

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији докторанта Петра И. Колендића

Одлуком бр. 441/3 од 19.03.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације докторанта ПЕТРА И. КОЛЕНДИЋА под насловом

ИСТРАЖИВАЊА ПАРАМЕТАРА ТРАНСПОРТА ТОПЛОТЕ КОД ОРЕБРЕНИХ ХЛАДЊАКА И ЗАГРЕЈАЧА

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Докторантом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1 УВОД

1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат је пријаву докторске дисертације је извршио 18.01.2010. под бројем 75/1, а за ментора је предложио проф. др Србислава Генића. Научно-наставно веће је на основу сагласности Катедре за процесну технику бр. 75/3 од 10.02.2010., на седници 15.12.2010., донело одлуку бр. 75/4 од 23.02.2010, о формирању Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу: проф. др Србислав Генић, проф. др Бранислав Јаћимовић, проф. др Мирољуб Томић, проф. др Милош Бањац и проф. др Дорин Лелеа (Машински факултет Политехника у Темишвару - Румунија). Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације је поднела Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду Извештај бр. 75/5 од 24.03.2010. о испуњености услова за одобрење дисертације. У извештају Комисија је предложила Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом "Истраживања параметара транспорта топлоте код оребрених хладњака и загрејача" наводећи да кандидат испуњава законске услове за израду докторске дисертације и да предложена тема као актуелна, атрактивна и значајна, може бити тема докторске дисертације. У вези са захтевом кандидата П. Колендића да се одобри израда докторске дисертације, као и на основу одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета број 75/4 од 23.02.2010. о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, на седници

одржаној 18.02.2010. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност којом се одобрава рад на теми докторске дисертације, под менторством р. проф. др Србислава Генића. Усвајањем Извештаја Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовану ментора, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду са седнице од 16.04.2010., декан Машинског факултета у Београду је 17.04.2010. донео закључак бр. 75/7 да се одобри рад на теми докторске дисертације "Истраживања параметара транспорта топлоте код оребрених хладњака и загрејача" кандидату Петру Колендићу. За ментора дисертације је именован р. проф. др Србислав Генић.

О завршетку докторске дисертације "Истраживања параметара транспорта топлоте код оребрених хладњака и загрејача", ментор је обавестио Катедру за процесну технику, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, дописом број 441/2 од 17.03.2015. Катедру за процесну технику је у допису број 441/1 од 17.03.2015. предложила састав Комисије за оцену и одбрану рада: проф. др Србислав Генић (ментор), проф. др Бранислав Јаћимовић, проф. др Војкан Лучанин, научни сарадник др Горан Воротовић и проф. др Владимир Пајковић (Машински факултет Подгорица, Универзитет Црне Горе). Наставно-научно веће Машинског факултета је на седници од 19.03.2015. усвојило обавештење о завршетку дисертације докторанта и донело одлуку број 441/3 од 19.03.2015. о именовану предложене Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација припада области техничких наука, односно машинству, односно ужој научној области процесна техника.

Ментор докторске дисертације, р. проф. др Србислав Генић, је из реда наставника Машинског факултета, из научне области дисертације, односно са листе наставника који испуњавају критеријум квалификованости у складу са стандардима које прописује Национални Савет за високо образовање.

1.3 Биографски подаци о докторанту

Петар Колендић је рођен 10.05.1955. у Београду, 1986 године је завршио школовање на Вишој техничкој машинској школи у Београду, смер машинско-производни, а 1991. је дипломирао на Машинском факултету у Београду на Одсеку за моторна возила.

Докторант је уписао магистарске студије 1992. на Одсеку за моторе СУС (усмерење конструкција мотора). До 1999. године кандидат је положио све испите предвиђене програмом магистарских студија. Усклађујући се са наставним планом Машинског факултета у Београду, 2008. је постао студент докторских студија на Машинском факултету у Београду. Статус студента докторских студија му је продужен 2015.

Радни однос засновао 1991. на Машинском факултета у Београду у статусу стручног сарадника при Катедри за моторе.

У настави на Машинском факултету у Београду је био ангажован на следећим предметима:

- од стране Катедре за моторе СУС на предметима Дијагностика и одржавање мотора, Експлоатација и ремонт мотора и Бродски мотори;
- од стране Катедре за процесну технику на предметима Инжењерство ризика и противпожарни системи и Апарати и машине у процесној индустрији.

Докторант је био председник Друштва форензичара и судских вештака у Савезу машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије (СМЕИТС) у периоду од 2013. до 2015.

Говори руски и енглески језик. Обучен је за рад на рачунару у следећим софтверским пакетима: *MsOffice, AutoCad, MathCAD*.

Докторант је био више пута ангажован на научно-истраживачким пројектима које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја. Од 2011. је ангажован у раду на пројекту под називом Развој и изградња демонстрационог постројења за спрегнуту производњу електричне и топлотне енергије са гасификацијом биомасе, евиденциони број ТЕР 33049. Пројекат израђује Машински факултет у Београду, а руководилац пројекта је проф. др Мирослав Станојевић.

У току досадашњег рада је објавио више радова, од којих су два (2) рада објављена у међународним часописима, који имају импакт фактор на SCI листи. Остали радови докторанта су објављени у часописима националног ранга или саопштени на међународним и домаћим конгресима. Докторант је коаутор једне књиге.

2 ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација Петра Колендића под насловом "Истраживања параметара транспорта топлоте код оребрених хладњака и загрејача" је документ формата А4, штампан једнострано, са текстом на српском језику и изложена је на 130 страна. У оквиру дисертације материја је приказана у укупно 6 поглавља. Списак ознака је дат на почетку, а списак коришћене литературе на крају дисертације. Поред наведеног, у прилогу на крају дисертације су дати сви резултати сопствених мерења и мерења других аутора који су коришћени у анализама у оквиру дисертације. На самом почетку дисертације дат је продужени резиме на српском и енглеском језику, а на самом крају су дати биографски подаци докторанта.

Као што је речено, докторска дисертација има следећих 6 поглавља:

1. Увод
2. Примена и основне карактеристике размењивача са оребреним цевима
3. Размена топлоте и пад притиска код размењивача топлоте са оребреним цевима
4. Опис експерименталне инсталације и процедура обраде резултата мерења
5. Анализа резултата
6. Закључна разматрања

Дисертација садржи 49 слика, 17 табела и 163 једначине.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Након краћег увода у првом поглављу, у другом поглављу су дати основни подаци о размењивачима топлоте са оребреним цевима. Дате су основне карактеристике различитих типова апарата (типови оребрења) и њихова примена у индустријским постројењима процесне технике и термотехнике, као и примена за хлађење мотора СУС. Приказане су основне конструкционе и геометријске карактеристике ових апарата и приказ материјала који се користе за њихову израду.

У поглављу 3 дат је преглед литературних извора по питању математичког моделирања процеса размене топлоте и пада притиска. Приказане су емпиријске релације и аналитички методи за прорачун коефицијента прелаза топлоте (Нуселтовог броја) и коефицијента отпора трења при струјању флуида код размењивача топлоте са ламеластим ребрима. Приказ ових релација дат је на бази релевантних литературних извора и дат је критички коментар приказаних релација, и констатована су њихова бројна ограничења. Наведени експериментални подаци су послужили као полазна основа за успостављање (формирање) критеријалних једначина за одређивање топлотних перформанси и коефицијента отпора трења у даљој разради дисертације.

У поглављу четири дат је опис процедуре мерења топлотних перформанси и пада притиска за 3 типа размењивача топлоте са ламеластим ребрима, на бази процедура по стандардима EN305 за које је акредитована Лабораторија за процесну технику Машинског факултета. Дати су основни конструкциони подаци о испитиваним апаратима и описан је одговарајући метод статистичке анализе помоћу којег су обрађени подаци добијени експерименталним путем.

Пето поглавље садржи анализу резултата мерења топлотних перформанси и пада притиска са стране оребрене површине за размену топлоте. Успостављене су оригиналне критеријалне једначине за одређивање Нуселтовог броја и коефицијента отпора струјању на бази хидрауличног пречника и брзине струјања кроз порозну структуру међуцевног простора. Дате корелације су обухватиле поред сопствених мерења и експерименталне податке из литературних извора наведених у поглављу 3 дисертације, чиме су практично обухваћени сви релевантни подаци из научне и техничке литературе. Статистички показатељи корелација су показали да су наведене корелације веома квалитетно описују наведене феномене, те да се могу са сигурношћу користити за димензионисање размењивача топлоте.

У оквиру седмог поглавља сагласно претходно дефинисаним циљевима истраживања и добијеним резултатима сублимирају се стручни и научни доприноси остварени у тези. Такође, наводе се главни резултати као потврда постављених хипотеза на почетку истраживања. На основу ових података, у овом поглављу дати су закључци дисертације.

3 ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертација представља савремен и оригиналан допринос разматраној проблематици везаној за примену и димензионисање размењивача топлоте са оребреним површинама, пре свега због увођења хидрауличног пречника и брзине

струјања кроз порозну структуру међуцевног простора, као најважнијих фактора за исправно описивање феномена транспорта топлоте и количине кретања.

Успостављене критеријалне једначине представљају оригинална решења која се могу применити за практичан инжењерски рад. Применом ових релација могу се на поуздан начин димензионисати размењивачи топлоте са оребреним цевима у различитим областима процесне индустрије, термотехнике и за хлађење мотора СУС.

Истраживање спроведено у дисертацији захтевало је интеграцију експерименталних резултата (добијена мерењима при достизању стационарних радних ражима рада апарата), математичког модела (методе статистике анализе) и извођење јединствених закључака везаних за процесе размене топлоте и струјне перформансе код ових апарата.

Посебно треба напоменути то што су поред сопствених искоришћена и експериментална истраживања других аутора, чине су обухваћени практично сви релевантни подаци у светској литератури.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је практично сва референтна литература из предметне области. Докторант је литературу коректно цитирао и детаљно проучио у току израде дисертације. Коришћена литература је докторанту послужила за систематизацију постојећих знања из проучаване области, али и за проширење домена у коме се критеријалне једначине могу примењивати. Тиме је анализа теме добила на атрактивности и значају пре свега у домену свеобухватности примене сопственог приступа проблему.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су коришћене експериментални и аналитички методи. У циљу добијања резултата који могу послужити као основа за описивање рада предметних апарата вршена су мерења при раду ових апарата, као и методе обраде и анализе добијених података методама статистичке анализе. Методе које су примењене за решавање проблема који је предмет истраживања у докторској дисертацији је потпуно адекватан и поуздан, јер се једино применом ове методе може на поуздан начин описати рад ових типова апарата. Стога се може закључити да је докторант у потпуности направио избор адекватних метода које су коришћене за анализу добијених резултата и извођење релевантних закључака из ове тематске области.

3.4 Применљивост остварених резултата

Резултати до којих је докторант дошао у дисертацији поред научне, поседују веома високу употребну вредност за практичан инжењерски рад. Осим примене новоформираних релација при димензионисању нових апарата, добијене релације могу послужити и за израду контролних прорачуна постојећих апарата и предвиђање њиховог понашања у променљивим радним режимима.

3.5 Оцена достигнутих способности докторанта за самостални научни рад

Чланови комисије сматрају да је докторант на основу претходних истраживања, као и на основу научно-стручних радова које је објавио у међународним и националним

часописима и саопштавао на скуповима, показао да има смисао и знања да самостално препозна и систематски решава инжењерске и научне проблеме, примењујући савремене методе теоријског и експерименталног карактера. Кроз рад на самој дисертацији докторант је показао способност за самостални научни рад и показао је да је у стању да самостално решава научне проблеме, као и да успешно влада научним и истраживачким методама. Докторант поседује значајно радно и истраживачко искуство, као и потребно теоријско знање за даљи успешан научно-истраживачки рад.

4 ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Ова дисертација је документовано проширила постојећа знања и остварила научни допринос у области процесне технике. Остварени научни допринос докторске дисертације се пре свега огледа у следећем:

- критички су размотрени постојећи литературни подаци и јасно су приказани недостаци постојећих прорачунских процедура;
- на бази сопствених мерења допуњени су литературни подаци везани за теорију сличности у области струјања кроз међуцевни простор размењивача топлоте са ламеластим ребрима;
- формирана је оригинална критеријална једначина за прорачун Нуселтовог броја (односно коефицијента прелаза топлоте) која обухвата све до сада објављене релевантне експерименталне податке и која знатно боље описује феномен него постојеће једначине, што је кроз статистичку анализу и доказано;
- формирана је оригинална критеријална једначина за коефицијент отпора трења у међуцевном простору код размењивача топлоте са ламеластим ребрима која, такође, обухвата све признате експерименталне резултате до сада објављене и за коју се може констатовати да има статистичке параметре далеко боље него до сада објављене корелације;
- формирана је прорачунска процедура за димензионисање нових апарата и за анализу рада постојећих апарата, која има јасне предности у односу на постојеће процедуре, што је и статистички доказано у оквиру дисертације.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

У приказаној докторској дисертацији извршен је детаљан опис конструкционих карактеристика размењивача топлоте са оребреним цевима. На јасан и прегледан начин су приказане основне карактеристике ових апарата и анализирани проблеми везани за топлотне перформансе и пад притиска. Извршена је квалитетна систематизација постојећих знања везаних за прорачун коефицијента прелаза топлоте и коефицијента отпора трења при струјању флуида у међуцевном простору.

Истраживање које је спроведено обухватило је интеграцију експерименталних истраживања и математичког модела и њихово међусобно усаглашавање у циљу добијања јединствених закључака помоћу којих се на поуздан начин може описати рад ових апарата.

Експериментални рад је обухватио мерења протока, температура и пада притиска при различитим режимима рада апарата. С обзиром да је докторант имао и детаљан увид у податке код произвођача који израђују овакве типове апарата (конструкционе карактеристике ових апарата је детаљно утврдио), сматрамо да је експериментали део рада урадио квалитетно и у складу са реалним могућностима. Мерења су извршена на већем броју размењивача, при чему су поменути процесни параметри мерени најсавременијим еталонираним уређајима високе тачности, што је посебно допринело квалитету добијених корелација.

Истраживања спроведена у дисертацији су као приоритетни циљ имала утврђивање поузданих релација за одређивање коефицијента прелаза топлоте и коефицијента отпора трења код размењивача топлоте са оребреним цевима за потребе анализа рада ових апарата. Директна примена ових резултата у пракси огледа се у коришћењу оригиналних критеријалних релација како за димензионисање како нових размењивача, тако и за контролне прорачуне за постојећих апарате.

4.3 Верификација научних доприноса

Категорија M22: Истакнути међународни часопис

1 **Kolendić P.**, Genić S., Jaćimović B., Ćuprić N., Jakimov S., Radanov B.: Modeling of the Working Cycle of the Pressure-Powered Pump, - *Thermal Science* – OnLine – First Issue 00, pp. 21-21, 2015 (**IF = 0,962***) (DOI 10.2298/TSCI131223021G) (ISSN 0354-9836)

* Напомена: последњи објављени подаци су за 2013. годину.

Категорија M23: Међународни часопис

2 Đordjević D., Jaćimović B., Genić S., Arandelović I., **Kolendić P.**, Rajić R.: A Simple Method for Simulation of Stationary and Non-stationary Operation of Trayed Distillation Column, *Revista De Chimie*, vol. 62, no. 3, pp. 328-334, 2011 (**IF = 0,599**) (ISSN 0034-7752)

Категорија M52: Часопис националног значаја

3 Генић С., Јаћимовић Б., Генић В., **Колендић П.**, Хлађење процесних флуида помоћу воде и ваздуха, *Процесна техника* – OnLine – број 2, стр. 26-28, 2013 (ISSN 2217-2319)

4 Genić S., Arandelović I., **Kolendić P.**, Jarić M., Budimir N., Genić V., Review of Explicit Approximations of Colebrook's Equation, *FME Transactions*, vol. 39, no. 2, pp. 67-71, 2011 (ISSN 1451-2092)

5 ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације "Истраживања параметара транспорта топлоте код оребрених хладњака и загрејача" докторанта Петра И. Колендића, дипл. инж. маш., Комисија за оцену и одбрану констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду.

Анализирана проблематика у докторској дисертацији је веома заступљена у научној и стручној јавности. На основу резултата и закључака презентованих у докторској дисертацији, констатује се да је докторант Петар И. Колендић, дипл. инж. маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Докторант је дао значајан допринос у истраживању горе наведене проблематике и дошао до оригиналних резултата, што им обезбеђује велику применљивост у овој актуелној области.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључује да дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносом у области машинства, односно ужој области процесне технике.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом "Истраживања параметара транспорта топлоте код оребрених хладњака и загрејача" докторанта Петра И. Колендића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Чланови Комисије

Р. проф. др Србислав Генић, ментор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Р. проф. др Бранислав Јаћимовић
Универзитет у Београду, Машински факултет

Р. проф. др Војкан Лучанин
Универзитет у Београду, Машински факултет

Научни сарадник др Горан Воротовић
Универзитет у Београду, Машински факултет

В. проф. др Владимир Пајковић
Универзитет Црне Горе, Машински факултет Подгорица