

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

1454/4

(Број захтева)

14.07.2016.године

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

МИЛИЋ (ДРАГОМИР) ЕРИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **МИЛИЋ (ДРАГОМИР) ЕРИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ПРОЦЕСИ СУШЕЊА ЛИГНИТА СА ВЕЛИКИМ САДРЖАЈЕМ ВЛАГЕ У НЕПОКРЕТНОМ И ФЛУИДИЗОВАНОМ СЛОЈУ

Универзитет је дана 08.02.2016. год. својим актом под бр. 61206-395/2-16 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ПРОЦЕСИ СУШЕЊА ЛИГНИТА СА ВЕЛИКИМ САДРЖАЈЕМ ВЛАГЕ У НЕПОКРЕТНОМ И ФЛУИДИЗОВАНОМ СЛОЈУ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **МИЛИЋ (ДРАГОМИР) ЕРИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 23.06.2016. године, одлуком факултета под бр. 1454/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Милош Бањац	Ред. проф.	Термомеханика	Машински факултет Београд
2. Др Мирко Коматина	Ред. проф.	Термомеханика	Машински факултет Београд
3. Др Милан Гојак	Ванр. проф.	Термомеханика	Машински факултет Београд
4. Др Предраг Стефановић	Научни саветник	Термомеханика	ИНН Винча Београд
5. Др Стеван Немода	Научни саветник	Термомеханика	ИНН Винча Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 14.07.2016. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Радивоје Митровић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1454/4
Датум: 14.07.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 32. Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању („Службени гласник РС“ број 44/2010) и члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и реферата Комисије у саставу: др Милош Бањац, ред. проф., ментор, др Мирко Коматина, ред. проф., др Милан Гојак, ванр. проф., др Предраг Стефановић, научни саветник, ИНН Винча Београд и др Стеван Немода, научни саветник, ИНН Винча Београд о оцени докторске дисертације „Процеси сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју“ докторанда мр Милића Ерића, дипл. инж. маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 14.07.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ПРОЦЕСИ СУШЕЊА ЛИГНИТА СА ВЕЛИКИМ САДРЖАЈЕМ ВЛАГЕ У НЕПОКРЕТНОМ И ФЛУИДИЗОВАНОМ СЛОЈУ“** докторанда **мр МИЛИЋА ЕРИЋА**, дипл. инж. маш.

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Милић Ерића, дипл.
инж. маш.,

Одлуком бр. 1454/2 од 23.06.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата. мр Милић Ерића, дипл. инж. маш. под насловом

**ПРОЦЕСИ СУШЕЊА ЛИГНИТА СА ВЕЛИКИМ САДРЖАЈЕМ ВЛАГЕ
У НЕПОКРЕТНОМ И ФЛУИДИЗОВАНОМ СЛОЈУ**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат мр Милић Ерић је магистрирао на Машинском факултету Универзитета у Београду 30. јуна 2008. У циљу реализације даљег усавршавања и израде докторске дисертације, као сарадник на научном пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ТР-33050 "Побољшање квалитета и технологије сагоревања домаћих лигнита у циљу повећања енергетске ефикасности и смањења штетних материја из термоелктрана ЈП Електропривреде Србије", развио је математички модел и израдио апаратуру за експериментална истраживања у области процеса сушења угљева са великим садржајем влаге.

Кандидат Милић Ерић пријавио је израду докторске дисертације 11. септембра 2015. године, бр. 1697/1, катедри за термомеханику Машинског факултета у Београду и за ментора предложио редовног професора др Милоша Бањца.

На основу пријаве кандидата, дописа Декана машинског факултета бр. 1904/1, од 30.09.2015. године и предлога катедре, Одлуком научно наставног већа Машинског факултета у Београду 1904/2 од 15.10.2015. године именована је Комисија за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме у саставу: ментор, проф. др Милош Бањца, Универзитет у Београду Машински факултет, проф. др Мирко Коматина, Универзитет у Београду Машински факултет, др Милан Гојак, ванредни професор Универзитета у Београду Машински факултет, др Милан Стакић, научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча, Универзитет у Београду и др Предраг Стефановић, научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча, Универзитет у Београду.

