

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1367/6
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)19.11.2020.
(Датум)

З А Х Т Е В
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

ТЕРМОМЕХАНИЧКИ АСПЕКТИ ПРОЦЕСА СУШЕЊА ОСТАКА ИЗ ПРОИЗВОДЊЕ СОКОВА
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Термомеханика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МИХАИЛО (ПРЕДРАГ) МИЛАНОВИЋ
- Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
- Година дипломирања: 2012.
- Назив магистарске тезе кандидата: _____
- Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____
- Година одбране магистарске тезе: _____
- Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2012.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 19.11.2020.
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

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: 1367/5
Датум: 19.11.2020. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Михаила Милановића**, маг. инж. маш., бр. 1367/1 од 28.09.2020. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Мирко Коматина, ред. проф., др Милош Бањац, ред. проф., др Иван Златановић, ванр. проф, др Небојша Манић, ванр. проф. и др Бранко Бугарски, ред. проф., ТМФ Београд број 1367/4 од 13.11.2020. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 64. Статута Машинског факултета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 19.11.2020. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **МИХАИЛО МИЛАНОВИЋ**, маг. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«ТЕРМОМЕХАНИЧКИ АСПЕКТИ ПРОЦЕСА СУШЕЊА ОСТАТАКА ИЗ ПРОИЗВОДЊЕ СОКОВА»**.

За менторе студенту **Михаилу Милановићу**, именује се **др Мирко Коматина, ред. проф.**

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата **Михаила П. Милановића** за израду докторске дисертације

Одлуком **Наставно-научног већа** бр. 1367/3 од 22.10.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Михаила П. Милановића**, магист. инж. маш., студента Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „**Термомеханички аспекти процеса сушења остатака из производње сокова**“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Михаило П. Милановић, магист. инж. маш., рођен је 1988. године у Београду. Основну школу „Вук Караџић“ и Пету београдску гимназију природно-математичког смера завршио је у Београду са одличним успехом и стеченим Вуковим дипломама за завршено основно и средњошколско образовање.

Школске 2007/08. године уписује Машински факултет Универзитета у Београду, где 2010. године стиче диплому основних студија, а потом 2012. године звање дипломираног - Мастер инжењера машинства на одсеку за Процесну технику и заштиту животне средине, са одбрањеним дипломским радом са оценом 10.

Докторат на Машинском факултету у Београду уписује 2012. године, а од 01.04.2013. је запослен у Иновационом центру Машинског факултета, где и даље ради. Упоредо са својим студијским обавезама, испитним активностима и експерименталним истраживањима, током докторских и мастер студија имао је прилику да учествује на студентским разменама и програмима.

За време Мастер студија, 2011. године, преко организације IAESTE, био је на студентској размени у Хаифи (Израел) где је током 2 месеца радио у Israel Electric Company на побољшању термомеханичких система у термоелектранама.

Током 2013. године, као стипендиста фондације др Зоран Ђинђић, био је на стручној пракси у Манхајму (Немачка) где је 6 месеци радио у фабрици BASF SE на технологијама за складиштење електричне енергије добијене из обновљивих извора енергије.

У току 2015. године био је на усавршавању у Брашову (Румунија) где се 2 месеца бавио ефикасношћу система за складиштење електричне енергије у транспортном сектору.

У току 2018. године боравио је близу месец дана у Талину (Естонија), где је учествовао у програму Pioneers into Practice, организованог од стране глобалне организације за супротстављање климатским променама Climate-KIC. У оквиру програма учествовао је на такмичењу Hackathon где је са својим тимом освојио прво место, што му је омогућило учешће у финалу светског такмичења start-up компанија у Единбургу исте године.

У оквиру програма турске развојне агенције (ТИКА), 2019. године је учествовао на двонедељном семинару о повећању енергетске ефикасности у индустрији, одржаног у Анкари.

У току докторских студија био је ангажован у настави. У пролећном семестру школске 2019/2020 био је ангажован на Машинском факултету у Београду на одржавању вежби из предмета Термодинамика Б (ОАС) са фондом часова 0+1.

Школске 2018/2019 и 2019/2020 био је ангажован на Пољопривредном факултету у Земуну, где је држао вежбе из предмета Термодинамика и Компјутерска графика и елементи технолошке опреме.

Течно говори енглески и немачки језик (поседује C1 сертификате), а служи се и француским језиком. Активно користи Microsoft Office, OriginPro, AutoCad и SolidWorks софтверске пакете, а поседује и основно знање Python програмског језика.

1.2. Сечено науиноистраживачко искуство

Михаило П. Милановић уписао је Докторске академске студије на Машинском факултету у Београду школске 2012/2013. године. Положио је све испите предвиђене Програмом усавршавања. Поред обавезних предмета (*Виши курс математике – оцена 9, Нумеричке методе – оцена 10, Одабрана поглавља из механике флуида – оцена 10, ОМНИРиК – оцена 10*), положио је следеће изборне предмете:

- *Мерења А* – општи део (проф. др Добрила Шкатарић); оцена: 10
- *Развој производа у машинству* (проф. др Марко Милош); оцена: 10
- *Обновљиви извори енергије* (проф. др Мирко Коматина); оцена: 10
- *Енергетска ефикасност у зградама* (проф. др Бранислав Живковић); оцена: 10
- *Одабрана поглавља из простирања топлоте и супстанције* (проф. др Мирко Коматина); оцена: 10.

Осим тога, положио је четири лабораторијска предмета:

- *Истраживање и публикавање I* (проф. др Александар Јововић); оцена: 10
- *Истраживање и публикавање II* (проф. др Александар Јововић); оцена: 10
- *Истраживање и публикавање III* (ванредни проф. Небојша Манић); оцена: 10
- *Истраживање и публикавање IV* (проф. др Мирко Коматина); оцена: 10.

У складу са Правилником за докторске студије Машинског факултета, кандидат **Михаило П. Милановић** је успешно урадио и одбранио *Пројекат идеје докторске дисертације* са оценом 10 (десет).

Као резултат истраживања урађених током Докторских студија, кандидат је објавио 1 рад у међународном часопису (М22) и 3 саопштења са међународног скупа штампано у целини (М33).

Списак публикација:

Рад у истакнутом међународном часопису (М22)

1. Milanović, M., Komatina, M., Zlatanović, I., Manić, N., Antonijević, D., *Kinetic Parameters Identification of Conductive Enhanced Hot Air Drying Process of Food Waste*, Thermal Science, 2020, Online first, DOI: [10.2298/TSCI200312223M](https://doi.org/10.2298/TSCI200312223M)
2. Jarić, M., Martić, I., Budimir, N., Svetel, I., Milanović, M., *Total costs of shell and tube heat exchangers with concentric helical tube coils*, Thermal Science, Vol. 23, No. 6A, pp. 3661-3673, 2019
3. Milanović, P., Ećim, O., Jelić, M., Tomić, V., Milanović, M., *Dynamic Modeling of a Heating System Using Geothermal Energy and Storage Tank*, Thermal Science, Vol. 16, No. 3, pp. 947-953, 2012

Рад у националном часопису (М53)

4. Ćuprić, N., Milanović, P., Milanović, M., *Umeci za poboljšanje isticanja rastresitih materijala iz bunkera i silosa*, Procesna tehnika, Br.1, str. 14-17, 2011

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

5. Borza P.N., Cotfas, P.A., Cotfas, D.T., Milanović, M., Kadar, M., Komatina, M., Ceuca, I.E., *Design Flow of the intermittent systems connected to the grid enhanced with the hybrid storage solutions*, 5th European Symposium on Super Capacitors & Hybrid Solutions - ESSCAP, April 23-25, 2015, Brasov
6. Milanović, M., Komatina, M., *Skladištenje električne energije dobijene iz obnovljivih izvora energije*, Međunarodni kongres KGH 2015. Zbornik radova, Sekcija 8.
7. Tanasić, N., Ivanović, M., Jankes, G., Stamenić, M., Nikolić, A., Milanović, M., Simonović, T., *Korišćenje otpadne toplote u sistemu ventilacije mašinske hale u papirnoj industriji*, XXI međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, TMF Beograd, Zbornik radova, 2016.
8. Milanović, M., Komatina, M., Zlatanović, I., *Technical review on properties, utilization and drying of apple pomace*, ISAE-2017 SYMPOSIUM, 20.-21.10.2017, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
9. Milanović, M., Zlatanović, I., Komatina, M., Dražić, M., Gligorević, K., Rudonja, N., Pajić, M., Živković, M., *Analiza uticaja toplotne izolovanosti sekcije grejača tunelske konvektivne sušare na postizanje radnih parametara, energetske efikasnosti i ekonomičnosti*, Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem DPT 2018, Zbornik radova (Proceedings)

