

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)

175/3

(Број захтева)

08.04.2016. 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:

НЕЏАДА (РАМИЗ) РУДОЊЕ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **НЕЏАД (РАМИЗ) РУДОЊА** уписан на Докторске студије 2007 године.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО ИСПУНОМ

Универзитет је дана 09.03.2015. год. својим актом под бр. 61206-826/2-15 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО ИСПУНОМКомисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **НЕЏАДА (РАМИЗ) РУДОЊЕ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 26.11.2015. године, одлуком факултета под бр. 500/4, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Мирко Коматина</u>	Ред.проф	Термомеханика	Машински факултет Београд
2. <u>Др Милош Бањац</u>	Ред.проф.	Термомеханика	Машински факултет Београд
3. <u>Др Милан Гојак</u>	Ванр.проф.	Термомеханика	Машински факултет Београд
4. <u>Др Горан Живковић</u>	Научни сарадник	Енергетика	ИНН Винча Београд
5. <u>Др Драги Антонијевић</u>	Научни саветник	Енергетика и екологија	И.Ц. М.Ф. Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 11.02.2016. 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: 175/2
Датум: 11.02.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

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 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и реферата Комисије у саставу: др Мирко Коматина, ред.проф., ментор, др Милош Бањац, ред.проф., др Милан Гојак, ванр.проф., др Горан Живковић, научни сарадник, ИНН Винча и др Драги Антонијевић, научни саветник И.Ц. М.Ф. Београд, о оцени докторске дисертације „Побољшање преношења топлоте у акумулатору топлоте са фазно променљивим материјалом као испуном“ студента докторских студија **Неџада Рудоње**, дипл. инж. маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 11.02.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО ИСПУНОМ“** студента **НЕЏАДА РУДОЊЕ**, 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, студенту, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Предмет: **Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата**
Нецада Рудоње, дипл.инж.маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду бр. 500/4 од 26.11.2015. године именовани смо за чланове комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Нецада Рудоње, дипл.инж.маш., под насловом:

**„ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ
ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО
ИСПУНОМ ”**

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Нецад Рудоња, дипл. инж. маш., је уписао прву годину докторских студија на Машинском факултету у Београду школске 2007/2008. године. На молбу кандидата, Одлуком бр. 9/10603 од 16.09.2009. год. и 9/9158 од 02.10.2014. године, одобрен је статус мировања у школској 2009/2010, односно 2011/2012. години. На захтев кандидата, декан Машинског факултета у Београду је донео Решење бр. 1814/2 од 29.09.2015. о продужењу рока за завршетак докторских студија за два семестра у школској 2015/2016. години. На основу положених испита на докторским студијама, његових научних и стручних активности кандидат је стекао право на пријављивање теме докторске дисертације.

Кандидат је пријавио тему докторске дисертације под називом: „ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО ИСПУНОМ” и за ментора предложио проф. др. Мирко Коматину. На основу пријаве за израду докторске дисертације Нецада Рудоње, дипл.маш.инж. број 3207/1 од 12.12.2014. године, сагласности Катедре за термомеханику број 41/1 од 15.01.2015. године и одлуке Наставно-научног већа (ННВ) Машинског факултета Универзитета у Београду број 41/2 од 05.02.2015. године

именована је Комисија за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације и њене научне заснованости у саставу: др Мирко Коматина, ред. проф. (ментор), МФ Београд, др Милош Бањац ред. проф. МФ Београд, др Милан Гојак доцент, МФ Београд, др Горан Живковић научни сарадник, Институт за нуклеарне науке Винча и др Драги Антонијевић научни саветник, Иновациони центар МФ Београд.

На основу извештаја Комисије број 43/3 од 12.02.2015. године, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 09.03.2015. године донело одлуку да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације Нецада Рудоње, дипл. инж. маш., а на основу чега је Декан Машинског факултета у Београду донео закључак бр. 500/1 од 24.03.2015. године о одобравању рада на предметној дисертацији под менторством проф. др Мирка Коматине.

