

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Образац 1.

971/6
(Број захтева)

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

03.07.2014.
(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

**МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ ПОНАШАЊА ВЕРТИКАЛНОГ У ЗЕМЉУ УКОПАНОГ РАЗМЕЊИВАЧА
ТОПЛОТЕ ГЕОТЕРМАЛНЕ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Термомеханика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: РАДОСЛАВ (Душан) ГАЛИЋ

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

3. Година дипломирања: 2000.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____ /

6. Година одбране магистарске тезе: _____ /

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____ /

Година уписа докторских студија: 2006.

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

на седници одржаној 03.07.2014.
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: 971/5
Датум: 03.07.2014. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев Радослава Галића, дипл.инж.маш., бр. 971/1 од 07.05.2014. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Милош Бањац, проф.др Маја Тодоровић и проф.др Марко Иветић, Грађевински факултет Београд, број 971/4 од 20.06.2014. године, а на основу чл. 30 Закона о високом образовању и чл. 30 Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 03.07.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ ПОНАШАЊА ВЕРТИКАЛНОГ У ЗЕМЉУ УКОПАНОГ РАЗМЕЊИВАЧА ТОПЛОТЕ ГЕОТЕРМАЛНЕ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ»** докторанта **РАДОСЛАВА ГАЛИЋА**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту Радославу Галићу, именује се **проф.др Милош Бањац**.

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 Радослава Д. Галића за израду докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 971/3 од 05.06.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Радослава Д. Галића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме "Математички модел понашања вертикалног у земљу укупаног размењивача топлоте геотермалне топлотне пумпе".

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1 Биографски подаци

Радослав Д. Галић, рођен је 20.01.1972. године у Босанском Грахову, БиХ. Основну и средњу машинско-техничку школу завршио је у Босанском Грахову, са одличним успехом у свим разредима и просеком 5,00 у току школовања. Дипломирао је на Машинском факултету Универзитета у Београду, Одсек за Термотехнику, дана 21.06.2000. године, са просечном оценом у току студија 8,05 (осам и 05/100), одбранивши дипломски рад из предмета Климатизација са оценом 10 (десет). Магистарске студије је уписао школске 2000/01. године такође на Машинском факултету у Београду, на Одсеку за термотехнику, где је положио седам од једанаест предмета. Школске 2009/10. године, ускладио се са планом и програмом докторских студија по новом наставном плану и програму и до данас је положио све испите предвиђене планом и програмом докторских студија.

У току додипломских студија, обавио је студентске стручне праксе у фирми "Клуз" Београд, на одржавању термотехничких инсталација и у Топлани-термоелектрани "Инцел" Бања Лука.

Одмах након дипломирања, 01.08.2000. године, примљен је као сарадник на пројекту на Катедри за термодинамику и термотехнику на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду као стипендиста Министарства за науку и технологију Републике Србије. Радни однос је засновао на одређено време од годину дана.

Решењем Декана Машинског факултета у Београду, а на основу одлуке Научно-наставног већа - Изборног већа МФ, о избору Радослава Галића, дипл. инж. маш. у звање асистента-приправника за наставне предмете Грејање и проветравање и Климатизација, почев од 01.06.2001. године постављен је на радно место асистента-приправника на предметима Грејање и проветравање и Климатизација на Катедри за термотехнику Машинског факултета у Београду.

Тренутно је запослен на радном месту асистента за ужу научну област термотехника на Катедри за термотехнику Машинског факултета у Београду.

У току досадашњег рада на Машинском факултету у Београду, држао је наставу из предмета: Грејање и проветравање, Климатизација, Термодинамика, Парни котлови, Основи парних котлова, Енергетски парни котлови, Основе технике грејања, Системи централног грејања, Основе парних котлова, Елементи и опрема парних котлова, Термодинамика Б и Примењена термодинамика.

Заједно са др Мајом Тодоровић, ван. проф. по први пут у наставу су увели и предмет Енергетска сертификација зграда, а у складу са новим законским и подзаконским актима, који се држи од школске 2012/13 године.

У току рада на Машинском факултету у Београду, био је члан у више од 100 (сто) Комисија за одбрану дипломских радова.

Према анонимним анкетама које се спроводе на Машинском факултету 2005-2010. Године, студенти су се о односу према њима и спремности за извођење наставе изразили са похвалама и давали су му високе оцене за све активности у оквиру одвијања наставног процеса.

Тренутно држи наставу из предмета Основе технике грејања, Системи централног грејања и Енергетска сертификација зграда.

У току стручног усавршавања, завршио је више обука, и то:

- OpenFoam, Машински факултет у Крагујевцу, 10/2005 Крагујевац;
- IR Camera FLIR B4, Корисничка обука, FLIR/GTZ Београд, 12/2007 Београд;
- EnergyPlus i DesignBuilder, Машински факултет у Београду; 03-06/2012 Београд;
- Обука за мерење и балансирање протока воде и ваздуха у разгранатим системима цевних и каналских мрежа, ТА Hydronics, 06-07/2013 Београд.

