

Obrazac 1.

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta održanoj 17.03.2011. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata mr Nikole V. Živkovića, dipl. mašinskog inženjera, pod nazivom **”Regenerativni postupci uklanjanja sumpor-dioksida iz dimnih gasova – izbor i određivanje termofizičkih svojstava novih rastvarača i njihovih smeša i modelovanje procesa”**. Posle pregleda i analize dostavljenog materijala, Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Podaci o kandidatu

Nikola Živković je rođen 02.01.1970 u Nišu, Republika Srbija. Završio je osnovnu školu “Sava Kovačević” i 14-tu gimnaziju u Beogradu.

Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu upisuje 1989 godine. Na trećoj godini studija upisuje smer Procesna tehnika. Diplomski rad odbranio je 1997 godine, sa ocenom 10, a pod mentorstvom prof. Dr Martina Bognera. Srednja ocena u toku redovnih studija bila je 8,08.

Poslediplomske studije nastavlja na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu na grupi za Procesnu tehniku. Magistarski rad pod mentorstvom prof. Dr Gorana Jankesa, “Dvofazno strujanje u kanalu aerosmeše sa preprekama za potrebe primene plazmene stabilizacije vatre na kotlu bloka 210 MW TE “Nikola Tesla”-A”, odbranio je 2008. godine.

Godine 1998, zapošljava se u DP “Intersilver”, na poziciji inženjera u odeljenju za konstruisanje i razvoj. Od 1999 godine radi u Institutu za nuklearne nauke “Vinča”, Laboratorija za termotehniku i energetiku. Oblasti kojima se bavio/bavi u toku svog profesionalnog angažovanja su: plazma tehnologija za sintezu ultradisperznih prahova, plazma tehnologija za podršku vatre na termoeenergetskim kotlovima, ispitivanje cevnog sistema termoeenergetskih kotlova, modeliranje i simulacija procesa, kosagorevanje komunalnog čvrstog otpada sa ugljenim prahom u kotlovima termoeenergetskih postrojenja. Trenutno zvanje Nikole Živkovića je istraživač saradnik.

Kandidat je u Institutu učestvovao u realizaciji nekoliko projekata iz oblasti tehnološkog razvoja, kod Ministarstva za nauku Republike Srbije i to: ETR. 6.02.0147.B. u periodu 2002-2004, TR-6621B. u periodu 2005-2007 i TR17020 u periodu 2008-2010. Takođe, kandidat je bio angažovan na projektu FP6 Recofuel, TREN/04/FP6EN/S07.32813/503184, u periodu 2004 – 2005. Kandidat je trenutno angažovan na projektima TR33050 i III42010 kod Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. Kandidat je takođe autor i/ili koautor jednog rada objavljenog u istaknutom međunarodnom časopisu (M22), dva rada u međunarodnom časopisu (M23), dva rada u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51), četiri rada u časopisu od nacionalnog značaja (M52), jedne monografije nacionalnog značaja (M42), dvanaest saopštenja sa međunarodnih skupova štampanih u celosti (M33), tri saopštenja sa međunarodnih skupova štampanih u izvodu (M34), dva saopštenja sa skupova od nacionalnog značaja štampanih u celosti (M63), pet saopštenja sa skupova od nacionalnog značaja štampanih u izvodu (M64) i dve studije.

Nikola Živković govori engleski jezik i služi se francuskim jezikom. Član je Društva Termičara Srbije.

1.1 Spisak objavljenih radova koji opredeljuju afinitet kandidata za rad na predloženoj temi:

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M22)

1. Ž. G. Kostić, P. Lj. Stefanović, P. B. Pavlović, Z. N. Pavlović, N. V. Živković, "Optimal thermal plasma processes for zirconium carbide powder production from zircon concentrates", *Ceramics International*, 27 (2001), 547-557. (IF=0,593, ISSN: 0272-8842).

Rad u međunarodnom časopisu (M23)

1. M. D. Erić, D. B. Cvetinović, P. Lj. Stefanović, P. M. Radovanović, N. V. Živković, „Investigation of pressure pulsations in the furnace and flue gas tract of the pulverized coal combustion utility boiler“, *Thermal Science*, 14(1) (2010), 261-270. (IF=0,6, ISSN 0354-9836)
2. N. V. Živković, D. B. Cvetinović, M. D. Erić, Z. J. Marković, „Numerical analysis of the flue gas-coal particles mixture flow in burner's distribution channels with regulation shutters at the TPP Nikola Tesla – A1 utility boiler“, *Thermal Science*, 14(2) (2010), 505-520. (IF=0,6, ISSN 0354-9836)

Sapoštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. P. Stefanović, P. Pavlović, Ž. Kostić, B. Repić, S. Šikmanović, N. Živković, Z. Pavlović, "Plazma popala i podrška vatre kod kotlova loženih ugljenim prahom", naučno-stručno savetovanje sa međunarodnim učešćem, 27-30 Oktobar, Banja Vrućica-Teslić, Republika Srpska, (1999) 494-507,
2. P. Stefanović, P. Pavlović, Ž. Kostić, B. Repić, S. Šikmanović, N. Živković, Z. Pavlović, "Primena plazmatrona za startovanje i podršku vatre kod energetskih kotlova loženih ugljenim prahom", prvo savetovanje - ESM '99, Bitola, BJR Makedonija, (1999) 332-338,
3. Ž. G. Kostić, P. Lj. Stefanović, P. B. Pavlović, Z. N. Pavlović, N. V. Živković, "Thermodynamic Consideration of Thermal Plasma Process for Zirconium Carbide Production from Zircon Concentrates", Sixth European Conference on Thermal Plasma Processes TPP6, Strasbourg, France, (2000) 617-622,
4. Ž. G. Kostić, P. Lj. Stefanović, P. B. Pavlović, Z. N. Pavlović, N. V. Živković, "Thermodynamic Analysis of Thermal Plasma Process of Composite Zirconium Carbide and Silicon Carbide Production from Zircon Concentrates", 20th International Symposium on the Physics of Ionized Gases, SPIG, Zlatibor, Yugoslavia, (2000) 433-436,
5. P. B. Pavlović, D. B. Cvetinović, P. Lj. Stefanović, Z. N. Pavlović, N. V. Živković, Z. J. Marković, "The Vortex D.C. Plasma Torch With Electromagnetic Arc Stabilization and Variable Geometry – Generalization of the Working Characteristics", 21st Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, SPIG, Sokobanja, Yugoslavia, (2002) 526-529,
6. Ž. G. Kostić, P. B. Pavlović, P. Lj. Stefanović, D. B. Cvetinović, Z. N. Pavlović, N. V. Živković, Z. J. Marković, "Thermodynamic Consideration of Asbestos Destroying in Air Thermal Plasma – Possibility of oxide powder byproducts usage", 21st Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, SPIG, Sokobanja, Yugoslavia, (2002) 530-533,
7. P. Lj. Stefanović, P. B. Pavlović, M. A. Sijerčić, S. V. Belošević, Z. J. Marković, D. B. Cvetinović, Z. N. Pavlović, N. V. Živković, "Numerical Simulation of Pulverized Kolubara Lignite Plasma Chemical Gasification", International Conference on Physics of Low Temperature Plasma, PLTP-03, Kyiv, Ukraine, (2003) sec. 5.8.71,
8. Z. J. Marković, P. Lj. Stefanović, P. B. Pavlović, D. B. Cvetinović, Z. N. Pavlović, N. V. Živković, "Plasma Coal Gasification Channel Section Thermal Structural Analysis", International Conference on Physics of Low Temperature Plasma, PLTP-03, Kyiv, Ukraine, (2003) sec. 12.19.40-p,
9. Ž. G. Kostić, P. Lj. Stefanović, P. B. Pavlović, S. V. Belošević, Z. J. Marković, D. B. Cvetinović, Z. N. Pavlović, N. V. Živković, "Thermodynamic Consideration of the Plasmachemical Coal Gasification for Startup and Fire Stabilization in Thermal Power Plant Furnace", International Conference on Physics of Low Temperature Plasma, PLTP-03, Kyiv, Ukraine, (2003) 3.27.31-p,
10. N. Živković, P. Stefanović, G. Živković, D. Cvetinović, "Numerical simulation of coal powder distribution along the air-coal mixture channel influenced by various shutter angles", International Scientific Conference, Mechanics 2006, Rzeszow, Poland, (2006) 261-268,

11. **N. Živković**, P. Stefanović, D. Cvetinović, "Coal Powder Fractions Distribution In Thermal Power Plant Mixture Channel Presented By Numerical Calculations", International Scientific Conference, Mechanics 2008, Rzesow, Poland, (2008) 311-318,
12. D. Cvetinović, M. Erić, **N. Živković**, P. Stefanović, P. Radovanović, Slobodan Đekić, "Pulsatile Combustion Investigation In The Flue Gas Tract Of Utility Boilers", VII Всероссийская конференция с международным участием, ГОРЕНИЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА, Новосибирск, Россия, (2009), Часть 1, 105-114.

Sapoštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. **N. V. Živković**, G. S. Živković, P. Lj. Stefanović, D. B. Cvetinović, "Numerical Simulation of Coal Powder Distribution Regulation in the Mixture Channel on Thermal Power Plant 210 MW „Nikola Tesla”–A ", 17th International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA 2006, Prague, Czech Republic, Summaries 3, (2006) 831-832,
2. P. Stefanović, Z. Pavlović, D. Cvetinović, **N. Živković**, "Low temperature plasma for combustion support at thermal power plants fired by pulverized coal", 18th International Symposium on Plasma Chemistry, Kyoto, Japan, Abstracts, (2007) 660,
3. **N. V. Živković**, P. Lj. Stefanović, D. B. Cvetinović, "Distribution of coal powder fractions in the mixture channel presented by numerical simulation", 18th International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA 2008, Prague, Czech Republic, Summaries 3, (2008) 943-944.

Monografija nacionalnog značaja (M42)

1. LJ. Rajaković, V. Šijački-Žeravčić, P. Stefanović, Z. Naunović, G. Bakić, Ž. Kostić, D. Čičkarić, M. Đukić, P. Pavlović, J. Božović, M. Radović, B. Repić, G. Aleksić, B. Anđelić, **N. Živković**, Z. Pavlović, Z. Marković, D. Cvetinović, LJ. Nešić, J. Čučković, J. Jović, J. Kerečki, P. Radovanović, LJ. Gradišar, Studija EPS-a, "Mere i postupci za pouzdan i efikasan sistem kontrole korozionog stanja vođeno parnog ciklusa TE i TO EPS-a i preporuke za primenu novih tehnologija", knjiga 2, **Korozioni potencijal vode u termoeenergetskim postrojenjima**, Monografija, JP Elektroprivreda Srbije, Tehnološko-Metalurški fakultet, Mašinski fakultet, Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, 2002, (ISBN 86-83871-02-9).

Rad u vodećem časopisu od nacionalnog značaja (M51)

1. **N. Živković**, P. Stefanović, D. Cvetinović, "Numerička simulacija uticaja položaja regulacionih klapni u kanalu aerosmeše na raspodelu čestica ugljenog praha", Termotehnika, 1 (2008) 45 – 54, (ISSN: 350-218X),
2. Z. Marković, Z. Bojanić, P. Stefanović, D. Cvetinović, **N. Živković**, R. Jovanović, Z. Pavlović, „Parametarska bifurkaciona analiza aksijalno pritisnutih slobodno oslonjenih cilindričnih ljuski korišćenjem metode konačnih elementa, Termotehnika, 3-4 (2009) 263-282, (ISSN: 350-218X).

Rad u časopisu nacionalnog značaja (M52)

1. P. Stefanović, P. Pavlović, S. Zec, Z. Idaković, **N. Živković**, Zoran Pavlović, Zoran Marković, Dejan Cvetinović, "Karakteristike naslaga na razmenjivačkim površinama u kotlu br. 6 Termoelektrane "Kolubara", Procesna Tehnika, 1 (2002) 262-266, (YU ISSN 0352-678X),
2. P. B. Pavlović, P. Lj. Stefanović, Z. J. Marković, Z. N. Pavlović, D. B. Cvetinović, **N. V. Živković**, "Termonaponska analiza konstruktivnih rešenja gorioničkog kanala za plazma-pripremu aerosmeše na kotlu bloka A1 TENT-A", Procesna Tehnika, 1 (2002) 79-83, (YU ISSN 0352-678X),
3. P. Stefanović, P. Pavlović, D. Cvetinović, **N. Živković**, Z. Pavlović, Z. Marković, "Plazma sistemi za potpalu i podršku vatri kod kotlova loženih ugljenim prahom – pregled izvedenih industrijskih postrojenja u svetu", Procesna Tehnika, 1 (2003) 138-142, (YU ISSN 0352-678X),

4. Z. J. Marković, Z. N. Pavlović, D. B. Cvetinović, **N. V. Živković**, N. J. Kadić, "Termonaponska kontaktna analiza sistema kliznog oslonca kanala aerosmeše", Procesna Tehnika, 2 (2003) 23-28, (YU ISSN 0352-678X).

Sapoštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini (M63)

1. P. Stefanović, **N. Živković**, A. Jakovljević, S. Đekić, V. Maksimović, M. Rajović, "Metodologija kompleksnih ispitivanja korozionih oštećenja cevnog sistema termoelektrskih postrojenja, sa primerima rezultata ispitivanja cevnog sistema TENT-A6", savetovanje sa međunarodnim učešćem, IBR 2006, Zbornik radova, Zlatibor, (2006) 165-172,
2. P. Stefanović, **N. Živković**, A. Jakovljević, S. Đekić, V. Maksimović, M. Rajović, "Metodologija ispitivanja korozionih oštećenja na unutrašnjim površinama cevnog sistema termoelektrskih postrojenja, sa primerima rezultata ispitivanja cevnog sistema kotla Termoelektrane "Nikola Tesla"", VIII YUCORR konferencija, korozija i zaštita materijala u industriji i građevinarstvu, Tara, (2006) 292-296.

Sapoštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu (M64)

1. G. Živković, **N. Živković**, P. Stefanović, "Numerička simulacija regulisanja distribucije ugljenog praha u sistemu održavanja plamena u kotlu korišćenjem niskotemperaturske plazme", 11-ti Simpozijum društva termičara Srbije i Crne Gore, Zlatibor, (2003) 45-46,
2. **N. Živković**, G. Živković, P. Stefanović, P. Pavlović, "Numerička simulacija regulacije distribucije ugljenog praha u sistemu kanala aerosmeše sa klapnama na kotlu bloka 210 MW TENT-A", Simpozijum Elektrane 2004, Vrnjačka Banja, (2004) 70,
3. Zoran J. Marković, Predrag Lj. Stefanović, Dejan B. Cvetinović, Zoran N. Pavlović, **N. V. Živković**, M. J. Paprika, "Parametarska analiza strujanja vazduha kroz kanal aerosmeše gorioničkog paketa", 12-ti Simpozijum termičara Srbije i Crne Gore, Sokobanja, (2005) 80,
4. **N. V. Živković**, G. S. Živković, P. Lj. Stefanović, D. B. Cvetinović, "Numerička simulacija strujanja dvofazne smeše u kanalu aerosmeše bloka A1 termoelektrane "Nikola Tesla" u cilju optimizacije položaja regulacionih klapni", 13-ti Simpozijum termičara Srbije, Sokobanja, (2007) 82, P.V.2.,
5. Z. Marković, I. Krivošić, P. Stefanović, D. Cvetinović, **N. Živković**, R. Jovanović, Z. Pavlović, "Parametarska bifurkaciona analiza slobodno oslonjenih cilindričnih ljuski", 14-ti Simpozijum termičara Srbije, Sokobanja, (2009) 734-739.

Odbranjen magistarski rad (M72)

1. **Nikola V. Živković**, „Dvofazno strujanje u kanalu aerosmeše sa preprekama za potrebe primene plazmene stabilizacije vatre na kotlu bloka 210 MW TE „Nikola Tesla” – A”, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Septembar 2008. Mentor: Dr Goran Jankes, redovni profesor, Mašinski fakultet, Beograd.

Studije

1. LJ. Rajaković, V. Šijački-Žeravčić, P. Stefanović, Z. Naunović, G. Bakić, Ž. Kostić, D. Čičkarić, M. Đukić, P. Pavlović, J. Božović, M. Radović, B. Repić, G. Aleksić, B. Anđelić, **N. Živković**, Z. Pavlović, Z. Marković, D. Cvetinović, LJ. Nešić, J. Čučković, J. Jović, J. Kerečki, P. Radovanović, LJ. Gradišar, Studija EPS-a, "Mere i postupci za pouzdan i efikasan sistem kontrole korozionog stanja vodeno parnog ciklusa TE i TO EPS-a i preporuke za primenu novih tehnologija", knjiga 1, **Korozija**

termoenergetskih postrojenja, JP Elektroprivreda Srbije, Tehnološko-Metalurški fakultet, Mašinski fakultet, Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, 2002, (ISBN 86-83871-02-9),

2. Prvi izveštaj Republike Srbije prema okvirnoj konvenciji UN o promeni klime, grupa autora, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Beograd, novembar 2010.

1.2 Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu biografskih podataka, podataka o magistraturi, spiska objavljenih radova i dosadašnjeg iskustva u naučno-istraživačkom radu, Komisija ocenjuje da je kandidat podoban za rad na predloženoj temi.

2. Predmet i cilj istraživanja

Kisele kiše predstavljaju jedan od trenutno najozbiljnijih problema u oblasti zaštite životne sredine. Glavni uzročnici ove pojave su oksidi sumpora, među kojima je najzastupljeniji sumpor-dioksid, prisutni u izlaznim dimnim gasovima iz termoenergetskih postrojenja i postrojenja procesne i hemijske industrije, a nastali kao rezultat sagorevanja fosilnih goriva koja u svom sastavu imaju sumpor. Razvoj novih i povećanje efikasnosti postojećih procesa uklanjanja SO_2 iz dimnih gasova predstavlja sve veći izazov, kako zbog rastuće svesti o potrebi zaštite životne sredine, tako i zbog sve oštrijih zakonskih regulativa u ovoj oblasti. Postojeći postupci za uklanjanje SO_2 se mogu klasifikovati u dve glavne grupe: mokri i suvi procesi. Osnovna podela mokrih procesa je napravljena prema aktivnoj komponenti (apsorbentu) na nekoliko grupa među kojima su trenutno najzastupljeniji postupci sa jedinjenjima zemnoalkalnih metala (CaCO_3 i Ca(OH)_2), koji su istorijski gledano među prvima praktično primenjeni. Međutim, ovi postupci imaju značajan nedostatak zbog stvaranja velikih količina čvrstog otpada. Poslednjih godina raste interesovanje za procese sa organskim rastvaračima koje je uglavnom moguće regenerisati termičkim putem. Kao sporedni rezultat navedenih procesa javljaju se sumporna kiselina, tečni SO_2 ili elementarni sumpor.

Ideja o korišćenju organskih rastvarača nije nova. Procesi zasnovani na korišćenju dimetilanilina i tetraetilen glikol dimetil etra su patentirani i industrijski primenjeni (U. S. Patent 21.106.453 (1940), *Gas Sep. Pur.* 5 (1991) 111). Obzirom da navedeni rastvarači i pored komercijalne primene imaju određena ograničenja, bilo u vidu nedovoljne selektivnosti procesa ili prevelikih energetskih zahteva prilikom regeneracije, u literaturi su predloženi alternativni organski rastvarači (npr. *J. Chem. Eng. Data* 53 (2008) 2598-2601, *Ind. Eng. Chem. Res.* 36 (1997) 4628-4637, *Can. J. Chem. Eng.* 74 (1996) 339-346). Novija istraživanja pokazuju da se kao vrlo efikasni i visoko selektivni apsorbeni za SO_2 mogu koristiti jonske tečnosti (*J. Phys. Chem. B* 110 (2006) 15059-15062, *J. Chem. Eng. Data* 52 (2007) 596-599, *Int. J. Hydrogen Energy* 33 (2008) 6031-6036, *Energy Fuels* 23 (2009) 4701-4708, *Journal of Hazardous Materials* 177 (2010) 807-813).

U okviru ove doktorske disertacije biće izvršena termofizička karakterizacija izabranih rastvarača i njihovih smeša eksperimentalnim merenjem, korelisanjem i predviđanjem njihovih volumetrijskih i transportnih svojstava. Disertacija će takođe uključiti modelovanje savremenog industrijskog procesa za uklanjanje SO_2 uz pomoć programskih paketa za projektovanje procesa (npr. Chemshare Design II ili Honeywell Unisim Design) kao i detaljnije modelovanje samog uređaja za apsorpciju uz pomoć softvera za CFD simulacije. Za istraživanje će biti odabrani i neki od klasičnih rastvarača, već primenjenih u industrijskim postrojenjima (npr. dimetilanilin i tetraetilenglikol dimetiletar) u kombinaciji sa tečnim polietilenglikolima, PEG 200 i PEG 400 i/ili alkoholima za koje je ustanovljeno da pokazuju povoljne karakteristike u pogledu apsorpcionih i desorpcionih karakteristika za kisele gasove u industrijskim procesima (npr. CN. Patent 1364096A (2002)). Polietilenglikol (PEG) je važan industrijski rastvarač sa povoljnim osobinama kao što su niska toksičnost, nizak napon pare, visoka hemijska stabilnost i niska tačka topljenja, zahvaljujući kojima je našao primenu u biotehnologiji, farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji, kao i za prečišćavanje dimnih gasova iz industrijskih i termoenergetskih postrojenja. Glavna prednost PEG je visoka rastvorljivost SO_2 i relativno laka desorpcija, što smanjuje energetske zahteve u procesu regeneracije rastvarača. Pregledom literature ustanovljeno je da su termofizičke i termodinamičke osobine sistema sa tečnim PEG vrlo malo ispitivane (*J. Chem. Eng. Data* 47 (2002) 1197-1204, *J. Chem. Eng. Data* 53 (2008) 785-793, *J. Chem. Eng. Data* 53 (2008) 2598-2601).

Pored organskih rastvarača, posledenjih godina istraživanja su pokazala da se neke jonske tečnosti takođe mogu primeniti u regenerativnim postupcima za uklanjanje SO₂ iz dimnih gasova. Za ispitivanje su izabrane jonske tečnosti za koje je pregledom literature utvrđeno da imaju visoku selektivnost za SO₂ (*Energy Fuels* 24 (2010) 1001-1008, *J. Membrane Sci.* 330 (2009) 80-89, *Int. J. Hydrogen Energy* 33 (2008) 6031-6036). Zbog relativno visoke cene ovih jedinjenja izabrane su jeftinije jonske tečnosti, a u cilju dodatnog smanjenja troškova procesa biće ispitana mogućnost korišćenja smeša ovih jedinjenja sa odabranim organskim rastvaračima (PEG i/ili alkoholi). Jonske tečnosti predstavljaju novu generaciju ekološki prihvatljivih rastvarača 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. Jedan od glavnih razloga velikog interesovanja za jonske tečnosti je njihov zanemarljiv napon pare, što smanjuje opasnost od isparavanja i gubitaka rastvarača u atmosferu. Upravo zbog ove osobine, jonske tečnosti se pominju kao "čistija" zamena isparljivih organskih rastvarača. Još veći stepen podešavanja osobina, u skladu sa konkretnom primenom, može se postići kombinovanjem sa drugim jedinjenjima niske isparljivosti kao što su polimeri. Ideja o smešama jonskih tečnosti i polimera se javlja u literaturi poslednjih godina (npr. *J. Phys. Chem. B* 113 (2009) 7606-7614) i smatra se da će naći primenu u različitim oblastima industrije, pa je utoliko veći značaj poznavanja termofizičkih i transportnih osobina ovakvih sistema.

Eksperimentalna merenja obuhvatiće određivanje gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije organskih rastvarača, jonskih tečnosti i njihovih smeša, na atmosferskom pritisku i u širem temperaturnom intervalu. Eksperimentalna merenja biće dopunjena primenom postojećih i razvojem novih modela, posebno kada su u pitanju sistemi sa jonskim tečnostima, za korelisanje i predviđanje svojstava čistih supstanci i njihovih smeša. Za modelovanje svojstava binarnih i ternarnih smeša koristiće se empirijski (Redlih-Kister, Nagata-Tamura, Cibulka, Radojković itd.) i poluempirijski modeli (npr. kubne jednačina stanja, u koje su uključena odgovarajuća pravila mešanja) kao i modeli doprinosa grupa (ASOG, modifikovani UNIFAC). Primenom ovih modela biće određeni dopunska zapremina, viskoznost i indeks refrakcije ispitivanih višekomponentnih sistema (npr. *Fluid Phase Equilibria* 239 (2006) 69-82, *Fluid Phase Equilibria* 263 (2008) 205-213, *Thermochim. Acta* 496 (2009) 71-86, *Fluid Phase Equilibria* 299 (2010) 191-197, *J. Chem. Eng. Data* 55 (2010) 1739-1744).

Navedene aktivnosti imaju za cilj bolje poznavanje svojstava novih rastvarača primenljivih u regenerativnim postupcima prečišćavanja dimnih gasova, ali i u drugim industrijskim procesima.

U okviru ove doktorske disertacija će takođe biti izvršeno modelovanje savremenog industrijskog procesa uz korišćenje eksperimentalno određenih termofizičkih karakteristika rastvarača. Osnovni kriterijumi za izbor rastvarača biće zadovoljavajuća efikasnost uklanjanja SO₂, visoka selektivnost za SO₂ u odnosu na CO₂ i NO_x, dobra mogućnost regeneracije desorpcijom vezanog SO₂, kao i cena rastvarača. Analiza će takođe uključiti i izbor odgovarajućeg termodinamičkog modela za određivanje parametara ravnoteže gas-tečnost. Ostali podaci neophodni za simulaciju procesa (npr. rastvorljivost SO₂ u određenom rastvaraču, koeficijenti difuzije i sl.) biće preuzeti iz literaturnih izvora ili iz baze komercijalnih programskih paketa. U prvoj fazi modelovanja biće urađena simulacija dela postrojenja za prečišćavanje dimnih gasova, odnosno sekcije za uklanjanje SO₂, koja uključuje proces apsorpcije u različitim tipovima kolona (sa punjenjem, sa podovima itd.) i proces desorpcije tj. regeneracije rastvarača uz pomoć softvera za projektovanje uređaja i procesa (npr. Chemshare Design II ili Honeywell Unisim Design). U drugoj fazi će biti napravljen model procesa u apsorpcionoj koloni u programskom paketu za CFD modelovanje u cilju dobijanja detaljnog koncentracionog profila u uređaju.

3. Polazne hipoteze

Predložena doktorska disertacija ima za cilj izbor odgovarajućih rastvarača za primenu u regenerativnim postupcima uklanjanja SO₂ iz dimnih gasova, njihovu termofizičku karakterizaciju kao i modelovanje samog procesa, koji uključuje dve faze: apsorpciju SO₂ i termičke regeneraciju rastvarača. Termofizička karakterizacija rastvarača će obuhvatiti eksperimentalno određivanje gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije izabranih organskih rastvarača, jonskih tečnost i njihovih smeša. Na bazi dobijenih

gustina, indeksa refrakcije i viskoznosti određiće se dopunska zapremina, promena indeksa refrakcije i promena viskoznosti smeša.

Eksperimentalni podaci biće obrađeni pomoću empirijskih jednačina (Redlich-Kister i Nagata Tamura). Dopunska zapremina smeša biće izračunata primenom kubne jednačine stanja (PRSV) u koju su ugrađena savremena pravila mešanja (vdW1 i TCBT). Viskoznost izabranih sistema biće određena primenom korelativnih (Teja-Rice, McAlister) i prediktivnih modela (UNIFAC VISCO, ASOG VISCO). Za određivanje indeksa refrakcije binarnih i ternarnih smeša biće korišćene Lorentz-Lorenz, Dale-Gladston, Eykman, Arago-Biot, Newton i Oster jednačine. Obzirom da u savremenoj literaturi postoji veliko interesovanje za teorijsko i empirijsko povezivanje različitih osobina, pristup baziran na ovim jednačinama biće takođe primenjen za izračunavanje dopunske zapremine pomoću indeksa refrakcije.

Ovako dobijene vrednosti termofizičkih parametara, zajedno sa literaturnim vrednostima za koeficijente prenosa mase, rastvorljivosti SO₂ i sl. predstavljaće ulazne podatke za CFD simulaciju uređaja za apsorpciju. U nekom od programskih paketa za projektovanje procesa (Honeywell Unisim Design ili Chemshare Design II) biće urađena simulacija izabranog industrijskog postrojenja za uklanjanje SO₂ i regeneraciju odabranih apsorbenata. Na osnovu dobijenih rezultata biće formirani zaključci o efikasnosti analiziranih procesa i primenljivosti odabranih rastvarača sa ekonomskog i ekološkog aspekta.

4. Naučne metode istraživanja

Eksperimentalna merenja u okviru doktorske disertacije će biti obavljena na uređajima najnovije generacije, visoke tačnosti. Za merenje gustine biće korišćen digitalni gustinomer Anton Paar 5000, preciznosti 10⁻⁶ g·cm⁻³ i tačnosti 5×10⁻⁵ g·cm⁻³. Indeks refrakcije biće određen refraktometrom Anton Paar RXA 156, preciznosti 2×10⁻⁵. Viskoznost će biti merena pomoću viskozimetra SVM 3000, preciznosti 1×10⁻⁴ mPas. Sastav smeša će se određivati posebnom procedurom uz merenje mase, vagom tipa Mettler AG 204, preciznosti 10⁻⁴ g. Obrada eksperimentalnih podataka, korelisanje i predviđanje dopunske zapremine i viskoznosti i predviđanje dopunske zapremine smeša iz podataka za indeks refrakcije, biće zasnovana na poluempirijskim i empirijskim modelima razvijenim u programskom jeziku Fortran. Simulacija uređaja i postrojenja za uklanjanje sumpor-dioksida iz dimnih gasova biće urađena u komercijalnim programskim paketima za CFD simulacije i projektovanje procesa.

5. Očekivani naučni doprinos

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

- proširenje baze podataka novim, pouzdanim eksperimentalnim podacima za organske rastvarače, jonske tečnosti i njihove smeše značajne sa aspekta uklanjanja SO₂ iz dimnih gasova,
- pouzdano određivanje termodinamičkih svojstava izabranih višekomponentnih sistema kao i uticaja temperature na njihove vrednosti,
- ispitivanje i analiza primenljivosti različitih termodinamičkih modela za predviđanje, korelisanje i međusobno povezivanje termofizičkih parametara višekomponentnih smeša,
- izbor najpogodnijih rastvarača za primenu u procesima uklanjanja SO₂ na osnovu rezultata simulacije uređaja i postrojenja.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Plan istraživanja obuhvata sledeće aktivnosti: literaturni pregled aktuelnih postupaka za uklanjanje SO₂ iz dimnih gasova, uključujući i poređenje postupaka sa aspekta efikasnosti samog procesa, investicionih i operativnih troškova, uticaja na životnu sredinu i mogućnosti za komercijalnu primenu sporednih produkata procesa; izbor najpovoljnijih rastvarača i njihovih smeša za primenu u regenerativnom postupku sa stanovišta apsorpcionih i desorpcionih karakteristika, energetske efikasnosti i ekološke prihvatljivosti; eksperimentalno određivanje gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije izabranih sistema; obrada eksperimentalnih podataka i modelovanje termodinamičkih svojstava - dopunske molarne

zapremine, promene indeksa refrakcije i promene viskoznosti ispitivanih smeša; modelovanje uređaja i postrojenja za uklanjanje SO₂; analiza rezultata modelovanja.

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

1. UVOD
2. TEORIJSKI DEO
 - Pregled aktuelnih postupaka uklanjanja SO₂ iz dimnih gasova industrijskih i termoenergetskih postrojenja
 - Izbor rastvarača za primenu u regenerativnim procesima
3. EKSPERIMENTALNI DEO- ODREĐIVANJE GUSTINE, VISKOZNOSTI I INDEKSA REFRAKCIJE VIŠEKOMPONENTNIH SMEŠA
4. MODELOVANJE TERMOFIZIČKIH PARAMETARA ISPITIVANIH SISTEMA
5. MODELOVANJE UREĐAJA I POSTROJENJA ZA UKLANJANJE SO₂
6. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA
7. ZAKLJUČAK

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog, Komisija smatra da je tema doktorske disertacije **Regenerativni postupci uklanjanja sumpor-dioksida iz dimnih gasova – izbor i određivanje termofizičkih svojstava novih rastvarača i njihovih smeša i modelovanje procesa**, koju je predložio mr Nikola Živković, dipl. ing. mašinstva naučno zasnovana. Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da prihvati predloženu temu i odobri izradu navedene doktorske disertacije pod mentorstvom Dr Slobodana Šerbanovića, redovnog profesora Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu.

Naučna oblast kojoj predložena tema pripada je Hemija i Hemijska tehnologija (uža oblast Hemijsko inženjerstvo) za koju je matična ustanova Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 04.04.2011.

ČLANOVI KOMISIJE

1. Dr Slobodan Šerbanović, redovni profesor TMF
2. Dr Mirjana Kijevčanin, vanredni profesor TMF
3. Dr Predrag Stefanović, naučni savetnik, Institut za Nuklearne Nauke Vinča
4. Dr Ivona Radović, docent TMF