На основу извештаја проф. др Мирка Коматине, ментора, бр. 500/2 од 20.11.2015. године, да је докторанд Нецад Рудоња завршио докторску дисертацију под називом „ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО ИСПУНОМ”, као и предлога Катедре за термомеханику бр. 500/3 од 23.11.2015. године, Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку бр. 500/4 од 26.11.2015. године о именовању комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Мирко Коматина, ред. проф. (ментор), МФ Београд, др Милош Бањац ред. проф. МФ Београд, др Милан Гојак ван. проф, МФ Београд, др Горан Живковић научни сарадник, Институт за нуклеарне науке Винча и др Драги Антонијевић научни саветник, Иновациони центар МФ Београд.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО ИСПУНОМ ” припада области техничких наука (машинство) и ужој научној области Термомеханика. Израдом докторске дисертације руководио је др Мирко Коматина, редовни професор на Катедри за термомеханику Машинског факултета Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Нецад Рудоња, дипл. инж. машинства, рођен је у Пријепољу, 7. јануара 1982. године. Основну школу завршио је у Пријепољу, док је Средњу техничку школу у Пријепољу завршио као ученик генерације. На Машински факултет Универзитета у Београду уписао се 2001. године, а дипломирао 23.5.2007. године на одсеку за термотехнику. Дипломски рад је урадио из предмета Расхладна постројења и топлотне пумпе (ментор проф. др. Франц Коси) под називом „Идејни машински пројекат калориметријске коморе за испитивање ваздушних хладњака“ и исти одбранио са оценом 10 (десет).

Докторске студије на машинском факултету у Београду уписао је 2007/2008. године. Од 2008. до 2010. године био је запослен као истраживач сарадник Иновационог центра Машинског факултета Универзитета у Београду, а 2010. године је изабран за асистента на Катедри за термомеханику Машинског факултета Универзитета у Београду, где учествује у извођењу наставе из предмета

Термодинамика Б, Термодинамика М, Преношење топлоте и супстанције, тј. из предмета у оквиру уже научне области Термомеханика. На свим спроведеним анкетама студената добијао је одличне оцене за педагошки и наставни рад. Од 2012. године је члан Инжењерске коморе Србије и поседује лиценцу 381. Аутор је и коаутор преко 18 научних и стручних радова, од којих четири рада на SCI листи. Учествовао је у реализацији 7 домаћих и четири међународна научно-истраживачка пројекта. Коаутор је 3 техничка решења и једног патента. Такође, као пројектант, стручни сарадник и консултант био је ангажован на већем броју главних машинских, технолошко-машинских и идејних пројеката у земљи и иностранству из области климатизације, грејања и хлађења простора комфорног и индустријског типа. Поседује знање енглеског језика на напредном конверзацијском нивоу.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Неџада Рудоње, дипл.инж.маш., под називом „ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО ИСПУНОМ” изложена је на 176 страна, 72 слике и дијаграмских приказа, 9 табела и 117 коришћених литературних извора. Докторску дисертацију поред садржаја, номенклатуре, списка слика, литературе и прилога чине следећих девет поглавља:

1. Увод,
2. Преглед литературе,
3. Поставка физичког модела,
4. Поставка математичког модела,
5. Нумеричко решавање једначина модела,
6. Резултати нумеричких симулација,
7. Експериментална истраживања,
8. Поређење резултата,
9. Закључак.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу текста докторске дисертације дате су основне информације о раду у докторској дисертацији, примењеним методама, развијеном нумеричком моделу и спроведеној анализи резултата и току рада на докторској дисертацији.

У другом поглављу је дат преглед типова акумулатора топлоте и радних медијума акумулатора топлоте. Дат је преглед основних критеријума за избор радних медијума у акумулаторима топлоте. Дат је преглед аналитичких и нумеричких метода за решавање проблема топљења, односно очвршћавања. Приказан је преглед стања истраживања која се односе на мере за побољшања преношења топлоте у фазно променљивим материјалима. На основу критичког прегледа литературе, дефинисани су основни циљеви докторске дисертације и изабран је радни медијум за који су спроведена нумеричка и експериментална истраживања. Закључено је да је најпоузданији начин за

поспешивање преношења топлоте кроз фазно променљиви материјал уградња металних ребара.

У трећем поглављу описан је физички модел акумулатора топлоте, који је замишљен у три варијанте: варијанта без оребрења (фактор оребрења 1), варијанта са 6 подужних ребара (фактор оребрења 11,3) и варијанта са 12 правих подужних ребара (фактор оребрења 21,5).

У четвртном поглављу је приказана поставка математичког модела за решавање дефинисаног физичког проблема. Дате су једначине којима су описани термомеханички процеси који се одвијају у појединим доменима физичког модела. Дефинисана је допунска једначина којом је успостављена веза између енталпије радног медијума и порозности. Уведене су основне претпоставке и поједностављења која олакшавају решавање једначина модела. Извршена је анализа утицаја појединих чланова у једначинама модела са посебним освртом на изворне чланове у једначини закона о одржању количине кретања и једначини закона о одржању енергије. Дефинисани су почетни и гранични услови математичког модела којим је дефинисан проблем промене фазе радног медијума. Посебна пажња је посвећена дефинисању граничног услова на електрогрејачу, за који је написан посебан код у програмском језику „C“, који је, осим променљивог топлотног протока по висини грејача, укључио и моделирање контролног сензора електро грејача.

У петом поглављу је описана процедура нумеричког решавања једначина математичког модела. Нумеричко моделирање је спроведено у програму *Fluent*, у коме се дискретизација једначина математичког модела спроводи методом контролних запремина. Дат је опис спроведеног поступка дискретизације једначина модела и процедуре моделирања. Имплементација граничног услова којим је симулиран процес довођења топлоте фазно променљивом материјалу укључила је писање одговарајућег подпрограма у програмском језику C.

У шестом поглављу су приказани резултати нумеричког моделирања процеса промене фазе у тродимензионалном акумулатору топлоте, који је испуњен парафином као радним медијумом, за случај постављања оребрених површина у циљу побољшања преношења топлоте. Приказани су резултати нумеричког моделирања, тј. температурско поље и запремински удео течне фазе парафина у току времена. На основу спроведеног нумеричког моделирања за три варијантна решења формиране су криве зависности запреминског удела течне фазе парафина од времена за три различите вредности фактора оребрења. На основу добијеног времена завршетка промене фазе у акумулатору топлоте добијена је крива зависности времена топљења парафина од фактора оребрења површи за размену топлоте. За уведени геометријски фактор (фактор оребрења) приказана је анализа утицаја повећања фактора оребрења на смањење времена потребног за топљење фазно променљивог материјала (парафина). Приказани су и анализирани резултати добијени варирањем параметара нумеричког модела са циљем сагледавања могућности примене предложеног модела за потребе инжењерских прорачуна. Приказани су резултати добијени истраживањем утицаја материјала ребра на брзину промене фазе парафина, као и резултати утицаја Стефановог броја на брзину промене фазе за случај варијанте II.

У седмом поглављу је су приказани експериментални резултати добијени током одређивања термофизичких карактеристика парафина, као и резултати на основу којих је извршена је експериментална верификација резултата добијених нумеричким моделирањем процеса топљења парафина у вертикално постављеном акумулатору топлоте. Приказана је нова експериментална инсталација осмишљена, пројектована и изведена током рада на предметној дисертацији. Предочен је детаљан опис експерименталне инсталације на којој је могуће испитивати различите врсте фазно променљивих материјала, али и других типова складишних медијума (вода, термално уље и сл.) у погледу акумулационих способности самих медијума и струјно-термичких процеса који се у њима одвијају, засебно за процес довођења и одвођења топлоте, као и за истовремено довођење и одвођење топлоте. Детаљно је описана коришћена мерна опрема и урађена процена мерне несигурности. Приказана је блок шема експерименталне инсталације која је обухватала акумулатор топлоте и потпуно независне системе за довођење и одвођење топлоте од фазно променљивог материјала. Приказан је и део експерименталних истраживања која нису спрегнута са нумеричким моделирањем, а која се тичу процеса одвођења топлоте од фазно променљивог материјала. Експерименталним истраживањем је утврђен утицај брзине струјања ваздуха на брзину достизања температуре очвршћавања фазно променљивог материјала за случај варијанте II, као и утицај фактора оребрења на брзину достизања температуре очвршћавања парафина у току процеса одвођења топлоте.

