

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Образац 1.

1364/4
(Број захтева)

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

30.10.2014.
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

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

ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСKE ВОДЕ
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Термомеханика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МАРЈАНА (РАНКО) АРСОВИЋА

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

3. Година дипломирања: 2003.

4. Назив магистарске тезе кандидата: Развој и примена дијамантских алата у технологији обраде мермера и гранита

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: Машински факултет Београд

6. Година одбране магистарске тезе: 2006.

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: /

Одсек, смер или група: /

Година уписа докторских студија: /

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

на седници одржаној 30.10.2014.
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1364/4
Датум: 30.10.2014. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев мр Марјана Арсовића, дипл.инж.маш., бр. 1345/1 од 04.07.2013. године, извештаја Комисије у саставу: проф. др Мирко Коматина, проф.др Милош Бањац и др Радивоје Топић, ред.проф. М.Ф. у пензији, број 1364/3 од 24.10.2014. године, а на основу чл. 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 30.10.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСKE ВОДЕ»** докторанта **мр МАРЈАНА АРСОВИЋА**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту мр Марјану Арсовићу, именује се **проф.др Мирко Коматина**.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Марјана Арсовића, дипл.инж.маш. за израду докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду од 03.07.2014 године, бр. 1364/2, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мр Марјана Арсовића, дипл.инж.маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под насловом: **ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСКЕ ВОДЕ**. Мр Марјан Арсовић је поднео је захтев за израду докторске дисертације 04.07.2013. године који је заведен под бројем 1345/1. На основу материјала проложеног уз Захтев кандидата, комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Мр Марјан Арсовић рођен је 26.06.1979. године у Аранђеловцу, Република Србија . Основну школу и средњу машинско техничку школу је завршио у Аранђеловцу. Био је ђак генерације. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је 1998. године. Дипломирао је на Одсеку за производно машинство 2003. године са просечном оценом током студија 8,81 (осам и 81/100) одбранивши дипломски рад са оценом 10 (десет).

Постдипломске студије уписао је школске 2003./2004. године на Машинском факултету Универзитета у Београду на Катедри за производно машинство. Магистарски рад под насловом „Развој и примена дијамантских алата у технологији обраде мермера и гранита“, одбранио је 03.04.2006.године.

Као стипендиста Министарства за науку и заштиту животне средине Републике Србије, у периоду од 2004. до 2006. године био је ангажован у Центру за нове технологије, Машинског факултета у Београду при Одсеку за производно машинство у својству истраживача сарадника. Ангажован на истраживачком пројекту финансираног од стране Министарства за науку и заштиту животне средине, ев. бр. ИП-0032Б под називом „Технологија производње урезника од савремених алатних материјала“ у периоду од 2004. до 2005. године, као и на пројекту ев. бр. ТР-6338 „Развој и примена нових алата у технологији обраде камена на бази мермера и гранита“ у периоду од 2005. до 2006. године.

Од 2007. године запослен је у компанији „Doosan Hydro Technology“, Tampa, Florida у Сједињеним Америчким Државама као магистар техничких наука у одељењу за истраживање и развој технологија прераде воде.

1.2 Сечено научноистраживачко искуство

Подаци о магистратури:

Тема: Развој и примена дијамантских алата у технологији обраде мермера и гранита

Област: производно машинство

Ментор: проф. др Љубодраг Тановић, редовни професор Машинског факултета
Универзитета у Београду

Датум одбране: 03.04.2006. године на Машинском факултету Универзитета у Београду

У магистарском раду приказан је предлог научно базираног модела за решавање проблема одређивања оптималних вредности режима обраде процеса брушења неметалних материјала уз примену експерименталних испитивања. Процес брушења и полирања мермера и гранита представља највише заступљену технологију завршне обраде ових природних материјала. С обзиром на то да се различите врсте мермера и гранита обрађују на својствене начине, уостављена је идентификација параметара обрадљивости и својства материјала које представљају најзначајније елементе за одређивање режима обраде који директно утичу на квалитет обраде, продуктивност процеса и постојаност алата. Успостављена је интеракција између абразивног зрна алата и абразивног материјала гранита и мермера ради утврђивања процеса који се при томе успостављају у зони обраде, а превасходно деформација, прлина и формирање струготине. Адекватним процесом микрорезања издвојеним дијамантским зрном моделиран је процес брушења тоцилом и одређени оптимални режими обраде који обезбеђују тачност мера, облика и квалитета површине.

Након израде магистарског рада, кандидат преусмерава своје усавршавање на област развоја технологија прераде воде.

У периоду од 2007. до 2008. године у оквиру истраживачког одељења компаније „Doosan Hydro Technology”, Tampa, Florida, Сједињене Америчке Државе, ангажован је у својству истраживача на 4 научно-истраживачка пројекта у области унапређења технологија десалинације и реверзибилне осмосе воде.

Називи иновационих пројекта технолошког развоја са учешћем у својству истраживача:

-Research project No. 5283.100, “*Optimization of energy consumption requirements of Sea Water Reverse Osmosis Desalination plants*“, финансиран од стране компаније Doosan Hydro Technology, Tampa, Florida, Сједињене Америчке Државе.

-Research project No. 6240.160 “*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.

- Research project No. 6260.700 “*Development of Sea Water Reverse Osmosis unit using 16 inch pressure vessel membranes*”, финансиран од стране компаније Doosan Heavy Industry, Changwon, Јужна Кореја
- Research project No. 6820.300 “*Development of Dual Media Filters from fiberglass material for high temperature fluids*”, финансиран од стране компаније Doosan R&D, Dubai, Уједињени Арапски Емирати.

У периоду од 2008.-2009. године борави на University of St. Petersburg, Florida у Сједињеним Америчким Државама, где похађа и успешно полаже курсеве у области технологија прераде вода:

- Biological Science (BSC-1005)
- Introduction to Chemistry (CHM-1045)
- General Chemistry /Qualitative Analysis (CHM-2045)
- General Chemistry II (CHM-2046)

У оквиру интерног Doosan Hydro Technology истраживачког института похађа специјалистичке курсеве у периоду 2008.-2010. године:

- Unit Operations in Water and Wastewater Treatments (DHT-U-004)
- Coagulation and Flocculation processes in Water and Wastewater Treatments (DHT-U-007)
- Ultrafiltration operations in Water and Wastewater Treatments (DHT-U-012)

Током 2009. године похађао и успешно положио специјализовани курс за статичке и диманичке прорачуне судова под притиском, применом софтвера Caesar II у оквиру института COADE, Huston, Texas у Сједињеним Америчким Државама.

У периоду од 2008. године до данас ангажован је компанији „Doosan Hydro Technology”, Тампа, Florida у Сједињеним Америчким Државама, као менаџер инжењерско развојног одељења. Руководио је са шест технолошко развојних међународних пројеката у области десалинационих технологија прераде воде.

Учествовао је у изради више од 20 међународних инжењерских пројеката у области технологија прераде питке и индустријске воде.

Радови публиковани у међународним научним 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, M23
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, M23
3. Aguinaldo J.T., **Arsovic M.**: *RO Post Treatment Processes*, Global Water Intelligence Journal, Vol 11, No 2, 2010, pp. 164-176, M23

Радови публиковани у научним часописима националног значаја

1. Пузовић Р., Тановић Ј., **Арсовић М.**: *Техноекономска оптимизација процеса брушења камена на бази мермера и гранита*, Техника, 2006., Вол. 55, бр. 6, стр. 13-18. М52

Пројекти и техничка решења у којима је кандидат учествовао:

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, 2013. –Евиденциони број пројекта 12004-индустријски прототип, М82
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, 2013. –Евиденциони број пројекта 11018 - индустријски прототип, М82
3. 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, 2012. –Евиденциони број пројекта 11016 – прототип, М85
4. 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, 2012. –Евиденциони број пројекта 11006-07 –прототип, М85
5. 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, 2012. –Евиденциони број пројекта 11010 - индустријски прототип, М82
6. 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, 2011. –Евиденциони број пројекта 010510 - индустријски прототип, М82
7. **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, 2011. –Евиденциони број пројекта 10007 – индустријски прототип, М82
8. 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, 2011. –Евиденциони број пројекта 10015- индустријски прототип, М82
9. 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, 2011. –Евиденциони број пројекта 10005 –

индустијски прототип, M82

10. Aguinaldo J.T., **Arsovic M.**, *Development of Electrodionization (EDI) pilot system*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, 2010. –Евиденциони број пројекта 10006 – ново лабораторијско постројење, M83
11. 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, 2010. –Евиденциони број пројекта 09009 - индустријски прототип, M82
12. 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, 2010. –Евиденциони број пројекта 0107006 - индустријски прототип, M82
13. 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, 2010. –Евиденциони број пројекта 120164 -нови производ, M81
14. 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, 2009. – Евиденциони број пројекта 0108001 - индустријски прототип, M82
15. 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, 2009. –Евиденциони број пројекта 0107001- индустријски прототип, M82
16. 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, 2008. –Евиденциони број пројекта 1307001 - индустријски прототип, M82
17. **Arsovic M.**, Trivedi M., *Development of Hybrid RO Skid using stainless steel and fiberglass material*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, 2010. – Евиденциони број пројекта 09015 – прототип, M85
18. 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, 2008. –Евиденциони број пројекта 0107003- индустријски прототип, M82
19. Claessen C., Aguinaldo 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, 2007. – Евиденциони број пројекта 09012 – индустријски прототип, M82
20. 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, 2007. –Евиденциони број пројекта 060042-индустијски прототип, М82

21. Aguinaldo J.T., **Arsovic M.**, *Development of Ultrapure system contained UV sterilizer, demineralizer and membrane degasser for pharmaceutical industry in Egypt*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, 2007. –Евиденциони број пројекта 0107002-нови производ, М81
22. Claessen C., **Arsovic M.**, *Remineralization system for post treatment of multi-stage flush distillate for Shuaibah, Saudi Arabia*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, 2007. –Евиденциони број пројекта 0108001-индустијски прототип, М82
23. Claessen C., Aguinaldo J.T., **Arsovic M.**, *Seawater treatment plant expansion with new clearwell baffing for City of Cape Coral, Florida*. Doosan Hydro Technology, Tampa Florida, Сједињене Америчке државе, 2007. –Евиденциони број пројекта 0121630 - индустијски прототип, М82

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Приложени подаци кандидата потврђују вишегодишње ангажовање у научно-истраживачком раду. Магистратура кандидата била је фокусирана на другу област машинства. Касније радно искуство и вишегодишње усавршавање у оквиру Истраживачких института и Универзитета у Сједињеним Америчким Државама, као и учешће у међународним истраживачким пројектима је променило научну и стручну орјентацију. На основу биографских података кандидата, досадашњих научних и стручних активности и остварених резултата, Комисија сматра да је кандидат мр Марјан Арсовић дипл.инж.маш., способан и подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Поступак одстрањивања соли из морске воде - десалинизација реверзибилном осмосом представља основу процеса као што су производња воде за пиће, пречишћавање индустријских вода у пољопривредним, хемијским, фармацеутским и системима производње електричне енергије. Доминантни потенцијал процеса десалинизације реверзибилном осмосом је повећање доступности питке воде у многим деловима света. Објављена досадашња истраживања сугеришу да термодинамички захтеви десалинационих система реверзибилне осмосе воде имају пресудни утицај на економску исплативост процеса пречишћавања воде.

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је одређивање математичких модела термодинамичких процеса десалинационих система реверзибилне осмосе воде и

њихова оптимизација коришћењем соларне енергије. При оптимизацији потребно је задовољити критеријуме како у погледу ефикасности процеса пречишћавања воде, тако и у погледу термодинамичких параметара, структуре, облика и димензија десалинизационих система реверзибилне осмосе воде за предвиђене радне режиме. У идеалном случају десалинизациони систем реверзибилне осмосе воде требао би да буде специфично пројектован према условима квалитета улазне воде, очекиваном квалитету и капацитету пречишћене воде, рекуперационом уделу концентроване воде сходно капацитету расположивог извора соларне енергије.

Интегрисани математички модел термодинамичких процеса пречишћавања воде реверзибилном осмосом и расположивог извора соларне енергије, предуслов је за пројектовање, развој и оптимизацију десалинизационог система.

Методологија пројектовања система за одстрањивање соли из морске воде - десалинизационог система реверзибилне осмосе воде у фази континуалног развоја подразумева дефинисање елемената система према постављеним пројектним захтевима, као што су намена, капацитет, очекивани удео одстрањивања растворених хемијских једињења из воде, очекивана термодинамичка ефикасност, пројектовани радни век и цена. Поред осталих фактора проблем пројектовања и проналажења оптималне термодинамичке ефикасности десалинизационог система реверзибилне осмосе воде зависи од конфигурације мембранских подсистема, избора пумпе, рекуперационих турбина, облика цевовода, и начина синхронизације рада система са енергијом добијеном из расположивог извора соларне енергије. Обзиром да се при пројектовању десалинизационог система реверзибилне осмосе воде мора имати у виду комплетно радно подручје, као и вештачност решења, може се стећи слика о комплексности проналажења оптималних термодинамичких параметара који су у директној вези са методама спрезања енергије добијене из фотонапонских соларних колектора.

У итеративном поступку, за задати квалитет и капацитет пречишћене воде, рекуперационом уделу концентроване воде, расположивом извору соларне енергије, потребно је пронаћи оптимално концептуално решење десалинизационог система реверзибилне осмосе воде које се у каснијим фазама пројектовања детаљно разрађује. Потребно је дефинисати начине спрезања мембранских подсистема реверзибилне осмосе воде са погонским подсистемима коришћењем соларне енергије, на основу извршених термодинамичких прорачуна, при чему се тежи постизању оптималног решења у смислу максималне термодинамичке ефикасности пројектованог десалинизационог система реверзибилне осмосе воде уз остваривање минималних конструкционих захтева, поштујући ограничења у погледу расположивих материјала, технологија израде, финансијских и других ресурса.

Реверзибилна осмоса представља једно од примарних значења десалинизације воде заједно са технологијама вишефазне-фракцијске десалинизације (Multi-stage flush) у којој се одваја дестилат у различитим температурским интервалима, вишеструке дестилације (Multiple effect distillation) где се процес дестилације одвија више пута и компресијске дестилације (Vapor compression) при повишеном притиску. Друге десалинизационе технологије засноване на мембранским процесима су директна осмоса (Forward osmosis), реверзибилна осмоса (Reverse osmosis), реверзибилна електродијализа (Electrodialysis reversal), нанофилтрација (Nanofiltration) и мембранска десалинизација (Membrane desalination). Довођењем енергије на страни радне узлазне воде селективне полупропусне мембране реверзибилном осмосом се издваја флуид

снижене концентрације растворених једињења соли. Код директне осмосе користе се раствори чија је карактеристика висок осмотски притисак у циљу издвајања чисте воде из радне улазне воде при ниским притисцима. Од свих наведених десалинизационих технологија доказано је да реверзибилна осмоса воде поседује највећу радну ефикасност, где фактор термодинамичких захтева заузима примарну важност. Развој оптималних модела спрезања термодинамичких захтева десалинизационих система реверзибилне осмосе воде са расположивим извором соларне енергије је значајан.

Током последње деценије уложени су напори у области истраживања ефикасности вишефазних и вишепролазних мембранских подсистема реверзибилне осмосе воде. Код вишефазних мембранских подсистема реверзибилне осмосе концентрована вода из претходне фазе се дозира радној улазној води како би се повећала укупна рекулперација пречишћавања воде. Са друге стране код вишепролазних мембранских подсистема реверзибилне осмосе, пречишћена вода се поново подвргава реверзибилној осмоси у циљу постизања захтеваног квалитета.

Фактори који утичу на јединичну цену прераде воде десалинационим системима реверзибилне осмосе обухватају трошкове енергије, трошкове погонских елемената система, мембрана, трошкове даљег складиштења и прераде високо концентроване воде као и трошкове одржавања система. Техноекономским анализама потврђено да енергетски трошкови имају удео од 45-50% на укупну цену по јединици запремине пречишћене воде. Термодинамичка анализа десалинизационих система реверзибилне осмосе је директно повезана са рекулперационим уделом пречишћене воде, начинима рекулперације енергије високог притиска концентроване воде, конфигурацијом мембранских подсистема, радним режимима и нивоом термодинамичке ефикасности појединих компоненти постројења. Додатни фактори који утичу на ниво термодинамичких захтева су квалитет и састав улазне воде и њена температура. Функције оптимизовања термодинамичких захтева десалинизационе реверзибилне осмосе прераде воде обухватају факторе промене физичких и хемијских карактеристика радне улазне воде, као и учестале промене капацитета расположиве енергије добијене из соларних фотонапонских колектора. Оптимизоване динамичке функције термодинамичких захтева морају имати својства непрекидности са могућностима прилагођавања радних режима пречишћавања воде у реалном времену.

Недавно су почела истраживања [6,7,8] која се односе на оптимизацију термодинамичких параметара десалинизационих система реверзибилне осмосе воде у зависности од удела рекулперације пречишћене воде за један или неколико вредности протока радне улазне воде и протока пречишћене воде. Међутим, свеобухватни математички модели одређивања и оптимизирања термодинамичких зависности десалинизационих система реверзибилне осмосе нису развијени у теоријским оквирима. С обзиром да економска оправданост процеса мембранске реверзибилне осмосе пречишћавања воде у највећој мери зависи од оперативних трошкова где је енергетска зависност доминантна, минимизација трошкова је критичан корак у процесу пројектовања.

Развојем вишепараметарских математичких модела термодинамичких параметара десалинизационих система реверзибилне осмосе воде и интеграцијом са расположивим

капацитетима соларне енергије биће разматране методе и технике термодинамичке оптимизације система пречишћавања воде.

Истраживање се одвија у више спрегнутих фаза те се циљеви истраживања могу сврстати у опште и специфичне. Општи циљеви истраживања односе се на оптимизацију термодинамичких процеса десалинизационих система реверзибилне осмосе воде и развој методологије спрезања са соларном енергијом. Истраживањем и развојем математичког модела термодинамичке ефикасности биће обухваћени фактори квалитета радне улазне воде, радних режима система, конфигурације мембранских елемената система реверзибилне осмосе са интегрисаним енергетским капацитетом соларне енергије.

С обзиром да је истраживањем предвиђено да се посебна пажња посвети термодинамичкој анализи система реверзибилне осмосе и оптимизацији специфични циљеви тезе су:

- развој математичког модела којим се остварује могућност одређивања оптималних радних режима (притиска и рекуперационог удела концентроване воде) десалинизационих система реверзибилне осмосе за задати квалитет радне улазне воде уз поштовање минималних термодинамичких захтева,

- идентификација термодинамичке ефикасности система реверзибилне осмосе користећи једнофазне, вишефазне и вишепролазне методе десалинизације за радне режиме у овирима термодинамичких ограничења,

- имплементација алгоритама који обухватају факторе динамике промене квалитета и физичко-хемијских карактеристика улазне воде и динамике промене капацитета расположиве соларне енергије за прилагођавање радних режима рада система реверзибилне осмосе оптималним термодинамичким условима,

- анализа термодинамичке ефикасности процеса рекуперације радне улазне воде са континуалним и дисконтинуалним дозирањем концентроване воде,

- методе спрезања расположивих капацитета енергије добијене из соларних фотонапонских колектора са вишепараметарском функцијом термодинамичких величина десалинационог система реверзибилне осмосе воде,

- одређивање оптималне конфигурације система реверзибилне осмосе за задате оперативне карактеристике радне улазне воде и расположиве енергетске капацитете соларног извора

- дефинисање домена, методе параметризације, параметара, циљне функције и ограничења за ефикасну реализацију оптимизације.

Као саставни део теме докторске дисертације планирана су експериментална истраживања у циљу верификације математичког модела десалинизационог система реверзибилне осмосе за пречишћавање воде. Обавиће се експериментално испитивање термодинамичких параметара система за различите мембранске јединице, различите температуре, протоке, притиске и квалитете радне улазне воде и различитог удела рекуперације концентроване воде. Експерименталне вредности термодинамичких параметара користиће се као референтне вредности за верификацију резултата добијених развијеним математичким моделима.

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

- [1] P. Poovanaesvaran, M.A.A., K. Sopian, N. Amin, M.I. Fadhel, M. Yahya, *Design aspects of small-scale photovoltaic brackish water reverse osmosis (PV-BWRO) system*. Desalination and Water Treatment, Vol 27, No 1, 2011, pp. 210–223.
- [2] Peñate, B. and L. García-Rodríguez, *Current trends and future prospects in the design of seawater reverse osmosis desalination technology*. Desalination, Vol 284, No 1, 2012, pp. 1-8.
- [3] Semiat, R., *Energy Issues in Desalination Processes*. Environmental Science & Technology, Vol 42, No 22, 2008, pp. 8193-8201.
- [4] Abbas, A. and N. Al-Bastaki, *Modeling of an RO water desalination unit using neural networks*. Chemical Engineering Journal, Vol 114, No 3, 2005, pp. 139-143.
- [5] Al-Otaibi, M.B., et al., *A computational intelligence based approach for the analysis and optimization of a crude oil desalting and dehydration process*. Energy & Fuels, Vol 19, No 6, 2005, pp. 2526-2534.
- [6] Cardona, E., A. Piacentino, and F. Marchese, *Energy saving in two-stage reverse osmosis systems coupled with ultrafiltration processes*. Desalination, Vol 184, No 3, 2005, pp. 125-137.
- [7] Idris, A., et al., *Optimization of cellulose acetate hollow fiber reverse osmosis membrane production using Taguchi method*. Journal Of Membrane Science, Vol 205, No 2, 2002, pp. 223-237.
- [8] Madaeni, S.S. and S. Koocheki, *Application of Taguchi method in the optimization of wastewater treatment using spiral-wound reverse osmosis element*. Chemical Engineering Journal, Vol 119, No 1, 2006, pp. 37-44.
- [9] Song, L., et al., *Emergence of thermodynamic restriction and its implications for full-scale reverse osmosis processes*. Desalination, Vol 155, No 3, 2003, pp. 213-228.
- [10] Abderrahim, A., *Simulation and analysis of an industrial water desalination plant*. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, Vol 44, No 9, 2005, pp. 999-1004.
- [11] McFall, C.W., et al., *Control and Monitoring of a High Recovery Reverse Osmosis Desalination Process*. Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol 47, No 17, 2008, pp. 6698-6710.
- [12] Metaiche, M. and A. Kettab, *Mathematical modeling of desalination parameters: mono-stage reverse osmosis*. Desalination, Vol 165, No 1, 2004, pp. 153-59.
- [13] Abufayed, A.A., *Performance characteristics of a cyclically operated seawater desalination plant in Tajoura, Libya*. Desalination, Vol 156, No 1, 2003, pp. 59-65.
- [14] Song, L., et al., *Performance limitation of the full-scale reverse osmosis process*. Journal of Membrane Science, Vol 214, No 2, 2003, pp. 239-244.

3. Полазне хипотезе

Истраживање се заснива на основим законима термодинамике са циљем оптимизације термодинамичких параметара десалинизационих система реверзибилне осмосе воде као и оптимизације спрезањем са соларном енергијом. Хипотезе специфичне за предмет истраживања су:

1. Дефинисање одговарајућег математичког модела, интегрисањем параметара квалитета улазне воде, радних режима и конфигурације мембранских подсистема и решавањем добијеног система алгебарских једначина могу се одредити термодинамичке карактеристике система реверзибилне осмосе са прихватљивом тачношћу у поређењу са експерименталним резултатима.

2. Постављањем парцијалних диференцијалних једначина, граничних и почетних услова математичког модела термодинамичких параметара, и решавањем добијеног система алгебарских једначина могуће је одредити оптималне радне режиме са прихватљивом тачношћу за техничке примене у области прорачуна ефикасности система реверзибилне осмосе воде.

3. Компаративном анализом једнофазних, вишефазних и вишепролазних метода десалинизације могуће је извршити квантификовање утицаја конфигурације мембранских подсистема на термодинамичку ефикасност процеса реверзибилне осмосе воде.

4. Применом хардверског ресурса и савремених рачунарских софтвера користећи методе теоретичког спрезања са доступним енергијом добијеном из соларних фотонапонских колектора могуће је извести оптимизацију термодинамичких захтева десалинизационих система реверзибилне осмосе воде према задатим радним критеријумима.

5. Развојем алгоритма који обухвата факторе динамике промене квалитета и физичко-хемијских карактеристика улазне воде и динамике промене капацитета расположиве соларне енергије могуће је прилагодити радне режиме система реверзибилне осмосе према критеријуму оптималне енергетске ефикасности.

6. Адекватним избором критеријума и ограничења оптимизације и математичким моделима за прорачун термодинамичких параметара могуће је пројектовати десалинизациони систем реверзибилне осмосе воде знатно мањих димензија, веће термодинамичке ефикасности уз истовремено задржавање полазних капацитета пречишћавања воде.

4. Научне методе истраживања

У оквиру истраживања биће примењене опште, основне и специфичне методе које се примењују научно-стручним областима које су у вези са предметом истраживања. С обзиром на комплексност предмета истраживања у појединим фазама биће примењиване методе анализе и синтезе постојећих знања систематизованих у оквиру прегледа доступне литературе и досадашњих истраживања. У каснијим фазама истраживања, након усвајања математичких модела термодинамичких параметара десалинизационих система реверзибилне осмосе воде, и

валидације добијених резултата са обављеним експерименталним резултатима, предвиђа се извођење општих закључака применом методе генерализације.

У току истраживања по потреби биће примењиване хипотетичко-дедукативна, аналитичко-дедукативна, статистичка и компаративна метода, као и метода математичког моделирања спрезањем функција утицајних фактора термодинамичке ефикасности система реверзибилне осмосе са расположивим енергетским капацитетима добијених из фотонапонских соларних колектора.

Имајући у виду интердисциплинарност истраживања у току реализације биће коришћене следеће специфичне научне методе:

1. Аналитичке методе за одређивање термодинамички оптималне конфигурације мембранских подсистема реверзибилне осмосе воде
2. Нумеричке методе прорачуна термодинамичких оптималних радних режима система реверзибилне осмосе воде
3. Нумеричке методе обраде и визуализације резултата
4. Методе оптимизације
5. Статистичке методе корелације резултата математичких модела са експерименталним резултатима.

5. Очекивани научни допринос

Сагледавајући аспекте да се истраживање односи на технолошку област која се у последњој деценији у свету развија великом брзином, очекује се да ће предложена дисертација дати значајан допринос у овој области. Резултати ће бити значајни за даља научна истраживања оптимизовања термодинамичких параметара система пречишћавања воде заснованим на реверзибилној осмоси. Предложена методологија термодинамичког спрезања десалинизационих система реверзибилне осмосе воде са соларном енергијом може представљати део ширег прорачуна минимизације укупних дугорочних трошкова процеса пречишћавања воде.

Истраживачки рад у току израде дисертације доведиће до следећих научних доприноса:

1. Систематизације метода термодинамичких прорачуна десалинизационих система заснованим на реверзибилној осмоси воде.
2. Идентификације поменутих метода које се могу применити за потребе пројектовања и термодинамичке анализе система реверзибилне осмосе воде имајући на уму расположиве ресурсе соларне енергије.
3. Идентификације и продубљавања разумевања комплексних математичких модела термодинамичке ефикасности система реверзибилне осмосе воде у којима су интегрисани сигнификантни параметри радних режима, физичко-хемијских карактеристика радне улазне воде, а који утичу на дефинисање конфигурације мембранских подсистема.
4. Модификовања и побољшања постојећих и развој нових аутоматизованих контролера термодинамичких процеса реверзибилне осмосе воде, интегрисањем алгорита који обухвата факторе динамике промене квалитета и физичко-хемијских карактеристика радне улазне воде и динамике промене расположивог енергетског капацитета соларног извора.

5. Практична примена научних резултата који ће проистећи из истраживања односиће се формирање поузданог модела минимизирања производне цене пречишћене воде, минимизирање трошкова накнадне обраде концентроване воде и оптимизацију конфигурације мембранских подсистема десалинизационих постројења реверзибилне осмосе воде.

6. На основу прорачуна термодинамичких захтева извршиће се модификације конфигурације система реверзибилне осмосе воде и дефинисани начини спрезања са енергијом добијеном из фотонапонских колектора у циљу даљег побољшања ефикасности.

6. План истраживања и структура рада

У иницијалној фази израде докторске дисертације биће извршен опсежан преглед доступне литературе која се бави предметом истраживања. Такође ће бити обрађени научни радови из сродних области истраживања, као што су системи десалинизације и дехидрације воде у петрохемијским системима. На основу критичког прегледа доступне литературе дефинисаће се циљ истраживања.

У другој фази ће бити изведени математички модели за одређивање термодинамичких параметара и величина мембранских десалинизационих система реверзибилне осмосе воде, при чему ће се разматрати једнофазне, вишефазне и конфигурације са више пролаза. Такође биће извршена анализа термодинамичке ефикасности система реверзибилне осмосе воде методама рекулације радне улазне воде са континуалним и дисконтинуалним дозирањем концентроване воде. У оквиру ове фазе дефинисаће се методологија оптимизације радних режима и конфигурације мембранских подсистема десалинизационог система реверзибилне осмосе воде. У овој фази предвиђено је поређење сопствених експерименталних резултата са експерименталним резултатима других аутора. Поред тога урадиће се верификација математичког модела поређењем са моделима других аутора.

У трећој фази истраживања ће се имплементирати резултати у циљу оптимизације термодинамичке ефикасности десалинизационих система реверзибилне осмосе воде спрезањем са расположивим капацитетима енергије добијене из соларних фотонапонских колектора за специфичне радне режиме. Такође биће извршен развој нових алгоритама термодинамичке контроле процеса реверзибилне осмосе воде који обухватају факторе динамике промене квалитета и физичко-хемијских карактеристика радне улазне воде и динамике промене расположивог енергетског капацитета соларног извора.

Предвиђено је да докторска дисертација садржи следећа поглавља:

1. Уводна разматрања.
2. Преглед досадашњих теоријских и експерименталних истраживања.
3. Преглед модела за одређивање термодинамичких параметара десалинизационих система реверзибилне осмосе воде за различите конфигурације мембранских подсистема и начине рекулације концентроване воде.
4. Развој сопственог математичког модела термодинамичких параметара десалинизационих

система реверзибилне осмосе воде.

5. Дефинисање сопствених експерименталних истраживања десализационих система реверзибилне осмосе воде.
6. Анализа добијених експерименталних резултата. Поређење сопствених експеримената са Експерименталним резултатима других аутора.
7. Параметарска анализа модела и поређење са моделима других аутора
8. Технике термодинамичке оптимизације система реверзибилне осмосе воде спрезањем са расположивим капацитетима енергије добијене из соларних фотонапонских колектора
9. Имплементација развијених математичких модела у методологију пројектовања алгоритама термодинамичке контроле процеса реверзибилне осмосе према динамици промене карактеристика радне улазне воде и динамике промене расположивог енергетског капацитета обновљивог соларног извора
10. Закључак
11. Литература
12. Прилози

7. Закључак и предлог

На основу анализе предлога докторске дисертације мр Марјана Арсовића, дипл.инж.маш., Комисија за подношење извештаја о прихватању теме и оцени научне заснованости докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације, као и да канди дат испуњава све Законом и Статутом Машинског факултета предвиђене услове за рад на предметној докторској дисертацији, тако да предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Мр Марјану Арсовићу, дипл. инж. маш.

одобри израду докторске дисертације под називом

„ТЕРМОДИНАМИЧКИ ПРОЦЕСИ ОДСТРАЊИВАЊА СОЛИ ИЗ МОРСKE ВОДЕ “

област Машинство.

За ментора се предлаже др Мирко Коматина, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

.....
Проф др Радивој Топић, професор у пензији
Универзитет у Београду, Машински Факултет

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ
за кандидата Марјана Арсовића

Име и презиме ментора: _Мирко Коматина

Звање: Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Belosevic, S., Paprika, M., Komatina, M., etc., Experimental and numerical investigations of heat exchangers built in solid fuel household furnace of original concept, *Energy and Buildings*, 37, 2005, 325-331.
M21, IF=0,590, ISSN: 0378-7788
2. Komatina M., Manovic V., Dakic D., An Experimental Study of Temperature of Burning Coal Particle in Fluidized Bed, *Energy Fuels*, 20, 2006, 114-119.
M21, IF=1,519 ISSN: 0887-0624
3. Mladenovic R., Belosevic S., Paprika M., Komatina M., Effects of air excess control in a thermo-accumulation solid fuel-fired household furnace, *Applied Thermal Engineering*, 2007, Vol. 27, pp. 2243–2251.
M21, IF=0,868 ISSN: 1359-4311
4. Manovic V., Komatina M., Oka S., (2008), Modeling the temperature in coal char particle during fluidized bed combustion, *Fuel*, Volume 87, Issue 6, May 2008, pp. 905-914.
M21, IF=2,536 ISSN: 0016-2361
5. Aleksandar Saljnikov, Mirko Komatina, Vasilije Manovic, Milan Gojak, Darko Goricanec, Investigation on thermal radiation spectra of coal ash deposits, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 52 (2009), pp. 2871–2884.
M21, IF=1,947 ISSN: 0017-9310
6. Aleksandar Saljnikov, Biljana Vucicevic, Mirko Komatina, Milan Gojak, Darko Goricanec, Zoran Stevanovic, Spectroscopic research on infrared emittance of coal ash deposits, *Experimental Thermal and Fluid Science* 33 (2009), pp. 1133–1141.
M21, IF=1,234 ISSN: 0894-1777
7. Eric Aleksandar, Dakic Dragoljub, Nemoda Stevan, Komatina Mirko, Repic Branislav, Experimental method for determining Forchheimer equation coefficients related to flow of air through the bales of soy straw, *International Journal of heat and Mass Transfer*, (2011), vol. 54 br. 19-20, 4300-4306.
M21, IF=1,898 ISSN: 0017-9310
8. Antonijevic, D., Komatina, M.: Sustainable Sub-geothermal Heat Pump Heating in Serbia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 15, 2011, pp. 3534-3538.
M21, IF=4,567 ISSN: 1364-0321
9. Antonijevic, D., Manic, D., Komatina, M., Rudonja, N.: Subgeothermal Heat Pump Selection for Hot Water Central Heating Retrofit, *Energy and Buildings*, 49 (2012), pp. 294-299.
M21, IF=2,046 ISSN: 0378-7788

10. Aleksandar Eric, Dragoljub Dakic, Stevan Nemoda, Mirko Komatina, Branislav Repic, Experimental determination thermophysical characteristics of balled biomass, Energy, Volume 45, Issue 1, September 2012, Pages 350–357
M21, IF=3,597 ISSN: 0360-5442
11. Zlatanović, I., Komatina, M., Antonijević, D.: Low-temperature convective drying of apple cubes, Applied Thermal Engineering, No.1, Vol 53, 2013, pp.114-123.
M21, IF=2,624 ISSN: 1359-4311
12. Milijana J. Paprika1, Mirko S. Komatina, Dragoljub V. Dakić, and Stevan Đ. Nemoda, Prediction of Coal Primary Fragmentation and Char Particle Size Distribution in Fluidized Bed, Energy Fuels 2013, 27, pp. 5488–5494.
M21, IF=2,733 ISSN: 0887-0624

Мирко Коматина

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

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

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

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

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

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум _____

М.П. _____