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

10. Milanović, M., Komatina, M., *Electricity Storage Systems, SS Hybrid Storage Materials & Systems - Technologies & Applications*, IEEE IES OPTIM14, 2014, Brasov

Пројектне активности

Пројекти финансирани од стране Министарства науке и технолошког развоја Републике Србије

1. Учесник на пројекту „Развој и унапређење технологија за енергетски ефикасно коришћење више форми пољопривредне и шумске биомасе на еколошки прихватљив начин, уз могућност когенерације“, Евиденциони број пројекта ИИИИ-42011

Остали пројекти

1. South East Europe Transnational Cooperation programme 4th call, SEE/D/0162/2.4/X, GeoSEE, “Innovative uses of low-temperature geothermal resources in South East Europe”, 2012.-2014.

2. Interreg Danube Transnational Programme, DTP1-502-3.2 3Smart „Smart Building-Smart Grid-Smart City”, 2017-2019.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током докторских студија **Михаило П. Милановић**, маг. инж. маш., студент Докторских студија, положио је све испите предвиђене планом докторских студија (45 ЕСПБ) који укључују и лабораторијски рад (53 ЕСПБ) и одбрану Пројекта идеје докторске дисертације (22 ЕСПБ) што у укупном износу даје 120 ЕСПБ бодова, чиме је остварио услов да му се одобри израда докторске дисертације. Просечна оцена кандидата током докторских студија је 9,93 (девет и 93/100).

У досадашњим истраживачким активностима кандидат **Михаило П. Милановић** је показао посебну заинтересованост, озбиљност, студиозност и афинитет за научно-истраживачки рад. Научни радови публиковани у међународним и домаћим часописима, радови презентовани на међународним и националним научним скуповима указују на изразит смисао кандидата за бављење теоријским и експерименталним истраживањима и квалификују га за даљи успешан самосталан рад на предложеној докторској дисертацији.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Општи увод

Предмет докторске тезе је квалитативни и квантитативни опис процеса преношења топлоте и супстанције током сушења конвективним, као и комбинованим кондуктивно-конвективним довођењем топлотног протока материјалу. Испитни материјал је воћни остатак из процеса производње сокова. У том циљу урадиће се детаљан преглед литературе, развиће се сопствени физичко-математички модел процеса, осмислити и конструисати експериментална инсталација, осмислити и урадити обимна експериментална истраживања. У циљу верификације модела и одређивања параметара модела, урадиће се детаљна анализа експерименталних резултата, као и појединачних и спрегнутих механизма преношења топлоте и супстанције. У циљу одређивања тачности измерених резултата, детаљно ће се анализирати грешка мерења. Биће урађена параметарска анализа модела на бази које ће се извршити анализа утицаја појединих параметара на процес сушења. У циљу верификације модела извршиће се поређење са сопственим експерименталним резултатима, као и моделима и експерименталним резултатима из литературе. Анализираће се потрошња енергије у појединим фазама процеса, као и за цео процес сушења. На основу анализе потрошње енергије, урадиће се анализа енергетске ефикасности процеса сушења у циљу проналажења оптималног режима сушења са становишта потрошње енергије.

Научни задатак овог рада је анализа процеса преношења топлоте и супстанције и кинетике сушења при конвективном и кондуктивно-конвективном довођењу топлотног протока у циљу одређивања доминантних механизма преношења топлоте и супстанције кроз материјал. У том циљу ће бити развијен физичко-математички модел који ће обухватити све утицајне термомеханичке процесе током сушења разматраног материјала. Развијени физичко-математички модел такође треба да поседује општост, како би се могао применити и за друге материјале, као и експерименталне услове. На бази анализе потрошње енергије током процеса сушења, одредиће се оптимални режими сушења.

У циљу верификације математичког модела као и одређивања параметара модела, осмислиће се, пројектовати и направити полу-индустријска експериментална инсталација која ће омогућити симулацију конвективног и кондуктивно - конвективног процеса сушења прехранбених материјала при реалним условима. У складу с тим, инсталација ће имати могућност варирања широког опсега параметара, као што су температура и брзина струјања ваздуха, температура грејне површи, релативна влажност, степен рецикулације ваздуха, као и могућност континуалног мерења промене масе испитиваног узорка и потрошње електричне енергије. У циљу прикупљања мерених вредности релевантних параметара процеса, као и регулације и управљања процесом сушења, осмислиће се и уградити одговарајућа мерно-регулациона опрема. Експериментални услови ће бити изабрани тако да покривају опсеге вредности релевантних параметара који се јављају при реалним процесима сушења.