У осмом поглављу извршено је поређење сопствених резултата добијених нумеричком симулацијом и експериментално. На основу поређења профила промене температуре парафина и времена завршетка топљења извршена је верификација нумеричког модела. Познавајући температуру завршетка промене фазе парафина (експериментално одређена вредност) и вредности температуре забележене помоћу термопара постављеног у области акумулатора топлоте у коме се процес топљења окончавао, извршена је експериментална верификација криве зависности времена топљења фазно променљивог материјала од фактора оребрења, која је добијена нумеричким поступком и приказана у петом поглављу. С друге стране, постигнуто је задовољавајуће слагање вредности температура парафина добијених експерименталним и нумеричким поступком. Постигнуто је задовољавајуће слагање карактера добијених кривих температура-време за случај нумеричких и експерименталних истраживања. Имајући у виду чињеницу да је област истраживања нова, да радови у овој области представљају резултат дугогодишњег истраживања, као и доступност литературе у којој се процес довођења топлоте спроводи помоћу електрогрејача, извршено је једино могуће поређење резултата са резултатима доступним у литератури, а које се односило на проверу карактера сопствено добијених кривих и кривих доступних у литератури. Уочена је потпуна сличност у карактеру добијених кривих и профила границе фазе који се формира током промене фазе фазно променљивог материјала.

У закључку (девето поглавље) дат је осврт на резултате истраживања, који су представљени у овој дисертацији, а који су се односили на добијене нумеричке и експерименталне резултате за случај побољшања преношења топлоте у акумулатору топлоте са парафином као испуном, а које је постигнуто оребравањем површина за довођење топлоте фазно променљивом материјалу. Истакнут је значај оригиналног приступа у праћењу постигнутог побољшања преношења топлоте који је укључио увођење свеобухватног геометријског фактора. Истакнут је значај развијеног

нумеричког модела за потребе оптимизације акумулатора топлоте у погледу режима рада, коришћених материјала и захтеваног времена довођења топлоте (времена „топлотног“ пуњења акумулатора топлоте). На крају овог поглавља указано је на даље правце истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација **Побољшање преношења топлоте у акумулатору топлоте са фазно променљивим материјалом као испуном**, кандидата Неџада Рудоње, дипл.инж.маш. представља савремен и оригиналан научни рад. У докторској дисертацији је дат преглед стања истраживања проблема акумулације топлоте, коришћених материјала и метода којима се отклања основни недостатак који се огледа у малој топлотној проводљивости фазно променљивих материјала. Анализом је утврђено да је најпоузданији метод побољшања преношења топлоте у акумулаторима топлоте са фазно променљивим материјалом као испуном метод који укључује оребравање површина за размену топлоте. Увођењем геометријског фактора којим су обједињени утицаји свих димензија ребра на поспешивање преношења топлоте у акумулатору топлоте дат је оригинални допринос пољу истраживања која се односе на проблеме отежаног преношења топлоте кроз фазно променљиви материјал. Добијени закључци имају значај како за даља научна истраживања тако и за конкретну примену у инжењерској пракси. Сопствени експериментално верификовани нумерички модел представља значајан резултат рада на овој докторској дисертацији који ће омогућити даља истраживања на пољу акумулације топлоте, али и развој комерцијално прихватљивог акумулатора топлоте у коме се акумулација топлоте одвија на рачун промене фазе радног медијума. Докторска дисертација показује да кандидат поседује изразиту способност за даљи научно-истраживачки рад у предметној области, али и областима које имају додирних тачака са акумулацијом топлоте.

3.2. Осврт на референтну коришћену литературу

Анализом списка литературе која је коришћена током израде докторске дисертације може се закључити да је кандидат имао на располагању веома обимну литературу коју је проучио и на основу које је дефинисао циљеве истраживања саме дисертације. Велики број литературних извора који је објављен у скоријем временском периоду говори о актуелности истраживања на пољу акумулације топлоте. Кандидат је кроз објављивање резултата свог рада у међународним и домаћим часописима, као и конференцијама имао прилике да упозна стручну и научну јавност са резултатима својих истраживања.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су примењене савремене научноистраживачке методе при теоријском, нумеричком и експерименталном истраживању процеса који се одвијају у акумулаторима топлоте у којима се акумулација топлоте одвија на рачун промене фазе радног медијума. Примењене су методе анализе, синтезе нумеричких и

