



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
Број: 01-1/592-11  
18. 03. 2011. године  
КРАГУЈЕВАЦ

На основу члана 30. ст. 3 Закона о високом образовању ("Сл. гласник РС" бр. 76/2005) и члана 46. ст. 5 и 6 Статут Универзитета у Крагујевцу, Наставно-научно веће Машинског факултета у Крагујевцу, на седници одржаној 18. 03. 2011. год., донело је

## О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације кандидата **Новака Николића**, дипл. маш. инж., под називом: „Истраживање двоструко-озраченог, равнoг, соларног пријемника са равном рефлектујучом површином“.
2. Одлука са извештајем Комисије доставља се Универзитету на сагласност.

## Образложење

Одлуком Наставно-научног већа број **01-1/321-6** од **17. 02. 2010.** год. именована је Комисија за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације кандидата **Новака Николића**, дипл. маш. инж., у саставу:

1. **Др Милорад Бојић, ред. проф.**, Машински факултет, Крагујевац  
Уже научне области: Термодинамика и термотехника
2. **Др Градимир Илић, ред. проф.**, Машински факултет, Ниш  
Уже научна област: Теоријски и примењени процеси преноса топлоте и масе
3. **Др Велимир Стевановић, ванр. проф.**, Машински факултет, Ниш  
Уже научна област: Теоријски и примењени процеси преноса топлоте и масе
4. **Др Душан Гордић, ванр. проф.**, Машински факултет, Крагујевац  
Уже научна област: Енергетика и процесна техника
5. **Др Небојша Лукић, ред. проф. (ментор)**, Машински факултет, Крагујевац  
Уже научне области: Термодинамика и термотехника

Комисија је поднела извештај бр. **01-1/606** Декану и Наставно-научном већу **11. 03. 2011.** год. Наставно-научно веће, на седници одржаној 18. 03. 2011. год., разматрало је извештај и донело одлуку као у диспозитиву.

Достављено:

- Универзитету у Крагујевцу
- Општој служби

ДЕКАН МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА



Др Мирослав Бабић, редовни професор

## ЗАХТЕВ

ЗА ДАВАЊЕ САГЛАСНОСТИ НА ИЗВЕШТАЈ О ПРЕДЛОГУ ТЕМЕ  
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Шифра за идентификацију дисертације: 151

Шифра УДК (бројчано) 697.7:697.329]:620.1

Web адреса на којој се налази извештај Комисије о пријављеној докторској дисертацији:

## СТРУЧНОМ ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Молим да у складу са чл.128 Закона о високом образовању и чл.45 Статута Универзитета у Крагујевцу дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

Назив дисертације: „Истраживање двоструко-озраченог, равног, соларног пријемника са равном рефлектујућом површином“

Научна област УДК (текст): 697.7:697.329]:620.1 (Соларна енергија)

Ментор (име и презиме, звање): др Небојша Лукић, редовни професор

Навести пет потпуних референци за радове ментора из уже научне или уметничке области из које је тема дисертације:

1. Bojić, M., Lukić, N., CONTROLLING EVAPORATIVE THREE FINGER THERMOSYPHON, Energy Conversion and Management, 43/5, 2002, pp. 709-720, ISSN 0196-8904, M<sub>22</sub>.
2. Lukić, N., THE TRANSIENT HOUSE HEATING CONDITION – THE BUILDING ENEVELOPE RESPONSE FACTOR (BER), Renewable Energy, 28/4, 2003, pp. 523-532, ISSN 0960-1481, M<sub>23</sub>.
3. Lukić, N., THE TRANSIENT HOUSE HEATING CONDITION – THE DAILY CHANGES OF THE BUILDING ENEVELOPE RESPONSE FACTOR (BER), Renewable Energy, 30/4, 2005, pp. 537-549, ISSN 0960-1481, M<sub>22</sub>.
4. Liv Leonore Diezel, Andreas Paul Fröba, Nebojša Lukić, Alfred Leipertz, OPTIMIERUNG EINER AUF DEM VERFAHREN DER MECHANISCHEN BRÜDENVERDICHTUNG BASIERENDEN MEERWASSERENTSALZUNGSANLAGE, Chemie Ingenieur Technik, 79/4, 2007, pp. 459-467, ISSN 0009-286X, M<sub>23</sub>.
5. Lukic, N., Diezel, L.L., Froba, A.P., Leipertz, A., ECONOMICAL ASPECTS OF THE IMPROVEMENT OF A MECHANICAL VAPOUR COMPRESSION DESALINATION PLANT BY DROPWISE CONDENSATION, Desalination, 264, 2010, pp.173-178, ISSN 0011-9164, M<sub>21</sub>.

## Кратко образложење теме (до 100 речи)

Предмет предложене докторске дисертације представља анализа могућности побољшања ефикасности равног, воденог соларног колектора кроз имплементирање рефлектујуће равне површине (рефлектора) испод пријемника, који поседује застакљење (уместо изолације и доњег дела кутије) и са доње стране. Модификовани соларни систем би се састојао од апсорбера пресвученог селективном превлаком, застакљења постављеног са горње и доње стране пријемника, као и од металног рама-кутије. Анализа модификованог равног, воденог, соларног пријемника би се односила на развој математичког модела функционисања соларног система, нумеричку оптимизацију. Поменута теоријска анализа би се експериментално верификовала спровођењем мерења радних параметара модификованог и немодификованог соларног пријемника у идентичним условима.

## ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме и име кандидата: **Николић Новак**

Назив завршеног факултета: **Машински факултет у Крагујевцу**

Одсек, група, смер: **Енергетика и процесна техника**

Година дипломирања: **2008.**

Назив докторског студијског програма: **МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Научно подручје: **Енергетика**

Факултет и место: **Машински факултет у Крагујевцу**

Број публикованих радова: **11**

Три најважнија рада кандидата из уже научне области из које је тема дисертације:

1. Bojić, M., Nikolić, N., Nikolić, D., Skerlić, J., Miletić, I., A simulation appraisal of performance of different HVAC systems in an office building, Energy and Buildings, ISSN 0378-7788, doi:10.1016/j.enbuild.2010.12.033, (2011), **M<sub>21</sub>**.
2. Bojić, M., Nikolić, N., Nikolić, D., Skerlić, J., Miletić, I., Toward a positive-net-energy residential building in Serbian conditions, Applied Energy, ISSN 0306-2619, 2011, doi:10.1016/j.apenergy.2011.01.011, (2011), **M<sub>21</sub>**.
3. Nikolić, N., Lukić, N., Mathematical model of absorbed solar radiation of double insulated, flat, water solar collector, Proceedings of the 41st International congress on heating, refrigerating and air-conditioning, Belgrade, 2010., December 1 - 3, pp. 460–71, ISBN 978-86-81505-55-7, **M<sub>33</sub>**.

Назив и седиште организације у којој је кандидат запослен: **кандидат није запослен, он је стипендиста Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије.**

## ПОТВРЂУЈЕМО ДА КАНДИДАТ ИСПУЊАВА УСЛОВЕ УТВРЂЕНЕ ЧЛ. 128 ЗАКОНА О ВИСОКОМ ОБРАЗОВАЊУ И ЧЛ. 45 СТАТУТА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

У прилогу вам достављамо:

- Извештај Комисије о оцени теме,
- Одлуку Наставно-научног већа факултета о одобравању теме за израду докторске дисертације.

У Крагујевцу,  
11.03.2011.



Декан Машинског факултета у Крагујевцу

Др Мирослав Бабић, ред, проф.

|                       |      |        |          |
|-----------------------|------|--------|----------|
| ПРИМЉЕНО: 11.03.2011. |      |        |          |
| Срг. ред.             | Број | Прилог | Вредност |
|                       | 01-1 |        | 606      |

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

**Предмет:** *Извештај Комисије за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације кандидата Новака Николића*

Одлуком број 01-1/321-6 од 17.02.2011. именовани смо за чланове Комисије за оцену испуњености услова за пријаву докторске дисертације кандидата **Новака Николића**, дипл. маш. инж. и оцену предложене теме докторске дисертације под радним насловом:

### "Истраживање двоструко-озраченог, равног, соларног пријемника са равном рефлектујућом површином"

На основу увида у приложену документацију и личног познавања кандидата, комисија подноси Наставно научном већу следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Биографски подаци о кандидату

#### а) Лични подаци

Име и презиме: Новак Николић  
Адреса: Тадије Пејовића бр. 13, 34000 Крагујевац  
Датум и место рођења: 08.02.1984., Крагујевац

### Образовање

- 1990-1999 Основна школа „Мирко Јовановић“, Крагујевац  
*носилац дипломе Вук Караџић*
- 1999-2003 Прва крагујевачка гимназија (природно-математички смер), Крагујевац  
*одличан успех*
- 2003-2008 Машински факултет Крагујевац, Универзитет у Крагујевцу  
*смер: Енергетика и процесна техника*  
*просечна оцена током студија: 9.89*  
*дипломски рад: „Термоелектрана „Никола Тесла“ А у светлу савремених концепција производње електричне енергије сагоревањем фосилних горива“*
- 2008- Докторске студије на Машинском факултету у Крагујевцу (положено свих шест предвиђених испита)

### Стручно усавршавање

- 2006 Учешће на међународној летњој академији под називом „Summer Academy 2006 in Budva“ – the course „Thermo-Fluid Dynamics“

2006 Учешће на међународном курсу под називом „Fifth SimLab Course on Parallel Numerical Simulations, Београд“

### **Награде и стипендије**

2004-2008 Стипендија Министарства просвете Републике Србије

2004- Стипендија из фонда „Академик Драгослав Срејовић“

2006-2007 Стипендија „DENISE HALE“ Фондације Престолонаследника Александра за културу и образовање

2007 Стипендија Фондације за стипендирање и подстицање напредовања најбољих студената, младих научних радника и уметника Универзитета у Крагујевцу

2004-2008 Награда најбољи студент генерације Машинског факултета у Крагујевцу

2005 Награда за освојено 2. место на „Машинијада 2005“ из Математике 2 и Отпорности материјала

2008 Награда најбољи дипломирани студент генерације Универзитета у Крагујевцу

2008 Награда најбољи дипломирани студент Смера за енергетику и процесну технику у календарској 2008. години

2009- Стипендија Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије

### **Учешће у настави:**

Учествовао и учествује у извођењу вежби (МФКГ) из следећих предмета:

- Пренос топлоте и масе
- Термодинамика
- Обновљиви извори енергије 1
- Механика 1
- Производне технологије
- Инжењерски алати

### **б) Научно истраживачки рад**

Научно – истраживачка активност кандидата припада области преноса топлоте и масе и уже је усмерена на истраживања потрошње енергије у зградама и соларне енергије. Кандидат је у свом досадашњем раду, као аутор или коаутор, објавио 11 радова.

## Објављени радови

### Радови у међународним часописима, [M<sub>21</sub>]

1. Bojić, M., Nikolić, N., Nikolić, D., Skerlić, J., Miletić, I., A simulation appraisal of performance of different HVAC systems in an office building, *Energy and Buildings*, ISSN 0378-7788, doi:10.1016/j.enbuild.2010.12.033, (2011).
2. Bojić, M., Nikolić, N., Nikolić, D., Skerlić, J., Miletić, I., Toward a positive-net-energy residential building in Serbian conditions, *Applied Energy*, ISSN 0306-2619, 2011, doi:10.1016/j.apenergy.2011.01.011, (2011).

### Радови у домаћим часописима, [M<sub>53</sub>]

1. Lukić, N., Nikolić, N., Uticaj snižavanja temperature u sekundarnom toku na smanjenje potrošnje energije u sistemu centralnog grejanja - analiza eksperimentalnih rezultata dobijenih u mernoj zgradi, *List Saveza energetičara: Energija, ekonomija, ekologija*, Vol.11, No.4-5, pp. 302-307, ISSN 0354-8651, (2009).

### Радови објављени на међународним скуповима штампани у целини, [M<sub>33</sub>]

1. Nikolić, N., Lukić, N., Mathematical model of absorbed solar radiation of double insulated, flat, water solar collector, *Proceedings of the 41st International congress on heating, refrigerating and air-conditioning*, Belgrade, 2010., December 1 - 3, pp. 460-71, ISBN 978-86-81505-55-7.
2. Bojić, M., Nikolić, N., Solar energy use for compression heat pump operation, *Proceedings of the 40th International congress on heating, refrigerating and air-conditioning*, Belgrade, 2009., December 2-4, pp. 135-44, ISBN 978-86-81505-50-2.
3. Bojić, M., Nikolić, N., Despotović, M., A Simulation Assessment of Performance of Different HVAC Systems in an Office Building, *3rd IASTED African International Conference on Modelling and Simulation (AfricaMS 2010)*, Gaborone, Botswana, 2010., September 6 - 8, pp.167 - 74, ISBN 978-0-88986-848-9.
4. Bojić, M., Nikolić, N., Nikolić, D., Skerlić, J., Miletić, I., Simulation of solar energy use for building heating by a vapor compression heat pump, *3rd IASTED African International Conference on Modelling and Simulation (AfricaMS 2010)*, Gaborone, Botswana, 2010., September 6 - 8, pp. 179 - 86, ISBN 978-0-88986-848-9.
5. Nikolić, N., Gordić, D., Waste minimization in the furniture industry, *Proceedings of the 4th International Quality Conference (QUALITY FESTIVAL 2010)*, Kragujevac, 2010., May 19 - 21., pp. 385 - 394, ISBN 978-86-86663-49-8.

### Радови објављени на међународним скуповима штампани у изводу, [M<sub>34</sub>]

1. Gordić, D., Babić, M., Nikolić, N., Jelić, D., Končalović, D., Wood waste combustion in the furniture industry, *2nd Regional Conference: Industrial energy and environmental protection in Southeast Europe (IEEP 2010)*, Zlatibor, 2010., June 22-26, pp. 54, ISBN 978-86-7877-012-8.

**Радови на домаћим скуповима штампани у целини, [M<sub>63</sub>]**

1. Despotović, M., Nikolić, N., Ubacivanje biogasa dobijenog iz postrojenja za tretman otpadnih voda u mrežu prirodnog gasa, 14. Simpozijum termičara Srbije, Soko Banja, 2009., 13-16 oktobar, ISBN 978-86-80587-96-7.
2. Despotović, M., Nikolić, N., Korišćenje biogasa iz postrojenja za tretman otpadnih voda kao transportnog goriva, 14. Simpozijum termičara Srbije, Soko Banja, 2009., 13-16 oktobar, ISBN 978-86-80587-96-7.

**Учешће на научно истраживачким пројектима које финансира Министарство науке Републике Србије:**

1. „Унапређење енергетске и еколошке ефикасности централног постројења за пречишћавање отпадних вода за град Крагујевац – Цветојевац“, ТР – 18027
2. „Успостављање система енерго-еко менаџмента у демо предузећу индустрије намештаја“, ТР – 18202

**Знање страних језика:** енглески (одлично), француски (солидно), немачки (солидно), италијански (солидно).

**Друге вештине:** Office, Open Office, CAD software (Auto CAD, Femap, CATIA, SketchUp), FORTRAN, Mathcad, Mathematica, Fenix, EnergyPlus.

## 2. Подаци о докторској дисертацији

### 2.1 Наслов докторске дисертације

Комисија сматра да је предложени, радни наслов докторске дисертације одговарајући, а он гласи:

### **Истраживање двоструко-озраченог, равног, соларног пријемника са равном рефлектујућом површином**

### 2.2 Предмет рада

Потреба за све већом употребом обновљивих извора енергије, у овом случају Сунчеве енергије, захтева спровођење већег броја сложених истраживања на пољу повећања ефикасности система који трансформишу Сунчеву енергију у неки други вид енергије, топлотну и електричну. Најзаступљенији соларни пријемници су равни, водени, соларни пријемници. Поменути пријемници Сунчево зрачење трансформишу у топлотну енергију посредством површина-апсорбера високе вредности топлотне проводљивости (бакар, алуминијум). Главни носилац топлотне енергије је радни флуид (најчешће вода), који пролази кроз апсорбер или апсорберске цеви интегрисане или причвршћене за исти. Типичан соларни пријемник се, поред главног елемента, апсорбера, састоји и од изолације смештене са доње стране и застакљења постављеног са горње стране пријемника. Главна улога застакљења и изолације је редукција топлотних губитака пријемника насталих као последица разлике температура пријемника (апсорбера или радног флуида) и околине.

Предмет предложене докторске дисертације представља анализа могућности побољшања ефикасности равног, воденог соларног колектора кроз имплементирање рефлектујуће равне површине (рефлектора) испод пријемника, који поседује застакљење (уместо изолације и доњег дела кутије) и са доње стране. Модификовани соларни систем би се састојао од апсорбера пресвученог селективном превлаком, застакљења постављеног са горње и доње стране пријемника, као и од металног рама-кутије. Рефлектор би био постављен испод пријемника и то у равни паралелној равни истог. Усвојено је да је пријемник фиксиран под одређеним углом, а да је рефлектујућа површина покретна у својој равни. Анализа модификованог равног, воденог, соларног пријемника би се односила на развој математичког модела функционисања соларног система, нумеричку оптимизацију истог модела кроз одређивање оптималног положаја пријемника, оптималног положаја рефлектора у односу на пријемник и оптимизацију њених димензија. Поменута теоријска анализа би се експериментално верификовала спровођењем мерења радних параметара модификованог и немодификованог соларног пријемника у идентичним условима.

### 2.3 Основне хипотезе

Приликом дефинисања математичких модела биће усвојене следеће претпоставке:

- пренос топлоте у оквиру соларног пријемника је стационаран,
- пренос топлоте је једнодимензионалан,
- топлотни губици кондукцијом, конвекцијом и зрачењем на бочним странама соларног пријемника се сматрају занемарљивим,

- топлотни губици кондукцијом, конвекцијом и зрачењем са осталих површина пријемника се не занемарују и сматрају се стационарним,
- упадни угао соларног зрака који се усмерава са рефлектора је једнак одбојном углу,
- дифузно зрачење је изотропно.

Полазне хипотезе се верификују у пракси спровођењем експерименталних испитивања.

#### **2.4 Подобност кандидата**

Кандидат Новак Николић је најбољи дипломирани студент Машинског факултета, генерације 2008., са просечном оценом студија од 9,89. Временски кратка али веома садржајна стручна биографија Новака Николића после дипломирања, показује да се ради о изузетном кандидату. Прегледом објављених радова може се закључити да је кандидат, у својим приступним активностима, већ испунио високе критеријуме који се постављају пред одбрану докторске дисертације, објавио је два рада у научним часописима категорије М21.

#### **2.5 Преглед стања у подручју истраживања**

Највеће ограничење по питању масовније употребе конвенционалних соларних пријемника представља њихова релативно ниска просечна ефикасност и у вези са тим високи инвестициони трошкови. Управо из тог разлога, у претходном периоду спроведена су различита истраживања побољшања ефикасности равних, водених, соларних пријемника, која се креће у просеку од 40-46% [1]. Доста научних радова, који се односе на одређивање оптималног угла нагиба соларног пријемника, је објављено. Оптималан угао пријемника представља најважнији услов максималне могуће апсорпције соларног зрачења од стране истог. Разматране су и могућности промене димензија, односа дужине и ширине апсорбера [2], промене броја цеви у апсорберу [2], промене квалитета застакљења и изолације [3, 4], на ефикасност соларног пријемника. Анализирани су и утицаји брзине ветра [5], замене радног флуида [3], промене апсорпционо-емисивних карактеристика апсорбера [3], као и увођење ребара са унутрашње стране цеви апсорбера [1] на ефикасност пријемника.

Претходно поменуте могућности повећања ефикасности пријемника нису биле везане за драстичне модификације облика, величине и изгледа соларног система. Побољшање функционисања пријемника је разматрано и са аспекта развоја нових модела другачијег изгледа, облика и начина преноса апсорбоване топлотне енергије на радни медијум. Тако су се појавили вакуумски соларни пријемници са директним током или топлотним цевима, пријемници са променом фазе, као и пријемници са концентраторима равним, параболичним или цилиндричним.

Резултати испитивања различитих типова класичних или модификованих равних, водених соларних пријемника указују на то да је теоријски највећи допринос побољшању ефикасности пријемника имплементирање ребара унутар цеви апсорбера, као и имплементирање концентратора соларног зрачења [1]. Веома занимљив приступ побољшању ефикасности је увођење концентришућих површина испод пријемника чиме и доња површина апсорбера може апсорбовати зрачење [6, 7].

## Полазна литература

- [1] IORDANOU, GRIGORIOS (2009) *Flat-Plate Solar Collectors for Water Heating with Improved Heat Transfer for Application in Climatic Conditions of the Mediterranean Region*. Doctoral thesis, Durham University
- [2] M.-C. Kang, Y.-H. Kang, S.-H. Lim, W. Chun, *Numerical analysis on the thermal performance of a roof-integrated flat-plate solar collector assembly*, International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 33, 976-984, 2006.
- [3] N. K. Vejen, S. Furbo, L. J. Shah, *Development of 12.5 m<sup>2</sup> solar collector panel for solar heating plants*, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 84, 205-223, 2004.
- [4] M. Khoukhi, S. Maruyama, *Theoretical approach of a flat-plate solar collector with clear and low-iron glass covers taking into account the spectral absorption and emission within glass covers layer*, Renewable Energy, Vol. 30, 1177-1194, 2005.
- [5] M. Khoukhi, S. Maruyama, *Theoretical approach of a flat-plate solar collector taking into account the absorption and emission within glass cover layer*, Solar Energy, Vol. 80, 787-794, 2006.
- [6] N. K. Groenhout, M. Behnia, G. L. Morrison, *Experimental measurement of heat loss in an advanced solar collector*, Experimental Thermal and Fluid Science, Vol. 26, 131-137, 2002.
- [7] B. Robles-Ocampo, E. Rui'z-Vasquezb, H. Canseco-Sanchez, R.C. Cornejo-Meza, G. Trapaga-Martinez, F.J. Garcia-Rodrigueza, J. Gonzalez-Hernandez, Y.V. Vorobiev, *Photovoltaic/thermal solar hybrid system with bifacial PV module and transparent plane collector*, Solar Energy Materials & Solar Cells Vol. 91, 1966-1971, 2007.
- [8] A. Goetzberger, J. Dengler, M. Rommel, and V. Wittwer, *The bifacial absorber collector: a new highly efficient flat plate collector*, International Solar Energy Society, USA, 1212-1217, 1991.
- [9] A. F. Souka, *Double exposure flat-plate collector*, Solar Energy, Vol. 9, 117-118, 1965.
- [10] A. F. Souka, H. H. Safwat, *Determination of the optimum orientation for the double exposure flat-plate collector and its reflectors*, Solar Energy, Vol. 10, 170-174, 1966.
- [11] A. F. Souka, H. H. Safwat, *Theoretical evaluation of the performance of a double exposure flat-plate collector using a single reflector*, Solar Energy, Vol. 12, 347-352, 1968.
- [12] D. C. Larson, *Mirror enclosures for double-exposure solar collectors*, Solar Energy, Vol. 23, 517-524, 1979.
- [13] D. C. Larson, *Concentration ratios for flat-plate solar collectors with adjustable flat mirrors*, J. Energy, Vol. 4, 170-175, 1980.
- [14] D. C. Larson, *Optimization of flat-plate collector-flat mirror systems*, Solar Energy, Vol. 24, 203-207, 1979.
- [15] J. R. Ehlert, T. F. Smith, *View factors for perpendicular and parallel rectangular plates*, J. Thermophysics, Vol. 7, 173-175, 1992.
- [16] U. Gross, K. Spindler, E. Hahne, *Shape factor equations for radiation heat transfer between plane rectangular surfaces of arbitrary position and size with parallel boundaries*, Letters in Heat and Mass Transfer, Vol. 8, 219-227, 1981.
- [17] N. Lukić, M. Babić, *Solarna energija, monografija*, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2008, (ISBN 86-86663-20-7)
- [18] J. A. Duffie and W. A. Beckmann (2006). In 3rd edn, *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley, New York
- [19] S. A. Klein, *Calculation of the monthly average transmittance-absorptance product*. Solar Energy, Vol. 23, 547-551, 1979.
- [20] J. W. Bollentin, R. D. Wilk, *Modeling the solar irradiation on flat plate collectors augmented with planar reflectors*, Solar Energy, Vol. 55, 343-354, 1995.
- [21] H. M. S. Hussein, G. E. Ahmad, M. A. Mohamad, *Optimization of operational and design parameters of plane reflector-tilted flat plate solar collector systems*, Energy, Vol. 25, 529-542, 1999.

- [22] I. S. Taha, S. M. Eldighidy, *Effect of off-south orientation on optimum conditions for maximum solar energy absorbed by flat plate collector augmented by plane reflector*, Solar Energy, Vol. 25, 373-379, 1980.
- [23] S. L. Grassie, N. R. Sheridan, *The use of planar reflectors for increasing the energy yield of flat-plate collectors*, Solar Energy, Vol. 19, 663-668, 1977.
- [24] R. Kumar, S. C. Kaushik, H. P. Garg, *Analytical study of collector solar-gain enhancement by multiple reflectors*, Energy, Vol. 20, 511-522, 1995.

## 2.6 Значај и циљ истраживања са становишта актуелности у области истраживања

Циљ докторске дисертације је развој математичког модела рада двоструко – озраченог, равног, воденог, соларног пријемника, софтверска симулација модела у циљу добијања оптималног положаја истог, на основу претходно одређеног оптималног положаја и оптималних димензија рефлектора, као и експериментална верификација истог. Модел динамички описује процес преноса и размене топлоте у оквиру специфичног соларног система. За његово развијање неопходно је генерисање и имплементирање једначина енергетског и масеног биланса. Анализе и испитивања у оквиру овог рада по први пут укључују оптимизацију положаја пријемника на основу разматрања различитих положаја и димензија рефлектора, узимајући у обзир и утицај осенчења рефлектора, насталог као последица постојања и постављања пријемника изнад поменуте површине. Конкретно, разматрају се сви могући положаји рефлектора у односу на пријемник у равни паралелној равни пријемника, као и сви могући случајеви односа димензија пријемник и рефлектујућа површина. Током анализе се усваја да су димензије пријемника непроменљиве и да је површина апсорбера пресвучена селективном превлаком, што ће бити случај и са експерименталном инсталацијом. Нови математички модел укључује и утицај дифузног сунчевог зрачења, рефлектованог са рефлектора на доњу површину апсорбера, узимањем у обзир утицаја коначних димензија соларног система, на ефикасност пријемника.

Научни циљ ове докторске дисертације би требало да се реализује на следећи начин:

- развој математичког модела (софтвера) апсорбованог соларног зрачења од стране горње и доње површине апсорбера, узимајући у обзир и дифузно зрачење рефлектовано са рефлектора на доњи део апсорбера, за произвољан положај пријемника и произвољан положај и димензије рефлектора,
- развој математичког модела (софтвера) функционисања модификованог пријемника соларног зрачења односно топлотног капацитета и ефикасности истог за произвољан положај пријемника и произвољни положај и димензије рефлектора,
- оптимизација развијеног модела функционисања оптимизацијом димензија и положаја рефлектора у односу на пријемник
- верификација развијених математичких модела спровођењем експерименталних испитивања модификованог и немодификованог пријемника (једноструко озрачени без рефлектујућих површина),
- поређење добијених резултата модификованог пријемника са резултатима немодификованог пријемника.

## 2.7 Веза са досадашњим истраживањима

Од свих до сада развијених и произведених модела соларних пријемника највећу распрострањеност и најширу примену имају равни застакљени водени пријемници. Разлог за то се везује за релативно ниже инвестиционе трошкове у односу на остале развијене моделе пријемника, пре свега вакуумске или концентришуће пријемнике. Претходних деценија спроведена су различита истраживања на пољу побољшања перформанси, односно ефикасности поменутих конвенционалних пријемника. Нека од истраживања су наведена у претходном одељку 2.5 [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Теоријски највећи допринос повећању ефикасности функционисања ових пријемника може се постићи оребрењем унутрашњих површина апсорберских цеви ( $\eta = 60-72\%$ ), као и применом концентришуће или рефлектујуће површине ( $\eta = 50-68\%$ ) [1].

Предмет ове дисертације јесте управо развој и испитивање (теоријско и експериментално) равног соларног пријемника са двоструко - озраченим апсорбером, уз коришћење равног рефлектора постављеног испод пријемника. Постоји неколико научних истраживања везаних за двоструко - озрачен соларни пријемник са рефлектујућом површином. Истраживања се пре свега разликују по томе да ли је рефлектујућа површина равна, цилиндрична или параболична. На тему рефлектора чија површина није равна везују се научни радови [6, 8]. У [8] анализиран је двоструко - озрачен пријемник интегрисан са два стационарна цилиндрична концентратора (рефлектора), чија је ефикасност у поређењу са класичним пријемницима далеко већа при условима соларног зрачења малог интензитета. Сличан модел пријемника али са стационарним параболичним концентраторима експериментално је испитиван у [6]. Поменути соларним системом грејања могуће је редуковати 30-70% топлотних губитака у поређењу са конвенционалним пријемником. Што се тиче истраживања у којима је конкретно разматран двоструко - озрачен пријемник са равним рефлектором, постоји свега шест научних радова [9, 10, 11, 12, 13, 14]. Заправо научни рад аутора А. F. Souka-e [9] претеча је свих истраживања везаних за двоструко - озрачен соларни пријемник. У оквиру рада експериментално је испитиван двоструко - озрачен пријемник са трима рефлекторима постављеним иза истог. Експеримент је изведен за 8, 9, 10 и 11 март, при чему је пријемник био постављен под фиксираним углом од  $40^\circ$  а рефлектујуће површине од  $60^\circ$  (за највећи рефлектор) и  $20^\circ$  (за рефлекторе са стране у односу на највећи рефлектор). Резултати показују да је максимална апсорбована соларна енергија од стране модификованог пријемника за 40% већа од исте за конвенционални пријемник. У остала два научна рада [10, 11] исти аутор је представио само теоријско одређивање оптималне орјентације пријемника и рефлектора као и теоријско одређивање перформанси (ефикасности) разматраног пријемника, без експерименталне верификације. Приликом израде прорачуна оптималне орјентације поменутих површина и ефикасности пријемника као и експерименталног испитивања истог, усвојене су следеће претпоставке (услови) и упрошћења: површина апсорбера је неселективна; површина рефлектора је довољно велика да омогућава озрачивање доње површине апсорбера у потпуности у сваком тренутку; растојање рефлектора је такво да осенчење истог генерисано од стране пријемника не утиче на површину озрачености пријемника. Осим А. F. Souka-e овај модификовани соларни систем је касније анализирао и D. C. Larson-a [12, 13, 14]. У својим радовима поменути аутор је једино теоријски разматрао двоструко - озрачен пријемник у вертикалном положају са интегрисаним рефлектујућим површинама (укупно 4). У односу на истраживања [9, 10, 11], D. C. Larson је узео у разматрање и утицај рефлектованог дифузног зрачења на доњу површину апсорбера притом претпостављајући да је ширина рефлектора бесконачна. Треба још напоменути да се модел соларног система који је D. C. Larson анализирао састоји од рефлектора који су међусобно повезани и који и са пријемником деле димензију ширине.

У предложеној дисертацији проблем двоструко - озраченог пријемника ће бити анализиран, и експериментално верификован за произвољни, паралелни положај и димензије рефлектора равне површине у односу на пријемник као и произвољни положај пријемника. Такође, математички модели у дисертацији ће укључити и утицај коначних димензија пријемника и рефлектора на одређивање утицаја дифузног зрачења, рефлектованог са рефлектора на доњу површину апсорбера, пресвученог селективном превлаком, на ефикасност пријемника. Из тог разлога ће бити употребљен математички модел изложен у научним радовима [15, 16].

## **2.8 Методе које ће се користити у истраживању**

Развој горе наведених математичких модела условљава познавање ефеката и видова процеса преноса топлоте, који се генеришу у оквиру анализираног модификованог соларног система. Видови преноса топлоте, кондукција, конвекција и зрачење, дефинисани су методом генерисања и примене једначина енергетског и масеног биланса разматране елементарне контролне запремине, било чврсте апсорберске површине или радног флуида. Дефинисање утицаја рефлектованог сунчевог зрачења подразумева одређивање површине озрачености доњег дела апсорбера, увођењем геометријских параметара који описују међусобни положај пријемника и рефлектора, као и њихове димензије. У циљу одређивања оптималног положаја пријемника на основу оптималног положаја и димензија рефлектујуће површине написаће се нумерички програм у софтверском пакету Compaq Visual Fortran V6. Поменути развијени модел и програм ће се верификовати спровођењем експеримента, рачунаром управљаним процесом мерења, који обухвата мерење соларног зрачења, мерење протока и температура радног флуида (воде), мерење температура апсорбера, односно топлотних губитака и топлотног капацитета пријемника. Допринос побољшању ефикасности модификованог пријемника ће се испитати нумеричким (теоријским) поређењем новог развијеног модела и модела немодификованог пријемника, пријемника без рефлектора и без доњег застакљења, односно са изолацијом у доњем делу кутије. Такође, допринос побољшању ће се испитати и експериментално, спровођењем поменутих мерења истовремено, под идентичним условима на модификованом и немодификованом пријемнику.

## **2.9 Очекивани резултати докторске дисертације**

Примена претходно развијених математичких модела (софтвера) и метода истраживања омогућиће добијање података (резултата) о укупно апсорбованој количини соларног зрачења, укупним топлотним губицима, топлотном капацитету, односно ефикасности модификованог соларног система. Добијени подаци ће се искористити са циљем оптимизације анализираног система. Теоријски резултати математичких модела и модела оптимизације ће се експериментално верификовати спровођењем детаљних мерења радних параметара, који описују функционисање модификованог и немодификованог соларног система. Очекује се да ће резултати истраживања, у виду укупно апсорбоване соларне енергије и топлотног капацитета, односно ефикасности, за модификовани соларни систем бити повољнији (већи) у поређењу са немодификованим, класичним соларним системом.

## **2.10 Оквирни садржај дисертације**

Рад би садржао следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Теоријске основе преноса топлоте у соларним пријемницима
4. Математички модел функционисања двоструко - озраченог равнoг соларног пријемника са равном рефлектујућом површином

5. Оптимизација положаја и димензија рефлектујуће површине
6. Експериментална верификација математичког модела
7. Резултати и анализа
8. Закључак
9. Литература
10. Прилози

### **2.11 Име ментора са образложењем**

Комисија предлаже да ментор докторске дисертације буде **др Небојша Лукић, редовни професор Машинског факултета у Крагујевцу.**

Др Небојша Лукић је објавио преко 50 научних и стручних радова у земљи и иностранству, од којих девет у врхунским научним часописима. Био је руководилац и учесник у више међународних и домаћих научно-истраживачких пројеката. Аутор више техничких решења и софтвера, од којих једног софтвера за немачку фирму ESYTEC. Аутор је једног помоћног универзитетског уџбеника и једне монографије националног значаја. Осим наставног рада на матичном факултету, у школској 2005/2006. години, у својству гостујућег професора је држао предавања на Машинском факултету у Бања Луци. У укупном трајању од једанаест месеци, у више наврата је у оквиру научног усавршавања, боравио и радио на ЛСТМ и ЛТТ институту, Фридрих Александер Универзитета у Ерлангену, Немачка. Од 1999. координатор Летњих студентских академија, испред Универзитета у Крагујевцу, а у оквиру Пакта за стабилност Југоисточне Европе. Рецензент за више међународних часописа са SCI листе. Ангажован је на свим нивоима студија Машинског инжењерства у области преноса топлоте и масе, обновљивих извора енергије, термотенергетских уређаја и постројења.

Комисија истиче да редовни професор Небојша Лукић задовољава формалне и суштинске услове за ментора, јер има значајан број објављених радова из области преноса топлоте и масе од чега је девет радова у часописима са SCI листе. Укупна цитираност, др Небојше Лукића је 25 (база Scopus).

### **2.12 Научна област дисертације**

Предложена тема по својој тематици припада области **Енергетика – Соларна енергија**

### **2.13 Научна област чланова Комисије**

1. **Др Милорад Бојић, ред. проф.,** Машински факултет у Крагујевцу

Научне области: Термодинамика и Термотехника

Др Милорад Бојић је објавио преко 220 научних и стручних радова у земљи и иностранству. Аутор је 3 монографија и уџбеника. Учествовао је у реализацији 10 научних пројеката финансираних од стране Министарства за науку и 2 међународна пројеката из Оквирних програма Европске Уније. У више наврата, у својству гостујућег професора боравио је око четири године на Универзитетима у Јапану, Хонг Конгу и Француској.

**2. Др Градимир Илић, ред. проф.,** Машински факултет у Нишу

Научне области: Теоријски и примењени процеси преноса топлоте и масе

Др Градимир Илић је аутор две књиге из области преноса топлоте и масе. Објавио је преко 100 радова у земљи и иностранству. Координатор више пројеката са привредом и Министарством науке, технологије и развоја. Руководилац ЦФД центра, координатор европских пројеката у оквиру Пакта за стабилност југоисточне Европе, FP6, FP7, Tempus. Продекан за финансије и међународну сарадњу.

**3. Др Небојша Лукић, ред. проф.,** Машински факултет у Крагујевцу

Научне области: Термодинамика и Термотехника

Др Небојша Лукић је објавио преко 50 научних и стручних радова у земљи и иностранству, од којих девет у научним часописима са SCI листе. Аутор је једног помоћног уџбеника и једне монографије националног значаја. Био је руководилац и учесник у више међународних и домаћих научно-истраживачких пројеката. У укупном трајању од једанаест месеци, у више наврата је у оквиру научног усавршавања, боравио и радио на ЛСТМ и ЛТТ институту, Фридрих Александер Универзитета у Ерлангену, Немачка.

**4. Др Велимир Стефановић, ванр. проф.,** Машински факултет у Нишу

Научна област: Теоријски и примењени процеси преноса топлоте и масе

Др Велимир Стефановић је аутор једне књиге из области преноса топлоте и масе. Објавио је преко 80 радова у земљи и иностранству. Координатор више пројеката са привредом и Министарством науке, технологије и развоја. Члан ASHRAE.

**5. Др Душан Гордић, ванр. проф.,** Машински факултет у Крагујевцу

Научна област: Енергетика и процесна техника

Др Душан Гордић је објавио 85 научних и стручних радова у часописима и на скуповима у земљи и иностранству. Руководилац 3 научноистраживачка пројекта финансираних од стране Министарства за науку. Учествовао у реализацији 10 научноистраживачких пројеката Министарства науке, 4 пројекта Министарства енергетике, 3 међународна едукациона ТЕМПУС пројекта и већег броја пројеката као сарадник регионалног Евро центра за Енергетску ефикасност. Аутор је једног уџбеника.

### 3. Закључак

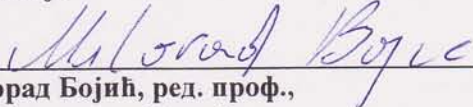
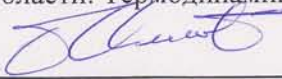
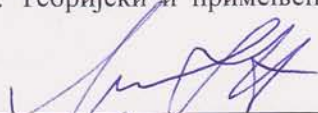

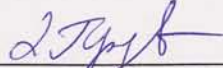
На основу података изнетих у тачкама 1 и 2 овог извештаја и личног познавања кандидата, сматрамо да **Новак Николић, дипл. маш. инж.**, као и тема његове докторске дисертације под насловом "**Истраживање двоструко-озраченог, равног, соларног пријемника са равном рефлектујућом површином**" испуњавају све потребне формалне и суштинске услове, који се у поступку оцене кандидата и теме траже Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Машинског факултета у Крагујевцу. Зато предлагемо Наставно-научном већу Машинског факултета у Крагујевцу да прихвати извештај Комисије.

За ментора докторске дисертације комисија предлага др **Небојшу Лукића, редовног професора Машинског факултета у Крагујевцу.**

У Крагујевцу и Нишу,

11.03.2011. године

#### Чланови комисије

-   
\_\_\_\_\_
1. Др **Милорад Бојић, ред. проф.**,  
Машински факултет у Крагујевцу  
Научне области: Термодинамика и Термотехника
-   
\_\_\_\_\_
2. Др **Градимиr Илић, ред. проф.**,  
Машински факултет у Нишу  
Научне области: Теоријски и примењени процеси преноса топлоте и масе
-   
\_\_\_\_\_
3. Др **Небојша Лукић, ред. проф.**,  
Машински факултет у Крагујевцу  
Научне области: Термодинамика и Термотехника
-   
\_\_\_\_\_
4. Др **Велимир Стефановић, ванр. проф.**,  
Машински факултет у Нишу  
Научна област: Теоријски и примењени процеси преноса топлоте и масе
-   
\_\_\_\_\_
5. Др **Душан Гордић, ванр. проф.**,  
Машински факултет у Крагујевцу  
Научна област: Енергетика и процесна техника