Извршиће се посебна мерења утицаја брзине струјања ваздуха на процес сушења воћног остатка, како би се на основу детаљних анализа утврдило у ком опсегу је потребно варирати брзину ваздуха током експеримената.

За сваки режим при коме се користи кондуктивно загревање материјала мериће се потрошња енергије са грејне површи. У ту сврху уградиће се мерач потрошње електричне енергије. Мериће се тренутна потрошња енергије, као и кумулативна потрошња енергије у току процеса сушења. На основу тога, одредиће се потрошња електричне енергије у времену, као и укупна потрошња за сваки режим. На сушари ће се бити направљен посебан систем за рецикулацију ваздуха, у циљу контролисања протока свежег и рецикулисаног ваздуха.

На основу мерења одредиће се: промена масе узорка током времена, маса сувог остатка узорка, почетни и равнотежни садржај влаге, трајање експеримената у зависности од режима сушења. Такође ће се осмислити и урадити посебна мерења, на основу којих ће се одредити ефективни коефицијент дифузије и ефективна топлотна проводљивост, који ће бити коришћени за потребе физичко-математичког модела.

Резултати истраживања ће омогућити оптимизацију термомеханичких процеса сушења воћног остатка из производње сокова у реалним условима. Описаће се квалитативна разлика у карактеру током процеса сушења са конвективним, као и комбинованим кондуктивним-конвективним довођењем топлотног протока материјалу. За сваку фазу сушења утврдиће се преовлађујући механизми преношења топлоте и супстанције кроз материјал. У том циљу развиће се физичко-математички модел сушења воћног остатка који ће имати општост, и моћи ће да се користи за сличне материјале и услове сушења. Дефинисаће се експерименталне методе за одређивање ефективног коефицијента дифузије и ефективне топлотне проводљивости материјала у функцији температуре и садржаја влаге. Ови параметри су неопходни за физичко-математички модел. Одредиће се оптимални режим сушења са становишта потрошње енергије.

Резултати добијени током израде ове докторске дисертације ће допринети бољем разумевању и оптимизацији процеса сушења остатка из производње сокова. Описаће се механизми преношења топлоте и супстанције по фазама процеса сушења. На бази тога изабраће се оптимални режими процеса сушења. Посебна пажња биће посвећена рационалном коришћењу енергије.

На основу свих наведених истраживања која ће бити спроведена, као и дефинисаног циља, наведена докторска дисертација ће имати значајан научни допринос, како са становишта разумевања теоријских и експерименталних разматрања термомеханичких процеса сушења остатака из производње сокова, тако и са становишта практичне примене у сушењу воћног остатка и сродних материјала у реалним индустријским условима.

2.2. Предмет и циљ истраживања

Предмет предложене докторске тезе је квалитативно и квантитативно описивање процеса преношења топлоте и супстанције током конвективног, као и комбинованог кондуктивно-конвективног довођења енергије потребне за сушење материјала. У том циљу урадиће се детаљан преглед литературе, развиће се сопствени физичко-математички модел процеса, осмислити и направити полу-индустријска експериментална инсталација, урадити обимна експериментална истраживања у циљу верификације модела и одређивања параметара модела, направити детаљна анализа експерименталних резултата, посебно појединачних и спрегнутих механизма преношења топлоте и супстанције.

У овој докторској дисертацији истражиће се процеси преношења топлоте и супстанције током процеса сушења воћног остатка. Анализираће се сушење са конвективним и комбинованим кондуктивно-конвективним довођењем топлотног протока материјалу. У циљу бољег разумевања кинетике сушења, анализираће се и евалуирати процеси два суштински различита начина довођења енергије неопходне за сушење (раскидање веза влаге са чврстим скелетом материјала, њено покретање, кретање влаге кроз слој материјала и удаљавање из материјала преко његове слободне површи изложене конвективној ваздушној струји):

- Само конвективно
- Комбиновано кондуктивно-конвективно

Најпре ће се извршити сушење конвективном методом, а затим спрегнуто комбинованом кондуктивно - конвективном методом, како би се испитао утицај релевантних параметара процеса, као што су температура и брзина струјања ваздуха, температура грејне површи и дебљине узорка на динамику и трајање процеса сушења. Као материјал користиће се воћни остатак из производње сокова од јабуке и нектарине. Материјал ће бити набављен директно из производње у фабрици сокова, како би се обезбедила репрезентативност и поновљивост узорака, а такође и због спровођења истраживања на реалном индустријском материјалу. За обликовање узорака, конструисаће се и направити на 3D штампачу посебан механички апарат, у циљу постизања идентичне геометрије и густине узорака. Узорци ће бити складиштени у вакуумским кесама при ниским температурама у циљу спречавања губитака влаге из материјала.

Варирањем параметара сушења, као што су брзина и температура ваздуха који струји преко узорка, температура грејне површи, дебљина узорка и др., одредиће се време процеса сушења као и карактер кривих сушења. На основу мерења потрошње енергије успоставиће се веза између режима сушења и утрошка енергије. На основу урађених теоријских и експерименталних истраживања, као и мерења потрошње енергије извршиће се оптимизација процеса сушења у реалним условима.

Преглед литературе:

У радовима [1-3] дају се подаци о производњи воћних сокова и преглед досадашње примене воћног остатка, а као могућности употребе наводе се: добијање прехранбених производа, као што су џемови, сосови, брашно од воћног остатка јабуке, затим производња биогорива, супстрата за ензимске процесе, екстракција антиоксиданаса, чишћење отпадних вода, и др. Ова литература ће користити као полазна основа за уводни део дисертације. Радови [4-6] служе као полазна основа за теоријско описивање процеса сушења, као и процедура и метода за експериментално истраживање. Литература која се бави сушењем воћних остатака из процеса производње сокова [7,8], као и радови који се баве сушењем воћа које ће бити коришћено као материјал у изради дисертације [9,10], представљају полазну основу за описивање процеса сушења воћног остатка са комбинованим кондуктивно-конвективним довођењем топлотног протока материјалу. Полазна основа за математичко моделирање процеса сушења представља литература [12-16]. Преглед литературе дат је испод.

1. Shalini, R. and Gupta, D.K., Utilization of Pomace From Apple Processing Industries: A Review, *Journal of Food Science and Technology*, 47 (2010), 4, pp. 365–371.
2. Yates, M. et al., MultivalORIZATION of Apple Pomace Towards Materials And Chemicals. Waste to Wealth, *Journal of Cleaner Production*, 143 (2017), pp. 847–853.
3. AIJN European Fruit Juice Association, 2018 Liquid Fruit Market Report, 2018.
4. Dincer, Ibrahim and Calin Zamfirescu. *Drying Phenomena - Theory And Application*, 2016.
5. Chen, Xiao Dong and Arun S. Mujumdar. *Drying Technologies in Food Processing*. 2008
6. Jangam, S. V. et al., *Drying of Foods, Vegetables and Fruits (Volume 1)*, 2010.
7. Shalini, R., *Apple Pomace Drying - Drying Characteristics of Apple Pomace*, Lambert Academic publishing, 2010.
8. Wang, Z. et al., Mathematical modeling on hot air drying of thin layer apple pomace, *Food Research International*, 40 (2007), pp. 39-46
9. Pavkov, I. et al., Effects Of Osmotic Pre-Treatment On Convective Drying Kinetics Of Nectarines Halves (*Pyrus Persica L.*), *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 15 (2011), 4, pp. 217–222.
10. Rodríguez, M.M. et al., Mathematical Modeling of Hot-Air Drying of Osmo-dehydrated Nectarines, *International Journal of Food Engineering*, 11 (2015), 4, pp. 533–545.
11. Zlatanovic, I., Termomehanički Proces i Pri Sušenju Prehrambenih Materijala U Sistemima Sa Recirkulacijom Vazduha, Ph. D. thesis, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2013.
12. Antonijević, Dragi, “Doktorska Disertacija - Nestacionarno Prenošenje Toplote i Materije Tokom Proces a Kombinovanog Konduktivno-Konvektivnog Sušenja Koloidnih Kapilarnoporoznih Materijala.” Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1999.
13. Antonijevic, D. and Voronjec, D., Temperature and Moisture Distributions Inside a Layer of Moist Material Placed on a Hot Isothermal Surface, *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 74 (2001), 4, pp. 970–977.
14. Crank, J. *The Mathematics of Diffusion*. Second edi. Oxford: Clarendon press, 1975.
15. Kucuk, H. et al., A Review on Thin-Layer Drying-Curve Equations, *Drying Technology*, 32 (2014), pp. 757–773.
16. Gamli, F., A Review Based on the Relationship Among Drying, Curve Fitting and Mathematical Models in Food Systems, *Advance Research in Agriculture and Veterinary Science*, 1 (2014), 2, pp. 47–53.