Главне области истраживања којима се кандидат бави су: Термотехнички системи – грејање, хлађење, вентилација, климатизација, Оптимизација термотехничких система, Блоковске котларнице, Обновљиви извори енергије – геотермалне топлотне пумпе и соларни колектори, Акумулација енергије, Енергетска ефикасност, Енергетски менаџмент - енергетски прегледи објеката и система.

Члан је: Савеза машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије (СМЕИТС), Инжењерске коморе Србије - члан Скупштине у трећем сазиву, Удружења инжењера термотехнике Србије, РЕХВА, АСХРАЕ, лабораторије за заштиту од пожара Машинског факултета у Београду - положен стручни испит за раднике са високом школском спремом који раде на пословима заштите од пожара (децембар 2005), националног тима за едукацију о енергетској ефикасности и члан Комисије за полагање стручног испита из области енергетске ефикасности, Инжењерска комора Србије. Поседује три лицецне Инжењерске коморе Србије, и то: одговорни пројектант термотехнике, термоенергетике, процесне и гасне технике - број **330 С784 06**, одговорни извођач радова термотехнике, термоенергетике, процесне и гасне технике - број **430 9850 06** и одговорни пројектант за енергетску ефикасност у зградама број - **381 0008 12**.

Од програмских језика и пакета, користи: MS Windows, MS Office, AutoCAD, Origin, Visual Basic, Corel-Draw, Open FOAM, Energy Plus, Design Builder, Virtual Enviromental.

Добитник је више награда, и то:

- Гранд Прих за најбоље реализовани објекат према пројекту за 2008 годину, као део тима одговорних пројектаната који је урадио Идејне и Главне пројекте за изградњу пословног објекта у улици Таковска 25 у Београду;

- Гранд Прих за најбоље реализовани објекат према пројекту за 2009 годину, као део тима одговорних пројектаната који је урадио Идејне и Главне пројекте за изградњу пословног објекта у улици Сењачка 6 у Београду;
- Друга равноправна награда на конкурс за реконструкцију Народног музеја Србије, 2010;
- Медаља КГХ за изузетно успешан рад у области пројектовања термотехничких објеката и постројења у грејању, хлађењу и климатизацији, 01.12.2010. године, Друштво за грејање хлађење и климатизацију (КГХ) Србије;
- Друга награда на међународном конкурс за избор оптималног решења у погледу потрошње енергије задатог објекта у Лондону, као део QUIDDITA тима, Design Builder, Лондон УК, 2012.

Аутор је или коаутор 12 радова, који су саопштени на стручним скуповима или објављени у часописима, као и 1 монографије. Аутор је 2 техничка решења, учествовао је у реализацији 6 научно-истраживачких пројеката националног значаја и 15 различитих елабората, експертиза, анализа и студија. Учесник је у изради 2 законска подакта на националном нивоу. Као одговорни пројектант израдио је више од 100 пројекта за привреду а руководио је са више од 20 стручних надзора над извођењем радова.

Активно се служи енглеским језиком, а користи се и руским језиком.

1.2 Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми

1.2.1 Публиковане монографије или поглавља у монографијама (M43):

1. Бркић Љ., Живановић Т., Туцаковић Д., Галић Р.: Аеродинамички прорачун парних котлова, Издавачи: Арт инжењеринг доо и Машински факултет Универзитета у Београду, ISBN 978-86-87233-00-3, Београд, 2007.

1.2.2 Научни радови у међународним часописима (M23):

1. Бањац М., Тодоровић М., Ристановић М., Галић Р: *Experimental determination of thermal conductivity of soil with a thermal response test*, - Thermal Science Year 2012, vol.16, No.4, pp.1117-1126 (DOI:10.2298/TSCI100627156B доступан на сајту: <http://www.doiserbia.nb.rs/issue.aspx?issueid=1644> ISSN: 0354-9836)
2. Туцаковић Д., Живановић Т., Стевановић В., Белошевић С., Галић Р.: *A computer code for the prediction of mill gases and hot air distribution between burners' sections at the utility boiler*, - Applied Thermal Engineering vol. 28 issue 17-18 December, 2008. p. 2178-2186 (DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2007.12.021. ISSN: 1359-4311).

1.2.3 Научни радови у водећим часописима националног значаја (M51):

1. Стевановић В., Живковић Б., Никодијевић С., Масловарић Б., Прица С., Тодоровић М., Галић Р., Мандић Д., Благојевић Д., Тркуља В.: *Мерење и симулација прелазних температурских процеса у системима даљинског грејања*, СМЕИТС - часопис КГХ, 02/2007, стр. 21-25
2. Стевановић В., Живковић Б., Никодијевић С., Масловарић Б., Прица С., Тодоровић М., Галић Р.: *Хидраулички прорачун сложених мрежа система даљинског грејања*, СМЕИТС - часопис КГХ, 2/2006, стр. 27-32
3. Зекоња П., Живковић Б., Галић Р.: *Одавање топлоте радијатора при променљивом протоку воде, радни дијаграм радијатора*, СМЕИТС - часопис КГХ, 2/2003, стр. 45-48

4. Зекоња П., Живковић Б., Галић Р.: *Одавање топлоте радијатора при променљивом протоку воде, теоријске и експерименталне поставке*, СМЕИТС - часопис КГХ, Београд, 1/2003, стр. 53-57

1.2.4 Научни радови саопштени на скупу међународног значаја, штампани у целини (М33):

1. Туцаковић Д., Живановић Т., Стевановић В., Милановић П., Галић Р., *Thermo hydraulics of a steam boiler forced circulation with rifled evaporating tubes*, International Symposium Energetics 2006, Зборник радова, стр. 291-301, Охрид, 2006
2. Туцаковић Д., Живановић Т., Галић Р., Белошевић С., Ивановић В., *A computer code for the prediction of mill gases and hot air distribution between burners' sections as input parameters for 3d cfd furnace calculation*, International Symposium Energetics 2006, Зборник радова, стр. 301-311, Охрид, 2006

1.2.5 Научни радови саопштени на скупу националног значаја, штампани у целини (М 63):

1. Тодоровић М., Шумарац Д., Галић Р.: *Survey of Potential Energy Savings in the Building Sector in Serbia and Needed Investments*, 16. Међународни симпозијум термичара Србије, Зборник радова, стр. 426 - 436, Сокобања, 2013.
2. Бањац М., Галић Р.: *Експериментално одређивање топлотне проводности земљишта тестом топлотног одзива*, 40. међународни конгрес о климатизацији, грејању и хлађењу, Зборник радова, стр. 110 – 119., Београд, 2009.
3. Бањац М., Галић Р., Зекоња П., Тодоровић Р.: *Ентропијска анализа рада и одређивање оптималних димензија и радних услова супротосмерних предајника топлоте*, ЕНЕРГЕТИКА 2009, Златибор, 24-27.03.2009. године, рад штампан у часопису: Енергија, економија, екологија, ISSN бр. 03554-8651, Савез енергетичара, Бр.3-4, Год. 9., стр. 30-33, 2009.
4. Бањац М., Галић Р., Марјановић Б.: *Примена симулације CFD при пројектовању вентилације и хлађења просторија и објеката*, 37. међународни конгрес о климатизацији, грејању и хлађењу, Зборник радова, стр. 329-337, Београд, 2006

1.2.6 Техничке реализације: техничка решења (М86):

1. Галић Р.: Идејни и Главни пројекат изградње система за загревање санитарне топле воде, базенске воде и подршку систему радијаторског грејања помоћу топлотне пумпе која као извор топлоте користи отпадну топлу воду за потребе Института за рехабилитацију Београд у организационој јединици Селтерс Младеновац – техничко решење коришћења топлоте отпадне топле воде из базена за рехабилитацију, QUIDDITA DOO BEOGRAD, Београд, 2010
2. Живановић Т., Туцаковић Д., Бркић Љ., Галић Р.: Идејни пројекат изградње гасне турбине за комбиновану производњу електричне и топлотне енергије у МСК Кикинда - техничко решење коришћења топлоте издувних гасова из гасне турбине у постојећим парним котловима, Машински факултет, Београд, 2006

1.2.7 Учесће у научно-истраживачким пројектима националног значаја:

1. Пројекат по програму истраживања научног и технолошког развоја Републике Србије у оквиру "Националног програма енергетске ефикасности" – под називом: *Интелигентни системи управљања системима климатизације у циљу постизања енергетски ефикаснијег експлоатисања приликом комплексних услова рада* – Истраживачки пројекат, Бр. ТР 33047, Министарство за науку и просвету, 2011

2. Пројекат по програму истраживања научног и технолошког развоја Републике Србије у оквиру "Националног програма енергетске ефикасности" – под називом: *"Истраживање и развој савремених система за рекуперацију топлоте отпадног ваздуха из система за климатизацију јавних објеката и пројектовање и испитивање демонстрационог постројења за рекуперацију топлоте капацитета 2000 kW (-15oC) на ВМА у Београду"*, ЕЕ-18003 руководилац пројекта проф. др Димитрије Вороњец, Пројекат финансира Министарство за науку и заштиту животне средине, 2008. – 2009. година
3. Пројекат енергетске ефикасности објеката: *Мogućност искориштења постојећих система централног грејања у домаћинствима при преласку на нискотемпературне грејне системе са грејном пумпом и земљом као извором енергије*, НП-ЕЕ-253007, Министарство науке и заштите животне средине Р. Србије, МФ Београд, 2006
4. Пројекат енергетске ефикасности објеката: *Примена европских поступака за израчунавање потребне и одређивање дозвољене специфичне потрошње енергије за грејање нових и постојећих стамбених зграда*, НП-ЕЕ-283011, Министарство науке и заштите животне средине Р. Србије, МФ Београд, 2006
5. Пројекат енергетске ефикасности: *Оптимизација рада система даљинског грејања применом нумеричких модела за симулацију транспорта топлоте у сложеним топловодним мрежама у стационарним и прелазним режимима*, Министарство науке и заштите животне средине Р. Србије, МФ Београд, 2006
6. Пројекат енергетске ефикасности објеката: *Увођење и праћење ефеката мерача топлоте у карактеристичним објектима у Блоку 45 у Новом Београду повезаним на систем ЈКП "БЕ"*, НП-ЕЕ-403-60А, Министарство за науку и технологију Р. Србије, МФ Београд, 2004

1.2.8 Учесће у изради законских података:

1. Члан Радне групе за израду подзаконских аката којима се уређује област енергетске ефикасности у зградарству и сертификације зграда, дефинисаних Законом о планирању и изградњи, Регулатива енергетске ефикасности у зградама - Пројекат "Енергетска Ефикасност у домаћинствима и зградама"
Припрема правилника везаних за енергетску ефикасност у зградама, и то:
 - Правилник о енергетској ефикасности зграда,
 - Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда,
 објављених у "Службеном Гласнику Републике Србије 61/2011.
2. Члан Пројектне радне групе за израду подзаконских аката којима ће се ближе уредити успостављање система енергетског менаџмента дефинисаног Законом о ефикасном коришћењу енергије, као стручњак у одговарајућој области, именован Решењем број 119-01-273/2013-04, Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине Републике Србије.

1.3 Активности на докторским студијама

Магистарске студије је уписао школске 2000/01. године на Машинском факултету у Београду, на Одсеку за термотехнику, где је положио седам од једанаест предмета. Школске 2009/10. године, у складу са Законом о високом образовању, ускладио се са планом и програмом докторских студија по новом наставном плану и програму и до данас је положио све испите предвиђене планом и програмом докторских студија, и то:

Позиција	Назив предмета	Предметни наставник	Оцена испита
1.1	Виши курс математике (5 ЕСПБ)	Проф. др Стојан Раденовић	10 (десет)
1.2	Нумеричке методе (5 ЕСПБ)	Проф. др Стојан Раденовић	10 (десет)
1.3	ОМНИР и комуникација (5 ЕСПБ)	Проф. др Милош Недељковић	10 (десет)
1.4	Струјнотехничка мерења (5 ЕСПБ)	Проф. др Мирослав Бенишек	10 (десет)
1.5	Лабораторија, истраживање и публикување 1 (10 ЕСПБ)	Др Милош Бањац, ван. проф.	10 (десет)
2.1	Одабрана поглавља из механике (5 ЕСПБ)	Проф. др Јосип Вуковић	10 (десет)
2.2	Виши курс из процесних феномена (5 ЕСПБ)	Проф. др Србислав Генић	10 (десет)
2.3	Аналогије физичких појава (5 ЕСПБ)	Проф. др Светислав Чантрак	10 (десет)
2.4	Лабораторија, истраживање и публикување 2 (15 ЕСПБ)	Др Милош Бањац, ван. проф.	10 (десет)
3.1	Вишефазна струјања (5 ЕСПБ)	Проф. др Милан Лечић	10 (десет)
3.2	Виши курс из топлотних и дифузионих операција и апарата (5 ЕСПБ)	Проф. др Србислав Генић	10 (десет)
3.3	Лабораторија, истраживање и публикување 3 (20 ЕСПБ)	Др Милош Бањац, ван. проф.	10 (десет)
4.1	Лабораторија, истраживање и публикување 4 (10 ЕСПБ)	Др Милош Бањац, ван. проф.	10 (десет)
4.2	Лабораторија, истраживање и публикување 5 (20 ЕСПБ)	Др Милош Бањац, ван. проф.	10 (десет)
5.2	Лабораторија, истраживање и публикување 6 (20 ЕСПБ)	Др Милош Бањац, ван. проф.	10 (десет)

Кандидат је положио 4 обавезна, 5 изборних предмета и 6 предмета везана за лабораторијска истраживања која су реализована на Машинском факултету у Београду.

Осим наведених испита, кандидат је положио и следеће испите који су били предвиђени планом и програмом магистарских студија, а према новом плану и програму докторских студија нису били обавезни: Парцијалне диференцијалне једначине (проф. др Душан Георгијевић), Вероватноћа и статистика (проф. др Велимир Симоновић), Термоеластичност (проф. др Весна Милошевић – Митић), Двофазна струјања (проф. др Светислав Чантрак) и Турболентна струјања (проф. др Светислав Чантрак).

