Gasification with CHP Production – A Review of State of the Art Technology and near future Perspectives*, - Thermal Science, Vol 16, No 1, 2012, pp. S115- S130

- Саопштења са међународног скупа штампано у целини (**M 33**):

1. Jankes G., Stamenić M., Tanasić N., Nikolić A., Trninić M., Simonović T., *Parametri energetske efikasnosti sušne sekcije papir mašine, Energy efficiency parameters of drying section of paper machine*, Zbornik radova: XVIII Medunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, Zlatibor, 2012, pp. 130-138
2. Stamenić M., Jankes G., Tanasić N., Trninić M., Simonović T., *Energy audit as a tool for improving overall energy efficiency in Serbian industrial sector*, Proceedings of the 2nd International Symposium on Environment - Friendly Energies and Applications (EFEA), 2012, pp. 118 – 122
3. Tanasić N., Jankes G., Stamenić M., Trninić M., Simonović T., *Airflow Measurements and Material and Heat Balance in a Cardboard Mill Hall to Approach Energy Efficiency*, Proceedings of the 2nd International Symposium on Environment - Friendly Energies and Applications (EFEA), 2012, pp. 123 – 127
4. Trninić M., Stamenić M., Simonović T., Tanasić N., Jankes G., *Industrial scale demonstration plant with downdraft gasifier coupled to pebble bed regenerative heater for CHP*, Proceedings of ECOS 2012 - The 25th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems“, 2012, Perugia, Italy, pp. 212- 1 – 212-7
5. Trninić M., *Increasing energy efficiency: biomass gasification with CHP production*, Proceedings of the World Sustainable Energy Days 2012 (WSED), Wels, Austria, pp. 1 - 8

6. Trninic M., Stamenic M., Jankes G., *Downdraft Biomass Gasification of Corn Residues for the Combined Heat and Power Production*, Proceedings of the ICPS 2011 - 11th International Conference on Polygeneration Strategies, 2011 Vienna, Austria, pp. 375 – 379
 7. Trninic M., Stamenic M., Jankes G., Simonovic T., *Biomass Gasification as a Technology for using Biomass Energy for Combined Heat and Power Generation*, Zbornik radova: III Regionalna konferencija o industrijskoj energetici i zaštiti životne sredine u zemljama jugoistočne evrope – IEEP '11, Kopaonik 2011, Srbija, pp. 47 -48
 8. Trninic M., Grønli M., Jankes G., Stamenic M., Wang L., *Kukuruzni klip kao veoma kvalitetno gorivo pogodno za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije*, Zbornik radova: II Regionalna konferencija o industrijskoj energetici i zaštiti životne sredine u zemljama jugoistočne evrope – IEEP '10, Посебна сесија - Special Session, Zlatibor, 2010, Srbija, pp. 1 -9
 9. Jankes G., Grkovic V., Stamenic M., Trninic M., *Demonstraciono Kogeneracijsko postrojenje snage 200 kW sa gasifikacijom čvrste biomase*, Zbornik radova : II Regionalna konferencija o industrijskoj energetici i zaštiti životne sredine u zemljama jugoistočne evrope – IEEP '10, Zlatibor, 2010, Srbija
 10. Trninic M., Grønli M., Jankes G., Stamenic M., *Using Biomass for Combined Heat and Power as a Method for improving Energy Efficiency in Serbian Industry*, Proceedings of the Renewable energy Research Conference – Renewable Energy Beyond 2010, Trondheim 2010, Norway, pp. 100
 11. Trninic M., *Cogeneration as a Method of energy Efficiency in Serbian Industry*, Proceedings of the 7th Balkan Conference, Šibenik 2008, Croatia, pp. 1 -5
- Радови саопштени на међународном скупу, штампани у изводу (**М 34**):
1. Simonović T., Trninic M., Stamenić M., *Uticaj pritiska pretpunjenja gasnog dela ekspanzione posude sa membranom na veličinu ekspanzione posude*, Zbornik rezimea radova: 24. međunarodni kongres o procesnoj industriji - PROCESING '11, Fruška Gora, Srbija, 2011, pp. 64 - 65

Ауторизовани елаборати, експертизе и други документи ограничене циркулације

1. Јанкес Г., Стаменић М., Танасић Н., Трнинић М., Симоновић Т., Аџић В., *Обука за извођење енергетских аудита у индустрији*, Европска банка за реконструкцију и развој, Иновациони центар Машинског факултета у Београду, Мрежа за енергетску ефикасност у индустрији Србије, Београд, март 2013
2. Јанкес Г., Стаменић М., Танасић Н., Трнинић М., Симоновић Т., Аџић В., *Извештај са испитивања вреловодног котловског постројења у котларници предузећа ЕИ Земун- Енергетика и одржавање*, евиденциони број БР. LPT 7-2012-107.10-2-00-05, Иновациони центар Машинског факултета Универзитета у Београду, Београд, март 2012
3. Jankes G., Stamenić M., Tanasić N., Trninić M., Adžić V., *Final report - Study on reconstruction of existing furnace for brick firing and production line for the porous brick in the company IGMA Uljma*, Innovation Center of Mechanical Faculty, Belgrade, sector Serbian Industrial Energy Efficiency Network, Belgrade, December 2010.
4. Јанкес Г., Стаменић М., Танасић Н., Трнинић М., Симоновић Т., Аџић В., *Лабораторијска испитивања стабилних посуда водом под притиском (прво испитивање) за компанију Семарк д.о.о. Панчево*, евиденциони број LPT-1-2010-I 07.10-01-00/05, Иновациони центар Машинског факултета Универзитета у Београду, Београд, октобар 2010.
5. Главни машински пројекат постројења за гасификацију биомасе, Агросава Шимановци, у оквиру Пројекта ТР 33049 „Развој и изградња демонстрационог постројења за комбиновану производњу тоplotне и електричне енергије са гасификацијом биомасе“

1.3. Оцена подобности кандидаткиње за рад на предложеној теми

Својим досадашњим истраживачким активностима кандидаткиња је испољила заинтересованост, одговорност и стручност за инжењерски и научни рад, као и спремност за решавање истраживачких задатака.

Публиковани радови у часописима и на конференцијама међународног и националног значаја, указују на изразит смисао кандидаткиње да се бави како теоријским, тако и сложеним експерименталним истраживањима. Досадашњи објављени радови и истраживачка делатност

кандидаткиње су суштински повезани са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације и квалификују кандидаткињу за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми.

На основу биографских података, положених испита на докторским студијама, њених научних и стручних активности, објављених радова и експерименталних истраживања, Комисија сматра да постигнути резултати квалификују кандидаткињу за успешан и ефикасан научно - истраживачки рад на предложеној дисертацији и очекује да резултати истраживања дају значајан научни допринос у области примене термохемијских процеса пиролизе кукурузног окласка (и других врста биљне биомасе) у енергетске сврхе, као и да ће бити практично имплементирани.

2. Предмет и циљ истраживања

За Републику Србију, процењује се да ће бруто финална потрошња енергије, (БФПЕ), без примене мера за енергетску ефикасност порасти са 9,15 Мтен у 2009. години на 10,33 Мтен у 2020. години, што представља пораст од 12,9 %, [1]. Национални акциони план за обновљиве изворе енергије Републике Србије, предвиђа учешће обновљивих извора енергије (ОИЕ) у БФПЕ, у 2020 години, од 27,0 % (односно 2,56 Мтен), [1]. Од укупног учешћа ОИЕ, 56 % би чинила биомаса (1,43 Мтен). Такође, предвиђа се да удео биогорива у сектору саобраћаја, у 2020. години износи 10% (односно 0,24 Мтен). Ово све указује да је потребно у периоду од 2009. до 2020. године остварити повећање учешћа ОИЕ за 0,62 Мтен. С обзиром на расположиви потенцијал ОИЕ и неискоришћене потенцијале, Република Србија може да оствари постављени циљ за 2020. годину из домаћих извора осим у погледу обавезујућег удела биогорива од 10 % у сектору саобраћаја 2020. године. Из наведених разлога потпуно је јасно да се у оквиру било које политике одрживог развоја као један од основних постулата мора предвидети и коришћење биомасе за потребе генерисања енергије.

Укупна обрадива површина у Србији износи 3,05 милиона хектара, [2]. Најзаступљеније пољопривредне културе, у Републици Србији, су кукуруз (на површини од 1,35 милиона хектара), и пшеница (на површини од 0,85 милиона хектара), [2]. У оквиру ратарске производње, у односу на примарни производ добијају се и велике количине тзв. нуспроизвода, чија намена у највећем броју случајева није технолошки дефинисана. Процена је да се са површина од 100 хектара засађене кукурузом, може добити 30 тона кукурузног остатака (кукурузна слама и кукурузни окласак), чији енергетски потенцијал износи 12 тен.

Хемијску енергије биомасе (у овом случају кукурузног окласка), могуће је трансформисати у топлотну и електричну енергију, применом различитих процеса термичке конверзије биомасе, као што су: сагоревање, гасификације и пиролиза.

Процеси пиролизе и гасификације, престављају ефикаснији процес термичке конверзије хемијске енергије биомасе у електричну и /или топлотну, производњу био – горива, као и широког спектра хемијских једињења. Процес гасификације је знатно флексибилнији процес од процеса сагоревања, собзиром да се гасовити продукти гасификације могу директно користити у моторима на унутрашње сагоревање, за производњу електричне и топлотне енергије, или путем различитих хемијских процеса произведени гас може бити коришћен као полазна сировина за добијање различитих синтетичких хемијских једињења или течног горива. Процес пиролизе, представља још ефикаснији и економичнији процес за добијање био - уља (пиролитичка уља) и коксног остатака (био – угља), [3]. Процеси пиролизе и гасификације, спадају у групу тзв. чистих процеса (ниска емисија сумпорних једињења, азотних оксида, фурана, диоксида, итд.).

Доминатни продукти процеса пиролизе биомасе су пиролитичка уља, мешавина различитих гасова и коксни остатак. Удео и састав продуката процеса пиролизе биомасе зависе од низа утицајних параметара: температуре, режима загревања биомасе, брзине вођења процеса, притиска, могућег присуства катализатора као и карактеристика биомасе (хемијске и техничке карактеристика, масе и величине узорка биомасе). Сходно томе, генерално се разликују две врсте процеса пиролизе: брза и

спора пиролиза, чији је циљ производња био – уља (пиролитичка уља) и коксног остатка (био – угаља). Процес брзе пиролизе, омогућава добијање максималног удела пиролитичког уља (и до 70%) и одвија се на температурама приближним температури од 500°C , при великим брзинама загревања и кратким временом одвијања процеса [4]. Међутим, био – уља су хемијски веома нестабилна. Наиме, различите компоненте које улазе у састав био – уља реагују како међусобно, тако и са кисеоником из околног ваздуха, при чему се истовремено разлажу и полимеризују. Резултат ових промена су повећање вискозности и молекуларне масе био-уља и издвајање одређена количине воде [5]. С обзиром да био – уље не садржи одговарајућа својства горива које се може користити у системима за сагоревање (на пример у моторима са унутрашњим сагоревањем), потребна је примена различитих процеса обogaћивања био – уља. Због комплексности процеса брзе пиролизе и захтеваних примена различитих пратећих подпроцеса, дати тип пиролизе представља значајно скуп процес (комплексност реактора и вођења процеса, и сл.). За разлику од брзе пиролизе, процес споре пиролизе је значајно једноставнији и економичнији. Применом споре пиролизе, биомаса се загрева споро, резултујући у добијању коксног остатка, био – уља и смеше гасова. Спору пиролизу карактерише дуго време трајања процеса, који резултира уделом коксног остатка и до 50-80% [6,7], који садржи око 50% енергије првобитно садржане у биомаси. Коксни остатак се одликује високим садржајем угљеника (и до 90%), ниском садржајем азота и пепела, као и занемарљивим садржајем сумпора. Коксни остатак има широку примену као гориво, активни угаљ, сировина за производњу барута, састојак гасне маске, у металургији (као одлично редукционо средство и заштита против оксидације), у производњи хемикалија (на пример, лекова, угљен-дисулфида, калцијум карбид, силицијум карбид, натријум цијанида, итд.), као помоћно средство у преради метала (на пример, бакра, силицијума, никла, алуминијума, мангана), за производњу активног угља, у домаћинству као гориво (кување, роштиљ и грејање), као ђубриво тзв. агро ђумур (terra preta).

Процес пиролизе је саставни подпроцес процеса сагоревања и гасификације биомасе. Сходно датој чињеници, у циљу успешног пројектовања, конструисања и коришћења реактора за процесе гасификације, сагоревања и пиролизе, познавање кинетике одвијања процеса пиролизе биомасе је од изузетног значаја. За потребе пројектовања и конструисања лабораторијских и индустријских реактора за одвијање одређених термохемијских процеса (сагоревање, гасификација или само пиролиза) , неопходно је познавати брзину реакције за сваки тип биомасе, режим и услове одвијања процеса, односно неопходно је бар оквирно познавати кинетику процеса пиролизе биомасе која се испитује. Такође, неопходно је и одређивање удела различитих продуката процеса пиролизе (с обзиром да улазе у процес и гасификације и/или сагоревања). Сходно поменутом, од изузетне је важности развити кинетички и статички модел пиролизе.

Термичка конверзија биомасе (пиролиза, гасификација, сагоревање) је веома сложен физичко – хемијски процес, који у себи садржи низ физичких трансформација и хемијских реакција, што се све додатно усложњава хетерогеном грађом различитих врста биомасе и различитих процесних параметара под којима се процес термичке конверзије води. Свака врста биомасе се састоји из различитих како квантитативно тако и квалитативно различитих компоненти (хемицелулоза, целулоза, лигнин, екстракти, итд.). Чак шта више, узорци исте врсте биомасе се могу разликовати у својој реактивности, током процеса пиролизе, услед могућег присуства различитих неорганских материја. Током процеса пиролизе, одвија се истовремено велики број сложених хемијских реакција. Већина хемијских реакција је непозната, што додатно компликује приступ успешном моделовању процеса пиролизе. Сходно томе, приликом моделирања, процес пиролизе се поједностављује претпоставком да се процес састоји из примарних и/или секундарних хемијских реакција. Примарне реакције пиролизе представља разлагање компоненти биомасе (хемицелулоза, целулоза, лигнин, екстрактиви). Примарне реакције пиролизе започињу на температурама блиским 200°C и завршавају се на температури блиској 500°C. Продукти примарних реакција пиролизе су волатили, тер и коксни остатак [8]. Продукти примарних реакција, при проласку кроз микропоре узорка ка површини узорка, могу реаговати са околном органском масом узорка, кад наступа одвијање секундарних реакција. Наиме, након напуштања узорка биомасе, тер и волатили могу наставити даље реакције, хомогено у парној фази и хетерогено на површини врелог узорка биомасе, односно већ формираног коксног остатка [3]. Такође, приликом пиролизе узорка биомасе, већих маса, тер који се већ формира у

узорку, проводи више времена унутар њега, остварујући могућност одвијања секундарних реакција. Секундарне реакције, које се одвијају унутар и изван узорка биомасе условљавајући разлагање тера у гас, изражајније су на вишим температурама (експоненцијално расту са повећањем температуре), [4]. Секундарне реакције се одвијају на повишеним температурама (чак и изнад 700 - 800°C) и одвијају се између продуката примарних реакција [8]. Тер, формиран током примарних реакција, разлаже се на гасове и коксни остатак. Разлагање тера је условљено каталитичким деловањем коксног остатка, формираног током примарних реакција [8,9]. Разлагање тера, одвија се у порама узорка који се пиролизује, у гасној фази (формирајући чађ) и на површини коксног остатка (формирајући секундарни коксни остатак) [10]. Утицај секундарних реакција пропорционална је времену задржавања волатила, гасова и тера као и брзини одвијања пиролизе. Секундарне реакције долазе до изражаја при споро вођеној пиролизи и дужем времену задржавања узорка на одређеним температурним нивоима. Наиме, формирање и напуштање волатила, гасова и тера је спорије и у дужем је контакту са коксним остатком.

У литератури се сусрећу различити математички модели, који су у приказивању параметара кинетике процеса пиролизе међусобно противречни, [11]. Противреченост у литературним подацима, узрокована је применом поједностављених хемијских реакција, физичким и хемијским карактеристикама узорка биомасе који се испитује, врстом експеримената (изотермни или динамички), ограниченошћу примене различитих математичких метода, и сл., [12]. Већина модела се базира на анализи примарних реакција пиролизе, док мали број модела узима у обзир секундарне реакције, односно разлагање тера које се одвија унутар и изван узорка биомасе, [9]. Најчешће примењивани математички кинетички модели процеса пиролизе су: једностепени модел кинетике, вишестепени модел кинетике, полу - општи модел кинетике, [13]. Међутим, сваки од набројаних математичких модела процеса пиролизе, поседује одређене недостатке. Недостатак једноступеног модела је не узимање у обзир промене удела продуката пиролизе са променом параметара процеса пиролизе, односно претпоставља се константан однос волатила и коксног остатка. Дати приступ у моделирању кинетике процеса пиролизе се користи ради одређивања интензитета деволатализације биомасе (количине ослобођених волатила) и не дефинише уделе кондензујућих продуката и гасова [4]. Вишекомпонентни модел, заснива се на претпоставци да се процес пиролизе може представити као сума реакција различитих компоненти биомасе (хемицелулоза, целулоза, лигнин, екстракти, итд.) [14]. Вишестепени модел узима у обзир реакције различитих компоненти посматране биомасе, међутим коначни удео коксног остатка требало би да је познат или априори претпостављен, али расподела осталих продуката се не може одредити, те се модел не може са прецизношћу применити у општем случају. Најтачнији примењивани кинетички модел је модел дискретне расподеле енергије активације, који описује термичко разлагање свих компоненти биомасе преко расподеле активационе енергије, која је карактеристична за сваку компоненту биомасе (хемицелулоза, целулоза, лигнин, екстракти).

Наиме, свака компонента биомасе се активира, односно подлаже процесу разградње, при одговарајућим температурама процеса пиролизе. Односно, сваку компоненту биомасе, карактерише одређена вредност активационе енергије. Одређивање температуре разградње појединих компоненти постиже се применом експеримената са различитим режимима загревања испитиваног узорка, чиме се избегава преклапање температурних области разлагања одређених компоненти биомасе (хемицелулозе, целулозе и лигнина). Увођење расподеле активационих енергија појединих компоненти биомасе, поједностављује разумевање кинетике пиролизе сложених органских узорка [17,19]. Кинетички параметри добијени применом модела расподеле активационе енергије, одговарају експерименталним подацима, и омогућавају прецизну анализу процеса пиролизе и при различитим условима вођења процеса пиролизе (различитим од експерименталних) и при анализи пиролизе различитих врста биомаса, [17,19,20,21,22].

Статички модел пиролизе обухвата хемијско-кинетичку карактеризацију процеса пиролизе и енергетске и материјалне билансе процеса, на основу којих је могуће одређивање удела продукта пиролизе (коксни остатак, гасна смеша, тер) као и њихов састав у зависности од карактеристика кукурузног окласка (елементарни и технички састав) и температуре процеса пиролизе. Увођењем статичког модела пиролизе у статички модел гасификације, могуће је побољшати тачност модела

гасификације. Тачност се огледа у одређивању хемијског састава продуката у зависности од различитих параметара процеса гасификације (влажност биомасе, величина узорака, температура процеса гасификације, садржај кисеоника у ваздуху за гасификацију, и сл.).

Успешно постављен модел, омогућиће симулацију и оптимизацију одређеног процеса, што даље утиче на развој технологија и уређаја за процесе пиролизе гасификације биљне биомасе а све у циљу добијања квалитативно и квантитативно оптималног удела продуката пиролизе и гасификације.

Предмет докторске дисертације су комплексна и свеобухватна теоријска и експериментална истраживања радних параметара за успешно вођење процеса пиролизе кукурузног окласка у циљу достизања високог садржаја коксног остатка. На основу експерименталних истраживања, извршиће се дефинисање корелација између параметара процеса пиролизе и продуката процеса, на основу којих је могуће развити математичке моделе (статичке и кинетичке) процеса пиролизе, а потом унапредити математички статички модел процеса гасификације.

Имајући у виду комплексност дате области, извршиће се:

1. Елементарна и техничка анализа кукурузног окласка, и елементарни састав пепела;
2. Дефинисање утицајних параметара на процес пиролизе (температура, режим загревања, притисак, маса и гранулација узорка, влага узорка)
3. Детаљан приказ и анализа до сада развијених математичких модела у области пиролизе биомасе
4. Термогравиметријска експериментална истраживања споре пиролизе кукурузног окласка, која обухвата експерименте са различитом масе узорка, са различитом гранулацијом узорка и са различитим начином излагања узорка кукурузног окласка процесу пиролизе (узорци у затвореној или у отвореној посудици);
 - 4.1. Утицај масе узорка на крајње продукте процеса пиролизе;
 - 4.2. Утицај гранулације узорка на крајње продукте процеса пиролизе;
 - 4.3. Утицај одвијања секундарних реакција пиролизе на крајње продукте процеса пиролизе;
 - 4.4. Дефинисање статичког модела процеса пиролизе чијом употребом је могуће одређивање састава и количине продуката процеса пиролизе;
5. Термогравиметријска експериментална истраживања пиролизе кукурузног окласка, применом различитих режима загревања;
 - 5.1. Утицај брзине загревања на процес пиролизе;
 - 5.2. Дефинисање кинетичког модела процеса пиролизе, чијом употребом је могуће одредити параметаре кинетике процеса пиролизе (енергија активације, брзина одвијања разлагања компоненти кукурузног окласка);
6. Даљни развој и унапређење статичког модела процеса гасификације увођењем развијеног статичког модела процеса пиролизе кукурузног окласка у статички модел процеса гасификације;

Циљеви истраживања

Научни циљев истраживања

Научно истраживање у докторској тези обухвата детаљно експериментално испитивање кукурузног окласка као потенцијалног извора енергије и детаљна експериментална испитивања процеса пиролизе кукурузног окласка.

Детаљним експерименталним испитивањем кукурузног окласка, дефинисаће се елементарни и технички састав кукурузног окласка, као и елементарни састав пепела кукурузног окласка. Познато је да је топлотна моћ одређеног горива у директној вези са односима водоник – угљеник (H/C) и кисеоник – угљеник (O/C) у посматраном гориву. Што је нижи однос кисеоник – угљеник (O/C) и однос водоник – угљеник (H/C) то је виша топлотна моћ горива. Неоргански елементи, који улазе у састав пепела, утичу на процесе термохемијске конверзије биомасе (сагоревања, гасификације, пиролизе), као и на топивост пепела, синтеровање пепела, корозију на зидовима постројења. Од изузетне важности је познавање количине неорганских елемената у кукурузном окласку (и било које врсте биљне биомасе), потом реакције и ефекти које они проузрокују током процеса пиролизе, а све у циљу ефикасног вођења процеса пиролизе и пројектовања / конструисања реактора у којем се процес пиролизе одвија (што важи и за (и за процесе гасификације и сагоревања). На основу одређивања температуре топивости пепела, могуће је дефинисати с оптималну температуру процеса пиролизе кукурузног окласка.

Детаљним експерименталним истраживањима процеса пиролизе кукурузног окласка дефинисаће се корелације између утицајних параметара процеса пиролизе (режим загревања, величина и маса узорка, време задржавања, проток радног медијума) и крајњих продуката процеса пиролизе кукурузног окласка. На основу дефинисаних поменутих корелација развиће се математички модели (статички и кинетички) процеса пиролизе кукурузног окласка, који описују комплексну појаву пиролизе. На основу примене различитих температурних режима (температура, брзина загревања, време задржавања узорка на одређеном температурном нивоу), дефинисаће се кинетички модел процеса пиролизе кукурузног окласка, којим се омогућава одређивање вредности активационих енергија компоненти биомасе и брзине разлагања компоненти биомасе (хемицелулоза, целулоза, лигнин, екстрактиви). На основу активационих енергија које је могуће одредити температуру разлагања (активације) сваке компоненте биомасе биомасе (хемицелулоза, целулоза, лигнин, екстрактиви). На основу ових података могуће је имати детаљан увид у одвијање процеса пиролизе кукурузног окласка. За потребе пројектовања и конструисања лабораторијских и индустријских реактора за одвијање одређених термохемијских процеса (сагоревање, гасификација или само пиролиза), неопходно је познавати брзину реакције, вредност активационих енергија за сваки тип биомасе, режим и услове одвијања процеса, односно неопходно је бар оквирно познавати кинетику процеса пиролизе биомасе која се испитује. Статички модел пиролизе обухвата хемијско-кинетичку карактеризацију процеса пиролизе и енергетске и материјалне билансе процеса. На основу експеримената са различито припремљеним узорцима кукурузног окласка (маса, гранулација) као различитим начином излагања узорака кукурузног окласка процесу пиролизе (узорци си или у затвореној или у отвореној посудици), дефинисаће се статички модел процеса пиролизе кукурузног окласка, којим се омогућава одређивање продукта пиролизе (коксни остатак, гасна смеша, тер) како по погледу квантитативних тако и квалитативних карактеристика.

Развијање статичког и кинетичког модела процеса пиролизе од изузетне вишеструке важности јер даје могућност симулације и оптимизације процеса пиролизе кукурузног окласка. Развијен математички статички модел процеса пиролизе кукурузног окласка, омогућиће унапређење статичког модела процеса гасификације самим увођењем статичког модела пиролизе кукурузног окласка у модел гасификације.

Практични циљеви истраживања

Дефинисањем оптималних параметара вођења споре пиролизе омогућено је добијање већег удела коксног остатка и до 55 - 80 %, који садржи око 50% енергије првобитно садржане у биомаси. Коксни остатак се одликује високим садржајем угљеника (и до 90%), ниском садржајем азота и пепела, као и занемарљивим садржајем сумпора. Коксни остатак има широку примену као гориво, активни угаљ, сировина за производњу барута, састојак гасне маске, у металургији као био - угаљ (као одлично редукционо средство и заштита против оксидације), као ђубриво тзв. агро ђумур (terra preta).

Познавање количине неорганских елемената у кукурузном окласку, њихов утицај на ток процеса пиролизе, потом примена дефинисаних математичких модела процеса пиролизе и гасификације омогућиће симулацију и оптимизацију процеса пиролизе и гасификације кукурузног окласка у циљу добијање квалитативно и квантитативно оптималног удела продуката процеса пиролизе и гасификације, потом успешно пројектовање, конструисање и коришћење реактора за процесе пиролизе и гасификације, без обзира на врсту биљне биомасе.

Поменута истраживања имаће посредан утицај на развој техника за трансформацију хемијске енергије биомасе у топлотну и електричну енергију, као и на смањење емисија загађујућих компонената у атмосферу.

Референце

1. Поједностављени национални акциони план за обновљиве изворе енергије, Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине републике Србије, Сектор за енергетску ефикасност и обновљиве изворе енергије, 2012., Београд
2. Jovanović B., M.Parović, *Stanje i razvoj biomase u Srbiji*, Alternativna Energija Srbije, 2009, Beograd.
3. Sadaka S., Pyrolysis,- Sun Grant BioWeb and the University of Tennessee, <http://bioweb.sungrant.org>
4. Akita K., Kase M., *Determination of kinetic parameters for pyrolysis of cellulose and cellulose treated with ammonium phosphate by differential thermal analysis and thermal gravimetric analysis*, - Journal of Polymer Science Part A-1: Polymer Chemistry, Vol 5, No 4, 1967, pp. 833-848.
5. Rogers F.E., Ohlemiller T.J., *Cellulosic Insulation Material. I. Overall Degradation Kinetics and Reaction Heats*, - Combustion Science and Technology, Vol 24, No 3-4, 1980, pp. 129-137.
6. Jankes G., *Prilog proučavanju gasifikacije jugoslovenskih lignita*, - Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1990, Beograd
7. Antal M. J. Jr, Stephen G. A., Xiangfeng D., Brent S., Man S. T., Morten G., *Attainment of the Theoretical Yield of Carbon from Biomass*, - Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol 39, No 11, 2000, pp. 4024-4031.
8. Babu B.V., Chaurasia A.S., *Modeling for pyrolysis of solid particle: kinetics and heat transfer effects*, - Energy Conversion and Management, Vol 44, No 14, 2003, pp. 2251-2275.
9. Petar G., Modeliranje procesa devolatilizacije biomase, - Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerzitet u Beogradu, 2002, Beograd
10. Miller R. J., Bellan J., *Tar and Collection from the Pyrolysis of Large Biomass Particles*, - Combustion Science and Technology, Vol 126, No 1-6, 1997, pp. 97-118
11. Babu,B.V. , Chaurasia A.S., Modeling, simulation and estimation of optimum parameters in pyrolysis of biomass, - Energy Conversion and Management, Vol 44, No 13, 2003, pp. 2135-2158.
12. Morf P. O., *Secondary reactions of tar during thermochemical biomass conversion - Doctor of Technical Sciences Dissertation*, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2001 Zurich, Switzerland
13. Li Z., Wei Zh., Meng B., Liu C., Zhu Q., Zhao G., *Kinetic study of corn straw pyrolysis: Comparison of two different three-pseudocomponent models*, - Bioresource Technology, Vol 99, No 16, 2008, pp. 7616-7622.
14. Pokol G., Várhegyi G., Dollimore D., *Kinetic Aspects of Thermal Analysis. Critical Reviews*, - Analytical Chemistry, Vol 19, No 1, 1988, pp. 65-93.
15. Beenackers F.A.C., Swaaij V., *Wood pyrolysis and carbon dioxide char gasification kinetics in a fluidized bed*, in Fundamentals of Thermochemical Biomass Conversion – Overend R.P., Milne T.A., and Mudge L.K., Editors. Elsevier Applied Science London, 1985, pp. 691-715.
16. Burnham, A.K., Braun R.L., *Global Kinetic Analysis of Complex Materials*, - Energy & Fuels, Vol 13, No 1, 1998, pp. 1-22.
17. Trninić M., Wang L., Varhegyi G., Grønli M., Skreiberg Ø., *Kinetics of Corncob Pyrolysis*, - Energy & Fuels, Vol 26, No 4, 2012, pp. 2005-2013.
18. Avni E., Coughlin R. W., Solomon P. R. King H. H., *Mathematical modelling of lignin pyrolysis*, - Fuel, Vol 64, No 11, 1985, pp. 1495-1501.
19. Wang L., Trninić M., Skreiberg Ø., Grønli M., Antal Jr M. J.: Is Elevated Pressure Required To Achieve a High Fixed-Carbon Yield of Charcoal from Biomass? Part 1: Round-Robin Results for Three Different Corncob Materials, - Energy & Fuels, Vol 25, No 7, 2011, pp. 3251-3265.

20. Mészáros E., Várhegyi G., Jakab E., Marosvölgyi B., *Thermogravimetric and Reaction Kinetic Analysis of Biomass Samples from an Energy Plantation*, - Energy & Fuels, Vol 18, No 2, 2004, pp. 497-507.
21. Várhegyi G., Bobály B., Jakab E., Honggang C., *Thermogravimetric Study of Biomass Pyrolysis Kinetics. A Distributed Activation Energy Model with Prediction Tests*, - Energy & Fuels, Vol 25, No 1, 2010, pp. 24-32.
22. Di Blasi C., *The state of the art of transport models for charring solid degradation*, - Polymer International, Vol 49, No 10, 2000, pp. 1133-1146.

3. Полазне хипотезе

Досадашња истраживања, показала су да постоји велики број могућих апликација где се хемијска енергија биомасе може успешно користити у енергетске сврхе. Основна полазна хипотеза је да се свеобухватном анализом процеса пиролизе, а потом и процеса гасификације, може добити далеко ефикаснији систем за коришћење хемијске енергије биомасе (кукурузног окласка) и тиме значајно смање трошкови увоза енергената. Нове технологије пиролизе и гасификације одликују се ниским вредностима емисија загађујућих компонената као што су азотни оксиди и угљен – моноксид, као и флексибилношћу рада уређаја у широком опсегу оптерећења. До сада детаљне неистражене могућности коришћења физичке енергије анализираће се применом експерименталних, а потом и математичких метода.

Физичке – хемијске појаве и процеси, који се истражују у докторској дисертацији, односе се на понашање реалних материјалних система чије се моделирање заснива на следећим хипотезама:

1. Издвајање и количина продуката процеса, условљени су масом и гранулацијом узорка кукурузног окласка, као и утицајем одвијања секундарних реакција пиролизе. Код узорака кукурузног окласка већих маса чије се димензије, геометрија, структура као и остали физички параметри не могу занемарити, процес пиролизе је контролисан преносом топлоте и масе. Већи узорци биомасе, пружају већи отпор проласку волатила кроз микропоре узорка, што условљава повећање утицаја секундарних реакција и задржавање угљеника издвојеног разлагањем тера унутар самог узорка. Порастом величине узорка, расте удео коксног остатка, метана, док се смањује удео тера.
2. Још увек није развијен прецизан модел кинетике пиролизе, који би узео у обзир све параметер који дефинишу процес пиролизе а самим тим и читаву “мрежу” хемијских реакција које се одвијају током процеса, од којих се не тако мали број непознате. Наиме, биомаса се састоји од великог броја компоненти (хемицелилоза, целулоза, лигнин, екстракти) које су подложне процесу пиролизе, и чији удео у биомаси утиче на сам опште посматран процес пиролизе биомасе. Комплетном и детаљном кинетичком анализом механизма пиролизе и карактеризацијом узорка пре и после процеса пиролизе, очекује се детаљан увид на разлагање појединих саставних компоненти кукурузног окласка при различитим режимима вођења процеса пиролизе. Примена кинетичког модела дискретне расподеле енергије активације, дефинисаће разлагање свих компоненти биомасе преко расподеле активационе енергије која је карактеристична за сваку компоненту биомасе. Кинетички параметри добијени применом модела расподела активационе енергије, одговараће експерименталним подацима, и омогућиће прецизну анализу процеса пиролизе и при различитим условима вођења процеса и при анализи пиролизе различитих врста биљне биомасе.
5. Симулацијом процеса пиролизе и процеса гасификације, применом развијеног статичког модела процеса пиролизе и гасификације, могуће је извести корелацију између радних параметара процеса пиролизе, односно гасификације (температура процеса, брзина вођења процеса, примена различитих медијума у процесу гасификације, и сл.) и приноса продуката пиролизе, односно гасификације.

6. Одговарајућим избором радних параметара процеса, могуће је постићи оптималан принос продуката процеса пиролизе и гасификације.

На основу датих хипотеза биће израђен математички односно аналитички модел процеса пиролизе (статички и кинетички) и математички статички модел процеса гасификације чијом употребом ће бити могуће оптимизација ових процеса. У том циљу, експерименталним резултатима је потребно да се потврди оправданост постављених хипотеза.

4. Научне методе истраживања

У оквиру предложене докторске дисертације примениће се савремени истраживачки поступци и мерења у реалним условима уз коришћење софтверских пакета за математичке симулације.

Научне методе истраживања које ће бити примењене за реализацију предложених истраживања у докторској тези су:

1. Елементарна и техничка анализа кукурузног окласка
2. Експериментална испитивања процеса пиролизе кукурузног окласка применом термогравиметријског анализатора:
 - 2.1. експериментална испитивања споре пиролизе кукурузног окласка са применом различитих маса и гранулација испитиваног узорка
 - 2.2. експериментална испитивања процеса пиролизе кукурузног окласка применом различитих режима загревања
 - 2.3. експериментална испитивања процеса пиролизе кукурузног окласка применом различитог начин излагања узорка кукурузног окласка процесу пиролизе (узорци су или у затвореној или у отвореној посудици)
3. Анализирање експерименталних података
4. Примена већ развијених математичких модела и поређење резултата добијених њиховом применом
5. Развијање математичког модела уз примену развијених софтверских пакета за прорачуне процеса пиролизе кукурузног окласка
 - 5.1. за потребе статичког модела процеса пиролизе користиће се Engineering Equation Solver (EES)
 - 5.2. за потребе модела кинетике процеса пиролизе, математички прорачун и графичко приказивање резултата користиће се програмски језици: Fortran 95, C++ програм и MATLAB
6. Верификација и оптимизација развијених модела
7. Развијање математичког модела уз примену развијених софтверских пакета за прорачуне процеса гасификације кукурузног окласка
8. Утврђивање поузданости развијених математичких модела (статичких и кинетичких), односно нивоа грешке која се јавља у поступку прорачуна

5. Очекивани научни допринос

Предвиђена истраживања у оквиру израде докторске дисертације која обухватају детаљну анализу карактеристика кукурузног окласка (као потенцијалног енергента) и детаљна експериментална

истраживања процеса пиролизе кукурузног окласка, омогућиће детаљан увид у одвијање процеса пиролизе кукурузног окласка.

На основу резултата експерименталних истраживања, дефинисаће се корелације између утицајних параметара процеса пиролизе кукурузног окласка и крањих продукта процеса пиролизе, што ће омогућити дефинисање математичких модела (статички и кинетички) процеса пиролизе. Математички статички модели омогућиће одређивање удела продукта процеса пиролизе у зависности од различитих радних параметара процеса (температура процеса, маса узорка, влажност узорка, итд.), док ће математички кинетички модел омогућити дефинисање кинетичких параметара (температуре активације, брзина реакција разлагања, итд.) процеса пиролизе за различите температурне режиме процеса (температура процеса, брзина загревања, дужина времена задржавања узорка на одређеним температурама, итд.).

Сходно чињеници да је процес пиролизе саставни део процеса гасификације, статички модел гасификације ће бити знатно унапређен увођењем статичког модела процеса пиролизе у сам модел гасификације.

Математички модели процеса пиролизе (статички и кинетички) и гасификације (статички) даће могућност симулације и оптимизације ових процеса, без обзира на врсту биљне биомасе, што посредно утиче на пројектовање, конструисање, а самим тим и на усавршавање карактеристика лабораторијских и индустријских реактора (за процесе пиролизе и гасификације) како у погледу добијања квалитативног и квантитативног оптималног удела продукта процеса (пиролизе и гасификације) тако и у погледу постизања стабилног рада и задовољења енергетских и еколошких захтева дефинисаних савременим стандардима.

Реализацијом циљева ове докторске дисертације применом поменутих научних метода, добијени резултати ће поред научног имати и значај директно применљив у техничкој пракси с обзиром на чињеницу да у Републици Србији постоји велико интересовање како за коришћење отпадне пољопривредне биомасе (као што је кукурузни окласак) у енергетске сврхе, тако и за унапређење и развој нових постројења за термичку конверзију биомасе без обзира на њихов капацитет и употребу.

Резултати истраживања представљаће основу и подстрек за будућа истраживања у овој области што представља посебни допринос.

6. План истраживања и структура рада

Предвиђени план истраживања састоји се из следећих фаза:

1. Свеобухватан преглед и систематизација доступне литературе о истраживањима у оквиру дате области. Систематски преглед постојећих математичких модела (статичких и кинетичких) процеса пиролизе, као и математичких модела процеса гасификације на основу релевантних извора литературе;
2. Примена две групе експеримената: дефинисање утицаја параметара пиролизе на крајњи производ процеса (применом различитих маса и величина узорака) и дефинисање кинетике процеса пиролизе применом различитих температурних програма загревања узорка у микро ТГА реактору;
3. Обрада и анализа резултата експеримената процеса пиролизе са извођењем корелација између утицајних параметара процеса и крајњих продуката процеса пиролизе;
4. Дефинисање математичког статичког модела и кинетичког модела пиролизе кукурузног окласака;
5. Симулација процеса пиролизе кукурузног окласка.

6. анализа и провера применљивости одабраних модела и њихово унапређење на основу добијених резултата мерења;
7. Поређење експерименталних резултата са резултатима добијених применом развијених математичких модела;
8. Анализа добијених резултата и закључак;

Општа структура предложене докторске дисертације представљена је следећим целинама:

1. Увод
2. Биомаса као обновљив извора енергије
3. Процеси термичке конверзије хемијске енергије горива у енергију (пиролиза, гасификација и сагоревање)
4. Преглед досадашњих истраживања за унапређење математичких модела процеса пиролизе (статички и кинетички), као и математичких модела процеса гасификације
5. Структура и хемијски састав кукурузног окласка
6. Опис експерименталне инсталације и поступка експерименталних истраживања
7. Анализа резултата експерименталног истраживања
8. Дефинисање математичког модела (стационарни и кинетички модели) применом развијених софтвера
9. Провера математичких модела на основу добијених резултата експерименталног мерења
10. Примена математичког модела (стационарни модел) процеса пиролизе, за израду н математичког модела гасификације кукурузног окласка
11. Закључци и препоруке за даља истраживања
12. Литература
13. Прилози

7. Закључак и предлог

Анализом Пријаве кандидаткиње Марте Трнинић, дипл. инж. маш., Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације, представља интересантну и савремену област за истраживање и да је адекватна за израду докторске дисертације, као и да кандидаткиња испуњава и законске и истраживачке квалификације за рад на докторској дисертацији (закључак 1.3).

На основу свега изложеног Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидаткињи

Марти Трнинић, дипл. инж. маш.

одобри израду докторске дисертације под називом

МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА ПРОЦЕСА ПИРОЛИЗЕ КУКУРУЗНОГ ОКЛАСКА

у научној области Процесна техника за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан, при чему се као ментор предлаже проф. др Александар Јововић, са Машинског факултета у Београду.

У Београду, 05.07.2013.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Александар Јововић - ментор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Горан Јанкес, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф.др Мирослав Станојевић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф.др Драгослава Стојиљковић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф.др Нико Самец,
Универзитет у Марибору, Машински факултет

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **Марту Трнинић, дипл.инж.маш.**

Име и презиме ментора: Александар Јововић
Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Tucakovic, D., Stevanovic, V., Zivanovic, T., Jovovic, A., Ivanovic, V., Thermal-hydraulic analysis of a steam boiler with rifled evaporating tubes, APPLIED THERMAL ENGINEERING, (2007) vol.27 br.2-3 str. 509-519 (IP 0,868), ISSN 1359-4311
2. Jovovic, A., Kovacevic Z., Radic, D., Stojiljkovic, D., Obradovic, M., Todorovic, D., Stanojevic, M, The Emission of particulate matters and heavy metals from cement kilns – case study: Co-incineration of tires in Serbia, CHEMICAL INDUSTRY & CHEMICAL ENGINEERING QUARTERLY, (2010), vol. 16 br. 3, str. 213-217, (IP 0,580 za 2010) ISSN 1451-9372
3. Đuric, S., Stanojevic, P., Djakovic, D., Jovovic, A., Study on the effect of fractional composition and ash particle diameter on ash collection efficiency at the electrostatic precipitator, Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly CHEMICAL INDUSTRY & CHEMICAL ENGINEERING QUARTERLY, (2010), vol. 16 br. 3, str. 229-236, (IP 0,580 za 2010) ISSN 1451-9372
4. Radic, D., Obradovic, M., Stanojevic, M., Jovovic, A., Stojiljkovic, D., A Study on the Grindability of Serbian Coals, THERMAL SCIENCE, (2011), vol. 15 br. 1, str. 267-274, (IP 0,706 za 2010) ISSN 0354-9836
5. Jovovic, A., Vujic, G., Pavlovic, M., Radic, D., Jevtic, D., Stanojevic, M., Spontaneous Ignition/Low Temperature Oxidation of Municipal Solid Waste, REVISTA DE CHIMIE, (2011), vol. 62 br. 1, str. 108-112 (IP 0,693 za 2010) ISSN 0034-7752
6. Becidan M., Todorovic D., Skreiberg Ø., Khalil R., Beckman R., Goile F., Skreiberg A., Jovovic, A. and Sørum L.: Ash related behavior in staged and non-staged combustion of biomass fuels and fuel mixtures, Biomass and Bioenergy, Volume 41, Pages 86–93, (2012). ISSN 0961-9534, IF: 2,975

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11,M12,M13,M14,M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односно дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум _____

М.П.