3. Полазне хипотезе

У изради дисертације кандидат полази од основне хипотезе да се процес сушења воћног остатка кондуктивно-конвективном методом квалитативно и квантитативно разликује од конвенционалног конвективног сушења, као и да се комбинованим сушењем може значајно смањити трајање процеса сушења у односу на конвективно сушење. Секундарна хипотеза је да коришћење кондуктивног извора топлоте у процесу сушења може довести до смањења потрошње енергије у односу на чисто конвективно сушење. Процес сушења се може оптимизовати у односу на време потребно за сушење материјала и утрошак енергије, чиме се процес сушења може учинити бржим, а уједно и енергетски ефикасним.

4. Научне методе истраживања

У циљу спровођења експерименталних истраживања осмислиће се, пројектовати и направити лабораторијска, полу-индустријска инсталација за сушење кондуктивно-конвективном методом. Биће осмишљена и уграђена мерна и регулациона опрема. Регулациона опрема биће одабрана тако да се сви параметри рада инсталације могу варирати у жељеним границама, уз могућност потпуно независне регулације свих компонената система.

Струјно-техничка мерења ће бити урађена у складу са правилима за одабране методе мерења при чему ће се водити рачуна о грешкама мерења и баждарењу мерних инструмената. Водиће се рачуна да све кључне компоненте инсталације биће пројектоване и постављене као физички доступне.

Физичко-математичким моделом квалитативно и квантитативно ће се описати процес сушења воћног остатка. Варирањем релевантних параметара процеса (температуре грејне подлоге, температуре и брзине ваздуха, релативне влажности ваздуха, дебљине узорка и др.) добиће се резултати који могу помоћи у решавању конкретних проблема, као што је, на пример, избор оптималних радних параметара, а све у циљу оптимизације процеса сушења и потрошње енергије.

За додатно испитивање кинетике сушења материјала, користиће се термогравиметријска метода. Мериће се промена масе на узорцима до 50 милиграма како би се добила кинетика сушења материјала елиминисањем утицаја геометрије.

Осмислиће се и спровести посебна мерења на основу којих ће се одредити промена температуре површине материјала, као и промена топлотне проводљивости у току процеса сушења.

Урадиће се сушење узорака различитог степена влажности при изотермним условима да би се установила зависност између издвајања влаге и влажности материјала током процеса сушења.

Користиће се методе из следећих научних дисциплина:

Термодинамика

Преношење топлоте и супстанције

Механика флуида

Елементи нумеричке анализе

5. Очекивани научни допринос

Најважнији резултати истраживања су:

1. С обзиром да су подаци о моделима и експерименталним истраживањима из литературе малобројни и недовољно поуздани, развиће се нови, сопствени теоријски модел и урадити сопствена експериментална истраживања у комплексној области конвективног и кондуктивно-конвективног довођења енергије материјалу при сушењу воћног остатка. Модел ће поседовати универзалност, што ће омогућити да се изврши оптимизација процеса сушења у реалним индустријским условима на постојећим и новим постројењима. Поред тога, омогућиће се и рационално управљање потрошњом енергије у поменутиим постројењима.
2. Одређивањем термофизичких карактеристика, о којима су подаци у литератури малобројни и који се не могу се применити за сопствене услове, омогућиће се описивање процеса и појава при комбинованом кондуктивно-конвективном сушењу у реалним условима. У складу са тим, одредиће се зависност ефективне топлотне проводљивости од температуре и садржаја воде током процеса сушења. Поред тога, биће одређен и ефективни коефицијент дифузије.

6. План истраживања и структура рада

Воћни остатак настаје као нуспроизвод индустрије сокова и као такав може бити веома користан и исплатив за употребу у прехранбеној индустрији, индустрији намештаја и амбалаже, као потенцијално гориво и др. Процес сушења је полазна тачка већине каснијих третмана воћног остатка због чега је неопходно познавање свих физичко-хемијских трансформација које се одвијају током процеса, као и њихово описивање. На бази прегледа доступне литературе утврђено је да за сушење воћног остатка са спрегнутим кондуктивно-конвективним довођењем топлотног протока не постоје довољно поуздани подаци у литератури и неопходно је урадити сопствена теоријска и експериментална истраживања.

Фазе рада су следеће:

- Преглед и анализа литературе
 - Опште о процесу сушења, типови и подела сушара, и др.
 - Воћни остатак као материјал и његова примена
 - Сушење воћног остатка у свету и код нас
 - Кондуктивно-конвективна метода сушења
 - Проблематика сушења прехранбених производа, посебно воћа, са аспекта механизма преношења воде кроз материјал
 - Теоријски део - Преглед досадашњих теоријских, полуемпиријских и емпиријских модела сушења
 - Анализа потрошње енергије потребне за сушење
- Развој сопственог физичко-математичког модела
- Пројектовање и изградња експерименталне инсталације
 - Израда и уградња елемената инсталације: канала за ваздух, вентилатора са електромотором, итд.
 - Уградња мерно-регулационе опреме: терморегулатор, фреквентни регулатор за мотор вентилатора, итд.
 - Пројектовање и конструисање регулационе клапне за рецикулацију ваздуха

- Пројектовање и израда контролне табле са свим командама и прекидачима, као и дисплејима за приказивање битних параметара процеса
- Уградња термоизолације
- Експериментална истраживања и одређивање грешке мерења
 - Набавка узорака, транспорт и складиштење узорака
 - Обликовање и припрема узорака
 - Припрема аквизиције за мерење промене масе узорака, развијање софтвера за праћење и записивање података са електронске ваге
 - Сушење материјала при два различита режима:
 - са чисто конвективним довођењем топлотног протока материјалу
 - са комбинованим кондуктивно-конвективним довођењем топлотног протока материјалу
 - Сушење материјала варирањем релевантних параметара сушења, као што су температура и брзина струјања ваздуха, температура грејне површи, дебљина узорка, итд.
 - Мерење потрошње енергије са грејне површи при сушењу са комбинованим кондуктивно-конвективним довођењем топлотне енергије материјалу
 - Мерење температуре површине материјала и топлотне проводљивости у току процеса сушења
 - Одређивање ефективног коефицијента дифузије за различите режиме сушења
 - Изотермно мерење губитака влаге у узорцима различите почетне влажности
 - Испитивање свежих и осушених узорака воћног остатка термогравиметријском методом
- Обрада и анализа резултата
 - Утврђивање почетне и равнотежне влажности материјала
 - Анализа времена сушења у зависности од режима
 - Анализа ефективног коефицијента дифузије за различите режиме сушења
 - Фитовање кривих сушења са познатим моделима из литературе за сушење прехранбених производа
 - Анализа карактера кривих сушења, као и кинетике сушења у зависности од режима
 - Анализа утицаја спрегнутог кондуктивно-конвективног довођења топлотног протока материјалу на време сушења и ефективни коефицијент дифузије
 - Анализа потрошње енергије и проналажење оптималног режима сушења
 - Анализа топлотне проводљивости материјала, као и температуре површине материјала у току процеса сушења
- Поређење експерименталних резултата са сопственим моделом, као и са експерименталним резултатима и моделима других аутора
- Закључак и предлози за даљи рад
 - Могућност примене осушене воћне пулпе
 - Предлози за даља испитивања сличних материјала

7. Закључак и предлог

На основу изложене анализе пријаве теме кандидата **Михаила П. Милановића**, маг. инж. маш., студента Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме закључује да је кандидат успешно положио све испите предвиђене планом усавршавања и објавио научне радове чиме је стекао услов за одобравање теме за израду докторске дисертације. Такође, Комисија закључује да је предложена тема актуелна и подобна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све Законом и Статутом Машинског факултета предвиђене услове и има истраживачке квалификације и способности за рад на докторској дисертацији. Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату,

Михаилу П. Милановићу, маг. инж. маш.

студенту Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, одобри израда докторске дисертације под називом:

„Термомеханички аспекти процеса сушења остатака из производње сокова“

која припада области техничких наука, **машинство**, ужој научној области **термомеханика**, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За **Ментора** током израде предметне дисертације предлаже се проф. др **Мирко Коматина**, редовни професор на Катедри за Термомеханику Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд, 12.11.2020.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др **Мирко Коматина**, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
др **Милош Бањац**, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
др **Иван Златановић**, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
др **Небојша Манић**, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
др **Бранко Бугарски**, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: **Мирко Коматина**

Звање: **Редовни професор**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Perić M., Antonijević D., Komatina M., Bugarski B., : *Life cycle assessment of wood chips supply chain in Serbia*, - Renewable Energy, Volume 155, August 2020, Pages 1302-1311, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.026>
2. Erić A., Nemoda S., Komatina M., Repić B., Dakić D.: *Modeling of Transport Processes in the Cigarette Principle*, - Thermal Science 2019, Vol. 23, Suppl. 5, pp. S1499-S1510, doi.org/10.2298/TSCI180226318E.
3. Erić A., Nemoda S., Komatina M., Dakić D., Repić B.: *Experimental investigation on the kinetics of biomass combustion in vertical tube reactor*, - Journal of the Energy Institute, Volume 92, Issue 4, August 2019, pp. 1077-1090, DOI:10.1016/j.joei.2018.06.009
4. Zlatanovic I., Komatina M., Antonijevic D.: *Experimental Investigation of the Efficiency of Heat Pump Drying System with Full Air Recirculation*, - Journal of Food Process Engineering, Vol 40, No 2, 2017, DOI: 10.1111/jfpe.12386. M23, IF=1,005, ISSN 0145-8876
5. Rudonja N., Komatina M., Antonijević D., Živković G.: *Numerical simulation of latent heat storage with conductance enhancing fins*, - Bulgarian Chemical Communications. Vol 48, 2016, pp. 199-205. M23, IF=0,38, ISSN 0145-8876
6. Perić M., Komatina M., Bugarski B., Antonijević D.: *Best Practices of Biomass Energy Life Cycle Assessment and Possible Applications in Serbia*, - Croatian Journal of Forest Engineering, Vol 37, No 2, 2016, pp. 375-390. M22, IF=1,415, ISSN 1845-5719
7. Erić A., Komatina M., Nemoda S., Dakić D., Repić B.: *Determination of Thermal Conductivity of Bailed Agricultural Biomass*, - Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol 58, 2016, pp. 876-884. M21, IF=8,05, ISSN 1364-0321
8. Paprika M., Komatina M., Mladenović M., Živković G., Dakić D.: *Mechanism of primary fragmentation of coal in fluidized bed*, - Thermal Science, Vol 20, 2016, Suppl. 1: 125-132. M22, IF=1,148, ISSN 0354-9836

9. Rudonja N., Komatina M., Zivkovic G., Antonijevic D.: *Heat transfer enhancement through PCM thermal storage by use of copper fins*, - Thermal Science, Vol 20, 2016, pp. 251-259.
M22, IF=1,148, ISSN 0354-9836
10. Mladenović M., Dakić D., Nemoda S., Paprika M., Komatina M., Repić B., Erić A.: *The combustion of biomass - the impact of its types and combustion technologies on the emission of nitrogen oxide*, - Hemijska Industrija, Vol 70, No 3, 2016, pp. 287-298.
M23, IF=0,509, ISSN 0367-598X
11. Arsovic M., Topic R., Komatina M., Gojak M.: *Thermodynamical research of using solar energy for desalination of seawater*, - Thermal Science, Vol 19, No 5, 2015, pp. 1709-1721.
M22, IF=0,955, ISSN 0354-9836
12. Paprika M., Komatina M., Dakic D., Zivkovic G., Mladenovic M.: *Experimental and Numerical Investigation of the Primary Fragmentation of a Lignite during Fluidized-Bed (FB) Devolatilization*, - Energy & Fuels, Vol 29, No 5, 2015, pp. 3394-3398.
M21, IF=2,835, ISSN 0887-0624
13. Abdulgalil M., Kosi F., Musbah M., Komatina M.: *Effect of thermal energy storage in energy consumption required for air conditioning system in office building under the African Mediterranean climate*, - Thermal Science, Vol 18, 2014, pp. 201-212.
M22, IF=1,222, ISSN 0354-9836
14. Paprika M., Komatina M., Dakić D., Nemoda S.: *Prediction of Coal Primary Fragmentation and Char Particle Size Distribution in Fluidized Bed*, - Energy and Fuels, Vol 27, 2013, pp. 5488-5494.
M21, IF=3,236, ISSN 0887-0624
15. Nemoda S., Mladenović M., Paprika M., Dakić D., Erić A., Komatina M.: *Euler-Euler granular flow model of liquid fuels combustion in a fluidized reactor*, - J. Serb. Chem. Soc., Vol 79, 2014, pp. 1-21.
M23, IF=1,009, ISSN 0352-5139
16. Zlatanović I., Komatina M., Antonijević D.: *Low-temperature convective drying of apple cubes*, - Applied Thermal Engineering, Vol 53, No1, 2013, pp.114-123.
M22, IF=2,88, ISSN 1359-4311

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