У току досадашњег рада на Машинском факултету у Београду, држао је наставу из предмета: Грејање и проветравање, Климатизација, Термодинамика, Парни котлови,

Основи парних котлова, Енергетски парни котлови, Основе технике грејања, Системи централног грејања, Основе парних котлова, Елементи и опрема парних котлова, Термодинамика Б и Примењена термодинамика. Заједно са др Мајом Тодоровић, ван. проф. по први пут у наставу су увели и предмет Енергетска сертификација зграда, а у складу са новим законским и подзаконским актима, који се држи од школске 2012/13 године. У току рада на Машинском факултету у Београду, био је члан у више од 100 (сто) Комисија за одбрану дипломских радова. Према анонимним анкетама које се спроводе на Машинском факултету 2005-2010. Године, студенти су се о односу према њима и спремности за извођење наставе изразили са похвалама и давали су му високе оцене за све активности у оквиру одвијања наставног процеса. Тренутно држи наставу из предмета Основе технике грејања, Системи централног грејања и Енергетска сертификација зграда.

С обзиром на наведено, закључено је да кандидат поседује потребно искуство у извођењу наставе.

Сагласно Водичу кроз докторске студије кандидат је преко положених испита, ангажовања у наставном процесу, истраживања и лабораторије остварио потребан број бодова, чиме је испунила услов за пријаву докторске дисертације.

1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Стручним и истраживачким активностима у периоду од 2000. до 2014. године кандидат је испољио висок степен заинтересованости, одговорности и стручности за инжењерски и научни рад и спремност за уочавање и решавање нових истраживачких задатака. Експлицитно то потврђују постигнути резултати:

- публиковани радови (часописи, конференције, монографије) и четрнаестогодишње ангажовање у наставном процесу указују на изразит смисао кандидата да се бави научно-истраживачким радом и високо школским образовањем,
- радови и студије урађени током докторских студија, као и учешће на изради подзаконских аката и пројектима Министарстава Републике Србије, учешће на реализацији пројеката за потребе привреде, са обављеним истраживачким активностима указују на изразит смисао кандидата да се бави сложеним експерименталним истраживањима, и да савлађује и прати савремене научне трендове, као и да стечено знање примени и несебично пренесе студентима и колегама,
- досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата третирају проблематику из области термотехнике, термоенергетике, термомеханике и енергетске ефикасности у сектору зградарства, са посебним освртом на примену обновљивих извора енергије – геотермалне енергије, соларне енергије и дрвне биомасе.

На основу биографских података, положених испита на докторским студијама, научних и стручних активности, објављених радова и експерименталних истраживања, Комисија сматра да постигнути резултати квалификују кандидата за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми при чему се очекује да резултати истраживања буду практично имплементирани.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

2.1 Проблем и предмет истраживања

Са првом нафтном кризом, почетком 70-тих година прошлог века, када су започети бројни програми за развој и коришћење обновљивих извора енергије, долази и до првог значајнијег развоја система грејања с геотермалним топлотним пумпама. Ови системи централног грејања, због своје изузетне енергетске ефикасности, али и једноставности и трајности, те њиховог рада у складу са концептом обновљивости, одрживости и децентрализованости енергетског извора, бележе 10% повећање коришћења на светском нивоу. Управо ова велика популарност и експанзија коришћења проузроковала је и повећано интересовање за проналажење метода за оптимизацију њиховог рада, односно њихово оптимално димензионисање.

Будући да се систем геотермалне топлотне пумпе (СГТП) састоји од система за дистрибуцију топлоте у објекту, самог уређаја топлотне пумпе, те хоризонтално или вертикално у земљу укопаног размењивача топлоте, за оптимизацију његовог рада, неопходно је познавање топлотних оптерећења објекта, радних својстава унутрашњих инсталација, радних својстава топлотне пумпе и топлотних карактеристика размењивача, односно својстава земљишта.

Како понашање унутрашњих инсталација – подних или зидних панела, односно нискотемпературног радијаторског грејања, представљају већ и теоријски и практично разјашњену проблематику, а подаци о радним својствима топлотне пумпе при различитим радним режимима доступне произвођачке податке, поред проблема непоузданости својстава земљишта, који се по правилу превазилази спровођењем експерименталних тестова, за оптимизацију СГТП и даље је једино остао отворен проблем познавања понашања у земљу укопаног размењивача топлоте и његовог одзива, тј. тзв. одзива бушотине, на брзе промене и динамичко понашање преосталог дела система. Наведени проблем се представља моделом нестационарног преноса топлоте у полубесконачном телу (чврсто тело ограничено равном површином само са једне стране) и линијским понором топлоте. При томе, неопходно је да се нагласи да овај део система у условима устаљених топлотних оптерећења објекта, због свог начина рада, заснованог на црпљењу термичке енергије из земље - нестационарном процесу линијског хлађења полубесконачног тела, не може остварити стационарни радни режим. Ако се уз то узме у обзир да топлотна оптерећења објекта имају веома динамичне промене, као и да радне карактеристике топлотне пумпе зависе од фактора као што су улазна температура флуида и брзина протока, постаје јасно да стандардни прорачуни – дефинисани за устаљене радне услове, не могу да дају задовољавајући одговор на питање оптимизације рада ових система.

Све претходно наведено истоврмено представља и разлоге што тренутно не постоји адекватан, општи и лак за употребу, комерцијалани софтвер за дизајнирање и оптимизацију СГТП система. У овом моменту постоје поједине платформе развијене за симулацију токова енергије у СГТП, као што су TRNSYS, EnergyPlus и HVACSIM. Међутим, у ове софтвере имплементирана решења термичког понашања бушотина по правилу су у форми унапред дефинисаних нумерички израчунатих функција одзива, која као базе података софтверски спрежу са радним карактеристикама осталих делова система. Међутим, за сада су ови програми, не само нејасни и захтевни за употребу, већ су они пре свега прилагођени моделирању дугорочних одзива СГТП, односно не изучавају термичке одзиве бушотина у краћим временским интервалима, а који су неопходни за оптимизацију рада система. Поред претходно наведених општих комерцијалних софтвера, постоје специјализовани софтвери као што су Earth Energy Designer (EED) и Ground loop Heat Exchanger Pro (GLHEPRO) који се такође баве изучавањем термичког понашања земљишта као извора топлоте СГТП. Међутим, ови програми су развијени само да за

задату конфигурацију земљишта и за задате захтеве грејања и хлађења одреде потребну дужину бушотине, те немају могућност праћења термичког одзива бушотина у краћим временским интервалима.

Такође, иако постоје нумерички алгоритми и решења развијена за израчунавање и симулирање различитих аспеката преноса топлоте у бушотини, већина од њих се не може директно имплементирати у одговарајуће софтверске пакете за симулацију токова енергије.

Све претходно наведено практично су били мотиви да се ова дисертација посвети развијању аналитичког модела термичког понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте, који ће бити лак за софтверску имплементацију и са којим ће бити могуће извршити оптимизацију рада система ГСХП.

У оквиру ове дисертације, након спроведене анализе и прегледа публикованих научних радова из области постојећих аналитичких и нумеричких решења за одређивање топлотног одзива бушотине, биће предложено аналитичко решење понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте. Поред тога, а у сврху верификације предложеног аналитичког решења, предвиђена је и израда нумеричког модела понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте, као и спровођење експерименталних истраживања - тест топлотног одзива на инсталацији СГТП са 65 m дугачком, у земљу укопаном вертикалном размењивачу топлоте који се налази у дворишту Машинског факултета у Београду.

Релевантни библиографски извори и резултати на које се надовезују истраживања из ове тезе су:

1. Bandos, T., Montero, A., Fernandez, E., Santander, J., Isidro, J., Perez, J., Cordoba, P., Urchueguia, J., 2009., *Finite line-source model for borehole heat exchangers; effect of vertical temperature variations*, Geothermics, vol. 38, no. 2, pp. 263-270.
2. Sharqawy, M. H., Mokheimer, E., M., Bard, H. M., 2009., *Effective pipe-to-borehole thermal resistance for vertical ground heat exchangers*, Geothermics, vol. 38, no. 2, pp. 271-277.
3. Bandyopadhyay, G., Gosnold, W., Mann, M., 2008., *Analytical and semi-analytical solutions for short-time transient response of ground heat exchangers*, Energy and Buildings, vol. 40, no.10, pp. 1816-1824.
4. Katsura, T., Nagano, K., Takeda, S., 2008., *Method of calculation of the ground temperature for multiple ground heat exchangers*, Applied Thermal Engineering, vol.28, no. 14-15, pp. 1995-2004.
5. Lamarche, L., Beauchamp, B., 2007., *A new contribution on the finite line-source model for geothermal boreholes*, Energy and Buildings, vol. 39, no. 2, pp. 188-198.
6. Lamarche, L., Beauchamp, B., 2007., *New solutions for the short-time analysis of geothermal vertical boreholes*, International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 50, no. 7-8, pp. 1408-1419.
7. Diao, N. R., Zeng, H. Y., Fang, Z. H., 2004., *Improvement in modeling of heat transfer in vertical ground heat exchangers*, HVAC&R Research, vol.10, no.4, pp. 459-470.
8. Gehlin, S., Nordell, B., 2003., *Determining undisturbed ground temperature for thermal response test*, ASHRAE Transactions, vol. 109 (1), pp. 151-156.
9. Zeng, H. Y., Diao, N. R., Fang, Z. H., 2003., *Heat transfer analysis of boreholes in vertical ground heat exchangers*, International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 46, no. 23, pp. 4467-4481.

10. Gehlin, S., 2002., *Thermal response test – Method development and evaluation*, PhD Thesis, (Lulea University of Technology) Sweden.
11. Bernier, M., 2001., *Ground-coupled heat pump system simulation*. ASHRAE Transactions, vol. 106, no. 1, pp. 605-616.
12. Austin, W., Yavuzturk, C., Spitler, J., 2000., *Development of an in-situ system for measurment ground thermal properties*, ASHRAE Transactions, vol. 106(1), pp. 365-379.
13. Yavuzturk, C., Spitler, J. D., 1999., *Short time step response factor model for vertical ground loop heat exchangers*, ASHRAE Transactions, vol. 105 (2), pp. 475-485.

2.2 Научни циљ истраживања

Сумирајући претходно спроведена истраживања може се констатовати да су она пре свега била посвећена тражењу дуготрајних (вишемесечних и вишегодишњих) топлотних одзива бушотине, односно понашања у земљу укопаног размењивача топлоте, као и да та добијена решења дају неадекватну тачност оцењивања краткотрајних (минутних и сатних) одзива бушотине.

Управо због овога, постављени научни циљеви, а с обзиром на евидентну усмереност на примењени аспект научно-истраживачког рада, су:

- Идентификација кључних фактора оптимизације СГТП
- Формирање математичког модела понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте геотермалне топлотне пумпе који ће бити у могућности да предвиђа краткотрајне (минутне и сатне) одзиве
- Формирање одговарајућег нумеричког модела понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте
- Добијање експерименталних резултата топлотног одзива вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте
- Верификација тачности предвиђања математичког модела поређењем са резултатима нумеричког модела и сопствених, али и доступних експерименталних података других аутора.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Постојећи математички модели дуготрајних понашања у земљу укопаног размењивача топлоте, односно бушотина, у могућности су да процене пре свега понашања ових елемената само за дуге веројемне периоде, од неколико месеци до неколико година. У покушајима добијања краткотрајних (минутних и сатних) одзива бушотине они дају погрешне одзиве. Ово се пре свега дешава зато што су та решења изведена за случајеве који превише поједностављују геометрију бушотине и топлотну интеракцију између елемената бушотине или се заснивају на претпостављеним топлотним карактеристикама појединих елемената бушотине.

Због тога ће при изради новог модела, бити узети у обзир сви значајни процеси преноса топлоте. Такође при тражењу решења неће се поједностављивати геометрија бушотине, те ће се покушати пронаћи егзактно решење проблема радијалног преноса топлоте у вертикалним бушотинама. При развоју новог аналитичког решења, са високом тачношћу биће обухваћене топлотне отпорности, топлотни капацитети и топлотне карактеристике свих елемената бушотине и тиме ће се превазићи ограничења постојећих математичких модела и решења караткорочних одзива бушотина, односно понашања у земљу укопаног размењивача топлоте.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Научне методе које ће се применити, односе се на методе неопходне за добијање аналитичког решења промене средње температуре радног флуида у земљу укопаном размењивачу топлоте као и нестационарног провођења топлоте кроз бесконачно и полубесконачно тело, те нумеричкој и експерименталној верификацији добијених резултата, а обухватиће:

- операторске методе решавања парцијалних диференцијалних једначина, заснованих на Carlson Heaviside-овом развоју, као што су Лапласова операторска метода којом се до аналитичког решења долази пресликавањем основне једначине из реалног временског домена у одговарајућу функцију у комплексном спектралном домену, те њеним решавањем и поновним враћањем у реални временски домен.
- Биндер–Шмитове имплицитна и експлицитна метода коначних разлика, као и метода коначних запремина, као основних метода за нумеричко решавање нестационарних проблема провођења топлоте,
- експерименталне методе мерења и праћења промене температуре и протока радног флуида у земљу укопаном размењивачу топлоте;
- методе статистичке анализе и обраде за поређење аналитичких, нумеричких и експерименталних података.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Научни допринос који се очекује израдом ове дисертације је следећи:

- Систематизација, преглед литературе у области предвиђања понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте геотермалне топлотне пумпе;
- Формирање математичког модела којим ће моћи да се врше поуздана предвиђања динамичког понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте геотермалне топлотне пумпе;
- Добијање репрезентативних експерименталних резултата којима ће бити извршена верификација и математичког и нумеричког модела;
- Формирање базе репрезентативних података који ће моћи да послуже за даљи развој и проверу тачности других нумеричко-аналитичких модела, као и за даљи развој математичких модела повезивања зависности процеса црпљења и рада геотермалне топлотне пумпе.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

У оквиру дисертације која се односи на истраживање понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте геотермалне топлотне пумпе, потребно је извршити обимна експериментална и теоријска истраживања која треба да доведу до остваривања очекиваних научних доприноса. План истраживања састоји се од следећих фаза:

- Критичка анализа релевантних литературних извора и претходних истраживања која се односе на тему докторске дисертације;
- Идентификација кључних фактора оптимизације СГТП;

- Формирање математичког модела понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте геотермалне топлотне пумпе који ће бити у могућности да предвиђа краткотрајне (минутне и сатне) одзиве;
- Формирање одговарајућег нумеричког модела понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте;
- Експериментална истраживања - тест топлотног одзива на инсталацији СГТП са 65 m дугачком, у земљу укопаном вертикалном размењивачу топлоте који се налази у дворишту Машинског факултета у Београду;
- Верификација тачности предвиђања математичког модела поређењем са резултатима нумеричког модела и сопствених, али и доступних експерименталних података других аутора;
- Извођење закључака и поређење добијених резултата мерењем и симулацијама са доступним подацима из литературе.

Структура докторске дисертације је следећа:

- Увод – поставка проблема;
- Преглед литературе и других релевантних извора и истраживања која се односе на тему докторске дисертације, циљ рада;
- Теоретска разматрања – аналитички модел и симулација;
- Развој новог математичког модела понашања вертикалног у земљу укопаног размењивача топлоте геотермалне топлотне пумпе;
- Тест топлотног одзива – експериментална метода, експериментална инсталација и опрема, спроведена мерења;
- Анализа резултата спроведених мерења и упоређивање са резултатима добијеним на основу развијеног нумеричког модела;
- Дискусија и закључак;
- Референце и литература;
- Прилози.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом релевантних података из пријаве кандидата Радослава Д. Галића, студента докторских студија, Комисија закључује да је предложена тема изузетно актуелна, подобна и веома изазовна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законом предвиђене услове и истраживачке квалификације за рад на докторској дисертацији.

Имајући у виду наведено Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Радослав Д. Галић

одобри израду докторске дисертације под називом

**„Математички модел понашања вертикалног у земљу укопаног
размењивача топлоте геотермалне топлотне пумпе“**

у научној области Термомеханика за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора за рад на овој дисертацији предлаже се др Милош Бањац, ванредни професор на Катедри за Термомеханику Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд, 15.06.2014. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др Милош Бањац, ванредни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

Др Маја Тодоровић, ванредни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

Др Марко Иветић, редовни професор
Грађевински факултет Универзитета у Београду

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **Радослава Галића, дипл. инж. маш**, студента докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, бр. индекса 08-135/00.

Име и презиме ментора: Милош Бањац

Звање: Ванредни професор на Машинском факултету у Београду

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Laković, M., Laković, S., Banjac, M.: Analysis of the evaporative towers cooling system of a coal-fired power plant, Thermal Science, ISSN 0354-9836, Year 2012, Vol. 16, Suppl. 2, pp. S375-S385, 2012 (IF2012= 0.838)
2. Stakić, M., Banjac, M., Urošević, T.: Numerical Study on Hygroscopic Material Drying in Packed Bed, Brazilian Journal of Chemical Engineering, ISSN 0104-6632, Vol. 28, No. 02, pp. 273 - 284, April - June, 2011. (IF2010=0.811)
3. Banjac, M., Todorović, M., Ristanović, M, Galić, R.: Experimental determination of thermal conductivity of soil with a thermal response test, Thermal Science, ISSN 0354-9836, Vol. 13, Issue 1, pp 69-78, 2011. (IF2011= 0.779)
4. Banjac, M., Nikolić, B.: Computational Study of Smoke Flow Control in garage Fires and optimisation of the ventilation system, Thermal Science, ISSN 0354-9836, Vol. 13, Issue 1, pp. 69-78, 2009. (IF2009=0,407)
5. Vencel, A., Mrdak, M., Banjac, M.: Correlation of Microstructures and Tribological Properties of Ferrous Coatings Deposited by Atmospheric Plasma Spraying on Al-Si Cast Alloy Substrate, Metallurgical and Materials Transactions A, Springer Boston, ISSN 1073-5623, Vol 40, pp. 389-405, 2009. (IF2009=1.564)
6. Banjac, M., Stamenić, M., Lečić, M. Stakić, M.: Size distribution of agglomerates of milk powder in wet granulation process in a vibro-fluidized bed, Brazilian Journal of Chemical Engineering, ISSN 0104-6632, Vol. 26. No. 3, pp. 515-525, 2009. (IF2009=0,571)
7. Lečić, M.R., Čantrak, Đ.S., Čoćić, A.S., Banjac M.J.: Piezoresistant Velocity Probe, Experimental Techniques, ISSN: 1747-1567, Vol. 33, May/June 2009, Issue 3, pp. 73-79, DOI: 10.1111/j.1747-1567.2009.00365.x, Society for Experimental Mechanics, Interscience, Wiley, (IF2009=0,9)

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 20.06.2014.

М.П.
