

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)

403/4

(Број захтева)

02.06.2016.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:

МАРЈАН (РАНКО) АРСОВИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **МАРЈАН (РАНКО) АРСОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСКЕ ВОДЕ

Универзитет је дана 24.11.2014. год. својим актом под бр. 61206-5063/2-14 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСКЕ ВОДЕ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **МАРЈАНА (РАНКО) АРСОВИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 25.02.2016. године, одлуком факултета под бр. 403/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Мирко Коматина	Ред. проф.	Термомеханика	Машински факултет Београд
2. Др Милош Бањац	Ред. проф.	Термомеханика	Машински факултет Београд
3. Др Цветко Црнојевић	Ред. проф.	Механика флуида	Машински факултет Београд
4. Др Милан Гојак	Ванр. проф.	Термомеханика	Машински факултет Београд
5. Др Вукман Бакић	Научни саветник	Механика флуида	ИНН Винча Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 02.06.2016. 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: 403/4
Датум: 02.06.2016. 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 Мирко Коматина, ред. проф., ментор, др Милош Бањац, ред. проф., др Цветко Црнојевић, ред. проф., др Милан Гојак, ванр. проф. и др Вукман Бакић, научни саветник, ИНН Винча Београд, о оцени докторске дисертације „Термодинамички процеси одстрањивања соли из морске воде“ докторанда мр Марјана Арсовића, дипл. инж. маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 02.06.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСКЕ ВОДЕ“** докторанда **мр МАРЈАНА АРСОВИЋА**, 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

**Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата
мр Марјана Арсовића, дипл.инж.маш.**

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду бр. 403/2 од 25.02.2016. године именовани смо за чланове комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Марјана Арсовића, дипл.инж.маш., под насловом:

„ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСКЕ ВОДЕ”

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 је пријавио тему докторске дисертације под називом: „ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСКЕ ВОДЕ” и за ментора предложио проф. др. Мирко Коматину. На основу пријаве за израду докторске дисертације мр Марјана Арсовића, дипл.маш.инж. број 1345/1 од 04.07.2013. године и одлуке Наставно-научног већа (ННВ) Машинског факултета Универзитета у Београду број 1364/2 од 03.07.2014. 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 Баћац ред. проф. МФ Београд и др Радивоје Топић проф. у пензији, МФ Београд.

На основу извештаја Комисије број 1364/3 од 24.10.2014. године, који је усвојен на Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду 30.10.2014. под бројем 1364/4, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 24.11.2014. године донело одлуку број 61206-5063/2-14 којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације мр Марјана Арсовића, дипл. инж. маш., а на основу чега је Декан Машинског факултета у Београду донео закључак 25.11.2014. под бројем 3103/1 о одобравању рада на предметној дисертацији под менторством проф. др Мирка Коматине.

На основу извештаја проф. др Мирка Коматине, ментора, бр. 75/1 од 13.01.2016. године, да је докторанд мр Марјан Арсовић завршио докторску дисертацију под називом „ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСKE ВОДЕ”, као и предлога Катедре за термомеханику бр. 403/1 од 23.02.2016. године, Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку бр. 403/2 од 25.02.2016. 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 Цветко Црнојевић ред. проф. МФ Београд, др Милан Гојак ван. проф. МФ Београд и др Вукман Бакић научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСKE ВОДЕ ” 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

Мр Марјан Арсовић, дипл. инж. машинства, рођен је у Аранђеловцу, 26. јуна 1979. године. Основну школу завршио је у Аранђеловцу, док је Средњу машинско техничку школу у Аранђеловцу завршио као ученик генерације. На Машински факултет Универзитета у Београду уписао се 1998. године, а дипломирао 10.10.2003. године на одсеку за Производно машинство. Дипломски рад је урадио из предмета Пројектовање технолошких процеса (ментор проф. др. Бојан Бабић) под називом „Пројектовање и анализа технолошког процеса подскопа вакуум пресе“ и исти одбранио са оценом 10 (десет).

Последипломске студије на Машинском факултету у Београду смер Производно машинство је уписао школске 2003./2004. године као стипендиста Републике Србије Министарства за Науку и заштиту животне средине и био ангажован на два пројекта технолошког развоја финансираних од стране Министарства за Науку. Магистарску тезу под називом „Развој и примена дијамантских алата у технологији обраде мермера и гранита” рађену под менторством проф. др Љубодрага Тановића, одбранио је 03. априла 2006. године.

Након израде магистарског рада, кандидат преусмерава своје усавршавање на област развоја технологија прераде воде. Од 2007. године запослен је у компанији „Doosan Hydro Technology”, Тампа, Florida у Сједињеним Америчким Државама као магистар техничких наука у одељењу за истраживање и развој технологија прераде воде. У периоду од 2007. до 2008. године у оквиру истраживачког одељења компаније „Doosan Hydro Technology”, ангажован је у својству истраживача на 4 научно-истраживачка пројекта у области унапређења технологија десалинизације и реверзибилне осмозе воде. У периоду од 2008.-2009. године борави на University of St. Petersburg, Florida у Сједињеним Америчким Државама, где похађа и успешно полаже специјалистичке курсеве у области технологија прераде вода. У оквиру интерног Doosan Hydro Technology истраживачког института похађа специјалистичке курсеве напредних технологија прераде вода у периоду 2008.-2010. године. Данас ради као менаџер инжењерско развојног одељења компаније „Doosan Hydro Technology” у Сједињеним Америчким Државама.

Аутор је и коаутор више научних и стручних радова, од којих је један на SCI листи. Коаутор је 23 техничких решења. Учествовао је на 3 међународна научна пројекта у области десалинизационих технологија прераде воде. Као пројектант, стручни сарадник и консултант учествовао је у изради више од 20 међународних инжењерских пројеката у области технологија прераде питке и индустријске воде. Поседује знање енглеског језика на експертском конверзацијском нивоу.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Марјана Арсовића, дипл.инж.маш., под називом „ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСКЕ ВОДЕ” изложена је на 222 стране (185 страна без прилога), 128 слика и дијаграмских приказа, 37 табела и 122 коришћених литературних извора. Докторску дисертацију поред садржаја, номенклатуре, списка слика, литературе и прилога чине следећих осам поглавља:

1. Увод,
2. Поставка проблема истраживања и преглед литературе
3. Теоријско истраживање десалинизационих процеса реверзибилне осмозе воде
4. Оптимизација процеса реверзибилне осмозе воде
5. Поставке експерименталних истраживања модела процеса одстрањивања соли из морске воде
6. Поређење резултата теоријских модела и резултата експеримената
7. Аспекти интеграције обновљивог извора соларне енергије са десалинизационим системом реверзибилне осмозе воде
8. 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 моделу процеса и спроведеној анализи резултата.

У другом поглављу дат је приказ карактеристика процеса одстрањивања соли из морске воде. Дата је анализа потрошње електричне енергије у процесима директне и реверзибилне осмозе воде. Показано је да енергетски трошкови имају примаран значај у укупним трошковима десалинизације морске воде. Представљени су основни принципи једнофазних десалинизационих процеса реверзибилне осмозе воде. Дат је преглед утицајних параметара радних режима на енергетске захтеве процеса реверзибилне осмозе воде. Приказан је преглед стања истраживања која се односе на моделе подсистема за повраћај енергије високог притиска из концентроване воде. Дефинисана су полазна термодинамичка ограничења процеса реверзибилне осмозе воде. На основу критичког прегледа литературе, дефинисани су основни циљеви докторске дисертације. За предмет истраживања у дисертацији, као недовољно

истражена, изабрана је мембранска десалинизација морске воде процесом реверзибилне осмозе за коју су спроведена теоријска и експериментална истраживања.

У трећем поглављу приказан је модел потрошње електричне енергије система реверзибилне осмозе воде који обухвата параметре концентрације растворених материја у морској води, примењени трансмембрански притисак —и параметре пропустљивости мембране. Представљена је геометрија једнофазне конфигурације мембранског система реверзибилне осмозе воде. Физичким моделом дефинисан је проблем промене концентрације соли у води у аксијалном правцу мембранских модула цилиндричног облика. У математичком моделу потрошње електричне енергије система реверзибилне осмозе воде, уведене су основне претпоставке и поједностављења које омогућавају решавање једначина модела. Дефинисан је термодинамички гранични услов процеса реверзибилне осмозе воде. Успостављена је корелација између запреминског протока пречишћене воде, трансмембранског притиска и осмотског притиска. Посебна пажња посвећена је анализи утицаја уређаја за повраћај енергије високог притиска из концентроване воде, на смањење укупне потрошње електричне енергије система реверзибилне осмозе воде. Приказан је утицај параметара пропустљивости мембрана, начина управљања протоком концентроване воде, пада притиска услед трења дуж мембранског модула на укупне трошкове процеса реверзибилне осмозе.

У четвртном поглављу је приказана оптимизација потрошње електричне енергије и захтеваних површина мембрана десалинизационих система реверзибилне осмозе воде. Посебан осврт је дат на примени савремених високопропусних мембрана које омогућавају процес десалинизације морске воде при ниским притисцима, при чему се трансмембрански притисак морске воде при таквој поставци приближава осмотском притиску формиране концентроване воде у завршној деоници мембранског модула. Дефинисан је модел потрошње електричне енергије система реверзибилне осмозе воде за радне режиме при термодинамичким граничним вредностима при којима је трансмембрански притисак једнак осмотском притиску концентроване воде. Анализирани су инвестициони трошкови израде мембрана изражени преко еквивалентних енергетских трошкова за процес десалинизације морске воде реверзибилном осмозом, са циљем да се процени интервал степена корисности процеса (однос протока пречишћене воде и протока морске воде), у оквиру којег ће унапређење својстава пропустљивости мембране имати значајан утицај у смањењу укупних трошкова производње пречишћене воде. Закључено је да се инвестициони трошкови израде мембрана смањују са повећањем: пропустљивости мембране, количине одстрањивања растворених соли и осмотског притиска морске воде. Показано је да захтевана површина мембрана директно зависи од вредности ефективног притиска процеса реверзибилне осмозе.

У петом поглављу приказани су резултати сопствених експерименталних испитивања процеса једнофазне конфигурације реверзибилне осмозе морске воде. Дат је опис експерименталне лабораторијске инсталације, у којој су коришћене три врсте мембранских модула различитих својстава пропустљивости и количине одстрањивања соли из воде. Експериментална инсталација је омогућавала симулацију реалних услова процеса реверзибилне осмозе морске воде. Мембрански модули испитивани су при различитим радним режимима процеса реверзибилне осмозе: притиску, температури, концентрацији растворених соли у морској води и степену корисности процеса.

Приказана је блок шема експерименталне инсталације која је садржала филтерску станицу за предтретман воде, пумпу високог притиска, мембранске посуде под притиском, мерне уређаје за читавање и архивирање: вредности потрошње електричне енергије инсталације, вредности притиска, протока, температуре, концентрације соли морске воде и концентрације соли пречишћене воде. Истраживања су изведена коришћењем новог савременог танког нанокомполитног мембранског материјала, као и коришћењем комерцијално доступних мембранских материјала. Експериментима су одређене вредности потрошње електричне енергије система реверзибилне осмозе воде и вредности запреминског протока пречишћене воде. На основу добијених експерименталних резултата потрошње електричне енергије система реверзибилне осмозе воде и концентрације соли у пречишћеној води извршено је поређење енергетске и квалитативне ефикасности процеса реверзибилне осмозе коришћењем савремених нанокомполитних мембранских материјала и коришћењем комерцијално доступних мембрана.

У шестом поглављу у циљу верификације модела, извршено је поређење резултата сопственог модела запреминског протока пречишћене воде са резултатима спроведеног експерименталног истраживања, као и са моделима других аутора. Приликом поређења сопствених експерименталних резултата са резултатима сопственог модела, као и приликом поређења сопствених експерименталних резултата са резултатима модела других аутора коришћене су математичко-статистичке и графо-аналитичке методе. У првом делу анализе упоређени су резултати запреминског протока пречишћене воде добијени експериментом, са подацима добијеним из теоријских модела. У другом делу анализе стављен је акценат на анализу одступања резултата теоријских модела од резултата експеримената. На основу поређења профила промене модела запреминског протока пречишћене воде према задатој температури, притиску, концентрацији соли у морској води и степену корисности процеса реверзибилне осмозе са експерименталним резултатима извршена је верификација сопственог теоријског модела. Постигнуто је задовољавајуће слагање вредности запреминског протока пречишћене воде добијених експериментом и сопственим теоријским моделом. Одступања су износила максимално 2%. Уочена је сличност у карактеру добијених кривих за мембранске модуле различитих својстава пропустљивости и различитих својстава одстрањивања соли. Извршено је поређење сопствених експерименталних резултата са моделима других аутора која се односе на мембранске модуле сличних физичко-хемијских својстава пропустљивости. Анализом квантитативног слагања резултата модела других аутора са сопственим експерименталним резултатима, показано је да су модели других аутора остварили већа одступања од експерименталних резултата услед не обухваћености утицајних параметара процеса реверзибилне осмозе температуре морске воде и степена одстрањивања соли.

У седмом поглављу приказани су начини спрезања фотонапонских енергетских система са експерименталном инсталацијом система реверзибилне осмозе морске воде. Сходно резултатима анализе, закључено је да оптимална конфигурација садржи фотонапонску ћелију са конвертором (инвертером) и регулатором. Истраживањем је потврђено да код десалинизационих система чије се напајање врши једносмерном струјом из фотонапонских панела, једноструко одређивање степена корисности процеса реверзибилне осмозе, у временском периоду максималног интензитета

Сунчевог зрачења, није поуздано, јер промене температуре, концентрације соли у морској води и промене интензитета Сунчевог зрачења имају утицај на остварене капацитете производње пречишћене воде. Извршено је димензионисање фотонапонских соларних панела за географску локацију Тампа, Флорида, САД. Закључено је да радни режими система реверзибилне осмозе при сталном притиску морске воде не гарантују могућност остваривања процеса реверзибилне осмозе при већим степенима корисности процеса. Закључено је да су радни режими система при ниским степенима корисности процеса реверзибилне осмозе економски неисплативи, због значајног повећања потрошње електричне енергије. Додатне уштеде енергије постижу се интеграцијом система за хемијско чишћење мембрана са фотонапонским системом и коришћењем високопроточних мембранских модула.

У закључку (осмо поглавље) дат је осврт на резултате истраживања, који су приказани у дисертацији, а који су се односили на формиране моделе и експерименталне резултате процеса одстрањивања соли из морске воде. Истакнут је значај оригиналног приступа у праћењу промена енергетских захтева система у зависности од термодинамичких величина стања морске воде. Представљен је значај развијеног теоријског модела запреминског протока пречишћене воде у зависности од одговарајућих вредности трансмембранског притиска, температуре, концентрације растворених соли у морској води, степена корисности процеса реверзибилне осмозе и мембранских карактеристика пропустљивости, на основу којих се дефинишу потребни капацитети компонената система. Анализом односа потрошње електричне енергије и инвестиционих трошкова мембрана, закључено је да је будући развој мембрана са повећаном пропустљивошћу од великог значаја код процеса десалинизације воде мањих концентарција соли. Са друге стране, при десалинизацији воде високе концентрације соли закључено је да је потрошња електричне енергије процеса много већа од инвестиционих трошкова мембрана. На крају овог поглавља предложени су даљи правци истраживања у овој области.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација **Термодинамички процеси одстрањивања соли из морске воде**, кандидата мр Марјана Арсовића, дипл.инж.маш. представља савремен и оригиналан научни рад. У докторској дисертацији је дат преглед стања истраживања проблема одстрањивања соли из морске воде, коришћених савремених мембранских материјала и теоријских модела процеса реверзибилне осмозе морске воде. Анализом је утврђено да је најпоузданији метод побољшања енергетске ефикасности система коришћење високопроточних мембрана са радним режимом трансмембранског притисака који треба да буде једнак осмотском притиску концентроване воде на излазу из мембранског модула. Развојем сопственог модела запреминског протока пречишћене воде обједињени су утицаји термодинамичких величина стања морске воде у аналитичком изразу, чиме је дат оригинални допринос пољу истраживања која се односе на проблеме енергетске оптимизације и симулације процеса реверзибилне осмозе морске воде. Добијени резултати имају значај како за даља научна истраживања тако и за конкретну примену у инжењерској пракси. Теоријски модел запреминског протока пречишћене воде представља значајан резултат рада на овој докторској

дисертацији који ће омогућити даља истраживања на пољу хибридних мембранских система. Докторска дисертација показује да кандидат поседује изразиту способност за научно-истраживачки рад у предметној области, али и областима које имају додирних тачака са обновљивим изворима енергије.

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 процеса одстрањивања соли из морске воде. Кандидат је кроз објављивање резултата свог рада у међународним часописима, имао прилике да упозна стручну и научну јавност са резултатима својих истраживања.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији примењене су савремене научноистраживачке методе при теоријском и експерименталном истраживању процеса који се одвијају у десалинизационим системима мембранске реверзибилне осмозе морске воде. Примењене су методе анализе, синтезе теоријских и експерименталних метода који се користе у моделирању процеса одстрањивања соли из морске воде.

3.4. Применљивост остварених резултата

Треба истаћи да резултати докторске дисертације, поред великог значаја у научно-истраживачкој области имају значајну и широку практичну примену пре свега у области пројектовања енергетски ефикасних индустријских и резиденцијалних десалинизационих система, као и у области коришћења обновљивих извора енергије. Главни резултат ове дисертације је теоријски модел запреминског протока пречишћене воде који пружа могућност моделирања и симулације процеса реверзибилне осмозе морске воде за различите радне режиме при употреби мембранских материјала различитих карактеристика пропустљивости и степена одстрањивања соли. Модел поседује општост која омогућава оптимизацију радних режима процеса реверзибилне осмозе воде и одабир оптималне конфигурације мембранских система. На основу спроведене параметарске анализе и добијених модела зависности потрошње електричне енергије и степена корисности процеса реверзибилне осмозе могуће је предвидети и оптимизирати енергетске захтеве десалинизационог система према захтеваном запреминском протоку пречишћене воде. 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 процесима одстрањивања соли из морске воде мембранском реверзибилном осмозом.

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

а) Теоријски модел потрошње енергије за моделирање процеса десалинизације морске воде реверзибилном осмозом.

б) Анализу утицаја параметара модела у процесима примене високопроточних мембранских материјала.

в) Теоријски модел запреминског протока пречишћене воде за моделирање процеса десалинизације морске воде реверзибилном осмозом. Треба нагласити општост модела која се огледа у примени модела за симулацију низа режима рада процеса десалинизације воде реверзибилном осмозом, како испитиваних високопроточних мембранских материјала тако и других мембранских материјала сличних карактеристика.

г) Извршена су сопствена експериментална истраживања високопроточних мембранских материјала и мембранских материјала са високим степеном одстрањивања соли које су испитиване различитим радним режимима морске воде.

д) Истражен је утицај радних режима притиска, температуре, концентрације соли у морској води и степена корисности процеса реверзибилне осмозе на величину запреминског протока пречишћене воде и специфичну потрошњу енергије процеса реверзибилне осмозе.

ђ) Конструисана је и израђена сопствена експериментална инсталација за испитивање процеса одстрањивања соли из морске воде коришћењем мембранских материјала различитих својстава и различитих радних режима процеса реверзибилне осмозе.

е) На основу спроведене параметарске анализе и развијених модела зависности потрошње енергије и степена корисности процеса реверзибилне осмозе могуће је предвидети и оптимизирати енергетске захтеве десалинизационог система према захтеваном запреминском протоку пречишћене воде.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне литературе и сагледавања постојећих истраживања из области докторске дисертације, констатујемо да су резултати приказани у тези значајни како са аспекта теоријских 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 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 теоријски модел омогућава да се на основу познатих улазних параметара

модела, као што су притисак, температура, концентрација соли у морској води и степена корисности процеса реверзибилне осмозе, поуздано дефинише запремински проток пречишћене воде и одреде потребне површине мембранских модула уз остваривање минималне потрошње енергије процеса реверзибилне осмозе. Остварено је задовољавајуће слагање теоријског модела са експерименталним резултатима чиме је потврђено да су успешно превазиђене све препреке у решавању комплексног вишепараметарског проблема процеса одстрањивања соли из морске воде.

4.3. Верификација научних доприноса

Докторанд мр Марјан Арсовић дипл.маш.инж. је кроз усавршавање и рад на више стручних и научних пројеката био аутор и коаутор 5 радова на домаћим и међународним скуповима и часописима. Коаутор је 23 техничка решења.

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

4.3.1. Рад објављен у истакнутом међународном часопису са SCI листе:

1. **Arsović M.**, Topić 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, ISSN 0354-9836, doi:10.2298/TSCI141220074A (**M22, IF=1.222**)

4.3.2. Радови објављени у међународном часописима

1. Aguinaldo J.T., **Arsovic M.**: *Zero Liquid Discharge through Ultra High Lime Softening, Membrane and Thermal Processes*, -Global Water Intelligence Journal, Vol 13, No 6, 2012 pp. 136-153, ISBN 978-1-907467-21-9.
2. Aguinaldo J.T., **Arsovic M.**: *Integrated Chemical Precipitation and Ultrafiltration Treatment of Process Water*, World Water Journal, Vol 27, No 4, 2011, pp. 48-69, ISBN 978-1-597269-98-8.
3. Aguinaldo J.T., **Arsovic M.**: *RO Post Treatment Processes*, Global Water Intelligence Journal, Vol 11, No 2, 2010, pp. 164-176, ISBN 978-1-907467-11-0.

4.3.3. Техничка решења – Прототип

1. Diaz I., Aviles J., **Arsovic M.**, *Development of containerized SWRO system with motor control center and VFD panels for Milpo S.A.A Mining Plant in Peru*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 11016, 2012. (**M85**)
2. Kang. S., **Arsovic M.**, Aguinaldo J.T., *Pilot unit for membrane testing of Chemical Waste Water treatment plant of waste from DMF and DAF systems for Ras Al Khair chemical plant, in Saudi Arabia*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 11006-07, 2012. (**M85**)

3. **Arsovic M.**, Trivedi M., *Development of Hybrid RO Skid using stainless steel and Fiberglass material*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 09015, 2010. (**M85**)

4.3.4. Техничка решења – Индустијски прототип

1. Chunwoo L., **Arsovic M.**, Claessen C., *Design of SWRO and BWRO desalination plant system for Power Plant requirements in Shuaibah, Saudi Arabia*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр.пројекта 12004, 2013. (**M82**)
2. Kurt B., Fuller A., **Arsovic M.**, *Design of Ground Water Re-plenishment systems using BWRO with energy recovery and ancillary support systems for Orange County, California*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 11018, 2013. (**M82**)
3. Suarin N., **Arsovic M.**, Buyer K., *Expansion of Edward Water Recycling facility for West Basin Municipal Water District, Los Angeles California*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр.пројекта 11010, 2012. (**M82**)
4. Claessen C., Suarin N., **Arsovic M.**, *Waste Water Treatment of Ammonia storage area consists Coagulation and Flocculation systems, Dual Media Filters and Activated Carbon Filters for ammonia plant in Vietnam*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр.пројекта 010510, 2011. (**M82**)
5. **Arsovic M.**, Suarin N., Claessen C., *Design of Water Post Treatment systems consist of Cation, Anion, Mix Bed, Degasifier for Urea plant in Marry, Turkmenistan*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 10007, 2011. (**M82**)
6. Buyer K., **Arsovic M.**, Moubarak A., *RO Train for Brackish Water Treatment systems with RO with Instrument panels and Control philosophy for Santa Clara Valley Water District, California*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 10015, 2011. (**M82**)
7. Alvarez R., Trivedi M., **Arsovic M.**, *Design of Pretreatment, Reverse osmosis and Cleaning in Place Water Systems for County of Keansburg, New Jersey*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 10005, 2011. (**M82**)

8. Hyung H., Alvarez R., Aviles J., **Arsovic M.**, *Double stack/Stage BWRO system configuration with UF filtration unit for Petrochemical plant Ecopetrol in Columbia.* Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 09009, 2010. (**M82**)

9. Alvarez R., **Arsovic M.**, Trivedi M., *Treatment of brackish ground water to reduce total dissolved solids and nitrite for US Navy.* Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 0107006, 2010. (**M82**)

10. Diaz. I., McMilan D., **Arsovic M.**, Suarin N.: *Seawater treatment system consists pretreatment, Dissolving Air Flotation and Ultrafiltration for Shuwaikh Island, Kuwait.* Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 0108001, 2009. (**M82**)

11. Claessen C., Tynes E., **Arsovic M.**, *Development of Brackish Water Reverse Osmosis trains for treatment of waste water for reuse, Luggage Point, Brisbane Australia.* Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 0107001, 2009. (**M82**)

12. Nguyen T., Claessen C., **Arsovic M.**, *Two stage Brackish Water Reverse Osmosis System with double containment post treatment and chemical dosing system for municipality requirement City of Hollywood, Florida.* Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 1307001, 2008. (**M82**)

13. Hanra A., Claessen C., **Arsovic M.**, *Potable water plant supply contains seawater intake system with pretreatment, media filtration, SWRO and Energy Recovery Turbine for GCC in United Arab Emirates.* Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр.пројекта 0107003, 2008. (**M82**)

14. Claessen C., Aguinlado J.T., **Arsovic M.**, *Municipal potable water system contains pretreatment process, RO and post treatment process for North Cameron County, Texas.* Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 09012, 2007. (**M82**)

15. Claessen C., **Arsovic M.**, *Reverse Osmosis system with post chlorination treatment in beverage industry, Pepsi Cola, New Port News, Virginia.* Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 060042, 2007. (**M82**)

4.3.5. Техничко решење - Ново лабораторијско постројење

1. Aguinaldo J.T., **Arsovic M.**, *Development of Electrodeionization (EDI) pilot system*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 10006, 2010. (**M83**)

4.3.6. Техничко решење – Нови производ

1. McMilan D., **Arsovic M.**, Suarin N.: *Mobile Potable Water Supply for US Consular office in Bagdad, Iraq*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, евиденциони бр. пројекта 120164, 2010. (**M81**)

4.3.7. Учешће у међународним научним пројектима

1. Research project “*Optimization of energy consumption requirements of Sea Water Reverse Osmosis Desalination plants*“, финансиран од стране компаније Doosan Hydro Technology, Tampa, Florida, Сједињене Америчке Државе, евиденциони бр. 5283.100, 2007.
2. Research project “*Development of Hybrid Reverse Osmosis Skid Package using stainless steel and fiberglass material*“, финансиран од стране компаније Doosan Hydro Technology, Tampa, Florida, Сједињене Америчке Државе, евиденциони бр. 6240.160, 2007-2008.
3. Research project “*Development of Sea Water Reverse Osmosis unit using 16 inch pressure vessel membranes*“, финансиран од стране компаније Doosan Heavy Industry, Changwon, Јужна Кореја, евиденциони бр. 6260.700, 2008.

4.3.8. Учешће у домаћим научним пројектима

1. Пројекат „Технологија производње урезника од савремених алатних материјала“ Министарство за науку и заштиту животне средине Републике Србије, евиденциони бр. ИП-0032Б, 2004-2005.
2. Пројекат „Развој и примена нових алата у технологији обраде камена на бази мермера и гранита“ Министарство за науку и заштиту животне средине Републике Србије, евиденциони бр. ИП-0032Б, ТР-6338.

4.3.9. Рад објављен у часопису националног значаја

1. Пузовић Р., Тановић Љ., **Арсовић М.**: *Техноекономска оптимизација процеса брушења камена на бази мермера и гранита*, Техника, 2006., Вол. 55, бр. 6, стр. 13-18. (**M52**)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под називом „ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСКЕ ВОДЕ” кандидата мр Марјана Арсовића, 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 при реверзибилној осмози морске воде. 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

мр Марјана Арсовића, дипл.инж.маш.

са темом

Термодинамички процеси одстрањивања соли из морске воде

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.

Са поштовањем,

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

У Београду, 23.05.2016. године.

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

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

Др Цветко Црнојевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

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

Др Вукман Бакић, научни саветник
Институт за нуклеарне науке Винча

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:403/4
Датум: 02.06.2016. 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 02.06.2016. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСKE ВОДЕ“** докторанда мр **МАРЈАНА АРСОВИЋА**, дипл. инж. маш.

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

Универзитет у Београду је својим Одлуком број 61206-5063/2-14, од 24.11.2014. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

1. **Arsović M.**, Topić 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, ISSN 0354-9836, doi:10.2298/TSCI141220074A (**M22, IF=1.222**)

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић