

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/499
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

23.10.2015.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

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

„Експериментално одређивање топлотне проводности бинарних течних смеша применом нестационарне методе топле жице“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ХЕМИЈА И ХЕМИЈСКА ТЕХНОЛОГИЈА

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Мр АНДРЕЈ (Милан) СТАНИМИРОВИЋ, дипл. инж.

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Београду, Машински факултет

3. Година дипломирања: 1992.

4. Назив магистарске тезе кандидата: /

Решење Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду број 2182 од 19.11.1996. године о нострификацији дипломе о завршеним магистарским студијама на Електротехничком факултету Дрексел Универзитета у Филаделфији, САД, издатој 09.09.1995. године и изједначавању са дипломом магистарских студија која се стиче на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

6. Година одбране магистарске тезе: 1995.

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

на седници одржаној 22.10.2015. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДП

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и чл. 129. Статута ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 22.10.2015. године, донета је

О Д Л У К А
о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **мр АНДРЕЈА СТАНИМИРОВИЋА**, дипл. инж., под називом: **„Експериментално одређивање топлотне проводности бинарних течних смеша применом нестационарне методе топле жице“**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује **др Емила Живковић**, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

За кандидата Андреја Станимировића

Име и презиме ментора: Емила Живковић

Звање: Ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. D. M. Bajić, E. M. Živković, J. D. Jovanović, S. P. Šerbanović, M. Lj. Kijevčanin, Experimental measurements and modelling of volumetric properties, refractive index and viscosity of binary systems of ethyl lactate with methyl ethyl ketone, toluene and *n*-methyl-2-pyrrolidone at 288.15–323.15 K and atmospheric pressure. New UNIFAC–VISCO and ASOG–VISCO interaction parameters, *Fluid Phase Equilibria* 399 (2015) 50-65
2. E. M. Živković, D. M. Bajić, I. R. Radović, S. P. Šerbanović, M. Lj. Kijevčanin, Volumetric and viscometric behavior of the binary systems ethyl lactate + 1,2-propanediol, +1,3-propanediol, +tetrahydrofuran and +tetraethylene glycol dimethyl ether. New UNIFAC–VISCO and ASOG–VISCO parameters determination, *Fluid Phase Equilibria* 373 (2014) 1-19
3. D. M. Bajić, E. M. Živković, S. P. Šerbanović, and M. Lj. Kijevčanin, Volumetric and Viscometric Study of Binary Systems of Ethyl Butyrate with Alcohols, *J. Chem. Eng. Data* 59 (2014) 3677–3690
4. M. Lj. Kijevčanin, E. M. Živković, B.D. Djordjević, I. R. Radović, J. D. Jovanović, S. P. Šerbanović, Experimental determination and modeling of excess molar volumes, viscosities and refractive indices of the binary systems (pyridine + 1-propanol, +1,2-propanediol, +1,3-propanediol, and +glycerol). New UNIFAC-VISCO parameters determination, *Journal of Chemical Thermodynamics* 56 (2013) 49-56
5. E. M. Živković, M. Lj. Kijevčanin, I. R. Radović, S. P. Šerbanović, B. D. Djordjević, Viscosity of the binary systems 2-methyl-2-propanol with *n*-alkanes at $T=(303.15, 308.15, 313.15, 318.15 \text{ and } 323.15)\text{K}$: Prediction and correlation - New UNIFAC-VISCO interaction parameters, *Fluid Phase Equilibria* 299 (2010) 191-197

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

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, 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 односне 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: 20.10.2015.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Ocena naučne zasnovanosti teme i podobnosti kandidata Mr Andreja M. Stanimirovića, dipl. inž. mašinstva i magistra elektrotehnike, za izradu doktorske disertacije

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, održanoj 17.09.2015. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme i podobnosti kandidata Mr Andreja M. Stanimirovića, dipl. inž. mašinstva i magistra elektrotehnike, za izradu doktorske disertacije pod naslovom: **“Eksperimentalno određivanje toplotne provodnosti binarnih tečnih smeša primenom nestacionarne metode tople žice”**. Nakon pregleda i analize dostavljenog materijala, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. Biografski podaci

Andrej M. Stanimirović rođen je 07.05.1965. godine u Beogradu. Osnovnu školu i gimnaziju takođe je završio u Beogradu. Diplomirao je 1992. god. na Mašinskom fakultetu u Beogradu, smer Automatsko upravljanje. Diplomski rad pod nazivom „Stabilizacija višestruko prenosnih sistema automatskog upravljanja datih objekata“ odbranio je sa ocenom 10. Magistrirao je elektrotehniku 1995. god. na Drexel Univerzitetu u Filadelfiji (Pensilvanija), odbranivši magistarski rad pod naslovom “A Study of Nonlinear Adaptive Control of Continuous-Stirred Tank Reactor”.

Andrej M. Stanimirović je koautor više radova objavljenih u međunarodnim naučnim časopisima. Kao koautor monografije “Primarna termometrija” dobitnik je Oktobarske nagrade grada Beograda za tehničko-tehnološke nauke 1996. god.

Do 2002. god bio je zaposlen u Institutu za nuklearne nauke Vinča kao istraživač-saradnik. Od 2002. god. zaposlen je u JP Elektroprivreda Srbije. Trenutno je angažovan u Sektoru za ključne investicione projekte kao Šef službe za upravljanje projektima.

Koristi engleski i nemački jezik.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Mr Andrej M. Stanimirović bio je zaposlen u Institutu za nuklearne nauke "Vinča" u periodu 1992. – 2002. godine, u Laboratoriji za termotehniku i energetiku.

U okviru angažovanja u radu Grupe za termofizičke veličine materijala radio je na uspostavljanju i korišćenju eksperimentalnih aparatura za određivanje termofizičkih osobina (toplotna provodnost, termička difuzivnost, specifična toplota, specifična električna provodnost, emisivnost) čvrstih materijala, uglavnom metala i legura, kao što su: molibden, volfram, vanadijum, Hasteloy X, Nihrom 5, AISI321, Inconel 625 i Zircalloy 2. Uglavnom je koristio nestacionarne eksperimentalne metode, sa impulsnim grejanjem uzorka. Takođe je radio na uspostavljanju aparatura za eksperimentalno određivanje osobina materijala u tankom sloju, korišćenjem metoda periodičnog grejanja slobodnostojećih tankoslojnih uzoraka i prevlaka.

U okviru angažovanja u Grupi za temperaturu iste Laboratorije učestvovao je u razvoju nacionalnog etalona temperature – aparature za reprodukovanje niza fiksnih temperaturnih tačaka topljenja i očvršćavanja izuzetno čistih supstanci. Pored toga, bio je angažovan u radu ovlašćene metrološke laboratorije za pregled i etaloniranje svih vrsta merila temperature.

Pored učešća u radu više domaćih i međunarodnih konferencija iz naučnih oblasti termofizike i termometrije, u dva navrata je bio gost-istraživač u Nacionalnom institutu za etalone i tehnologiju SAD (NIST) u Gejtersburgu, država Merilend.

Mr Andrej Stanimirović je u avgustu 1995. godine, odbranio magistarski rad sa temom „A Study of Nonlinear Adaptive Control of Continuous-Stirred Tank Reactor". Rad je odbranjen na Tehničkom fakultetu (College of Engineering) Odseka za elektrotehniku i kompjutersko inženjerstvo (School of Electrical and Computer Engineering) Drexel Univerziteta u Filadelfiji (SAD), pod mentorstvom Dr Allona Gueza, vanrednog profesora Tehničkog fakulteta.

Mr Andrej Stanimirović je koautor 8 radova objavljenih u časopisima međunarodnog značaja (M22-1 rad; M23-7 radova), 1 monografije nacionalnog značaja (M42- 1 monografija), 1 rada u domaćem časopisu (M52- 1 rad), kao i 4 saopštenja na naučnim skupovima (M34-3 saopštenja; M63- 1 saopštenje).

1.3 Spisak objavljenih naučnih radova koji opredeljuju afinitet kandidata za rad na predloženoj temi

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M22)

1. **Stanimirovic, A;** Balzaretti, NM; Feldman, A; Graebner, JE; „Thermal conductivity and thermal diffusivity of selected oxide single crystals“, *Journal of Materials Research* 16(2001) 678-682, ISSN 0884-2914, IF(2001)=1.539

Rad u međunarodnom časopisu (M23)

1. **A. Stanimirović,** D. Pavičić, E. Đorđević, K. Maglić, „Thermal properties of Nichrome 5 - a contribution to the understanding of kinetics of structural transitions“, *High Temperatures-High Pressures* 35/36 (2005) 465 – 470 ISSN 0018-1544, IF(2005)=0.356
2. **Stanimirović A.,** Maglić K., Perović N., Vuković G., „Measurement of thermal diffusivity of thin films by the AC calorimetric method“, *High Temperatures - High Pressures* 30 (1998) 327 – 332, ISSN 0018-1544

3. Kosta Maglić, Aleksandar Dobrosavljević, Nenad Perović, **Andrej Stanimirović**, Gligo Vuković, „A decade of development and application of millisecond resolution calorimetry between 300 and 2500 K at the Institute of Nuclear Sciences Vinca“, *High Temperatures - High pressures* 27/28 (1995/1996) 389 – 402, ISSN 0018-1544
4. Nenad Perović, Kosta Maglić, **Andrej Stanimirović**, Gligo Vuković, „Transport and calorimetric properties of AISI 321 by pulse thermal diffusivity and calorimetric techniques“, *High Temperatures-High Pressures* 27/28 (1995) 53 – 58, ISSN 0018-1544
5. Maglić, K.D., Perović, N.Lj., **Stanimirović, A.M.** “Transport and calorimetric properties of Hastelloy X by pulse thermal diffusivity and calorimetry methods” *High Temp, High Pressures* 25(1993) 429-434, ISSN 0018-1544
6. **A. Stanimirović**, G. Vuković, K. Maglić, „Thermophysical and Thermal Optical Properties of Vanadium by Millisecond Calorimetry Between 300 and 1900 K“, *International Journal of Thermophysics* 20(1998)325-332, ISSN 1572-9567, IF(1998)=0.927
7. K. D. Maglić, N. Lj. Perović, **A. M. Stanimirović**, „Calorimetric and transport properties of Zircalloy 2, Zircalloy 4, and Inconel 625“, *International Journal of Thermophysics* 15(1994) 741-755, ISSN 1572-9567, IF(1994)=0.935

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. **A. Stanimirović**, D. Pavičić, E. Đorđević, K. Maglić, „Thermal properties of Nichrome 5 - a contribution to the understanding of kinetics of structural transitions“, prezentovano na 16. Evropskoj konferenciji o termofizičkim osobinama, 1-4 septembar 2002, London, V. Britanija.
2. **Stanimirović A.**, Maglić K., Perović N., Vuković G., „Measurement of thermal diffusivity of thin films by the AC calorimetric method“, prezentovano na 14. Evropskoj konferenciji o termofizičkim osobinama, 16-19 septembar 1996, Lion, Francuska.
3. **A. Stanimirović**, G. Vuković, K. Maglić, „Thermophysical and Thermal Optical Properties of Vanadium by Millisecond Calorimetry Between 300 and 1900 K“, prezentovano na 13. Simpozijumu o termofizičkim osobinama, 22-27 jun 1997, Bolder, Kolorado.

Monografija nacionalnog značaja (M42)

1. “Primarna termometrija”, Maglić, K., Danković G., Perović, N., Zeković, Lj., **Stanimirović, A.**: monografija Primarna termometrija, urednik K. D. Maglić, Beograd, 1996, str. 310, ISBN 8678770066

Rad u domaćem časopisu (M52)

1. **Stanimirović Andrej**, Pavičić Darko, Đorđević Emila, Maglić Kosta, „Istraživanje uticaja brzine promene temperature na položaj strukturne promene kod legure nikla“, *Tehnika - Kvalitet, standardizacija i metrologija* 3(2003) 1-5 ISSN 1450-989X

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini (M63)

1. **Andrej Stanimirović**, Albert Feldman, Kosta Maglić, „MERENJE TOPLOTNE PROVODNOSTI TANKIH FILMOVA METODOM 3ω “, *Zbornik radova, Kongres metrologa Jugoslavije novembar 2000*, Novi Sad

Odbranjen magistarski rad (M72)

Andrej M. Stanimirovic, „A Study of Nonlinear Adaptive Control of Continuous-Stirred Tank Reactor“, Master's thesis, September 1995, mentor: Dr Allon Guez, Associate Professor, Department of Electrical and Computer Engineering, Drexel University, Philadelphia (PA).

1.4. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Svojim dosadašnjim istraživačkim aktivnostima kandidat je ispoljio kvalitet, zainteresovanost i stručnost za naučni i istraživački rad. Bio je učesnik u istraživanjima i koautor više naučnih radova objavljenih u međunarodnim naučnim časopisima.

Svi naučni radovi koje je kandidat objavio pripadaju oblasti istraživanja kojoj pripada i predložena tema doktorske disertacije – eksperimentalno određivanje termofizičkih osobina materijala. Na osnovu biografskih podataka kandidata, njegovih naučnih i stručnih aktivnosti, kao i objavljenih radova, Komisija smatra da je kandidat dobar za efikasan teorijski i eksperimentalni rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Višedecenijski dinamičan razvoj na globalnom nivou rezultirao je povećanom potrošnjom svih vidova energije, a za posledicu između ostalog ima povećanje emisije štetnih gasova, posebno ugljen-dioksida, sumpornih i azotnih oksida (CO_2 , SO_x i NO_x). Među najvećim izvorima pomenutih štetnih gasova su termoelektrane na lignit. Rast svesti o potrebi zaštite životne sredine, kao i sve oštrija zakonska regulativa u oblasti štetnih emisija, zahtevaju povećanje efikasnosti postojećih procesa uklanjanja štetnih gasova iz dimnih gasova termoelektrana.

Ugljen-dioksid koji potiče iz fosilnih goriva svoj štetni uticaj ispoljava kroz pojavu tzv. efekta staklene bašte. Ubrzan rast koncentracije ugljen-dioksida u atmosferi, kao i uticaj atmosferskog CO_2 na klimu i klimatske promene, podstakao je pokretanje brojnih programa naučnog istraživanja. Kjoto protokol i drugi međunarodni sporazumi postavljaju ambiciozne ciljeve za smanjenje emisije ugljen-dioksida i drugih gasova koji izazivaju efekat staklene bašte. Drugi ozbiljan problem u oblasti zaštite životne sredine trenutno predstavljaju tzv. kisele kiše. Oksidi sumpora (SO_x), među kojima je najzastupljeniji sumpor-dioksid, su glavni uzročnik ove pojave. Kao i CO_2 , oksidi sumpora su prisutni u dimnim gasovima termoelektrana i drugih postrojenja. Nastaju sagorevanjem fosilnih goriva koja sadrže sumpor. Za razliku od azotnih oksida, čija se koncentracija u dimnom gasu bloka termoelektrane na lignit smanjuje na dopušteni nivo primarnim merama, koje uključuju modifikacije mlinova i geometrije gorionika, smanjenje koncentracije ugljen-dioksida i oksida sumpora zahteva izgradnju dodatnih postrojenja za hemijski tretman dimnog gasa korišćenjem određenih hemijskih jedinjenja – organskih rastvarača - za apsorpciju.

Modelovanje i simulacija industrijskih procesa u termoenergetskim objektima, kao i projektovanje odgovarajućih postrojenja za tretman dimnog gasa, kao ulazne podatke koriste termofizičke osobine primenjenih rastvarača. Između ostalog, od interesa je poznavanje toplotne provodnosti korišćenih rastvarača u opsegu radnih temperatura postrojenja. U okviru ove doktorske disertacije biće dat detaljan pregled literaturnih metoda koje se koriste za određivanje toplotne provodnosti tečnosti. Postojeće metode merenja toplotne provodnosti tečnosti se mogu klasifikovati u dve grupe – stacionarne i nestacionarne metode. U stacionarne metode merenja toplotne provodnosti tečnosti spadaju metode paralelnih ploča i cilindrične ćelije, dok su nestacionarne: metoda tople žice, termički analizator konstanti, metoda temperaturnih oscilacija i metoda 3ω . U ovom istraživanju će biti korišćena metoda nestacionarne tople žice. Faktori koji su opredelili ovaj izbor su:

- Metoda relativno brzo daje rezultate visoke tačnosti [1,2],
- Veličina uzorka je relativno mala, što je značajno jer se koriste relativno skupe hemikalije,
- Implementacija metode je relativno jednostavna, jer se usled kratkotrajnog merenja lako zadovolje pretpostavke matematičkog modela [3].

Nakon uspostavljanja aparature, njen rad i tačnost merenja će biti verifikovani merenjem toplotne provodnosti tečnosti za koje u literaturi postoje pouzdane vrednosti [4-6]. Eksperimentalni rad će obuhvatiti izgradnju aparature za određivanje toplotne provodnosti čistih supstanci i kombinacija hemikalija za odstranjivanje CO_2 i SO_2 iz dimnog gasa termoelektrana na lignit. Dok se za merenje toplotne provodnosti nepolarnih rastvarača može koristiti neizolovana žica [7-10], polarni rastvarači (npr. jonske tačnosti) su elektroprovodni i obavezno je korišćenje izolovane žice [11-14]. Aparatura će se sastojati iz hardverskog i softverskog dela [15-17]. Hardver obuhvata mehaničke delove i elektroniku merne aparature, zasnovanu na akvizicionom sistemu National Instruments NI 6009. Softver se sastoji iz programa za upravljanje hardverom, koji će biti razvijen u okruženju National Instruments LabView, i programa za prikupljanje i obradu podataka i prezentaciju rezultata, koji će biti razvijen u standardnoj aplikaciji za numeričke proračune Microsoft Excel.

Jedinjenja čija će toplotna provodnost biti izučavana u ovoj doktorskoj disertaciji su različiti organski rastvarači. Izbor organskih rastvarača je nastao kao rezultat studija procesa prečišćavanja dimnih gasova termoenergetskih objekata od štetnih jedinjenja (CO_2 , SO_x i NO_x), bilo onih koje su u toku ili su već završene na Katedri za hemijsko inženjerstvo. Za vezivanje oksida sumpora, radi otklanjanja problema kiselih kiša i posledične degradacije zemljišta i “umiranja šuma”, koriste se različiti organski rastvarači. Ideja o korišćenju organskih rastvarača ima dugu istoriju. Procesi za korišćenje dimetil-anilina i tetraetilen-glikol-dimetil-etera su patentirani i industrijski primenjeni (U. S. Patent 21.106.453, 1940) [18]. Kako navedeni rastvarači i pored široke primene imaju određena ograničenja, kako zbog nedovoljne selektivnosti procesa ili usled prevelikih energetskih zahteva prilikom regeneracije, predloženi su alternativni organski rastvarači [19-21]. Kao vrlo efikasni i visoko selektivni apsorbeni za SO_x mogu se koristiti jonske tečnosti, što pokazuju nedavno publikovana istraživanja [22-26].

Ideja o tretmanu kiselih gasova korišćenjem aminalkohola se javila tokom ispitivanja postupaka za komercijalnu proizvodnju sode za potrebe prehrambene industrije, tj. industrije napitaka (U.S. Patent 1.783.081, 1933). Mnogobrojna istraživanja su sprovedena do danas u cilju otkrivanja najpogodnijih rastvarača za uklanjanje ugljen-dioksida [27-32]. Brojna industrijska postrojenja, od kojih su neka u funkciji preko četrdeset godina, proistekla su iz ovih istraživanja. Primarni amini pokazuju najveći stepen vezivanja ugljen-dioksida. Duži niz godina primarni amini se uspešno koriste u industrijskim postrojenjima za uklanjanje ugljen-dioksida. Na prvom mestu treba istaći mono-etanol-amin (MEA). Međutim, sa povećanjem koncentracije, intenziviraju se procesi korozije u termo-energetskim postrojenjima, o čemu prilikom izbora rastvarača takođe treba voditi računa. Sekundarni amini pokazuju nešto slabiji stepen vezivanja ugljen-dioksida i taj stepen se dalje smanjuje kod tercijarnih amina. Međutim, sekundarni i tercijarni amini pokazuju bolji afinitet ka vezivanju sumpor dioksida. S obzirom na to da se regeneracija rastvarača uglavnom vrši termičkim putem, energetski troškovi dalje nameću

kompromis između afiniteta ka vezivanju i sposobnosti regeneracije rastvarača što će usloviti i izbor najpogodnijeg rastvarača u svakom konkretnom slučaju.

U okviru disertacije će biti ispitivani rastvarači, već primenjeni u industrijskim postrojenjima (na primer dimetilanilin i tetraetilenglikol dimetiletar za uklanjanje SO₂, ili MEA za uklanjanje CO₂) u smeši sa tečnim polietilenglikolima, PEG 200 i PEG 400 za koje je ustanovljeno da imaju povoljne apsorpcione i desorpcione karakteristike za kisele gasove u industrijskim procesima (npr. CN. Patent 1364096A, 2002). Polietilenglikol (PEG) je važan industrijski rastvarač niske toksičnosti, niskog napona pare, visoke hemijske stabilnosti i niske tačke topljenja. Zahvaljujući svojim osobinama našao je primenu u prečišćavanju dimnih gasova iz termoeenergetskih postrojenja. Visoka rastvorljivost SO_x i relativno laka desorpcija su glavne prednosti PEG, što smanjuje potrošnju energije u procesu regeneracije rastvarača.

Pored organskih rastvarača, nedavno publikovana istraživanja su takođe pokazala da se neke jonske tečnosti mogu primeniti u regenerativnim postupcima prečišćavanja dimnih gasova [33,34,24]. U okviru disertacije će takođe biti ispitana mogućnost korišćenja odabranih smeša jonskih tečnosti sa organskim rastvaračima. Jonske tečnosti, koje karakterišu visoke vrednosti specifičnih toplotnih kapaciteta i gustine, niska isparljivost, dobre karakteristike rastvorljivosti za čitav niz supstanci, nezapaljivost, termička stabilnost, široki opseg tečne faze i veliki izbor mogućih kombinacija anjona i katjona (čime se mogu podešavati njihova svojstva za određene potrebe) predstavljaju novu generaciju ekološki prihvatljivih rastvarača. Među najvažnijim razlozima velikog interesovanja za jonske tečnosti je njihov zanemarljiv napon pare, što smanjuje opasnost od isparavanja i gubitaka rastvarača u atmosferu. Zbog ove osobine jonske tečnosti se smatraju ekološki prihvatljivijom zamenom za isparljive organske rastvarače. Kombinovanjem sa drugim jedinjenjima niske isparljivosti, kao što su polimeri, može se postići još veći stepen podešavanja osobina za konkretnu primenu.

Literatura

- [1] Marc J. Assael, Konstantinos D. Antoniadis, William A. Wakeham, Int. J. Thermophys. 31 (2010) 1051-1072
- [2] Healy, J. J., deGroot, J. J., and Kestin, J., Physica 82C (1976) 392-408.
- [3] Carslaw, H. S. and Jaeger, J. C., Conduction of Heat in Solids, 2nd edition. Oxford: Clarendon Press, 1959.
- [4] C. A. Nieto de Castro, S. F. Y. Li, A. Nagashima, R. D. Trengove, W. A. Wakeham, J. Phys. Chem. Ref. Data 15 (1986) 1073
- [5] Maria L. V. Ramires, Carlos A. Nieto de Castro, Yuchi Nagasaka, Akira Nagashima, Marc J. Assael, William A. Wakeham, J. Phys. Chem. Ref. Data 24 (1995) 1377
- [6] Maria L. V. Ramires, Carlos A. Nieto de Castro, Richard A. Perkins, Yuchi Nagasaka, Akira Nagashima, Marc J. Assael, William A. Wakeham, J. Phys. Chem. Ref. Data 29 (2000) 133
- [7] M. Kostic, Kalyan C. Simham, Proc. 6th Int. Conf. Heat and Mass Transfer HMT09
- [8] Codreanu C, Codreanu N I, Obreja V, Romanian Jour of Information Sci and Tech, 10 (2007) 215-231

- [9] B. Merckx, P. Dudoignon, J. P. Garnier, D. Marchand, *Advances in Civil Engineering* 2012 (2012) Article ID 625395
- [10] C. Vélez, M. Khayet, J.M. Ortiz de Zárate, *Applied Energy* 143 (2015) 383–394
- [11] Nagasaka Y, Nagashima A, *J Phys E: Sci. Instr.* 14 (1981) 1435-1440
- [12] C S Jwo , T P Teng, C J Hung and Y T Guo, *Journal of Physics: Conference Series* 13 (2005) 55–58
- [13] G. Paul, M. Chopkar, I. Manna, P.K. Das, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010) 1913–1924
- [14] Perkins, Richard A. Presented at the 12th Symposium on Energy Engineering Sciences, Dept. of Energy, CONF-9404137, 1994, pp. 90-97.
- [15] José R. Vázquez Peñas, José M. Ortiz de Zárate and Mohamed Khayet, *Journal of Applied Physics* 104 (2008) 044314
- [16] M. Khayet and J. M. Ortiz de Zarate, *Int. J. Thermophys.* 26 (2005) 637-646
- [17] José M. Ortiz de Zárate, Jorge Luis Hita, Mohamed Khayet, José Luis Legido, *Applied Clay Science* 50 (2010) 423–426
- [18] Heisel, M., Bellani, A., *Gas Sep. Pur.* 5 (1991) 111
- [19] Fang Han, Jianbin Zhang, Guohua Chen, Xionghui Wei, *J. Chem. Eng. Data* 53 (2008) 2598-2601
- [20] M. H. H. van Dam, A. S. Lamine, D. Roizard, P. Lochon, C. Roizard, *Ind. Eng. Chem. Res.* 36 (1997) 4628-4637
- [21] Suman Bhattacharya, Binay K. Dutta, Manoranjan Shyamal, Ranjan K. Basu, *Can. J. Chem. Eng.* 74 (1996) 339-346
- [22] Jessica L. Anderson, JaNeille K. Dixon, Edward J. Maginn, Joan F. Brennecke, *J. Phys. Chem. B* 110 (2006) 15059-15062
- [23] Xiao Liang Yuan, Suo Jiang Zhang, Xing Mei Lu, *J. Chem. Eng. Data* 52 (2007) 596-599
- [24] Ki Yong Lee, Gyeong Taek Gong, Kwang Ho Song, Honggon Kim, Kwang-Deog Jung, Chang Soo Kim, *Int. J. Hydrogen Energy* 33(2008) 6031-6036,
- [25] A. Yokozeki, M.B. Shiflett, *Energy Fuels* 23 (2009) 4701-4708
- [26] L Zhai, Q Zhong, C He, J Wang, *Journal of Hazardous Materials* 177(2010) 807-813
- [27] Adisorn Aroonwilas, Amornvadee Veawab, *Ind. Eng. Chem. Res.* 43 (2004) 2228-2237
- [28] Eirik F. da Silva, Hallvard F. Svendsen, *Ind. Eng. Chem. Res.* 45 (2006) 2497-2504
- [29] Eirik F. da Silva, Hallvard F. Svendsen, *Ind. Eng. Chem. Res.* 43 (2004) 3413-3418
- [30] Jae-Goo Shim, Jun-Han Kim, Young H. Jhon, Jaheon Kim, Kwang-Hwi Cho, *Ind. Eng. Chem. Res.* 48 (2009) 2172-2178

- [31] Brian R. Strazisar, Richard R. Anderson, Curt M. White, Energy and Fuels 17(2003) 1034-1039
- [32] Carson, J. K., Marsh, K.N., Mather, A.E., J. Chem. Thermodyn. 32 (2000)1285-1296
- [33] M.B. Shiflett, A. Yokozeki, Energy Fuels 24 (2010) 1001-1008
- [34] P. Luis, A. Garea, A. Irabien, J. Membrane Sci. 330 (2009) 80-89

3. Polazne hipoteze

Predložena doktorska disertacija pripada oblasti Hemijskog inženjerstva, a glavni predmet istraživanja biće usmeren na određivanje toplotne provodnosti čistih supstanci i binarnih tečnih smeša sa primenom u termoeenergetici, u postupcima prečišćavanja dimnih gasova termoelektrana na lignit. Disertacija će obuhvatiti razvoj aparature za merenje toplotne provodnosti tečne faze bazirane na nestacionarnoj metodi tople žice. U literaturi se može naći veliki broj eksperimentalnih tehnika za merenje toplotne provodnosti, pri čemu je glavna podela na stacionarne i nestacionarne metode. Nestacionarna metoda tople žice se pokazala kao brza i pouzdana pri merenju toplotne provodnosti tečne faze. Teorijski princip je zasnovan na idealnom i konstantnom izvoru toplote, beskonačno dugom i tankom provodniku koji prenosi toplotu u takođe beskončan ispitivani fluid. U praksi su ove idealne postavke zamenjene tankim provodnikom (žicom) konačne dužine uronjenom u takođe ograničenu količinu ispitivane tečnosti. Dok se žica zagreva električnim putem, promena njene otpornosti, odnosno temperature, se meri u funkciji vremena pomoću kompjuterizovanog sistema za prikupljanje podataka. U poslednjoj fazi obrade podataka temperaturna provodnost se određuje iz toplotnog fluksa i nagiba krive promene temperature tople žice u zavisnosti od logaritma vremena.

Cilj istraživanja, a ujedno i očekivani rezultati su uspostavljanje eksperimentalne merne aparature koja će omogućiti pouzdana merenja toplotne provodnosti u tečnoj fazi. Aparatura će najpre biti testirana i verifikovana na poznatim sistemima za koje postoje literaturni podaci. Nakon toga cilj je određivanje toplotne provodnosti čistih supstanci i binarnih tečnih smeša za koje nema podataka dostupnih u literaturi, a potencijalno su značajne sa aspekta primene u termoeenergetici.

4. Naučne metode istraživanja

Za realizaciju predloženog istraživanja u okviru izrade doktorske disertacije biće uspostavljena eksperimentalna aparatura za određivanje toplotne provodnosti tečnosti nestacionarnom metodom tople žice. Metoda daje pouzdane rezultate i primenljiva je kako na nepolarne tečnosti (električne izolatore), tako i na polarne supstance (elektroprovodne tečnosti). Pri merenju toplotne provodnosti elektroprovodnih tečnosti koristi se električno izolovani provodnik, najčešće tanka žica izolovana teflonskom prevlakom. Veličina uzorka ispitivane tečnosti je relativno mala, što je značajno s obzirom na cenu supstanci koje se ispituju, naročito ako je potrebno pripremiti seriju binarnih smeša različitih sastava.

Eksperimentalni merni postupak će biti potpuno automatizovan. Aparatura će biti povezana sa personalnim računarom čija je uloga upravljanje aparaturom tokom merenja i čuvanje izmerenih sirovih podataka, kao i njihova kasnija obrada i prezentacija konačnih rezultata merenja. Podaci o merenim vrednostima će biti prikupljeni savremenim akvizicionim sistemom visoke preciznosti (14-bitna rezolucija merenja) i tačnosti (šum manji od ± 5 mV) – National Instruments NI 6009. Akvizicioni sistem se sa personalnim računarom povezuje preko standardnog USB porta, a sa elektronskim komponentama merne aparature povezuje se preko digitalnih ulazno-izlaznih portova širine 8 i 4 bita, 8 analognih

diferencijalnih mernih kanala mernog opsega do ± 10 V, rezolucije 14 bita i 2 analogna izlazna kanala opsega do ± 5 V, rezolucije 12 bita.

Mehaničke komponente mernog sistema uključuju epruvetu za uzorak tečnosti i držač tople žice, kao i metalnu kutiju za držanje i oklapanje elektronskih komponenata radi njihove zaštite od električnih šumova i smanjenja merne nesigurnosti. Kao topla žica biće korišćen tanak provodnik od legure Alumel (negativni vod termopara tipa K, hemijskog sastava 95% nikal, 2% mangan, 2% aluminijum i 1% silicijum), neizolovan prečnika 50 μm i izolovan teflonskom prevlakom prečnika 70 μm , kao i tanak provodnik od čiste platine, prečnika 50 μm , neizolovan i izolovan teflonskom prevlakom. Elektronske komponente merne aparature uključuju akvizicioni sistem NI 6009, povezan sa stabilnim strujnim generatorom, koji je izvor strujnog impulsa za grejanje žice i standardnim otpornikom, za precizno merenje promenljivog otpora tople žice. Strujni generator omogućuje programsko upravljanje grejanjem tople žice. U disertaciju će biti uključen detaljan prikaz komponenata mernog sistema sa tehničkim crtežima, električnim šemama i fotografijama.

Softver neophodan za upravljanje radom merne aparature, prikupljanje i čuvanje sirovih eksperimentalnih podataka biće izrađen korišćenjem programskog okruženja National Instruments LabView. Za finalnu obradu i prezentaciju rezultata merenja biće korišćena aplikacija Microsoft Excel. U disertaciju će biti uključen detaljan prikaz softvera za upravljanje mernom aparaturom i finalnu obradu podataka.

Radi verifikacije i kalibracije hardvera i softvera aparature prva merenja će biti rađena na čistim supstancama za koje su raspoloživi pouzdani podaci o toplotnoj provodnosti u predviđenom temperaturnom opsegu, od sobne temperature do tačke ključanja vode – na primer destilovana voda i toluen. Nakon toga će biti rađena merenja na čistim supstancama i binarnim smešama koje se već koriste ili predstavljaju moguće nove rastvarače za uklanjanje ugljen-dioksida i oksida sumpora iz dimnih gasova blokova termoelektrana na lignit. Svi rezultati merenja će biti detaljno prikazani, analizirani i diskutovani u disertaciji.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će istraživanja planirana u okviru ove doktorske disertacije dati značajan naučni doprinos i dovesti do sledećih rezultata:

- razvoj i izrada aparature za određivanje toplotne provodnosti elektroprovodnih i izolacionih tečnosti,
- proširenje fundamentalnog poznavanja transportnih osobina čistih supstanci i rastvora,
- proširenje baze podataka novim, pouzdanim eksperimentalnim podacima za rastvarače koji su značajni sa aspekta uklanjanja štetnih jedinjenja iz dimnih gasova termoelektrana na lignit.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Planom istraživanja će prvo biti detaljno analizirani postojeći postupci za eksperimentalno merenje toplotne provodnosti tečnosti. U okviru analize eksperimentalnih postupaka će biti objašnjeno zašto je metoda nestacionarne tople žice trenutno najzastupljeniji i najpogodniji postupak za merenje toplotne provodnosti tečnosti. Matematički model nestacionarne metode tople žice će biti izložen u nastavku.

Eksperimentalni deo istraživanja će biti urađen u dva dela. Težište će u prvom delu biti na realizaciji nove eksperimentalne aparature za merenje toplotne provodnosti tečnosti. Biće realizovane, ispitane i verifikovane mehaničke i elektronske komponente (hardver) aparature, prema pretpostavkama matematičkog modela metode merenja. Softver neophodan za upravljanje mernom aparaturom, prikupljanje i obradu podataka će biti razvijen korišćenjem okruženja LabView (National Instruments) kao i standardne Windows aplikacije za numeričke proračune – MS Excel (Microsoft). Aparatura će biti testirana probnim merenjima dostupnih čistih supstanci za koje postoje pouzdani (referentni) podaci o toplotnoj provodnosti, kao što su destilovana voda i toluen. Takođe će biti urađena detaljna analiza merne nesigurnosti rezultata merenja novom mernom aparaturom.

Drugi deo eksperimentalnog rada će za cilj imati korišćenje nove merne aparature za merenje toplotne provodnosti čistih supstanci i binarnih smeša koje se mogu primeniti za tretman dimnog gasa termoelektrana na lignit. Nakon urađenog merenja rezultati će biti detaljno prikazani i analizirani.

Imajući u vidu navedeni plan istraživanja očekuje se da će doktorska disertacija imati sledeću strukturu:

1. Uvod

2. Teorijski deo

- 2.1 Pregled aktuelnih postupaka merenja toplotne provodnosti tečnosti
- 2.2 Metoda nestacionarne tople žice – matematički model

3. Eksperimentalni deo – razvoj i izrada nove merne aparature

- 3.1 Detaljan opis hardvera
- 3.2 Opis softvera za upravljanje merenjem, prikupljanje i obradu podataka
- 3.3 Prezentacija rezultata merenja toplotne provodnosti referentnih tečnosti
- 3.4 Procena merne nesigurnosti

4. Eksperimentalni deo – korišćenje aparature

- 4.1 Izbor čistih supstanci i binarnih smeša sa mogućom primenom u prečišćavanju dimnih gasova elektroenergetskih postrojenja
- 4.2 Prezentacija rezultata merenja

5. Analiza dobijenih rezultata

6. Zaključak

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog, Komisija smatra da je predložena tema doktorske disertacije Mr Andreja M. Stanimirovića, dipl. inž. mašinstva i magistra elektrotehnike, pod naslovom: „**Eksperimentalno određivanje toplotne provodnosti binarnih tečnih smeša primenom nestacionarne metode tople žice**“ naučno utemeljena i da će rezultati ovog rada predstavljati značajan doprinos naučnoj oblasti Hemija i hemijska tehnologija (uža oblast Hemijsko inženjerstvo), za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Predlažemo Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da kandidatu Mr Andreju M. Stanimiroviću, dipl. inž. mašinstva i magistru elektrotehnike, odobri izradu doktorske disertacije pod navedenim naslovom. Za mentora se predlaže Dr Emila Živković, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu.

Beograd, 12.10.2015.

ČLANOVI KOMISIJE:

1. Dr Emila Živković, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet
2. Dr Mirjana Kijevčanin, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet
3. Dr Nenad Milošević, viši naučni saradnik
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za termotehniku i energetiku