

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

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta održanoj 26.05.2011. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata Vuka D. Spasojevića, dipl. inženjera tehnologije, pod nazivom „**Termodinamička analiza i modelovanje procesa uklanjanja ugljen-dioksida iz dimnih gasova**“. Posle pregleda i analize dostavljenog materijala, Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Podaci o kandidatu

Vuk Spasojević je rođen 09.07.1981. godine u Beogradu, Republika Srbija. Završio je osnovnu školu „Užička Republika“ i Desetu beogradsku gimnaziju „Mihajlo Pupin“ u Beogradu.

Tehnološko-metalurški fakultet upisao je 2000. godine, a diplomirao 2007. godine na smeru Hemijsko inženjerstvo, sa srednjom ocenom u toku studija 8,33 i ocenom 10 na diplomskom radu. Poslediplomske studije nastavlja upisom doktorskih studija 2007. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu, smer Hemijsko inženjerstvo.

Od 2007. godine zaposlen je u Nuklearnom institutu „Vinča“, u Laboratoriji za termotehniku i energetiku. Kandidat je u periodu od 2007. godine do danas bio angažovan u sledećim istraživačkim oblastima: primena plazma tehnologije u cilju podrške procesa sagorevanja u termoeenergetskim kotlovima, modelovanje i simulacija procesa, kosagorevanje komunalnog čvrstog otpada sa ugljenim prahom u kotlovima termoeenergetskih postrojenja, karakterizacija čvrstih i tečnih goriva, karakterizacija biomase kao goriva. Koautor je studije iz oblasti procene emisionih faktora gasova staklene bašte Republike Srbije (za potrebe Ministarstva životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja), kao i Studije mogućnosti primene „on-line“ merača kvaliteta uglja, a za potrebe sagorevanja ugljeva Kolubarskog basena u termoeenergetskim postrojenjima Srbije.

Pored naučne aktivnosti i angažovanja na realizaciji projekata za potrebe Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, kandidat je u periodu od 2007. do 2010. bio angažovan na poziciji vršioca dužnosti rukovodioca Odeljenja za karakterizaciju čvrstih goriva, akreditovanog od strane Akreditacionog tela Srbije. Od 2010 do danas, kandidat je angažovan na poziciji rukovodioca Odeljenja za karakterizaciju čvrstih goriva. Od 2008. godine je zaposlen u zvanju Istraživača saradnika.

U periodu od 2007. do 2010. godine kandidat je bio angažovan na realizaciji dva projekata iz oblasti tehnološkog razvoja (TR 17020 i TR 18004), a trenutno je angažovan na realizaciji dva projekta TR33050 i III42010, finansiranih od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. Kandidat je bio angažovan na međunarodnom projektu FP6 Recofuel, TREN/ 04/ FP6EN/ S07.32813/ 503184, u periodu 2007 – 2008. Trenutno je angažovan na realizaciji međunarodnog projekta WBalkICT pod pokroviteljstvom Evropske Unije.

Autor je ili koautor jednog rada u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51), jednog saopštenja sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33) i tri rada sa međunarodnih skupova štampanih u izvodu (M34).

Vuk Spasojević govori i služi se tečno engleskim jezikom uz poznavanje francuskog jezika.

Od 2007. godine je član Saveza hemijskih inženjera Srbije.

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

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. N.V. Živković, G.S. Živković, P.Lj Stefanović, D.B. Cvetinović, **V.D. Spasojević**: "Numerical Simulation Of Coal Powder Fractions Distribution In Thermal Power Plant Mixture Channel", Proceedings of the 21st International Conference ECOS 2008, Cracow-Gliwice, Poland June 24-27, 2008, pp. 353-359,

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. **V.D. Spasojević**, V. Turanjanin, D. Đurović, B. Vučićević, M. Jovanović, „Estimate of residential energy consumption in Belgrade“, Međunarodna konferencija Elektrane 2010, Vrnjačka Banja (2010), str 139

2. M. Jovanović, B. Vučićević, V. Turanjanin, **V.D. Spasojević**, „Determination of energy indicators in the household sector with aim to sustainable development of urban areas“, Medjunarodna konferencija Elektrane 2010, Vrnjačka Banja (2010), str 131
3. V. Turanjanin, B. Vučićević, M. Jovanović, **V.D. Spasojević**, „Energy consumption in Belgrade households sector part 2: Possibility of energy efficiency increasing“, Medjunarodna konferencija Elektrane 2010, Vrnjačka Banja (2010), str 138

Rad u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51)

1. S. Nemoda, S. Belošević, M. Mladenović, D. Dakić, P. Stefanović, B. Grubor, D. Cvetinović, **V. Spasojević**, Numerička simulacija prodora gasovitog mlaza u fluidizovani sloj, Termotehnika 34 (2008) 97-116, ISSN: 0350-218X

Studije

1. 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, 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

Globalni privredni i industrijski razvoj u proteklih par decenija je doveo do povećane potražnje za energijom, a time i do povećanja emisije različitih gasova. Usled sve većeg povećanja emisije ugljen-dioksida, kao i njenog uticaja na globalne klimatske promene, u svetu se sve više pokreću programi i istraživanja, uspostavljaju međunarodni sporazumi, kakav je i protokol u Kjotou, čiji su ciljevi, između ostalog, smanjenje emisije ugljen-dioksida. Uvodjenje kvota, sistema naplate i kazni za emisije gasova staklene bašte, za svaku od zemalja potpisnica protokola iz Kjotoa, stvorilo je pogodno uslove za uvođenje novih tehnologija za uklanjanje navedenih gasova. U okviru ove doktorske teze ispitivaće se domaća termoenergetska postrojenja, koja predstavljaju najveće emitere gasova staklene bašte u našoj zemlji. Takođe, analiziraće se i karakteristike različitih procesa uklanjanja ugljen-dioksida, što nije ograničeno samo na postupke uklanjanja ugljen-dioksida iz imnih gasova energetskih postrojenja, već su primenjiva na sva industrijska postrojenja koja imaju emisiju ugljen-dioksida.

U okviru doktorske teze, biće dat pregled svih trenutno dostupnih tehnoloških postupaka za uklanjanje, odnosno smanjenja emisije ugljen-dioksida. Rad će se bazirati na postupku hemisorpcije uz pomoć binarnih i ternernih sistema aminalkohola (mono-, di- i tri- i-propanolamina, dietanolamina) i alkohola (1- butanola i 2- butanola) kao trenutno, tehnološki i ekonomski najprihvatljivijeg rešenja.

Ideja o korišćenju aminalkohola za potrebe tretmana kiselih gasova se javila tokom ispitivanja postupaka za komercijalnu proizvodnju sode za potrebe prehrambene industrije, tj. industrije pića (U.S. Patent 1.783.081 (1933)). Od tada do danas, mnogobrojna istraživanja su sprovedena u cilju ispitivanja najpogodnijih rastvarača a za potrebe uklanjanja ugljen-dioksida (*Ind. Eng. Chem. Res.* 43 (2004) 2228-2237, *Ind. Eng. Chem. Res.* 45 (2006) 2497-2504, *Ind. Eng. Chem. Res.* 43 (2004) 3413-3418, *Ind. Eng. Chem. Res.* 48 (2009) 2172-2178, *Environ. Sci. Technol.* 35 (2001) 2352-2357, *Environ. Sci. Technol.* 37 (2003) 1670-1675, *Energy and Fuels* 17 (2003) 1034-1039, *Process Saf. Environ. Prot.* 86 (2008) 347-359, *Chem. Thermodyn.* 32 (2000) 1285-1296). Rezultat ovih istraživanja su na stotine industrijskih postrojenja od kojih su neka u funkciji već preko četrdeset godina.

Doktorska disertacija će obuhvatiti termofizičku karakterizaciju navedenih binarnih i ternernih sistema aminalkohola i alkohola. Eksperimentalnim merenjima, korelisanjem i predviđanjem njihovih volumetrijskih i transportnih svojstava, biće određeni dopunska zapremina, kao i promene indeksa refrakcije i viskoznosti, koji predstavljaju neke od ključnih parametara za karakterizaciju fluida u realnim industrijskim postrojenjima. Dalje, u okviru doktorske disertacije, pomoću softvera za CFD simulaciju će se u cilju dobijanja realnih temperaturnih, koncentracionih, kao i profila brzina i pritiska, pristupiti ispitivanju različitih uređaja za apsorpciju, kako bi se odabralo optimalno postrojenje sa tehničkog i ekonomskog aspekta. Eksperimentalna merenja će predstavljati ulazne podatke za modelovanje i simulaciju industrijskog postrojenja za uklanjanje ugljen-dioksida. Modelovanje će biti izvršeno u nekom od programskih paketa za projektovanje procesa, poput Chemshare Design II, Honeywell Unisim Design, ChemCad.

Izbor fluida za analizu je bio uslovljen karakteristikama amina, koji se zbog prisustva slobodnog elektronskog para, ponašaju kao baze. Upravo ova baznost amina dovodi do hemijske reakcije između amina i ugljen-dioksida, a različiti faktori mogu uticati na povećanje, odnosno smanjenje baznosti amina. Prilikom izbora vrste amina koji će biti korišćeni u eksperimentalnom delu ovog doktorata vodilo se računa o sledećim parametrima:

- Afinitetu prema vezivanju ugljen-dioksida
- Sposobnosti regeneracije amina, kao i o energetskim zahtevima za regeneraciju
- Korozivnosti
- Temperaturnoj stabilnosti
- Baznosti
- Temperaturi topljenja
- Ceni
- Sposobnosti mešanja (blendovanja) sa ostalim aminima.

Po pitanju afiniteta amina prema vezivanju ugljen-dioksida, primarni amini pokazuju najveći stepen vezivanja. U zavisnosti od uslova pri kojima se proces absorpcije odvija, na primer 1 mol amina može vezati približno 1 mol ugljen-dioksida. Primarni amini se već dugu niz godina uspešno koriste u industrijskim postrojenjima za uklanjanje ugljen-dioksida, od kojih se na prvom mestu ističe mono etanol amin (MEA). Primarni amini, međutim, sa povećanjem molskog udela, naročito za vrednosti preko 30% mol amina, pospešuju korozivne procese u termo energetskim postrojenjima. Zbog toga se preporučuje da se prilikom zamene primarnog amina (MEA) drugim, ova vrednost ne premašuje. Sekundarni amini pokazuju nešto slabiji stepen vezivanja ugljen-dioksida dok je taj stepen najmanji kod tercijarnih amina. Hemijska reakcija između amina i ugljen-dioksida je egzotermna reakcija, što dovodi do porasta temperature u absorpcionoj koloni. Novonastalo jedinjenje je energetski stabilnije. U daljem postupku je predviđeno da se amin zasićen ugljen-dioksida odvodi do kolone za desorpciju, odnosno u kolonu za regeneraciju amina. Ovaj postupak se izvodi na povišenoj temperaturi, u temperaturnom opsegu od 110°C do 125°C. Znači, potrebno je uložiti dodatnu energiju u cilju raskidanja hemijskih veza koje su uspostavljene između amina i ugljen-dioksida. Budući da oko 70% ukupnih energetskih zahteva otpada upravo na proces regeneracije amina, jasno je da je u cilju smanjenja ukupnih materijalnih troškova ovakvog procesa, potrebno odabrati tip amina koji će sa jedne strane posedovati dobre karakteristike vezivanja ugljen-dioksida, a sa druge da energetske potrebe regeneracije budu što je moguće manje. Sekundarni amini, pokazuju upravo ovakva svojstva. Oni imaju karakteristiku dobrog vezivanja ugljen-dioksida poput primarnih amina, ali i male zahteve za toplotom regeneracije koju karakterišu tercijarni amini. Korozivnost je loša karakteristika amina, ali se održavanjem niskih udela amina u sistemu, ovaj problem može uspešno rešiti. Sledeći parametar koji je potrebno obezbediti je termička stabilnost izabranog amina, u temperaturnom opsegu procesa, tj. da pri procesu ne dolazi do termičke degradacije, kao ni degradacije usled procesa oksidacije. Proces vezivanja amina se odvija u koloni za absorpciju na atmosferskom pritisku i temperaturi od 50 do 55 °C.

Eksperimentalni deo će obuhvatiti merenja gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije u temperaturnom intervalu od 15 do 60 °C. Kao što je već rečeno, jedan od ključnih parametara koji izabran aminalkohol mora da poseduje je baznost. Što je baznost aminalkohola veća to će i afinitet prema vezivanju ugljen-dioksida biti veći. Pri tome se naravno mora voditi računa da baznost aminalkohola ne bude suviše velika jer će dovesti do većih energetskih potreba u postupku regeneracije aminalkohola. Po pitanju baznosti aminalkoholi se ponašaju kao slabe baze. Supstitucija vodonikovog atoma alkil ili aril grupom može dovesti do promene baznosti amina. Dodatkom alkil grupe povećava se baznost aminalkohola, dok se dodatkom aril grupe smanjuje. Razgranatost aminalkohola je još jedan parametar koji utiče na baznost. Prostorni raspored različitih grupa koje su supstituisane umesto vodonika u molekulu aminalkohola, doprinose većoj ili manjoj zaklonjenosti slobodnog elektronskog para, što će odrediti u kolikoj meri određen derivat amina uspešno može da reaguje sa ugljen-dioksida. Cena je još jedan od bitnih čimilaca prilikom odabira aminalkohola. Široka upotreba amina u ostalim industrijama kao što je industrija boja i lakova, prehrambena, farmaceutska je dovela do velike ponude različitih derivata amina na tržištu, pa samim tim i do relativno niskih cena aminalkohola koji se koriste u postupku uklanjanja ugljen-dioksida. Aproksimativno se može reći da cena aminalkohola raste sa povećanjem molarne mase kao i broja supstituisanih grupa u jedinjenju aminalkohola. Poslednja karakteristika koja je takodje važna, jeste sposobnost mešanja, odnosno blendovanja aminalkohola sa ostalim aminalkoholima. Naime, u poslednje vreme se intenzivno eksperimentiše sa upotrebom smeša različitih aminalkohola. Primećeno je da mali dodatak primarnih aminalkohola, tercijarnim, može drastično povećati sposobnost vezivanja ugljen-dioksida bez većih promena po pitanju energetske zahtevnosti za regeneraciju. Rastvorljivost aminalkohola u vodi je takodje povezana sa dostupnošću slobodnog elektronskog para azota, budući da se između ovih elektrona i molekula vode formiraju vodonične veze. Što je formiranje vodoničnih veza lakše to će i rastvorljivost aminalkohola u vodi biti veća.

Uzimajući u obzir navedene teorijske osnove, u okviru doktorske disertacije će biti ispitivani sistemi amin-alkohola i alkohola, i njihovo poredjenje sa sistemima koji su već našli industrijsku primenu (*Ind. Eng. Chem.* 49 (1957) 69-82 *Chem. Eng. Prog.* (1991) 62-67, 1987, *Proceedings - Gas Conditioning Conference* (1987) 137-158, *Oil & Gas*

J.(1980) 139-150. Težište ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije će biti na ispitivanju binarnih i ternernih sistema primarnih, sekundarnih i tercijarnih amina alkohola.

Eksperimentalna merenja obuhvatiće određivanje gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije amina alkohola kao rastvarača i njihovih smeša, na atmosferskom pritisku i u širem temperaturnom intervalu. Eksperimentalna merenja biće dopunjena primenom modela za korelisanje i predviđanje svojstava čistih supstanci i njihovih smeša. Za modelovanje svojstava binarnih i ternernih smeša koristiće se empirijski (Redlich-Kister, Nagata-Tamura, Cibulka, Radojković itd.) i poluempirijski modeli (npr. modeli kubnih jednačina stanja, u koje su uključena odgovarajuća pravila mešanja CEOS i CEOS/G^E tipa), 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 disertacije će takođe biti izvršeno modelovanje savremenog industrijskog procesa za uklanjanje ugljen-dioksida, uz korišćenje eksperimentalno određenih termofizičkih karakteristika rastvarača. U prvoj fazi modelovanja biće urađena simulacija dela postrojenja za prečišćavanje dimnih gasova, odnosno sekcije za uklanjanje ugljen-dioksida, koja uključuje proces hemijske apsorpcije u različitim tipovima apsorpcionih kolona (sa punjenjem, sa podovima itd.) i proces desorpcije tj. regeneracije rastvarača, uz pomoć softvera za projektovanje uređaja i procesa (na primer Chemshare Design II, Honeywell Unisim Design, ChemCad itd.). U drugoj fazi će biti napravljen model procesa u apsorpcionoj koloni u programskom paketu za CFD modelovanje u cilju dobijanja detaljnih karakteristika aparata.

3. Polazne hipoteze

Predložena doktorska disertacija ima za cilj izbor odgovarajućih rastvarača za primenu u regenerativnim postupcima uklanjanja ugljen-dioksida iz dimnih gasova, njihovu termofizičku karakterizaciju, kao i modelovanje samog procesa, koji uključuje dve faze: hemijsku apsorpciju ugljen-dioksida i termičku regeneraciju rastvarača. Termofizička karakterizacija rastvarača će obuhvatiti eksperimentalno određivanje gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije izabranih sistema primarnih, sekundarnih i tercijarnih sistema amina alkohola i alkohola. 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 ternernih 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 ugljen-dioksida i dr. predstavljaju ulazne podatke za CFD simulaciju uređaja za apsorpciju. U nekom od programskih paketa za projektovanje procesa (Honeywell Unisim Design ili Chemshare Design II, ChemCad) biće urađena simulacija izabranog industrijskog postrojenja za uklanjanje ugljen-dioksida 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

Za realizaciju predloženih istraživanja, u okviru doktorske disertacije izvršiće se eksperimentalna merenja na savremenim uređajima visoke preciznosti i tačnosti. Za merenje gustine biće korišćen digitalni gustinomer Anton Paar 5000, preciznosti $10^{-6} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i tačnosti $5\times 10^{-5} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Indeks refrakcije biće određen refraktometrom Anton Paar RXA 156, preciznosti 2×10^{-5} . Viskoznost će biti merena pomoću viskozimetra SVM 3000, preciznosti $1\times 10^{-4} \text{ mPas}$. Sastav smeša će se određivati gravimetrijski, 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 ugljen-dioksida iz dimnih gasova biće urađena u komercijalnim programskim paketima za projektovanje procesa i CFD simulacije.

5. Očekivani naučni doprinos

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

- povećanje fundamentalnog poznavanja termodinamičkih i transportnih osobina rastvora aminalkohola i/ili alkohola,
- proširenje baze podataka novim, pouzdanim eksperimentalnim podacima za rastvarače na bazi aminalkohola kao i njihovih smeša koje su značajne sa aspekta uklanjanja ugljen-dioksida iz dimnih gasova,
- ispitivanje kako i u kojoj meri, promena temperature i koncentracije utiče na promene termodinamičkih svojstva ispitivanih višekomponentnih sistema,
- validacija korelacionih i predikcionih termodinamičkih modela za transportna svojstva višekomponentnih smeša,
- simulacija uređaja i postrojenja za hemisorpciju će pružiti informacije potrebne za izbor najpovoljnijeg višekomponentnog sistema za uklanjanje ugljen-dioksida,
- navedena ispitivanja će pružiti jasniju sliku o sternim efektima i efikasnosti višekomponentnih sistema aminalkohola i dati smernice za dalja ispitivanja sličnih sistema,
- neselektivnost uklanjanja ovakvih sistema omogućava upotrebu dobijenih podataka za analize mogućnosti primene za uklanjanje i drugih polutanata osim ugljen-dioksida, poput oksida azota i sumpora.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Planom istraživanja će prvo biti prezentovani literaturni podaci svih postupaka koji trenutno stoje na raspolaganju za potrebe uklanjanja ugljen-dioksida iz dimnih gasova. U okviru analize ovih podataka, biće jasno i precizno prikazano, zašto je postupak hemisorpcije trenutno najzastupljeniji i najpogodniji postupak za tretman dimnih gasova, kako se tehno-ekonomskog aspekta, tako i sa aspekta efikasnosti samog procesa i očuvanja životne sredine. U nastavku će biti dat prikaz hemijskih svojstava aminalkohola kao derivata amina, sa zaključcima koji obrazlažu izbor višekomponentnih sistema koji su obuhvaćeni ovom doktorskom disertacijom. Istraživanje će obuhvatiti efekte upotrebe ovakvih višekomponentnih sistema, uzimajući u obzir sledeće parametre: afinitet navedenih sistema prema vezivanju ugljen-dioksida, sposobnost regeneracije, kao i energetske zahteve za regeneraciju aminalkohola, cene, bezbednosti rukovanja ovakvim sistemima, uticaja na čovekovu okolinu, kako kroz emisiju u atmosferu tako i uticaja na zemljište i podzemne vode u slučaju akcidentnih industrijskih situacija, uticaj navedenih višekomponentnih sistema na rad i životni vek procesne opreme, korozivnost i selektivnosti uklanjanja kao i mogućoj upotrebi ovih sistema za istovremeno uklanjanje i drugih polutanata poput oksida azota i sumpora. Daljim planom istraživanja je predviđeno eksperimentalno određivanje viskoznosti, gustine i indeksa refrakcije višekomponentnih binarnih i ternarnih sistema. Dobijeni eksperimentalni rezultati će biti modelovani uz pomoć različitih termodinamičkih modela. Efekti dopunskih veličina koje su dobijeni merenjem gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije predstavljaju ulazne podatke za potrebe validacije korelacionih i predikcionih termodinamičkih modela koji se koriste za određivanje volumetrijskih i transportnih svojstava višekomponentnih smeša. Ova analiza će pokazati koji modeli, i sa kolikom preciznošću, mogu biti uspešno korišćeni za potrebe korelisanja višekomponentnih sistema. Nakon eksperimentalnih merenja, biće dat prikaz različitih tipova reakcionih kolona za apsorpciju i desorpciju ugljen-dioksida iz dimnih gasova. Iz literarnih podataka će biti ukratko objašnjeni potencijalni tehnički problemi koji se mogu javiti u okviru rada postrojenja za prečišćavanje dimnih gasova kao i predložiti mera za njihovo rešavanje. Ispitivanja različitih tipova uređaja za uklanjanje će biti sprovedene uz pomoć CFD softverskih paketa. Odabrano rešenje uređaja za apsorpciju će biti iskorišćeno za simulaciju celokupnog postrojenja za uklanjanje ugljen-dioksida iz dimnih gasova u okviru programskih paketa navedenih u ovom Izveštaju.

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

1. Pregled aktuelnih postupaka uklanjanja ugljen-dioksida iz dimnih gasova industrijskih i termoelektričnih postrojenja
2. Eksperimentalni deo
 - Izbor rastvarača za primenu u regenerativnim procesima
 - Određivanje gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije višekomponentnih smeša
3. Korelisanje i predviđanje termofizičkih parametara ispitivanih sistema
 - Izbor rastvarača za primenu u regenerativnim procesima
 - Određivanje gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije višekomponentnih smeša

- Prikaz modela za određivanje termofizičkih parametara višekomponentnih sistema
 - Prikaz rezultata modelovanja termofizičkih parametara
4. Modelovanje i simulacija uređaja i postrojenja za uklanjanje ugljen-dioksida
 5. Diskusija rezultata
 6. Zaključak

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog, Komisija smatra da je tema doktorske disertacije **Termodinamička analiza i modelovanje procesa uklanjanja ugljen-dioksida iz dimnih gasova** koju je predložio Vuk D. Spasojević, dipl. ing. tehnologije naučno zasnovana. Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da prihvati predloženu temu i odobri izradu navedene doktorske disertacije pod mentorstvom Dr Mirjane Kijevčanin, vanrednog 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, 10.06.2011.

ČLANOVI KOMISIJE

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