Комисија за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме, Рефертом бр. 1094/3, је 21.12.2015. године је известила Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидат испуњава све услове предвиђене законом и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду за израду докторске дисертације и да предложена тема радног назива "Процеси сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју" може бити предмет докторске дисертације.

На захтев мр Милић Ерића, дипл. инж. маш. и извештаја Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме, бр. 1094/3 од 21.12.2015. године, а на основу чл. 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на 21.12.2015. године, донело је одлуку бр. 1904/5 да се прихвата предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације "Процеси сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју" кандидата мр Милић Ерића, дипл. инж. маш. и да се за ментора именује проф. др Милош Бањац. Одлука је достављена Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на 23. седнице Већа научних области техничких наука, одржане 8. фебруара 2016. године, донело је Одлуку, 02 бр. 61206-395/2-16, да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације "Процеси сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју" кандидата мр Милић Ерића, дипл. инж. маш., под менторством редовног професора др Милоша Бањца.

О завршетку докторске дисертације ментор проф. др Милош Бањац обавестио је Катедру за термомеханику и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, дописом број 1454/1 од 21. јуна 2016. године. Предложена је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: ментор, проф. др Милош Бањац, Универзитет у Београду Машински факултет, проф. др Мирко Коматина, Универзитет у Београду Машински факултет, др Милан Гојак, ванредни професор, Универзитет у Београду Машински факултет, др Предраг Стефановић, научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча, Универзитет у Београду и др Стеван Немода, научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча, Универзитет у Београду. На седници Наставно-научног већа 23.06.2016. године је једногласно усвојено обавештење о завршетку дисертације кандидата мр Милић Ерића, дипл. инж. маш. и предлог састава Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (број 1454/2 од 23.06.2016. године).

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада области Техничких наука, научна област Машинство. За ментора је одређен др Милош Бањац, редовни професор на катедри за Термомеханику Универзитет у Београду Машински факултет.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милић Ерић, дипл. инж. маш, рођен је 20.03.1970. године у Београду, где је завршио основну школу и IV београдску гимназију. Дипломирао је на Машинском факултету Универзитета у Београду 2000. године на Одсеку за термоенергетику са просечном оценом у току студија 8,52 (осам и 52/100). Дипломски рад из предмета Парне турбине са темом "Одређивање критичног броја обртаја ротора парних турбина" одбранио је са оценом 10 (десет). Последипломске магистарске студије уписао је школске 2001/02. године, такође на Машинском факултету у Београду, на Одсеку за термоенергетику. Магистарску тезу под насловом "Прилог отклањању пулзативног сагоревања у енергетским котловима" успешно је

одбранио 30.06.2008. године и стекао академски назив магистра техничких наука у области машинства.

Као истраживач-приправник запослен је у Лабораторији за термотехнику и енергетику, Института за нуклеарне науке Винча од 2001. године. Учествовао је на више пројеката Лабораторије за термотехнику и енергетику из области енергетске ефикасности и технолошког развоја.

Основни правац рада кандидата мр Милић Д. Ерића, дипл. инж. маш., током израде докторске дисертације је био експериментално и нумеричко истраживање процеса сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју, који је реализовао кроз рад на два пројекта Технолошког развоја Министрства просвете и науке републике Србије и то: ТР-33050 "Побољшање квалитета и технологије сагоревања домаћих лигнита у циљу повећања енергетске ефикасности и смањења штетних материја из термоелктрана ЈП Електропривреде Србије" и ИИИ-42010 "Смањење аерозагађења из термоелектрана у ЈП Електропривреда Србије".

Кандидат је објавио више радова који су публиковани на међународним конференцијама, у водећим часописима националног значаја и међународним часописима.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација "Процеси сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју", кандидата Милић Д. Ерића, дипл. инж. маш. изложена је на 111 страна.

Дисертација садржи следећих осам поглавља и у посебном поглављу издвојених литературних навода:

1. Увод,
2. Преглед литературе,
3. Физички модел процеса сушења угља,
4. Математички модел процеса сушења угља,
5. Експериментално испитивање процеса сушења угља,
6. Валидација математичког модела,
7. Анализа резултата и утицаја појединачних параметара на процес сушења,
8. Закључак

Литература

Дисертација има укупно 51 слику и 8 табела. Дисертација садржи списак од 94 коришћене референце и цитиране литературе на осам страна наведених након поглавља 8. Закључак.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу дисертације кроз приказ резерва, трендове потрошње и разлоге неодоустајања од даље експлоатације фосилних горива, а пре свега угља, односно нискоквалитетних угљева са великим садржајем влаге, и са тиме повезаног тренда повећања емисије гасова са ефектом стаклене баште (ГХГ, Greenhouse gases), као и описа мера и технологија за њихово смањење заснованих на повећању енергетске ефикасности процеса сагоревања, образложена је оправданост израде дисертације, односно потребе проучавања процеса сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју.

Кроз приказ развој нових „чистих“ технологија конверзије угља у електричну енергију, са акцентом на нискоквалитетне угљеве са великим садржајем влаге у које спадају и лигнити рударског басена Колубара, показано је да се процесом предсушења угљева, постиже и ефикасније сагоревање и већи термодинамички степен корисности трансформације

енергије из ове врсте горива. Због тога су у овом поглављу приказани концепти и описани технолошки процеси сушења различитим агенсима нискоквалитетних угљева, који имају сличне карактеристике као лигнити у Србији.

У другом поглављу дат је преглед и анализа до сада публикованих научних радова из области истраживања процеса сушења нискоквалитетних угљева са великим садржајем влаге. Преглед истраживања груписан је у две области. Прва је обухватила истраживања кинетике сушења и анализе параметара који утичу на процес сушења нискоквалитетних угљева, а друга, утицај метода сушења на повећање ефикасности рада термоенергетских постројења и смањење загађења животне средине, а које користе ове врсте угљева. У склопу прве области је дат преглед до сада коришћених математичких модела који описују овај процес. Такође, дата је анализа утицаја различитих технолошких параметара на процес сушења нискоквалитетних угљева. Посебно је дат приказ утицаја различитих агенаса сушења на овај процес. Друга област, обухватила је описе различитих технологија који се при термоенергетским постројењима користе за сушење различитих врста нискоквалитетних угљева са високим садржајем влаге.

У трећем поглављу представљена је физичка суштина процеса сушења влажних материјала. Описани су могући типови везе влаге и суве основе угља. Представљени су и физички процеси који се дешавају током различитих поступака уклањања влаге из угља: сушење воденом паром, ваздухом или димним гасом у флуидизованом слоју, сушење интегрисано са гасификацијом (Integrated Drying Gasification), "згушњавање" угља (Densified Brown Coal), механо-термичко истискивање влаге (Mechanical Thermal Expression - MTE), хидро-термичко одстрањивање влаге (Hydro-Thermal Dewatering - HTD) и механичко уклањање влаге центрифугирањем.

Посебно детаљно је описан процес конвективног сушења влажних материјала, који поред тога што је најраспрострањенији начин сушења, представља и предмет истраживања ове дисертације. Кроз промену средњег садржаја влаге и средње температуре сушеног материјала током времена, детаљно су представљене теоријске основе кинетике процеса сушења влажних материјала ваздухом и воденом паром.

У последњем делу овог поглавља представљен је физички модел сушења материјала у мехурастом флуидизованом слоју, тј. модел преноса топлоте и супстанције између чврсте, гасне и мехурасте фазе. Основну идеју овог двофазног модела сушења први су предложили аутори Kunii i Levenspiel. Сам модел заснива се на претпоставци да се гас за флуидизацију дели на део који прострујава суспензиону фазу, при чему се сматра да је суспензиона фаза у стању минималне флуидизације, а да вишак гаса од оног потребног за минималну флуидизацију, у виду мехурова струји кроз мехурасту фазу. При томе сматра се да пренос топлоте и супстанције између гаса и чврстих честица (тј. процес сушења) у суспензионој фази одвија на исти начин као и за случај насутог/непокретног слоја честица и да се кинетика сушења може описати коришћењем концепта "коефицијента сушења".

У четвртном поглављу дисертације представљен је математички модел сушења у непокретном слоју и математички модел сушења у флуидизованом слоју.

Математички модел сушења у непокретном слоју описује спрегнути процес преноса топлоте и супстанције између гасне фазе и честица влажног материјала током конвективног сушења у непокретном слоју. Математички модел је заснован на претпоставкама: да се параметри сушења мењају само у смеру тока гаса, односно у вертикалном смеру, да у истом тренутку (времена) све честице имају исту величину, облик и густину, да су стања на површини честице чврсте фазе и стања гаса који је са том површином у контакту у термодинамичкој равнотежи, да се процес (брзина) сушења остварује у складу са концептом "коефицијента сушења"; и да се дисперзија супстанције и топлоте у посматраном смеру протока гаса може занемарити.

За модел сушења у флуидизованом слоју, заснованом на моделу двофазног сушења у мехурастом флуидизованом слоју Kunii i Levenspiel-a, уведене су следеће додатне претпоставке: суспензиона фаза је у условима минималне флуидизације и може се сматрати

слојем насутих честица, сав вишак гаса пролази кроз слој у мехурастој фази, мехурастој фаза не садржи честице чврсте фазе, мехурови су исте величине и равномерно су распоређени у једном попречном пресеку слоја, сваки мехур, у кретању навише, у трагу повлачи за собом навише чврсте честице, док се кроз остали део честица у суспензији креће наниже ка дну слоја и на тај начин се остварује мешање честица у слоју, влага која испари са површине честица се дистрибуира кроз мехурасту фазу, узрокујући повећање појединачних мехурова, а формирање мехурова различите величине по попречном пресеку слоја при њиховом кретању навише настаје услед спајања мехурова.

Сам математички модел сушења честица у непокретном слоју заснива се пет биланских (парцијалних диференцијалних) једначина, и то: једначину одржања садржаја влаге гасне фазе, једначину одржања садржаја влаге чврсте фазе, једначину одржања енергије гасне фазе, једначину одржања енергије честица и једначину континуитета за гасну фазу. Математички модел сушења честица у флуидизованом слоју заснива се на седам биланских (парцијалних диференцијалних) једначина, и то: једначину одржања садржаја влаге гаса у мехурастој фази, једначину одржања садржаја влаге гаса у суспензионој фази, једначину одржања садржаја влаге честица у суспензионој фази, једначину одржања енергије гаса у мехурастој фази, једначину одржања енергије гаса у суспензионој фази, једначину одржања енергије честица у суспензионој фази и једначину континуитета за гасну фазу, при чему се она сагласно двофазном моделу мехурастог флуидизованог слоја, дели третирајући засебно део гаса који протиче кроз мехурасту фазу и део који протиче кроз суспензиону фазу.

У наставку овог поглавља представљени су разлози и основна идеја унапређења модела, тј. увођење у модел параметра који следе из експериментално одређених изотерми сорпције/десорпције сушења за лигните са великим садржајем влаге, и унапређења модела уградњом Zehner, Bauer и Schlünder модела за одређивање ефективне топлотне проводљивости непокретног слоја.

У последњем подпоглављу детаљно приказани су алгоритам прорачуна и програм.

У петом поглављу дисертације детаљно су описани спроведени експериментални поступци и резултати експерименталних истраживања процеса конвективног сушења лигнита Колубара и у непокретном и у флуидизованом слоју. Описан је поступак одређивања криве кинетике сушења лигнита Колубара и приказана резултати процеса сушења добијени при различитим вредностима параметара агенса сушења (температура, проток ваздуха), параметара материјала који се суши (величина честица) и висини слоја.

Детаљно је описана експериментална инсталација и поступак извођења експеримента, као и припрема узорка угља за процес сушења. Такође, приказан је и поступак израчунавања протока ваздуха и промене средњег садржаја влаге у материјалу током процеса сушења. Такође, дат је опис поступк припрема узорка угља за процес сушења и одређивања минималне брзине вазуа потребне за остваривање флуидизованог слоја, тзв. минималне брзине флуидизације. На крају поглавља приказани су резултати 48 експерименталних истраживања у виду одговарајућих криви сушења, а на 18 дијаграма.

У шестом поглављу приказан је поступак провера квалитета и тачности предвиђања развијеног математичког модела преноса топлоте и супстанције у непокретном и у флуидизованом слоју. Провера модела спроведена је поређењем криве кинетике сушења честица угља (промене апсолутне влажности честица угља током процеса сушења) добијене математичким моделима и експерименталним путем. Поређење резултата процеса сушења у непокретном слоју извршено је за три различите тежине узорка лигнита Колубара. Поређење резултата кинетике сушења у флуидизованом слоју извршено је на шест узорака лигнита Колубара, а за различите вредности величина честица лигнита, брзина и температура агенса сушења (ваздуха).

Спроведени поступак провере квалитета и тачности, закључено је да добро слагање криве кинетике сушења добијене експериментално и математичким моделом, како за процес сушења у непокретном слоју, тако и за процес сушења у флуидизованом слоју.

У седмом поглављу дисертације извршена је анализа разлога који су могу довести до одступања експерименталних резултата и резултата добијених математичким. У овом поступку, анализиран је израз за изотерму десорпције, због њене важности на прецизност прорачуна, јер се преко ње дефинише равнотежно стање између материјала и околног гаса, тј. садржај влаге на површини материјала у току процеса сушења.

Анализирана је и тачност одређивања параметара који дефинишу карактеристике честица и слоја материјала. Извршене су и анализе утицаја величине честица угља и температуре предгревања ваздуха на брзину сушења узорка, као и утицај промене протока ваздуха на брзину сушења узорка.

Констатовано је да највећи утицај на брзину сушења има температура ваздуха за сушење и да се повећањем температуре загрејаног ваздуха постижу знатно веће брзине сушења. Такође, констатовано је да се повећањем брзине струјања ваздуха, односно протока ваздуха, постиже видљиво смањење времена сушења, нарочито у случају поређења брзине сушења у непокретном слоју и сушења у флуидизованом слоју.

Добијене криве кинетике сушења и изотерме десорпције лигнита Колубара упоређене су са кривама кинетике сушења и изотермама десорпције нискоквалитетних угљева других аутора, као и утицаји промене температуре предгревања ваздуха и промене протока ваздуха на брзину сушења узорка. Констатовано је да су сви аутори добијали исти облик криве кинетике сушења угља у флуидизованом слоју, као и слични закључци анализе процеса сушења у погледу утицаја параметара агенса сушења на процес сушења и његову ефикасност.

У осмом поглављу дисертације дата су закључна разматрања са критичким освртом на остварене резултате спроведених истраживања. Дате су перспективе и смернице за даља истраживања из области процеса сушења нискоквалитетних угљева са високим садржајем влаге. Истакнут је научни допринос дисертације и примењивост резултата истраживања у реалним условима на домаћим термоенергетским постројењима.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација "Процеси сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју", даје савремен и оригиналан приступ методологији анализе процеса сушења нискоквалитетних угљева са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју.

Савременост теме дисертације огледа се у глобалном, али и националним затевима за рационалан однос према енергији и свеобухватно повећање енергетске ефикасности просеца и технологија, и последично очувању животне средине, нарочито смањивањем емисија загађујућих гасова. У том смислу истраживање карактеристика процеса сушења домаћих лигнита, пре свега из колубарског басена, представља основу за правилну, потенцијалну примену процеса предсушења на термоблоковима у Србији. Значај ове проблематике проистиче из чињенице да се у оквиру ЈП "Електропривреда Србије" скоро 70% производње електричне енергије базира на јефтином лигниту из површинске експлоатације са релативно високим садржајем влаге (од 40 до 55%). Потенцијална примена процеса предсушења на термоблоковима у Србији и региону би значајно повећала енергетску ефикасност али и смањила потрошњу угља и емисије свих штетних и загађујућих материја (прашканих материја, SO_x , NO_x , CO , CO_2 и других гасова) као и смањење количине пепела и шљаке одложеног на депонијама, по јединици произведене електричне и топлотне енергије.

Оригиналност приступа ове дисертације, огледа се на само у оригиналном предлогу унапређења математичког модела, него и коришћењу технологије сушења лигнита у

флуидизованом слоју, као релативно ретко коришћеној технологији, а која пружа читав низ компаративних педности у односу на класичне методе сушења пракастих материјала.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је коришћена обимна литература, углавном публикована последњих десет године, а из области истраживања кинетике сушења нискоквалитетних угљева са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју, као и из области примене и утицаја метода одстрањивања влаге из нискоквалитетних угљева на повећање ефикасности рада термоенергетских постројења и смањење загађења животне средине. Литература је послужила као полазна основа за формирање прегледа досадашњих истраживања и релевантан приказ тренутног стања у области сушења угљева са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју и њиховој примени на реалним термоенергетским постројењима.

Коришћена научна литература је служила као почетна основа за конципирање експерименталних истраживања и за развој математичког модела сушења материјала у непокретном у флуидизованом слоју.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

При изради дисертације коришћене су научне методе неопходне при нумеричко-аналитичком моделирању и експерименталној верификацији добијених резултата, а обухватиле су следеће научне методе:

- Анализу резултата публикованих научних радова из области сушења угљева са високим садржајем влаге;
- Избор и унапређење одговарајућих математичких и нумеричких модела процеса сушења прашкастих/зрнастих материјала у непокретном и флуидизованом слоју. Овом научном методом унапређен је математички модел који описује пренос топлоте и супстанције између чврсте, гасне и мехурасте фазе, а који је заснован је на двофазном моделу мехурастог флуидизованог слоја са суспензионом (гас и честице) и мехурастом (гас без честица) фазом. Примењен је приступ да се пренос топлоте и супстанције између гаса и чврстих честица у суспензионој фази одвија на исти начин као и у сличају непокретног слоја, па се пренос топлоте и супстанције између гаса и чврстих честица у суспензионој фази може одредити на исти начин као и за случај непокретног слоја честица. При томе, прорачун се врши за елементарне слојеве (запремине) и уопштава за цео слој честица. Мешање (дифузија) честица које се одвија у флуидизованом слоју се урачунава преко дифузионог члана у диференцијалним једначинама, коришћењем познатих зависности за коефицијенте дифузије честица из литературе.
- Експерименталне методе мерења заузимају изузетно значајно место у овој дисертацији јер се помоћу њих
 - установиле криве кинетике сушења - промене апсолутне влажности материјала током процеса сушења у непокретном и флуидизованом слоју анализа процеса сушења и утицаја агенса сушења (топао ваздух),
 - одредили утицај параметара агенса сушења (температура, проток) на кинетику сушења,
 - одредили утицај параметара материјала (величина честица) на кинетику сушења,
 - извршена провера квалитета развијеног математичког модела.

Конкретно, за потребе испитивања процеса сушења честица угља извршено је више од сто експеримената од којих су 48 приказани у дисертацији.

- Методе статистичке анализе и обраде при поређењу добијених нумеричких и експерименталних података.
- Метод коначних запремина, као метода неопходна за спровођење нумеричких симулација. Добијени систем линеаризованих алгебарских једначина је решаван помоћу ТДМА алгоритма (Три-Дијагонални Матрични Алгоритам).

На основу приказаног, може се закључити да су у изради докторске дисертације коришћене адекватне аналитичке, лабораторијске и нумеричке методе за испитивање утицаја процеса сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју.

3.4. Применљивост остварених резултата

Кандидат мр Милић Д. Ерић је радом на докторској дисертацији остварио значајне научно-истраживачке резултате са трајном научном вредношћу и практичном применљивошћу у области сушења нискоквалитетних угљева у непокретном и флуидизованом слоју која се примењује на термоенергетским постројењима у оквиру програма смањења емисије угљен-диоксида повећањем енергетске ефикасности у процесу конверзије фосилних горива под називом Clean Coal Technologies - чисте технологије конверзије угља.

Оригинални резултати остварених лабораторијских експерименталних истраживања примењени су за развој и верификацију предложеног нумеричког модела. Велики број експериментално испитиваних случајева при испитивању промене апсолутне влажности током процеса сушења лигнита је стварање јединствене базе података о процесу сушења лигнита Колубара при различитим протоцима ваздуха кроз узорак, за различите гранулације узорка угља, различите масе узорка и различите температуре ваздуха испред узорка, што је обезбедило могућност квалитетне провере тачности предвиђања предложеног оригиналног нумеричког модела, као и његову високу поузданост.

Развијени математички модел и рачунарски програм је могуће користити за сушење линита ваздухом и у непокретном/насутом слоју и у флуидизованом слоју, изменом малог броја параметара у улазним датотекама. Вредност овог модела је у томе што се коришћењем параметара и зависности за процес сушења у лигнита непокретном слоју, добијених на основу експеримената за непокретни слој, овим математичким моделом и рачунарским програмом може израчунавати процес сушења лигнита у флуидизованом слоју, без потребе за одређивањем истих параметара у флуидизованом слоју, која су знатно компликованија и захтевнија за извођење.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде дисертације показао способност самосталног извођења научно-истраживачких пројеката, као и способност решавања техничких проблема применом савремених научно-истраживачких метода. Велико радно искуство у области експерименталног испитивања и нумеричке симулације на преношењу топлоте и супстанције, повећању енергетске ефикасности и смањењу аерозагађења у термоенергетским постројењима пружају основу за даљи квалитетан самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос ове дисертације је остварен у:

- Унапређењу нумеричко-аналитичког модела процеса сушења материјала у непокретном и флуидизованом слоју. Матемаички модел заснован је на идеји двофазног модела флуидизованог слоја који су први предложили аутори Kunii i Levenspiel, док је сам математички модел сушења оригинално развијен у Институту за нуклеарне науке Винча. Модел се заснива на претоставци да се суспензиона фаза флуидизованог слоја налази у стању минималне флуидизације, а вишак гаса од оног потребног за минималну флуидизацију, протиче кроз мехурасту фазу у виду гасних мехурова. Поред унапређења овог модела у смислу емпиријског одређивања параметра који следе из експериментално одређених изотерми сорпције/десорпције сушења за лигните са великим садржајем влече, математички модел је унапређен и уградњом Zehner, Bauer и Schlünder модела за одређивање ефективне топлотне проводљивости непокретног слоја.
- Добијању репрезентативни експериментални подаци из процеса сушења линита у непокретном и флуидизованом слоју, који су послужили за верификацију формираног математичког модела.
- Стварању јединствене научне базе експерименталних података, али и података који се могу користити развијеним математичким моделом, а могу послужити при пројектовању постројења за предсушење на домаћим термоенергетским постројењима. (подацима о промени садржаја влаге у ситнијим честицама лигнита Колубара (испод 5 mm) током процеса сушења у флуидизованом слоју при различитим утицајима параметара агенса сушења (температура и проток).
- Унапређењу експерименталне инсталације и експерименталног поступка одређивања промене садржаја влаге у материјалу

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне научне литературе и сагледавања постојећих решења из области докторске дисертације, констатујемо да су резултати истраживања у тези значајни и да су применљиви у пракси. Истовремено, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у докторској дисертацији, можемо закључити да су пружени одговори на сва релевантна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

Установљене чињенице истраживања су корак напред и воде ка унапређењу постојећих података о карактеристикама процеса сушења лигнита са високим садржајем влаге и могућности увођења процеса предсушења на домаћим термоенергетским постројењима чиме би се, повећањем енергетске ефикасности у процесу сагоревања осушеног лигнита, смањила емисија угљен-диоксида у околину.

Развијени нумеричко-аналитички модел поседује велику примењивост с обзиром да је конципиран за симулацију процеса сушења у непокретном и у флуидизованом слоју за различите агенсе сушења и различите врсте фосилних горива са високим садржајем влаге.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија M22 (Рад у истакнутом међународном часопису):

1. **Erić M.**, Stakić M., Banjac M., Fluid Bed Drying as Upgrading Technology for Feasible Treatment of Kolubara Lignite, Thermal Science, Vol 20 (suppl. 1):167-181, 2016. (IF=0.955) (ISSN 0354-9836) (DOI:10.2298/TSCI150725172E)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Д Докторска дисертација под називом "Процеси сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју", кандидата мр Милић Д. Ерића, дипл. инж. маш., представља савремен и оригиналан научни рад, који разматрана проблеме у вези са експерименталним и нумеричким одређивањем карактеристика криве кинетике сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју.

Кроз дисертацију развијени математички модел, заједно са рачунарским програмом, представља универзалан алат који је могуће користити за прорачун процеса сушења различитих врста лигнита и у непокретном слоју и у флуидизованом слоју, при чему је за сваку нову врсту лигнита довољно познавати параметре процеса конвективног сушења у непокретном слоју. Истовремено, оригинални резултати спроведених експерименталних испитивања примењени за развој и верификацију предложеног нумеричког модела представљају јединствену базу података о процесу сушења лигнита Колубара.

Поред чињенице да је кандидат мр Милић Д. Ерић, дипл. инж. маш., дошао до оригиналних научних резултата, које је верификовао публикавањем у референтном научном часопису, Комисија констатује да је кандидат одговорио на све захтеве постављене у предлогу теме за израду докторске дисертације.

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом "Процеси сушења лигнита са великим садржајем влаге у непокретном и флуидизованом слоју", кандидата мр Милић Д. Ерића, дипл. инж. маш., са задовољством се констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упути извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду 07. 07. 2016. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Милош Баћац,
Универзитет у Београду Машински факултет

.....
Проф. др Мирко Коматина,
Универзитет у Београду Машински факултет

.....
Др Милан Гојак, ванредни професор,
Универзитет у Београду Машински факултет

.....
Др Предраг Стефановић, научни саветник,
Универзитет у Београду Институт за Нуклеарне
Науке Винча

.....
Др Стеван Немода, научни саветник,
Универзитет у Београду Институт за Нуклеарне
Науке Винча

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:1454/4
Датум: 14.07.2016. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 32. Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању („Службени гласник РС“ број 44/2010) и члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године), Наставно-научно веће на седници одржаној 14.07.2016. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ПРОЦЕСИ СУШЕЊА ЛИГНИТА СА ВЕЛИКИМ САДРЖАЈЕМ ВЛАГЕ У НЕПОКРЕТНОМ И ФЛУИДИЗОВАНОМ СЛОЈУ“** докторанда мр **МИЛИЋА ЕРИЋА**, дипл. инж. маш.

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својим Одлуком број 61206-395/2-16, од 08.02.2016. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

1. **Erić M.**, Stakić M., Banjac M., Fluid Bed Drying as Upgrading Technology for Feasible Treatment of Kolubara Lignite, Thermal Science, Vol 20 (suppl. 1):167-181, 2016. (**IF=0.955**) (ISSN 0354-9836) (DOI:10.2298/TSCI150725172E)

Одлуку доставити: докторанду, ментору, Катедри за термомеханику и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић