

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Ненада Степанића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 912/1 од 16.04.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мр Ненада Степанића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме *Унапређење поступка заштићене топле плоче за одређивање топлотне проводности термоизолационих материјала*.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Ненад Степанић је рођен у Лозници 1975. године. Гимназију је похађао у Лозници и матурирао 1994. године. Дипломирао је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 2005. године, на Смеру за медицинску и нуклеарну технику Одсека за физичку електронику, са темом *Синтеза слика добијених дигитализованим микроскопом са моторизованом платформом* под руководством проф. др Бранимира Рељина. Након тога уписује магистарске последипломске студије истог факултета на Одсеку за оптоелектронику и ласерску технику. Магистарску тезу са темом *Одређивање топлотне проводности слабопроводних чврстих материјала методом заштићене топле плоче* одбранио је 2010. године под руководством проф. др Миодрага Златановића.

Паралелно са последипломским студијама Ненад Степанић је запослен у Лабораторији за термотехнику и енергетику у Институту за нуклеарне науке „Винча“ од 2006. године, као сарадник Групе за температуру и термофизичке особине у оквиру које ради акредитована Лабораторија за еталонирање за температуру, влажност и топлотне флуксметре, као и Лабораторија за испитивање топлотне проводности чврстих, слабопроводних материјала. Кандидат је у оквиру Групе ангажован као заменик руководиоца и овлашћени испитивач, а поред тога је редовно ангажован и на пројектима Министарства за просвету, науку и технолошки развој.

Досадашњи научноистраживачки рад кандидата је усмерен на експерименталне методе термофизичке карактеризације материјала и сродне области – пренос топлоте кондукцијом, сензорски ефекти, примарна и индустријска метрологија, термометрија, мерење влажности ваздуха, аквизиција и обрада сигнала, рад са инструментима посредством рачунара и аутоматизација експерименталних процеса.

У сарадњи са другим ауторима објавио је један рад у међународном часопису, три рада у водећим часописима националног значаја, два рада је презентовао на међународним конференцијама и четири рада на конференцијама од националног значаја. Радови на конференцијама ЕТРАН из 2005. и 2009. године награђени су као најбољи радови у областима електричних кола и система и простирања сигнала, односно нових материјала. У сарадњи са другим истраживачима аутор је седам техничких

решења, од тога једно из категорије ново лабораторијско постројење и шест из категорије нов софтвер.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Током рада у Институту „Винча“ кандидат је стекао завидно знање и искуство из области експерименталне физике и метрологије. Радам на магистарској тези је савладао сложену примену експерименталне технике за одређивање топлотне проводности слабопроводних материјала (пластика, керамика, стакала и других сличних материјала у чврстој фази). Поред тога је радио и на усавршавању ове технике, извео ревизију постојеће апаратуре, израдио програмску подршку за коришћење нових инструмената и извршио експерименталну валидацију модификоване апаратуре.

Поред стеченог експерименталног знања и искуства, кандидат је савладао основне и напредне вештине у области аквизиције и обраде сигнала, успешно их користећи за унапређење постојећих и развој нових мерних и експерименталних система. Већ његовим дипломским радом, који је имао за тему формирање мапе дела површине микроскопског узорка вишеструко већег од видног поља коришћеног оптичког микроскопа на основу појединачних снимака узетих дигиталном камером на позицијама које се задају покретном платформом која се контролише посредством рачунара, кандидат је стекао потребно практично знање из области комуникације рачунара са екстерним уређајима, обраде података са циљем добијања сложене дигиталне слике, као и развоја корисничких апликација у програмском окружењу DELPHI. Кандидат је затим током свог ангажовања у Институту за нуклеарне науке „Винча“ овладао радом у програмском развојном окружењу LabView и развио више оригиналних програмских пакета намењених управљању инструментима којима располаже Лабораторија за термотехнику и енергетику и њиховим разним применама, као што су усавршавање мерних перформанси постојећих инсталација, развој мобилних мерних система за извођење сложених задатака у теренским условима, развој методологија за систематично прикупљање и обраду мерених вредности са циљевима остварења пуне следивости мерења и успостављања јединственог система контроле квалитета на нивоу Групе за температуру и термодинамичке особине, итд.