експерименталних метода који се користе у моделирању процеса промене фазе радних материја.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације, поред великог значаја у научно-истраживачкој области имају значајну и широку практичну примену пре свега у области коришћења обновљивих енергетских извора и енергетске ефикасности индустријских и резиденцијалних објеката и система. Главни резултат ове дисертације је нумерички модел акумулатора топлоте који пружа могућност моделирања струјно-термичких процеса при коришћењу различитих фазно променљивих материјала. На основу развијеног модела могуће је извршити оптимизацију рада акумулатора топлоте и добити оптималну геометрију самог акумулатора топлоте. На основу спроведене параметарске анализе и добијених кривих зависности времена топљења од фактора оребрења могуће је предвидети време завршетка промене фазе коришћеног фазно променљивог материјала. Сви резултати у оквиру предметне дисертације су верификовани кроз сопствена експериментална истраживања, али и поређењем са резултатима доступним у литератури.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде ове докторске дисертације показао да је у стању да самостално решава проблеме и да успешно влада савременим научним сазнањима и методама, што представља основу за даљи научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Полазне основе за дефинисање садржаја и циљева ове дисертације су били резултати претходних истраживања у областима које се баве унапређењем преношења топлоте кроз радне медијуме који се користе као испуна акумулатора топлоте у којима се топлота складишти на рачун промене фазе радног медијума.

Остварени научни доприноси настали као резултат истраживања у оквиру предметне докторске дисертације обухватају:

- а) Развијен је нумерички модел за моделирање струјно-термичких процеса у акумулатору топлоте са фазно променљивим материјалом као испуном.
- б) Извршена је анализа утицаја параметара модела на процес промене фазе фазно променљивог материјала.
- с) Уведен је свеобухватни геометријски параметар на основу кога је могуће пратити остварено побољшање преношења топлоте које се постиже оребравањем површи за размену топлоте.
- д) Извршена су експериментална сопствена истраживања термофизичких карактеристика парафина којима су одређене густина чврсте и течне фазе, специфични топлотни капацитет чврсте и течне фазе и топлота топљења.

е) Истражен је утицај фактора оребрења на време топљења фазно променљивог материјала како у току процеса довођења, тако и у процеса одвођења топлоте.

ф) Конструисана је и изведена сопствена експериментална инсталација за испитивање акумулације топлоте у различитим врстама радних медијума акумулатора топлоте.

г) На основу добијених кривих фактор оребрења – време топљења при датим условима и за дати радни медијум могуће је дефинисати површину за размену топлоте која обезбеђује „топлотно“ пуњење акумулатора топлоте у захтеваном временском периоду.

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 како са аспекта теоријски истраживања, тако и са становишта практичне примене. На основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у докторској дисертацији, можемо закључити да су пружени одговори на сва релевантна питања и превазиђени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања, као и да је кандидат показао завидан ниво иновативности. Развијени и експериментално верификован нумерички модел омогућава да се на основу познатих улазних параметара модела, као што су температура и снага топлотног извора, као и време доступности топлотног извора изврши поуздано дефинисање потребне површине за размену топлоте у акумулатору топлоте чиме би се процес „топлотног“ пуњења (пражњења) окончао у временском периоду у којем је топлотни извор, чија се топлота складишти, доступан. Експериментални резултати потврђују да су успешно превазиђене све препреке у решавању комплексног тродимензионалног нестационарног проблема промене фазе радног медијума.

4.3. Верификација научних доприноса

Докторанд Нецад Рудоња је кроз усавршавање и рад на више стручних и научних пројеката био аутор и коаутор 18 радова на домаћим и међународним скуповима и часописима. Коаутор је 3 техничка решења и једног патента.

Научни допринос докторске дисертације је верификован у следећим радовима објављеним у референтним међународним и домаћим научним часописима и на престижним конференцијама у земљи и иностранству:

4.3.1. Радови објављени у врхунским међународним часописима

1. И. Златановић, К. Глигоровић, С. Ивановић, **Н. Рудоња**: *Energy-Saving Estimation Model For Hypermarket HVAC Systems Applications*, Energy and Buildings 43 (2011), p.3353–3359, ISSN 0378-7788, doi:10.1016/j.enbuild.2011.08.035, 2011. (**M21, IF=2.809**)
2. И. Златановић, **Н. Рудоња**: *Experimental Evaluation Of Desuperheating And Oil Cooling Process Through Liquid Injection In Two-Staged Ammonia Refrigeration Systems With Screw Compressors*, Applied Thermal Engineering 40 (2012), p.210-215, ISSN 1359-4311, doi:10.1016/j.applthermaleng.2012.02.023, 2012. (**M21, IF=2.389**)

3. Д. Антонијевић, Д. Манић, М. Коматина, **Н. Рудоња**: *Ground water heat pump selection for high temperature heating retrofit*, Energy and Buildings, Volume 49, (2012), p. 294–299, ISSN 0378-7788, doi:10.1016/j.enbuild.2012.02.028. (**M21, IF=2.809**)

4.3.2. Рад објављен у истакнутом међународном часопису

1. **Н. Рудоња**, М. Коматина, Г. Живковић, Д. Антонијевић: *Heat transfer enhancement through PCM thermal storage by use of copper fins*, Thermal Science. (2015), ISSN 2334-7163, doi:10.2298/TSCI150729136R. (**M22, IF=1.222**)

4.3.3. Рад објављен у водећем часопису националног значаја

1. Г. Живковић, Н. Мирков, Д. Дакић, М. Младеновић, А. Ерић, М. Ерић, **Н. Рудоња**: *Numerical simulation of thermal-fluid properties and optimisation of hot water storage tank in biomass heating systems*, Часопис FME Transactions, бр. 2, Вол. 38, Машински факултет у Београду, 2010. ISSN 1451-2092. (**M51**)

4.3.4. Рад објављен у часопису националног значаја

1. **Н. Рудоња**, Г. Живковић, М. Коматина, Б. Репић: *Експериментално испитивање акумулације топлоте у акумулатору топлоте применом фазно променљивог материјала*, Часопис Пољопривредна техника бр. 2, стр. 71-79, Пољопривредни факултет у Београду, 2012. ISSN 0554-5587. (**M52**)

4.3.5. Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. Г. Живковић, Н. Мирков, Д. Дакић, М. Младеновић, А. Ерић, М. Ерић, **Н. Рудоња**, *Моделирање струјно-термичких процеса и оптимизација рада акумулатора топлоте у грејним системима са топловодним котлом на биомасу* - 14. Симпозијум термичара Србије, Зборник радова стр. 692-697, 13-16 октобар 2009, Сокобања. ISSN 978-86-80587-96-7. (**M33**)
2. Г. Живковић, Д. Дакић, **Н. Рудоња**, Б. Репић: *Experimental research of thermal processes in the thermal storage tank with a phase change medium*, Међународна конференција Електране 2012. ISBN 978-86-7877-021-0. (**M33**)
3. **Н. Рудоња**, М. Коматина, Г. Живковић, М. Раприка, Б. Репић, Утицај примене оребрених површи на побољшање преношења топлоте кроз акумулатор топлоте испуњен фазно променљивим материјалом: *17th Scientific Conference - Current Problems and Tendencies in Agricultural Engineering*, Пољопривредни факултет Универзитета у Београду, Београд 2014, стр. 195–202. ISBN 978-86-7834-210-3. (**M33**)

4.3.6. Техничко решење - Ново експериментално постројење

1. Г. Живковић, Д. Дакић, Б. Репић, **Н. Рудоња**, М. Коматина, Ново експериментално решење за испитивање акумулације топлоте коришћењем топлоте фазног прелаза, Техничко решење, Универзитет у Београду, Машински факултет, 2013. (**M83**)

4.3.7. Учешће у домаћим научним пројектима

1. Пројекат „Развој, моделирање струјно-термичких процеса и оптимизација рада акумулатора топлоте у грејним системима са топловодним котлом на биомасу”,

Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије, евиденциони број ЕЕ 18035, 2006-2010.

2. Пројекат „Развој и унапређење технологија за енергетски ефикасно коришћење више форми пољопривредне и шумске биомасе на еколошки прихватљив начин, уз могућност когенерације“ Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије, бр. пројекта III42011. 2010-2015.
3. Пројекат „Истраживање коришћења соларне енергије применом вакуумских колектора са топлотним цевима и изградња демонстрационог постројења“ Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије, бр. пројекта ТР 33048. 2010-2015.

4.3.8. Учешће у међународним научним пројектима

1. Примена термографије у енергетском прегледу и енергетској сертификацији, евиденциони број 451-03-615/2011-14/02-32. Билатерални пројекат Републике Србије и Хрватске, 2011-2012.
2. Иновативно коришћење нискотемпературских геотермалних ресурса у југоисточној Европи, GeoSEE, 2012-2014.
3. Темпус пројекат „Training courses for public services in sustainable infrastructure development in western balkans (SDTRAIN)“, 2011-2014.
4. COST Action MP1004 „Hybrid energy storage devices and systems“. European cooperation in science and technology, 2011-2015.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под називом „ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО ИСПУНОМ” кандидата Неџада Рудоње, дипл.инж.маш. представља оригиналан научно-истраживачки рад високог ранга у области термомеханике у којем је аутор дао значајан допринос моделирању термомеханичких процеса који се одвијају у акумулаторима топлоте са фазно променљивим материјалом као испуном. Комисија сматра да је кандидат током рада на изради дисертације показао висок ниво стручног и теоријског знања који ће му омогућити успешан будући самостални научно-истраживачки рад.

На основу прегледа и оцене докторске дисертације кандидата

Неџада Рудоње, дипл.инж.маш.

са темом

**Побољшање преношења топлоте у акумулатору топлоте са фазно
променљивим материјалом као испуном**

Комисија за оцену и одбрану закључује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима и позитивној пракси у научно-истраживачком раду, као и то да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и да је у складу са Статутом и Правилником од докторским студијама Машинског факултета у Београду.

Сходно члану 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета у Београду Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Реферат прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упути реферат на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

С поштовањем,

Чланови Комисије:

У Београду, 16.12.2015. године

Др Мирко Коматина, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду – Машински факултет

Др Милош Бањац, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

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

Др Горан Живковић, научни сарадник
Институт за нуклеарне науке Винча

Др Драги Антонијевић, научни саветник
Иновациони центар МФ у Београду

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:175/3
Датум: 11.02.2016. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

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 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 11.02.2016. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ПОБОЉШАЊЕ ПРЕНОШЕЊА ТОПЛОТЕ У АКУМУЛАТОРУ ТОПЛОТЕ СА ФАЗНО ПРОМЕНЉИВИМ МАТЕРИЈАЛОМ КАО ИСПУНОМ“** студента **НЕЏАДА РУДОЊЕ**, дипл. инж. маш.

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

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-826/2-15, од 09.03.2015. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

1. **Н. Рудоња**, М. Коматина, Г. Живковић, Д. Антонијевић: *Heat transfer enhancement through PCM thermal storage by use of copper fins*, Thermal Science. (2015), ISSN 2334-7163, doi:10.2298/TSCI150729136R. (**M22, IF=1.222**)
2. И. Златановић, К. Глигоровић, С. Ивановић, **Н. Рудоња**: *Energy-Saving Estimation Model For Hypermarket HVAC Systems Applications*, Energy and Buildings 43 (2011), p.3353–3359, ISSN 0378-7788, doi:10.1016/j.enbuild.2011.08.035, 2011. (**M21, IF=2.809**)
3. И. Златановић, **Н. Рудоња**: *Experimental Evaluation Of Desuperheating And Oil Cooling Process Through Liquid Injection In Two-Stage Ammonia Refrigeration Systems With Screw Compressors*, Applied Thermal Engineering 40 (2012), p.210-215, ISSN 1359-4311, doi:10.1016/j.applthermaleng.2012.02.023, 2012. (**M21, IF=2.389**)
4. Д. Антонијевић, Д. Манић, М. Коматина, **Н. Рудоња**: *Ground water heat pump selection for high temperature heating retrofit*, Energy and Buildings, Volume 49, (2012), p. 294–299, ISSN 0378-7788, doi:10.1016/j.enbuild.2012.02.028. (**M21, IF=2.809**)

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић