

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

290/4

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

(Број захтева)
18.04.2011. године
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06)“, дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

ГОРАНА (ВОЈИН) СИМЕУНОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ГОРАН (ВОЈИН) СИМЕУНОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

**МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ, СИМУЛАЦИЈА И ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПЛОЧАСТИХ РАЗМЕЊИВАЧА
ТОПЛОТЕ**

Универзитет је дана 13.09.2006. год. својим актом под бр 16/15 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ, СИМУЛАЦИЈА И ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПЛОЧАСТИХ РАЗМЕЊИВАЧА
ТОПЛОТЕ**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ГОРАНА (ВОЈИН) СИМЕУНОВИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 03.03.2011. године, одлуком факултета под бр. 290/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Владимир Стевановић</u>	Редовни професор	Термоенергетика	Машински факултет Београд
2. <u>Др Милорад Бојић</u>	Редовни професор	Термодинамика	МФ Крагујевац
3. <u>Др Драгутин Дебељковић</u>	Редовни професор	Аутоматско управљање	Машински факултет Београд
4. <u>Др Бранислав Јаћимовић</u>	Редовни професор	Процесна техника	Машински факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 17.03.2011. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 290/4
Датум:
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Владимир Стевановић, проф.др Милорад Бојић, Машински факултет Крагујевац, проф.др Драгутин Дебељковић, ментор, проф.др Бранислав Јаћимовић о оцени докторске дисертације „Математичко моделирање, симулација и идентификација плочастих размењивача топлоте“ докторанта мр Горана Симеуновића, дипл.инж.маш.,спец., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 17.03.2011. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације „**МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ, СИМУЛАЦИЈА И ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПЛОЧАСТИХ РАЗМЕЊИВАЧА ТОПЛОТЕ**“ докторанта **МР ГОРАНА СИМЕУНОВИЋА**, дипл.инж.маш., спец.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

**MAŠINSKI FAKULTET
UNIVERZITET U BEOGRADU**

**NASTAVNO NAUČNOM VEĆU
MAŠINSKOG FAKULTETA**

GOSPODINU DEKANU
Dr Miloradu Milovančeviću, profesoru

Odlukom Nastavno naučnog veća Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 290 / 2 od 03.03.2011. god. imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije, pod nazivom:

**Matematičko modeliranje,
simulacija i identifikacija
pločastih razmenjivača toplote**

kandidata Mr **Goran V. Simeunović**, dipl. inž. maš., spec. o kojoj podnosimo sledeći:

I Z V E Š T A J

Doktorska disertacija pod naslovom: **Matematičko modeliranje, simulacija i identifikacija pločastih razmenjivača toplote** koju je podneo Mr **Goran V. Simeunović**, dipl. inž. maš., spec, dipl. inž. maš., urađena je na 180 strana teksta, sadrži 29 slika, 5 tabela, 18 dijagrama i 72 citata referentne literature.

Kandidat mr **Goran V. Simeunović**, dipl. inž. maš.,spec., je svojim dopisom br. 633/1 od 10.03. 2006. god. podneo prijavu teme doktorske disertacije Naučno-nastavnom veću Mašinskog fakulteta u Beogradu.

Na osnovu obaveštenja, saopštenog na sednici Nastavno naučnog veća Mašinskog fakulteta održanoj 29.09.2006. god., Komisija za ocenu ispunjenosti uslova kandidata i naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije, formirane na sednici Katedre za automatsko upravljanje, održanoj 04.07.2006.god., podela je pozitivan Izveštaj o prijavi doktorske disertacije mr **Goran V. Simeunović**, dipl. inž. maš.,spec., zaveden u arhivi Mašinskog fakulteta u Beogradu pod red. br. 633/2 od 07.07.2006.god.

Naučno-nastavno veće Mašinskog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 13.07.2006.god., donelo je Odluku o prihvatanju predloga o ispunjenosti uslova i naučnoj zasnovanosti predmetne doktorske disertacije pod red. br. 633/3 od 13.07.2006.god. kandidata mr **Goran V. Simeunović**, dipl. inž. maš.,spec i istu uputila Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na saglasnost.

Na osnovu pozitivnog mišljenja Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, održanog 13.09.2006.god. Odlukom br. 849/1 od 29.09.2006.god. dekana Mašinskog fakulteta u Beogradu data je saglasnost i odobrenje da kandidat **mr Goran V. Simeunović**, dipl. inž. maš.,spec., **može da radi na navedenoj temi doktorske** disertacije.

Na osnovu izveštaja profesora dr Dragutina Lj. Debeljkovića, mentora predmetne doktorske disertacije, da je doktorant mr **Goran V. Simeunović**, dipl. inž. maš., spec., završio svoju doktorsku disertaciju i predloga Katedre za automatsko upravljanje, održanoj 16.02.2011.god., odluka br.290/1 od 18.02.2011.god. Nastavno-naučno veće Mašinskog fakulteta u Beogradu je na svojoj sednici održanoj 03.03.2011. god. donelo odluku, br. 290/2 od 06.05.2010. god. o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije pod naslovom: **Matematičko modeliranje, simulacija i identifikacija pločastih razmenjivača toplote**

Sadržina i predmet doktorske disertacije odnosi se, na danas, veoma aktuelnu problematiku izučavanja dinamičkog ponašanja rekuperativnih razmenjivača toplote, kao tipičnih predstavnika procesa sa usrednjenim ili, zavisno od potreba automatskog upravljanja, sa raspodeljenim parametrima.

U tom smislu akcenat je stavljen na matematičko modeliranje pločastih i nekih drugih rekuperativnih razmenjivača toplote savremenim i različitim prilazima, njihovoj numeričkoj simulaciji, a u cilju verifikovanja izvedenih modela primenjeni su savremeni postupci identifikacije u frekventnom domenu, ne bi li se preciznije odredili nedovoljno poznati neki parametri procesa usvojeni analitički ili putem iskustvenih opažanja.

Time je zaokružen jedan celovit prilaz formiranju i verifikaciji matematičkih modela ove klase procesa, koji je danas uobičajen kako u literaturi tako i u savremenoj praksi.

I BIOGRAFSKI PODACI O KANDIDATU

Kandidat mr **Goran V. Simeunović**, dipl. inž. maš., spec. **istraživač saradnik**, rođen je 02.12.1971 u Zemunu.

Osnovnu školu i srednju školu «Rade Konačar»završio je u Beogradu.

Diplomirao je na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1999. god. na Katedri za automatsko upravljanje, odbranivši svoj **diplomski rad** pod nazivom: «*Dinamika industrijskih postrojenja sa čistim vremenskim kašnjenjem*», kod mentora prof. dr D.Lj. Debeljkovića.

2001. god. odbranio je svoj **specijalistički rad** pod nazivom «*Linearni singularni sistemi automatskog upravljanja: Postavka i rešenje dvotačkastog graničnog problema*», a 2003.god. i **magistarsku tezu** pod nazivom: »*Programska podrška metodama za estimaciju stanja linearnih singularnih sistema*», sve na Katedri za automatsko upravljanje Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu a sve kod mentora prof. dr Dragutina Lj. Debeljkovića.

Po završetku studija zaposlio se u kompaniji «**Minel – Elektrooprema i postrojenja**» Beograd, na poslovima konstruktora (2000 – 2002) a kasnije kao menadžera logistike (2002 – 2003). Od **2004.** god. radi u Inovacionom centru Mašinskog fakulteta u Beogradu. **2004.** god. izabran je u zvanje **Istraživač saradnik**.

Tečno govori engleski i ruski a služi se francuskim [jezikom](#).

II SPISAK OBJAVLJENIH NAUČNIH I STRUČNIH RADOVA KANDIDATA

Rad u međunarodnom časopisu (M_{23}) = 3

$$\sum_1^1 (M_{23})_j = 1 \times 3 = 3$$

1. Zitek, P., T. Vyhlídal, **G. V. Simeunovic**, L. Novakova, J. Čížek, "Novel Personalized and Hhumidified for Airliner Passengers", *Building and Environment*, (2010), Available on line since 21.April, 2010. DOI 10.1016/j.buildenv.2010.04.05

Radovi saopšteni na međunarodnim konferencijama

i odštampani u zbornicima

$$(M_{33}) = 1, \sum_1^{11} (M)_j = 11 \times 1 = 11$$

1. **Simeunovic, V. G.**, P. Zitek, D. Lj. Debeljkovic, C. Inard, "Differential-discrete mathematical model of double tube heat exchanger", *37th Congress on HVAC&R*, (2006).
2. Bukovsky, I., **G. V. Simeunovic**, G.: *Dynamic-Order-Extended Time-Delay Dynamic Neural Units*, 8th Seminar on Neural Network Applications in Electrical Engineering, NEUREL-(2006,) IEEE (SCG) CAS-SP, Belgrade, ISBN 978-1-4244-0432-2, 2006.
3. **G. V. Simeunovic**, V. G., P. Zitek, D. Lj. Debeljkovic, "Time - Delay Models of Heat Transfer Systems", 15th International Conference on Nuclear Engineering, JSME/ASME, Japan, (2007), ISBN 978-4-88898-159-0.
4. Debeljkovic, Lj. D., **G. V. Simeunovic**, P. Zitek, C. Inard, "Differential-Discrete Mathematical Model of Two-Phase Flow Heat Exchanger", 15th International Conference on Nuclear Engineering, JSME/ASME, Japan, (2007), ISBN 978-4-88898-159-0.
5. **G. V. Simeunovic**, V. G., P. Zitek, D. Lj. Debeljkovic, " *Differential-Discrete Mathematical Model of the Recuperative Counter-Flow Heat Exchanger*", 16th International Conference on Nuclear Engineering, vol. 2, p. 699-703, ASME, USA, Orlando, (2008), ISBN 978-0-7918-4815-9.
6. **Simeunovic, V. G.**, I. Bukovsky, " *The Implementation of the Dynamic-Order-Extended Time-Delay Dynamic Neural Units to Heat Transfer System Modeling*", 16th International Conf on Nuclear Eng., ASME, USA, Orlando, (2008) 403-410, ISBN 978-0-7918-4815-9.
7. **Simeunovic, V. G.**, P. Zitek, "The Parameters Identification of Time - Delay Models of Heat Transfer Systems from input-output measurements", *17th International Conference on Nuclear Engineering*, ASME, Belgium, Brussels, 2009, ISBN 978-0-7918-3852-5.
8. Debeljkovic, D. Lj., N. S. Visnjic, Lj. A. Jacic, **G. V. Simeunovic**, "Stability of Discrete Descriptive Time Delayed System in the sense of Lyapunov", *ICIEA 2009 Conference*, IEEE, Xi-Yan, China, 2009.
9. Zitek, P., T. Vyhlídal, **G. V. Simeunovic**, L. Nováková, J. Čížek, "CFD Model Aided Design of Personalized Air Supply for Aircraft Cabin Seat", *Proceedings of the 6th Vienna Conference on Math Modeling*, Vienna, (2009) 2236-2245, ISBN 978-3-901608-35-3.
10. Zitek, P., **G. V. Simeunovic**, T. Vyhlídal, "Personalized Air Distribution System for a Seated Passenger in Aircraft Cabin", *Proceedings of the 11th International ROOMVENT Conference*, Seoul, (2009) 987-994. ISBN 978-89-89071-02-0.

Monografije nacionalnog značaja (M_{42}) = 5

$$\sum_1^{12} (M_{42})_j = 10 \times 5 = 50$$

1. Debeljkovic, Lj. D., **G. V. Simeunovic**, Dynamics of Processes – Mathematical Model of Plants and Processes in Control Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Monograph 2006.
2. Debeljkovic, Lj. D., A. M. Sicovic, V. S. Mulic, **G. V. Simeunovic**, "Dynamics of Distributed Parameter Systems: Dynamics of Steam Generator Evaporators", Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Monograph, 2006.
3. Debeljkovic, Lj. D., A. M. Sicovic, **G. V. Simeunovic**, V. S. Mulic, "Dynamics of Processes – Mathematical Model of Plants and Processes in Control Engineering", Part II Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Monograph 2006.
4. Debeljkovic, Lj. D., A. M. Sicovic, **G. V. Simeunovic**, V. S. Mulic, Dynamics of Distributed Parameter Systems: Dynamics of Steam Generator Economizers, Furnaces and Oxiliary Equipment, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Monograph 2007.
5. Debeljkovic, Lj. D., V. S. Mulic, A. M. Sicovic, **G. V. Simeunovic**, "Steam Generator Dynamics Part II", Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Monograph 2007.
6. Debeljkovic, Lj. D., **G. V. Simeunovic**, V. S. Mulic, "Proces Dynamics, Part III", Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Monograph 2007.
7. Debeljkovic, Lj. D., **G. V. Simeunovic**, Analysis and Synthesis of Multivariable Control Systems using Root Locus Method, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Monograph 2008.
8. Debeljkovic, Lj. D., D. T. Stojiljkovic, **G. V. Simeunovic**, A. M. Sicovic, V. S. Mulic, Dynamics of Processes – Mathematical Model of Plants and Processes in Control Engineering, Part IV – Dynamics of Large - Scale Industrial Plants and Processes, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Monograph 2008.
9. Debeljkovic, D. Lj., D. T. Stojiljkovic, **G. V. Simeunovic**, A. M. Sicovic, V. S. Mulic, "Dynamics of Processes – Mathematical Model of Plants and Processes in Control Engineering - Part V", Faculty of Mechanical Engineering, Monograph Belgrade, 2008.
11. Debeljkovic, D. Lj., **G. V. Simeunovic**, A. M. Sicovic, V. S. Mulic, "Dynamics of Processes – Mathematical Model of Plants and Processes in Control Engineering - Part VI", Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2009.

Radovi objavljeni

u nacionalnim časopisima (M_{52}) = 1,5

$$\sum_1^{13} (M_{52})_j = 1 \times 1,5 = 1,5$$

1. Debeljkovic, Lj. D., **G. V. Simeunovic**, V. S. Mulic, "The stability of linear discrete descriptor systems over the finite time interval: An overview", Scientific Technical Review, Vol. 58, No. 3-4, (2008) 70-81, ISSN 1820-0206.

Radovi saopšteni na nacionalnim konferencijama

i odštampani u zbornicima

$$(\mathbf{M}_{63}) = 0,5 \quad \sum_1^6 (\mathbf{M}_{63})_j = 2 \times 0,5 = 1$$

1. Debeljković, D. Lj., D. Stević, G. V. **Simeunović**, “Geometric Optimization of Cross-Flow Heat Exchangers based on Dynamic Controllability: Part I – Theoretical consideration”, PROCESING 2009, Belgrade, (Serbia), June 10 – 12, (2009), CD – Rom.

2, Stević, D., D. Lj. Debeljković, G. V. **Simeunović**, “Geometric Optimization of Cross-Flow Heat Exchangers based on Dynamic Controllability” Part II – New approach and illustration of simulation results”, PROCESING 2009, Belgrade, (Serbia), June 10 – 12, (2009), CD – Rom.

III TEHNIČKI OPIS DOKTORSKE DISERTACIJE

Kandidat je svoju doktorsku disertaciju prezentovao kroz sledeći usvojeni fundamentalni koncept izlaganja:

Klasa razmatranih razmenjivača toplote.

Koncepti i metodološki pristup u analizi razmatranih razmenjivača toplote.

Hronološki pregled do sada objavljenih rezultata na polju izučavanja dinamičkog ponašanja rekuperativnih razmenjivača toplote, sa posebnim osvrtom na pitanja njihove upravljivosti, robusnosti i pogodnosti za geometrijsku optimizaciju.

Uz detaljan pregled i opis doprinosa drugih autora po mnogim pitanjima od značaja za dinamičko ponašanje rekuperativnih razmenjivača toplote, kandidat posebno razvrstava moguće prilaze i daje zapažene kritičke osvrte.

Svoja dalja izlaganja, kandidat, temelji na fundamentalnim pitanjima savremene dinamike razmenjivača toplote oličene u sledećim problemima: Opšta pitanja, klasifikacija i značaj rekuperativnih razmenjivača toplote i njihova pozicija u svetlu savremenih potreba za njihovim automatskim upravljanjem shodno savremenim konceptima oličenim u klasičnoj regulaciji, feed-forward tehnici, kombinovanom prilazu a sve sa atributima optimalnosti, identifikabilnosti, automatičnosti i adaptibilnosti a po potrebi i robusnosti.

Dalje naglašava da pitanja kao što su: matematičko modeliranje rekuperativnih razmenjivača toplote različitim prilazima, simulacija i verifikacija dobijenih rezultata i razni koncepti tehnološko-ekonomske i eventualno geometrijske optimizacije objekata i procesa i projektovanje sistema sa tih pozicija, predstavljaju svakako aktuelne zadatke na kojima treba permanentno raditi, što jasno afirmiše postavljene zadatke u predmetnoj disertaciji.

U tom smislu, kada su u pitanju krucijalni zadaci ove doktorske disertacije, kandidat prvo posvećuje pažnju klasama razmatranih objekata i procesa i potrebama za spoznajom njihovih kako statičkih tako i dinamičkih karateristika.

Prvo se konstatuje da je predmet naučne rasprave u predloženoj doktorskoj disertaciji posebna klasa razmenjivača toplote poznata u literaturi pod nazivom rekuperativni razmenjivači toplote. U tom smislu kandidat se opredelio za više takvih tipičnih predstavnika od kojih jedan predstavlja dobro poznati primer *razmenjivača tipa cev u cev*, drugi *razmenjivač toplote sa unakrsnim strujanjem radnih fluida* i treći koji i predstavlja okosnicu ovog rada oličen u klasičnom razmenjivaču toplote sa pregradama.

Imajući u vidu da analiza i projektovanje savremenih sistema automatskog upravljanja, na današnjem stepenu razvoja nauke i tehnike, kao i neophodnost ispunjavanja veoma strogih zahteva koji se nameću kvalitetu njihovog dinamičkog ponašanja, traže poznavanje njihovih dovoljno tačnih, u inženjersko-tehničkom smislu, *matematičkih modela*.

Za njihovo formiranje od fundamentalnog značaja je suštinsko poznavanje procesa koji se modelira, precizno definisanje “kontrolne granice”, potpuno razgraničenje pitanja primarnih i sekundarnih uticaja, kao i korektno ispisivanje odgovarajućih bilansnih jednačina za neuravnotežena stanja procesa.

Preostali deo posla oko svođenja matematičkog modela na svoj konačan oblik, obično predstavlja rutinski zadatak.

Ako se pretpostavi da matematički modeli dovoljno tačno opisuju fizičke sisteme i da daju njihov verodostojan opis, onda oni sadrže sve informacije o osobinama tih sistema i u toj formi pružaju mogućnost da se primenom odgovarajućih metoda i postupaka, kroz *analizu i sintezu*, utvrde njihove objektivne osobine ili projektuju nove upravljačke celine shodno postavljenim zahtevima ili usvojenim kriterijumima.

Prema tome, a imajući u vidu prethodno rečeno, kandidat konstatuje da će veliki deo izlaganja biti posvećen problematici matematičkog modeliranja posebnih klase objekata i procesa automatskog upravljanja, danas veoma rasprostranjenih i zastupljenih posebno u energetici a i šire u svim granama industrije, kao i njihovoj dinamičkoj analizi i sintezi sa, danas, u teoriji i praksi zastupljenim aktuelnim konceptima.

Mimo toga kandidat ukazuje i na neophodnost kvalitetne numeričke i računarske simulacije izvedenih matematičkih modela, kao i kritički osvrt na njihovu upotrebnu vrednost i verodostojnost, shodno poznatim eksperimentalnim rezultatima koji u punoj meri bacaju dovoljno svetla na dinamičko ponašanje *ovih objekata i procesa u uslovima njihovog normalnog funkcionisanja*.

Pokazaće se, kasnije, da će se ključni doprinosi iznedriti i u domenu analitičkog rešavanja dobijenih matematičkih modela, što predstavlja posebnu vrednost ovog rada jer se dobija rešenje, za razliku od numeričkih prilaza, u zatvorenom obliku što je posebno značajno sa stanovišta savremene teorije sistema i upravljanja.

Tu se još diskutuje o postojećem raspoloživom matematičkom aparatu, neophodnom da se kroz odgovarajuće metode i postupke sintetiše upravljanje koje će obezbediti njihovo kvalitetno dinamičko ponašanje sa stanovišta, danas, aktuelnih koncepata upravljivosti, robusnosti i geometrijske optimalnosti.

Veoma važnu rekapitulaciju nekih bazičnih rezultata iz fundamentalnih disciplina, kandidat izlaže u III delu svoje doktorske disertacije, prvenstveno se baveći pitanjima kako se dolazi i kako izgledaju fundamentalni zakoni konzervacije, a sve sa stanovišta potreba modeliranja i njihovih konkretnih formi kada su u pitanju razmenjivači toplote a još uže kada se isti ti modeli koriste za potrebe automatskog upravljanja, uže u analizi a šire u sintezi sistema.

U tom smislu obrađena su pitanja kao što su: teorijske osnove matematičkog modeliranja osnovano na izvornim zakonima konzervacije a za potrebe automatskog upravljanja, osnovni zakoni konzervacije pri matematičkom modeliranju razmenjivača toplote – prilaz Kecman, osnovni zakoni konzervacije pri matematičkom modeliranju razmenjivača – sekcija promenljive zapremine, primena opštih zakona konzervacije na razmenjivače toplote sa neposrednom primenom na dinamiku razmenjivača toplote sa strujanjem jednofaznog radnog medijuma – jednodimenzijski i dvodimenzijski model, završavajući sa posebno značajnim pregledom osnovnih zakona konzervacije datih u integralnoj formi.

Sva ova značajna rekapitulacija osnovnih rezultata predstavlja veoma vrednu podlogu za kasnije bolje razumevanje osnovnih postavki od kojih polazi kandidat u generisanju svojih modela utemeljenih na potrebama spoznaje nestacionarnih temperaturskih i brzinskih polja i polja pritiska. Dosta neuobičajeno, ali je pokazano da u određenim prilikama, i entropija može da posluži kao jedna od veličina stanja koja unosi znatne olakšice u formiranje modela, koja pak sa druge strane u konkretnoj realizaciji upravljanja takvim modelom, mora biti zamenjena ili ostavljena sa neophodno unetim observerom ili čak Kalman- Busije-vim filterom.

U jednom od kraćih odeljaka, kandidat iznosi moguću klasifikaciju savremenih postupaka za formiranje verodostojnih matematičkih modela ove klase procesa i u tom zdušno izlaže i diskutuje prednosti i nedostatke metoda kao što su: čisto analitički prilaz, prilaz sa pozicija fizičke diskretizacije i tzv. transportni prilaz, od kojih će neke obilato koristiti za svoja ili bazična izvođenja ili kao modele za proveru.

Kandidat posebnu pažnju posvećuje razmatranjima razmenjivača toplote koji spadaju, po svojim osobinama, u procese sa raspodeljenim parametrima.

U matematičkom smislu, ova klasa sistema opisana je parcijanim, linearnim ili nelinearnim, diferencijalnim jednačinama, ponekad i sa pomerenim argumentom, što uslovljava čitav niz dodatnih poteškoća pri njihovom rešavanju.

S druge strane, u prvom slučaju, kao sistemi beskonačne dimenzije, njihovo proučavanje u kompleksnom domenu uslovljeno je suočavanjem sa transcendentnim prenosnim funkcijama, što u izvesnim slučajevima zahteva radikalnu preformulaciju postojećih kriterijuma i metoda razvijenih za obične linearne procese (sisteme), a ponekada i formiranje sasvim novih prilaza i postupaka za razrešavanje postavljenih zadataka kako klasične, tako i moderne teorije automatskog upravljanja.

Sve ovo, u velikoj meri, opravdava postavljene zadatke i probleme koje valja rešavati i rešiti u predmetnoj disertaciji.

Svoju ideju vodilju, oličenu kroz pomenute prilaze proučavanju ove klase razmenjivača toplote, kandidat je realizovao kroz originalno i skladno oblikovan koncept disertacije, koji se uslovno može iskazati na sledeći način:

GLAVA I	Opšti deo – Uvodna razmatranja
GLAVA II	Pregled postignutih rezultata na polju matematičkog modeliranja savremenih rekuperativnih razmenjivača toplote
GLAVA III	Teorijske osnove matematičkog modeliranja osnovano na izvornim zakonima konzervacije a za potrebe automatskog upravljanja
GLAVA IV	Izvođenje i simulacija savremenih matematičkih modela rekuperativnih razmenjivača toplote
GLAVA V	Novi matematički modeli rekuperativnih razmenjivača toplote – glavni rezultat i doprinosi izvođenju, simulaciji verifikacija i identifikacija.
GLAVA VI	Zaključci, rekapitulacija osnovnih rezultata i pravci budućih istraživanja
GLAVA VII	Dodaci
LITERATURA	

IV STRUKTURA I SADRŽAJ DOKTORSKE DISERTACIJE

Sadržaj doktorske disertacije se može podeliti na nekoliko celina, koje praktično odgovaraju tematski oformljenim glavama.

Ovako idejno sročen koncept doktorske disertacije, skladno je realizovan i pretočen kroz niz posebnih celina, o kojima se može reći sledeće.

U prvom, radnom delu disertacije, kandidat daje kratku rekapitulaciju savremenih rešenja osnovnih tipova razmenjivača toplote sa posebnim osvrtom na rekuperativne razmenjivače toplote, njihove moguće klasifikacije, podele i [specifičnosti](#).

U tom smislu prati se njihov dugogodišnji razvoj kako sa konstruktivne tačke gledišta tako i sa stanovišta njihove efikasnosti i potreba za njihovim kvalitetnim upravljanjem. Ukazuje se na svu njihovu složenost u strujno-termičkom smislu a posebno na njihovu složenost kada su izražene potrebe za njihovim modeliranjem, kada treba na osnovu odgovarajućih bilansnih jednačina postavljenih za neuravnotežena stanja procesa, izvesti modele koji verodostojno opisuju njihova ponašanja u stacionarnim a i u nestacionarnim (prelaznim) radnim režimima.

Imajući u vidu da je reč o relativno sporim procesima, veliki značaj imaju stacionarni profili, posebno temperaturski i brzinski imajući u vidu bitno izraženu jednu gabaritnu dimenziju.

U petom delu rada iznose se i generišu osnovni doprinosi ove disertacije.

Pločasti razmenjivač toplote je jedan od termičkih uređaja koji zahteva da se njegov matematički model izvede korišćenjem parcijalnih diferencijalnim jednačina, što rečito govori o inherentnoj raspodeljenosti procesa.

Međutim, kandidat koristeći jedan sopstveni originalan prilaz, utemeljen na fundamentalnom radu *Thal - Larsena* iz 1960. god., inherentnu raspodeljenost procesa zamenjuje čistim vremenskim kašnjenjem koje pripisuje i primarnom i sekundarnom radnom fluidu, ovde su u pitanju tečnosti, što mu omogućava da relativno uprosti model i formira ga u obliku koji će biti veoma podesan za kasniju simulaciju i verifikaciju rezultata a još više i za estimaciju nedovoljno tačno procenjenih parametara.

Naime, na osnovu realno usvojenih i kritički osvetljenih pretpostavki kandidat, uz još neke iskustvene podatke pogodno definisanu srednje logaritamsku temperaturu, postavlja osnovne bilansne jednačine, koje prethodno definišući relativna odstupanja svih relevantnih veličina, prevodi u prostor stanja sa funkcionalnom matricom procesa, što predstavlja nov rezultata za ovu klasu objekata i procesa automatskog upravljanja.

Uvažavajući raspoložive podatke o procesu (kao sastavnom delu jednog složeneog energetskog postrojenja), kandidat određuje i prenosnu funkciju procesa i konstatuje postojanje tri vremenske konstante za čije se vrednosti, ne može sa sigurnošću reći da su dovoljno tačno analitički određene.

U tom smislu kandidat se opredeljuje za klasičan postupak identifikacije u frekventnom domenu, što u prvoj fazi iziskuje eksperimentalno određivanje frekventne karakteristike. Kroz veoma detaljno pripremljen eksperiment, sa pažljivo odabranim pobudnim učestanostima.

Oba radna fluida su voda.

Temperaturske promene su merene termo otpornikom PT 100 koji ima malu vremensku konstantu u odnosu na razmatrani (PHE) i time ispunjava uslove za ova merenja.

Frekventni odziv je sniman na frekventnom opsegu od $\omega = 0.01 \left[s^{-1} \right]$ do $\omega = 0.175 \left[s^{-1} \right]$. Sinusni odziv je snimljen za svaku sinusnu promenu temperature $\theta_{1u}(t)$ na ulazu razmenjivača toplote. Neopadajuća ocena *autokorelacione* funkcije ulaza $R_{\theta_{1u}\theta_{1u}}(\tau)$ i *kroskorelaciona* funkcija ulaza i izlaza $R_{\theta_{1u}\theta_{2i}}(\tau)$ su određene za svaki dovedeni sinusni signal na ulaz.

Ovde τ predstavlja *period*, odnosno nezavisno promenljivu *autokorelacione* $R_{\theta_{1u}\theta_{1u}}(\tau)$ ili *kroskorelacione* funkcije $R_{\theta_{1u}\theta_{2i}}(\tau)$.

Primenjujući brzu *Fourijeovu transformaciju* (FFT) na obe korelacione funkcije dobijeni su spektar gustine snage ulaznog signala $S_{\theta_{1u}\theta_{1u}}(\omega)$ i združeni spektar gustine snaga ulaznog i izlaznog signala $S_{\theta_{1u}\theta_{2i}}(j\omega)$ a za sinusnu promenu ulaza frekvencije $\omega = 0.05 \left[s^{-1} \right]$, određene su obe ove (FFT) korelacione funkcije.

Simulacija ovog modela u vremenskom domenu je jedan zahtevan zadatak, dok analiza u frekventnom domenu vodi ka lakše dostupnim transcendentnim funkcijama i nešto njegovoj jednostavnijoj analizi.

Klasičan postupak identifikacije ili estimacije parametara bio je ovde značajno olakšan s obzirom na činjenicu da se raspolagalo analitički određeneom frekventnom karakteristikom (iz prenosne funkcije procesa) i iste te karakteristike snimljene eksperimentalnim putem.

Minimizacijom sume kvadrata razlike između amplitude eksperimentalno snimljene frekventne karaktersitike i frekventne karakteristike modela jed. (8.14) su estimirani nepoznati parametri.

Korišćenjem metode najmanjih kvadrata u dovoljno širokom frekventnom opsegu, minimizira se razlika između amplitude i faznog ugla ove dve frekventne karaktersistike, pri čemu su dobijene vrednosti za nepoznate ili nedovoljno tačno određene konstante procesa, koje su bile veoma bliske ekperimentalno utvrđenim vrednostima.

Vezano za pločaste razmenjivače toplote, urađena je i provera rezultata modeliranja u vremenskom vremenu, koja je pokazala izvanredno podudaranje rezultata, sem u nekoliko ispada koji se mogu objasniti pojavom šumova, od kojih neke nije bilo moguće kontrolisati pri svim učestanostima.

Diskutujući dalje, kandidat rekapitulira etape u *klasičanoj pristupu* polazeći od postavljanja odgovarajućih bilnsnih jednačina, za nestacionarne radne režime, određujući pri tome modele koji će kasnije pružiti sve informacije o nestacionarnim (dinamičkim) i stacionarnim (statičkim) performansama ovde razmatranog procesa.. Konačni model u ovakvom prilazu rezultira u sistem, prvo nelinearnih a zatim linearizovanih parcijalnih diferencijalnih jednačina sa odgovarajućim početnim i graničnim uslovima. Na osnovu poznatih podataka o geometrijskim i radnim karakteristikama ovog razmenjivača toplote izvodi se matematički model u konkretnim numeričkim vrednostima podsean kako za analitički tako i numerički, dalji, tretman.

U drugom prilazu, polazeći od *postupka fizičke diskretizacije* procesa, kandidat, prevazilazi problem nehomogenosti temperaturskog i brzinskog polja unutar razmenjivača toplote, formirajući matematički model procesa u vidu složenog sistema običnih diferencijalnih jednačina poprilično visokog reda, veoma pogodnog za dalji numerički tretman. Postupak fizičke diskretizacije zasniva se na fiktivnoj deobi procesa, vertikalnim i horizontalnim ravnima, na određeni broj ćelija. U odnosu na izvorni rad *Grujić, Debeljković* (1974) unosi je jedna znatna novina koja se ogleda u matematičkoj diskretizaciji samo prve i poslednje ćelije razmenjivača toplote, inspirisano kulturnim radom *Zitek* (1977).

Kombinujući, ova dva prilaza, dobija se jedan visoko originalni i rigurozniji model visokih performansi

Polazeći od pretpostavke da je tako usvojeni broj ćelija N dovoljno veliki da se svaka od njih može tretirati kao proces za sebe i sa usredsređenim parametrima (sva polja unutar tih ćelija su homogena), uvođenjem tekućih indeksa obuhvata se ponašanje svake ćelije kao i postojanje određenih veza između njih samih.

Postavljajući osnovne zakone fizike za jednu ćeliju, promenom tekućih indeksa formira se sistem jednačina koji predstavlja matematički model fizički diskretizovanog procesa.

Svakako da se posebna pažnja mora obratiti na jednačine koje se odnose na ćelije koje su u neposrednom kontaktu sa spoljnom okolinom, jer se kroz njih praktično ispoljavaju granični uslovi koji bi odgovarali parcijalnim diferencijalnim jednačinama.

Postupak fizičke diskretizacije treba *suštinski razlikovati* od postupka matematičke diskretizacije modela procesa u obliku parcijalnih diferencijalnih jednačina. Snažan pečat prilaza, u ovom načinu modeliranja, iskazuje se kroz veoma specifične strukture matrica procesa koje znatno pogoduju tretmanu tih matričnih jednačina na cifarskim računarima sa elegantno pretočenim graničnim uslovima u samo početne, ali i tranzitivne o čemu se mora voditi računa u svakom trenutku [integracije](#).

Mimo toga fenomenologija procesa, oličena prvenstveno u procesu transporta fluida sa pratećim fenomenima, elegantno se reperkutuje na fizionomiju modela gde se lako uočava da je dinamika reprezentativne (k) - te ćelije uslovljena ponašanjem prehodne ($k-1$) ćelije.

I konačno za za jedan usvojeni nominalni radni režim, izvodi se model u prostoru stanja u konkretnim numeričkim vrednostima, koji se tehnikama savremene simulacije realizuje u veliki broj dijagrama koji pokazuju dinamiku relevantnih temperatura po ćelijama a tako i za model u celosti. Dijagrami se lako mogu prevesti i u tri D.

Svoja interesovanja kandidat dalje prenosi na jednu celu familiju razmenjivača toplote koji služe za predgrevanje mazuta.

U značajne doprinose ovog rada, može se slobodno ubrojiti i način kako je kandidat modelirao dinamiku jednog trokrakog-mešnog ventila koji igra ključnu ulogu u održavanju temperature mazuta na izlazu. Sa nekoliko svojstvenih kandidatu finesa, formiraju se dva matematička modela hladnjaka mazuta koji pružaju jedinstvenu priliku da se efikasno iskoriste u praksi za potrebe sinteze upravljanjskih sistema. Jasno, klasičnim prilazima, ali i specifično definisanom srednje logaritamskom temperaturom, koje svoje osrednjenje nalazi u vremenu a ne po prostornoj koordinati, formiraju se traženi modeli i vrši njihova verifikacija i elementarna dinamička analiza.

Konačno, ignorišući pretpostavku o homogenosti temperaturnog polja, kandidat uplovljava u jedan kombinovani model oličen u skupu običnih i jednom parcijalnom diferencijalnom jednačinom koja uvažava sve specifičnosti gabaritnih preimущества razmatranog hladnjaka mazuta.

Određuje se model, a uz primenu dvostruke *Laplace*- ove transformacije, jednom po vremenu a drugi put po prostornoj koordinati, uz neminovnu i inverznu *Laplace*-ovu transformaciju formira se parametarska prenosna funkcija procesa, koja se nužno *Pade*-ovim aproksimacija prevodi na svoj racionalno-razlomljeni oblik.

Simulacioni rezultati pokazuju dobro poklapanje sa podacima koji su iskustveno odavno poznati.

Selektivni matematički opis omogućuje da se u svakom konkretnom slučaju uzmu u obzir sve bitne karakteristike razmenjivača i fluida, koji učestvuju u razmeni. To znači da se, koristeći selektivni matematički opis, može izvršiti analiza razmenjivača sa gledišta teorije automatskog upravljanja, a isto tako mogu se analizovati i određeni efekti, koji se postižu raznim konstruktivnim rešenjima.

Dinamička analiza razmenjivača, koja sledi iz ovog uopštenog selektivnog matematičkog opisa, pokazuje da se svi ovakvi razmenjivači toplote mogu smatrati kao sistemi drugog reda sa kašnjenjem, ukoliko se pode od pretpostavke da se promene temperature u grejnom fluidu prenose trenutno. Ovaj problem je interesantan i sa gledišta matematike i njenih primena.

Naime, pri rešavanju ovog problema, došlo se na ideju da se predloži još jedan matematički postupak, koji se može primeniti pri teorijskom rešavanju dosta široke klase, čak i relativno složenih problema značajnih za tehničke i druge naučne oblasti.

Ideja tog postupka se sastoji u selektivnom matematičkom opisu stanja sistema i formiranju lokalnih relacija koje povezuju promenljive posmatranog sistema, a zatim određenim sprežanjem tih relacija se dobijaju jednačine, kojima se opisuju stanja određenih delova sistema ili čak čitavog sistema kao integralne celine.

Ovaj postupak se bitno razlikuje od postupka, koji se zasniva na formiranju jedinstvenog sistema diferencijalnih ili parcijalnih jednačina, koje opisuju stanje u proizvoljnoj tački sistema kao celine, a zatim na osnovu početnih i graničnih uslova, pronalaze rešenja za konkretne slučajeve.

Korišćeni postupak omogućuje da se izbegnu problemi koji nastaju pri uključivanju graničnih uslova u slučajevima kada treba naći rešenje problema u opštem obliku, koje dakle nije specifikovano određenom geometrijom ili nekim drugim ograničenjem.

Predloženi postupak selektivnog matematičkog opisa stanja u delovima sistema i sprežanja dobijenih relacija, naročito je pogodan u slučajevima kada treba teorijski sprovesti detaljnu matematičku analizu dinamičkih karakteristika sistema i na osnovu toga izvesti određene zaključke o ponašanju sistema u prelaznim stanjima, a pogotovo onda kada bi uključivanje graničnih uslova dovelo do određenih problema.

Ne manji problemi su se javili i kod implementacije koncepta fizičke diskretizacije procesa i transportnog prilaza, što po dostupnim saznanjima predstavlja prvi uspešan pokušaj da se ove metode modeliranja prošire na uslovni dvo-dimenzionalni proces.

Kao i u svim prethodnim slučajevima model u prostoru stanja okončava ove napore.

Ovo su bili osnovni i najznačajni doprinosi ove disertacije.

Naime, zbog potreba dinamičke analize razmatranih razmenjivača toplote sa stanovišta automatskog upravljanja kandidat prilazi rešavanju izvedenih matematičkih modela za neke realne uslove njihovog rada. U tom smislu sprovodi se simulacija dobijenih sistema diferencijalnih jednačina u tri slučaja i sistema algebarskih jednačina u jednom slučaju.

Ove procedure primenjuju se na obe klase rekuperativnih razmenjivača toplote.

U prvom slučaju, kada je reč o rekuperativnom razmenjivaču toplote sa unakrsnim strujanjem, analitičko rešenje se izvodi primenom *Laplace*-ove transformacije na polazni sistem linearnih diferencijalnih jednačina sa nultim početnim uslovima i poznatim graničnim uslovima. Ovaj analitički prilaz veoma je složen zbog potrebe primene *Laplace*-ove transformacije prvo po vremenskoj a potom po prostornoj koordinati što dovodi do veoma složenih funkcionalnih izraza koje kasnije treba podvrgnuti primeni inverzne *Laplace*-ove transformacije. Originalnim rešenjima i koristeći odgovarajuću programsku podršku prevazilazi se ovaj problem i kao njegovo konačno numeričko rešenje dobijaju se odgovarajući tranzijentni procesi. Ovde se valja potsetiti se da je reč o nehomogenoj parcijalnoj jednačini drugog reda, atipične forme.

Kada je reč o postupku matematičke diskretizacije, kandidat pažljivim odabirom koraka diskretizacije, koji bi trebalo da obezbedi konvergentnost i stabilnost algoritma, vrši uspešnu numeričku simulaciju oba modela i dobija tražena rešenja u vidu odskočnih promena izlazne temperature naspram usvojenih upravljačkih i poremećajnih veličina.

Cena fizičke diskretizacije procesa ogleda se u poprilično visokom redu sistema običnih diferencijalnih jednačina u kojima ulogu graničnih uslova preuzimaju prva i poslednja ćelija, vodeći računa da iste mogu promeniti svoja značenja zbog osobine tranzitivnosti ovog modela uslovljenog uvođenjem potponjih razlika za prostornu koordinatu. I ovde su, kao i u prethodnom slučaju, određeni odgovarajući odskočni odzivi za istovetne početne uslove i izabrane referentne veličine.

U završnoj glavi posvećenoj kraćoj rekapitulaciji obrađenih tematskih celina i postignutih naučnih doprinosa, kandidat pravce daljih istraživanja vidi u intenzivnoj identifikaciji nedovoljno tačno određenih parametara procesa pa i stanja predlažući u tom smislu snažne metode kvazilinearizacije i invarijantnog uronjavanja imajući u vidu da se pogodnim transformacijama ovde izvedenih modela problem njihovog rešavanja može, u neku ruku, poistovetiti ili ga svesti na dvo-tačkasti granični problem.

U Dodacima su izneti neki teorijski rezultati koji nisu od primarnog značaja za izvođenja bazičnih rezultata, kao i izvesna rekapitulacija neophodnih znanja iz savremenog matričnog računa i linearne algebra i numeričkih procedura.

V KANDIDATOVE SPOSOBNOSTI ZA SAMOSTALNI NAUČNI RAD

Formiranje verodostojnih matematičkih modela i danas predstavlja značajan doprinos kako u fundamentalnoj oblasti gde pripada razmatrani objekat ili proces tako i za oblast automatskog upravljanja.

Ovo drugo je posve sasvim jasno imajući u vidu da se danas dinamička analiza može sprovesti jedino ako se raspolaže takvim informacijama a još više i sinteza upravljačkih uređaja koja dolazi do punog izražaja u raznim klasama adaptivnih upravljanja savremenim postrojenjima i procesima.

Zato je od velikog značaja bilo bavljenje kandidata ovom složenom problematikom.

Kandidat je pokazao veliku zrelost i umešnost u originalnom rešavanju formiranih matematičkih modela procesa, posebno jednog specifičnog pločastog razmenjivača toplote, što je relativno malo do sada obrađivano u literaturi. Tom prilikom pokazalo se da je neophodno primeniti dva puta Laplace-ovu transformaciju, prvo po vremenskoj a kasnije po prostornoj koordinati a da bi se došlo do konačnog rešenja u kompleksnoj s ravni bilo je neophodno primeniti Heviside-ove teoreme razvoja za slučajeve koji se ne susreću u svakodnevnoj praksi. Oličeni karakterističnim jednačinama sa funkcionalnim (polinomijalnim) koeficijentima relativno visokog reda. Rešenja su, uz znatan napor i visoku studioznost pronađena numeričkim prilazom, što je omogućilo određivanje tranzijentnih karakteristika razmatranog razmenjivača toplote sa daljim istraživanjima i preispitivanja verodostojnosti modela koja su išla u pravcu primene klasičnih postupaka identifikacije osnovanim na frekventnoj analizi i određivanju odgovarajućih auto i kroskorelacionih funkcija kao i odgovarajućih spektara snage odgovarajućih i ulaznih i izlaznih signala. što je sve bilo dobra podloga da se fitovanjem parametara u odnosu na modelsku i eksperimentalnu krivu dođe do nužnih korekcija i popravki u analitičkom modelu.

Sve to propraćeno je i je i samostalno osmišljenom instalacijom u koju je bio uključen predmetni pločasti razmenjivač toplote.

Nešto manje poteškoća i više rutinskog hoda bilo je prisutno u simulaciji modela određenih postupcima diskretizacije na kraju dva prilaza u modeliranju jednog savremenog hladnjaka mazuta uspešno zaokružuju kandidatovo bavljenje predmetnom problematikom, jasno kao dopuna akcentiranog, samim naslovom disertacije, pločastog razmenjivača toplote.

U domenu dinamičke analize i projektovanja upravljanja za razmatrane razmenjivače toplote, kandidat je pokazao visoku umešnost kada je u uslovima izraženih nehomogenih polja fizičkih veličina, odnosno u slučajevima procesa beskonačnih dimenzija trebalo sagledati moguću implementaciju koncepta upravljivosti, osmotrivosti i robusnosti.

O stabilnosti, ovih izuzetno sporih objekata i procesa automatskog upravljanja ne treba ni govoriti, jer o njima rečito govore (jasno uslovno, shodno konceptu stabilnosti, recimo BIBO Stabily) dobijene tranzijentne karakteristike.

Objektivnom i kritičkom analizom sopstvenih kao i rezultata drugih autora kandidat je ukazao na sva ona mesta gde su dobijeni rezultati manje konzervativni a i na ona mesta gde su rezultati praktično bili upotpunosti originalni, barem u odnosu na klase razmatranih rekuperativnih razmenjivača toplote.

Svi ovi, novi, delom sopstveni rezultati na najbolji način ilustruju činjenicu da je kandidat Mr Goran V. Simeunović, dipl. inž. maš., spec., ovladao predmetnom materijom do te mere da je u potpunosti sposoban za samostalni naučni, naučno-israživački i kreativan rad.

VI NAUČNI DOPRINOS DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorska disertacija kandidata **mr Gorana V. Simeunovića**, dipl. inž. maš., spec. predstavlja snažan i novi teorijski ali i praktično primenljiv rad u kome je pored originalnih priloga razvoju novih matematičkih modela posebnih klasa rekuperativnih razmenjivača toplote sa jednofaznim tokom, sproveden i niz simulacija i numeričkih ilustracija koje na najbolji mogući način prikazuju njihovu moguću implementaciju za potrebe savremenog upravljanja istim.

U tom smislu od posebnog je značaja činjenica da je rešen čitav niz složenih problema, posebno kada je u pitanju pločasti razmenjivač toplote, gde je bilo potrebno prevazići provokativan izbor strukture modela koji mu se može pridružiti, zatim izbeći prirodno namenute

parcijalne diferencijalne jednačine kao jedini verni reprezent ovog gabaritom neujednačenog razmenjivača toplote i konačno, koristeći ranija iskustva nekih autora, sve to prevesti u prostor stanja sa sistemskom funkcionalnom matricom, koja se ne može nikako drugačije shvatiti već samo ona koja rigorozno odslikva fenomen čisto vremenskog kašnjenja sa redom ne većim od drugog, što jasno ukazuje na postojanje samo dve energijske transformacije, ako se prihvati činjenica da je jednostavnosti radi izostavljena, ili bolje rečeno zanemarena akumulacija toplote u pregradinim zidovima.

Spontano modeliranje dovelo je i do tako željenih formi koje su u potpunosti bile pogodne za neposrednu primenu u završnoj fazi dinamičke analize i sinteze upravljanja. Mimo toga zrele numeričke simulacije, na bazi savremenih programskih paketa, u jednom delu i prilagođene formi samih modela, što se ovde odnosi na model koji sadrži čisto vremensko kašnjenje, pokazuje da je kandidat solidno ovladao numeričkim aparatom, neophodnim za simulacije ove klase procesa.

Uspešnom identifikacijom (estimacijom) nedovoljno tačno određenih parametara u analitičkom modelu, kandidat je pokazao da je ovladao i ovim tehnikama, što se dalo i očekivati s obzirom na njegov kolosalni doprinos, po tom pitanju, u svom ranije odbranjenom magistarskom radu.

Između redova ove disertacije kriju se još tri značajna trenutka na koje valja ukazati.

Naime, autor se prikazao kao dobar poznavalac dinamike ove klase razmenjivača toplote o čemu svedoči obimna literatura koju je sa uspehom proučio, predstavio i kritički osvetlio i znalački upotrebio za svoja istraživanja.

Pored toga valjalo je ovladati brojnim numeričkim programima, kao podrškom u svim postupcima simulacije koje je trebalo realizovati i usaglasiti sa postojećim realnim podacima o radnim i konstruktivnim paametrima svih razmenjivača toplote.

I konačno kao treće, pokazao se veliki entuzijazam kojim je kandidat prikupljao podatke, u oba slučaja, a koje se odnose na konstruktivne i radne karakteristike razmatranih razmenjivača toplote.

VII ZAKLJUČAK I PREDLOG

Komisija je mišljenja da podneta doktorska disertacija kandidata **mr Gorana V. Simeunovića**, dip. inž. maš., spec. predstavlja samostalan i vredan naučni rad, koji daje vidan doprinos proširivanju mogućih formi matematičkih modela savremenih rekuperativnih razmenjivača toplote, posebno pločastih, njihove dinamičke anlize i sinteze upravljanja.

Drugi, ne manje značajni doprinos leži u uspešnosti sprovođenja obmnih simulacionih procedura koje su u mnogim prilikama zahtevale sopstvena idejna i konkretna rešenja u vidu pratećih algoritamskih podrški i drugih specifičnosti.

Pored toga urađena je i jedna delimična komparativna analiza dinamičkog ponašanja razmenjivača toplote koja je, u celosti, pokazala opravdanost različitih prilaza u formiranju matematičkih modela.

Ova disertacija ima i praktičan značaj jer se izneti rezultati bez problema mogu implementirati u sve one realne probleme u kojim je zastupljena predmeta klasa razmenjivača toplote. Šta više, ona je u slučaju pločastog razmenjivača toplote i pokazala da su dobijeni rezultati modeliranja veoma bliski, pa čak i zadovoljavajuće bliski ponašanju realnog procesa (objekta).

Mr Goran V. Simeunović, dip. inž. maš., spec. je iz svoje doktorske disertacije objavio nekoliko radova saopštivši ih i na međunarodnim uglednim konferencijama a i na nekim tradicionalnim nacionalnim.

Pregled objavljenih radova dat je na samom početku ovog [Izveštaja](#).

Mimo toga kandidat je nezaobilazni koautor, svog mentora, u jednoj seriji od 8 (osam) zapaženih monografija nacionalnog značaja posvećenih matematičkom modeliranju najširih klasa objekata i procesa u svim oblastima tehnike, socijalne dinamike, demografskih i bio-ekoloških sistema, itd.

.Ima jedan, koautorski, prihvaćen rad u međunarodnom časopisu sa SCI liste, koji nije u direktnoj vezi sa ovom tematikom, ali se bavi kvalitetom vazduha u savremenim putničkim avionima, a što se postiže posebnim režimima rada odgovarajućih razmenjivača toplote svojstvenim savremenim AIR – BUS letelicama.

Imajući u vidu prethodno iznete činjenice Komisija je slobodna da predloži Naučno – nastavnom veću Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu da doktorsku disertaciju kandidata **mr Gorana V. Simeunovića**, dip. inž. maš., spec., pod naslovom: **MATEMATIČKO MODELIRANJE, SIMULACIJA I IDENTIFIKACIJA PLOČASTIH RAZMENJIVAČA TOPLOTE** prihvati i izloži na uvid javnosti, a u skladu sa odredbama Zakona, i u slučaju da nema prigovora na samu disertaciju i Izveštaj Komisije, u zakonskom roku zakaže javnu odbranu pred Komisijom u navedenom sastavu.

Sa poštovanjem
ČLANOVI KOMISIJE

1. dr Vladimir Stevanović, prof.

2. dr Milorad Bojić, prof.
Mašinski fakultet, Kragujevac

3. Dr Dragutin Lj. Debeljković, prof., mentor

4. Dr Branislav Jaćimović, prof.

Beograd marta 2011.god.