Резултате стеченог научноистраживачког искуства кандидат је објавио и презентовао у следећим радовима и техничким решењима:

Радови у међународним часописима са импакт фактором

- 1.1 Milošević N.D., **Stepanić N.M.**, Babić M.M., *A relative humidity calibration from 5 to 45 °C in a mixed-flow humidity generator*, Thermal Science, Vol. 1, pp. 193-205, 2012. ISSN/ISBN 0354-9836 (M23)

Радови у домаћим часописима

- 2.1 **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Мерење топлотне проводности слабопроводних материјала методом заштићене топле плоче*, Термотехника, Година XXXIV, Број 1-4, Београд, 2008, стр. 55-68. UDC: 536.21:621.362.1, BIBLID: 0350-218X (M51)
- 2.2 **Stepanić N.M.**, Milošević N.D., *Correction on the Influence of Thermal Contact Resistance in Thermal Conductivity Measurements Using the Guarded Hot Plate Method*, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 6, No. 3, 2009, pp. 481-490, ISSN 1451-4869 (M51)
- 2.3 Бабић М.М., **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Развој и примена програма за контролу и аквизицију сигнала код еталонирања мерила влажности и температуре*, Термотехника, Година XXXVIII, Број 1, Београд, 2012, стр. 1-10. ISSN: 0350-218X (M51)

Радови на међународним конференцијама штампани у изводу

- 3.1 Milošević N.D., **Stepanić N.M.**, *A traceable relative humidity calibration in the Institute "Vinča"*, Proceedings on Symposium of Thermal Science, Niš, 2011, pp. 890-899. ISSN/ISBN 978-86-6055-018-9, UDC: 504.05/.06(082) (M33)

- 3.2 Lazović I., Stevanović Ž., Turanjanin V., Grubor B., Stefanović S., Mirkov N., **Stepanić N.M.**, *Measurement of the Energy Envelope Features of the Primary School "Ljubica Radosavljević – Nada" in Zaječar*, International Conference Power Plants, Zlatibor, 2012, CD (M33)

Радови саопштени на скуповима националног значаја штампани у целини

- 4.1 **Степанић Н.М.**, Ђуђуз В., Дујковић Д., *Фузија слика високе резолуције добијених дигитализованим микроскопом са моторизованом платформом* (награђен рад), Зборник 49. конференције за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику ЕТРАН, том 1, стр. 119-122, 2005. ISBN: 86-80509-53-1 (M63)
- 4.2 Ђуђуз В., **Степанић Н.М.**, Ђурђевић Ђ., Дујковић Д., *Дигитализација оптичког микроскопа: корак ка телемикроскопији*, Зборник 49. конференције за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику ЕТРАН, том 1, стр. 159-162, 2005. ISBN: 86-80509-53-1 (M63)
- 4.3 **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Корекција утицаја топлотних контактних отпора код одређивања топлотне проводности слабопроводних хомогених чврстих материјала методом заштићене топле плоче* (награђен рад), Зборник 53. IEEE Конференције за ЕТРАН, НМ1.3-1-4, Врњачка Бања, 15-18. јуна 2009. ISBN: 978-86-80509-64-8 (M63)
- 4.4 **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Процена мерне несигурности при одређивању топлотне проводности методом аксијалног топлотног тока са заштитном облогом*, Зборник Конгреса метролога 2011, 17-19 октобар 2011, стр. 147-158. ISBN 978-86-7518-139-2 (M63)

Техничка решења

- 5.1 Милошевић Н.Д., **Степанић Н.М.**, *Лабораторија за еталонирање мерила релативне влажности у ИИН ВИНЧА*, НИВ-ИТЕ 387/МЈ, Београд-Винча, јул 2008 (ново лабораторијско постројење – M83)
- 5.2 **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Рачунарски програм за аквизицију сигнала методе заштићене топле плоче за одређивање топлотне проводности чврстих слабо-проводних материјала у ИИН ВИНЧА*, НИВ-ИТЕ 328/МЈ, Београд-Винча, октобар 2006 (нов софтвер – M85)
- 5.3 **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Рачунарски програм за аквизицију сигнала температуре код еталонирања термостатских комора у више просторних тачака*, НИВ-ИТЕ 358/МЈ, Београд-Винча, септембар 2007 (нов софтвер – M85)
- 5.4 **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Виртуелни инструмент за аквизицију сигнала електричног отпора, напона и струје прецизним дигиталним мултиметром HP 3458A уз детекцију коришћеног улаза*, НИВ-ИТЕ 419/МЈ, Београд-Винча, новембар 2009 (нов софтвер – M85)
- 5.5 **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Виртуелни инструмент за брзу аквизицију сигнала електричног напона и контролу рада ласерске импулсне методе дигиталним мултиметром HP 3458A*, НИВ-ИТЕ 420/МЈ, Београд-Винча, децембар 2009 (нов софтвер – M85)
- 5.6 **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Виртуелни инструмент за аквизицију сигнала температуре, електричног отпора и напона дигиталним мултиметром KEITHLEY 2700 уз детекцију коришћеног улаза*, НИВ-ИТЕ-476/МЈ, Београд-Винча, април 2011 (нов софтвер – M85)
- 5.7 Бабић М.М., **Степанић Н.М.**, Милошевић Н.Д., *Виртуелни инструмент за подешавање, контролу, приказ и аквизицију података код еталонирања мерила релативне влажности и температуре тачке росе коришћењем више-функционалних и више-каналних уређаја врхунских перформанси*, НИВ-ИТЕ-477/МЈ, Београд-Винча, мај 2011 (нов софтвер – M85)

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат је у свом досадашњем раду показао велико интересовање за област термофизичке карактеризације чврстих материјала и метрологије и добро познаје различите експерименталне методе у тој области. За рад на предложеној теми је поред разумевања механизма преноса топлоте потребно развити одговарајућу апаратуру за једнодимензиони стационарни пренос топлоте кроз узорке, имати теоријско и практично знање за примену различитих сензора температуре и

осталих величина и познавати технике обраде резултата мерења и одређивања одговарајуће мерне несигурности што кандидат у потпуности испуњава будући да је већ у досадашњем раду показао вештину конструисања и модификовања експерименталних инсталација и способност решавања практичних проблема. Поред тога је овладао и вештином писања научних радова и студиозним прегледом и анализом литературе, што је све неопходно за писање квалитетне докторске дисертације.

На основу досад показаног, мишљење је ментора да ће кандидат све предложене задатке извршити на квалитетан начин и у предвиђеном времену.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања је експериментално одређивање специфичне топлотне проводности термоизолационих материјала, особине која се код ових материјала сматра најзначајнијом. Иако данас постоји више техника којима се на посредан или директан начин добија вредност ове величине, референтна метода за експериментално одређивање топлотне проводности термоизолационих материјала је метода заштићене топле плоче, базирана на аксијалном топлотном току кроз испитиване узорке.

Метода заштићене топле плоче је стандардна метода за одређивање топлотне проводности чврстих слабопроводних материјала са топлотном проводношћу мањом од $10 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, као што су керамике, пластике, органска једињења, смесе са високом хомогеношћу, зрнасти, влакнасти, наноструктурни и други материјали. У зависности од примењене апаратуре овом методом се одређује топлотна проводност у опсегу температура од 80 до 800 K са мерном несигурношћу од 2 до 5%. Принцип методе заштићене топле плоче је заснован на постизању једнодимензионалног стационарног градијента температуре кроз узорак када се топлотна проводност узорка може сматрати константном, тј. када разлика између „топле“ и „хладне“ површине узорка није велика. Физичке величине на основу којих се одређује топлотна проводност (снага коју ослобађа електрични грејач, димензије узорка и његова температура) се директно мере, због чега ова метода спада у групу апсолутних.

Циљ истраживања у оквиру рада на предложеној докторској дисертацији је развој, инсталација и валидација апаратуре за одређивање топлотне проводности термоизолационих материјала у Институту ВИНЧА методом заштићене топле плоче. За реализацију овог циља потребно је искористити постојеће и развити нове елементе експерименталне апаратуре, затим нов поступак аквизиције и обраде експерименталних података, као и процедуре *in situ* калибрације мерила температуре ради обезбеђења следивости мерења температуре до њихових референтних вредности. Валидација апаратуре и примењене методе обраде података ће се извршити коришћењем одговарајућег стандардног референтног материјала са важећим сертификатом о испитивању чији су резултати следиви до изведене јединице за топлотну проводност.

Основна литература коју кандидат треба да проучи у вези предвиђених истраживања је следећа:

1. K.D. Maglič, A. Cezairlian, V.E. Peletsky. (eds.), Compendium of Thermophysical Property Measurement Methods, Vol. 1 – Survey of Measurement Techniques, 1984.
2. K.D. Maglič, A. Cezairlian, V.E. Peletsky (eds.), Compendium of Thermophysical Property Measurement Methods, Vol. 2 – Recommended Measurement and Practices, 1992.
3. M.N. Özisik, Boundary Value Problems of Heat Conduction, International Textbook Company, 1968.
4. International Organization for Standardisation (ISO), Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), First Edition, 1993.
5. U. Hammerschmidt, Guarded hot plate: Uncertainty assessment, Int. J. Thermophys., Vol. 23, No. 6, 1551-1570, 2002.
6. R. Wulf, G. Barth, U. Gross, Intercomparison of insulation thermal conductivities measured by various methods, Int. J. Thermophys., Vol. 28, 1679–1692, 2007.

7. D.R. Salmon, R.P. Tye, An inter-comparison of a steady-state and transient methods for measuring the thermal conductivity of thin specimens of masonry materials, *Journal of Building Physics*, Vol. 34, No. 3, 247-261, 2011.
8. B. Hay, R. Zarr, C. Stacey, L. Lira-Cortes, U. Hammerschmidt, N. Sokolov, J. Zhang, J.-R. Filtz, N. Fleurence, Analysis of thermal-conductivity measurement data from international comparison of national laboratories, *Int. J. Thermophys.*, DOI 10.1007/s10765-012-1225-x, 2012.
9. D. Salmon, Thermal conductivity of insulations using guarded hot plates, including recent developments and sources of reference materials, *Meas. Sci. Technol.*, Vol. 12, R89–R98, 2001.

3. Полазне хипотезе

Крајем XX века раст глобалне потрошње енергената је наметнуо потребу за унапређењем енергетске ефикасности, што је, између осталог, довело до повећане истраживачке активности на пољу развоја нових термоизолационих материјала и испитивања њихових топлотних особина. Резултат тога је повећан значај стандардизације различитих експерименталних метода за карактеризацију ових материјала, као и рад на успостављању одговарајућих стандардних референтних материјала за топлотну проводност.

Развој нових и унапређење постојећих експерименталних техника подразумевају извођење процедура валидације које ради остварења потпуне метролошке следивости укључују и детаљну процену мерне несигурности испитивања. Поред валидације се врше и тзв. међулабораторијска поређења које потврђују мерне могућности одређене методе и апаратуре.

4. Научне методе истраживања

Теоријски део истраживања у оквиру рада на предложеној докторској дисертацији ће садржати преглед расположиве литературе и метода којима се одређује топлотна проводност различитих врста материјала. При томе ће посебно бити описана метода заштићене топле плоче, типови и основне карактеристике одговарајућих апаратура. Представиће се основни физички модел и описати физичке појаве које доводе до случајних и систематских одступања мерених вредности, начине за њихову процену и/или отклањање и допринос несигурности резултата мерења и обраде. Очекује се да ће највећи утицај на коначне вредности имати мерење температуре, мерење топлотног флукса које се своди на мерење електричне потрошње централног грејача, губици топлоте, нехомогеност специфичног топлотног флукса по запремини узорака, појава топлотних контактних отпора, промене карактеристика самих узорака, као и проблем кондензације водене паре на ниским температурама. Процена утицаја различитих физичких појава ће се извести како на основу извора из литературе, тако и резличитим теоријским и експерименталним разматрањем и мерењима.

Експериментални део истраживања ће се базирати на развоју и примени апаратуре за методу заштићене топле плоче, инсталиране у ИНН “Винча“. Апаратура ће најпре бити детаљно представљена, при чему ће опис конструкције бити употпуњен полазном проценом опсега топлотне проводности и радних температура за које је пројектована. Посебно ће бити описан мерни систем заједно са одговарајућим програмским решењем за аквизицију, приказ и чување вредности, као и посебно развијеним додацима намењеним за калибрацију сензора темепературе.

Експериментални део истраживања подразумева и извођење валидације описане методе и апаратуре. Валидација претставља поређење резултата добијених одређивањем топлотне проводности узорака од стандардних референтних материјала са вредностима приложеним у њиховим званичним и валидним сертификатима. На основу обрађених резултата биће изведена

анализа и указаће се на могућа побољшања у смислу бољег слагања са референтним вредностима или смањења укупне мерне несигурности испитивања. Уведене измене и одговарајући резултати ће такође бити описани и проверени новом валидацијом.

5. Очекивани научни допринос

Основни очекивани допринос рада у оквиру предложене докторске дисертације је проширење могућности испитивања лабораторије за термофизичке особине чврстих материјала на транспортне топлотне особине термоизлационих материјала. У том смислу се очекују следећи резултати:

1. Систематизација метода за термофизичку карактеризацију термоизлационих материјала на топлотну проводност;
2. Развој, примена и валидација нове апаратуре за експериментално одређивање топлотне проводности термоизлационих материјала;
3. Стандардизација обраде резултата мерења ради остварења следивости и њихово приказивање у форми одговарајућих међународних стандарда.

6. План истраживања и структура рада

Рад на предложеној докторској дисертацији обухвата следеће фазе:

1. Договор са кандидатом о проблематици и његова сагласност да прихвата предложену тему;
2. Преглед стручне литературе из области провођења топлоте и одговарајућих експерименталних техника;
3. Набавка одговарајућих стандардних референтних материјала за топлотну проводност;
4. Планирање, пројектовање и конструкција различитих елемената апаратуре за примену методе заштићене топле плоче;
5. Обука кандидата за рад на различитим електричним уређајима за мерење и аквизицију сигнала;
6. Планирање, припрема и извршење експерименталних мерења применом нове апаратуре;
7. Обрада и анализа добијених експерименталних података;
8. Приказ резултата у научним часописима;
9. Писање докторске дисертације.

Структура текста предложене докторске дисертације је следећа:

1. Увод;
2. Библиографија;
3. Опис примењене методе;
4. Опис примењене апаратуре;
5. Опис мерења и обраде података;
6. Резултати мерења и валидације;
7. Закључак;
8. Референце;
9. Прилози.

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, комисија констатује да мр Ненад Степанић испуњава све потребне услове да може приступити изради предложене докторске дисертације под насловом *Унапређење поступка заштићене топле плоче за одређивање топлотне проводности термоизлационих материјала.*

Осим испуњавања формалних услова за израду предложене докторске дисертације, кандидат је у свом досадашњем раду показао изразите квалитете пресудне за научноистраживачки рад, као што су разумевање одговарајућих теоријских модела, етички принципи рада, креативност и способност да самостално и тимски решава проблеме на теоријском и експерименталном нивоу, као и способност да критички анализира добијене резултате.

Предложена тема је научно заснована, припада ужој научној области метрологији температуре и термофизичких величина, и представља допринос испитивању важних топлотних особина материјала. Практични значај теме је повезан са глобалном потребом испитивања материјала који се користе у пројектима унапређења енергетске ефикасности.

Комисија стога предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да одобри мр Ненаду Степанићу израду докторске дисертације под руководством др Дејана Раковића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду, и др Ненада Милошевића, вишег научног сарадника Института за нуклеарне науке „Винча“ Универзитета у Београду.

У Београду, 24.06.2013.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Дејан Раковић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

др Ненад Милошевић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду - Институт за нуклеарне науке Винча

др Иван Поповић, доцент
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

др Миодраг Златановић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

др Предраг Маринковић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет