

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

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

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

232/5

(Број захтева)

06.04.2014. 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:

НИКОЛЕ (ДРАГОСЛАВ) ТАНАСИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **НИКОЛА (ДРАГОСЛАВ) ТАНАСИЋ** уписан на Докторске студије 2006. године.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Подноео је захтев за израду докторске дисертације:

ОПТИМИЗАЦИЈА СИСТЕМА ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОТПАДНЕ ТОПЛОТЕ ИЗ ПАПИР МАШИНЕ У ПРОИЗВОДНОЈ ХАЛИ ФАБРИКЕ КАРТОНА

Универзитет је дана 29.10.2010. год. својим актом под бр. 612-3755-2 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ОПТИМИЗАЦИЈА СИСТЕМА ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОТПАДНЕ ТОПЛОТЕ ИЗ ПАПИР МАШИНЕ У ПРОИЗВОДНОЈ ХАЛИ ФАБРИКЕ КАРТОНА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **НИКОЛЕ (ДРАГОСЛАВ) ТАНАСИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 06.02.2014. године, одлуком факултета под бр. 232/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Мирослав Станојевић	Ред.проф.	Процесна техника	Машински факултет Београд
2. Др Александар Јововић	Ред.проф.	Процесна техника	Машински факултет Београд
3. Др Дејан Радић	Ванр.проф.	Процесна техника	Машински факултет Београд
4. Др Александар Николић	Научни сарадник	Енергетика и енергетска ефикасност	Електротехнички институт „Никола Тесла“ Београд
5. Др Војислав Новаковић	Ред.проф.	Процесна техника	Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Норвешка

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 06.03.2014. 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: 232/4
Датум: 06.03.2014.
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 30. Закона о високом образовању (Сл.гласник 76/05, 100/07 и 44/10) и чл. 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и извештаја Комисије у саставу: проф.др Мирослав Станојевић, ментор, проф.др Александар Јововић, проф.др Дејан Радић, др Александар Николић, научни сарадник, Електротехнички институт „Никола Тесла“ Београд, проф.др Војислав Новаковић, Norwegian University of Science and Technology (NTNU) Trondheim, Норвешка о оцени докторске дисертације „Оптимизација система за коришћење отпадне топлоте из папир машина у производној хали фабрике картона“ докторанта Николе Танасића, дипл.инж.маш. Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 06.03.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„ОПТИМИЗАЦИЈА СИСТЕМА ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОТПАДНЕ ТОПЛОТЕ ИЗ ПАПИР МАШИНЕ У ПРОИЗВОДНОЈ ХАЛИ ФАБРИКЕ КАРТОНА“** докторанта **НИКОЛЕ ТАНАСИЋА**, дипл.инж.маш.

Извештај о оцени и одбрани докторске дисертације, по истеку рока од 30 дана увида јавности, доставља се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације докторанта Николе Танасића, дипл. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 232/2 од 06.02.2014. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације докторанта Николе Танасића под насловом "Оптимизација система за коришћење отпадне топлоте из папир машине у производној хали фабрике картона", о којој подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1 Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација докторанта Николе Танасића, дипл. инж. маш., под насловом "ОПТИМИЗАЦИЈА СИСТЕМА ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОТПАДНЕ ТОПЛОТЕ ИЗ ПАПИР МАШИНЕ У ПРОИЗВОДНОЈ ХАЛИ ФАБРИКЕ КАРТОНА", изложена је на 160 страна у оквиру девет поглавља, садржи пет прилога на 61 страни, као и списак коришћене литературе на 10 страна.

1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Никола Танасић, дипл. инж. маш., број индекса Д2/06, уписао је докторске студије 21.12.2006. године на Машинском факултету Универзитета у Београду. Комисија за писање извештаја о испуњености услова кандидата, научној заснованости теме докторске дисертације и мишљења о ментору у саставу проф. др Мирослав Станојевић, проф. др Горан Јанкес, проф. др Златко Петровић, проф. др Милорад Крговић, редовни професор у пензији са Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Александар Николић, научни сарадник Електротехничког Института „Никола Тесла“, Београд, поднела је Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду извештај бр. 873/4 дана 16.09.2010. године. Одлуком Наставно-научног већа бр. 873/5 од 30.09.2010. године, прихваћен је предлог о испуњености услова кандидата и научној заснованости теме докторске дисертације. На основу одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду са седнице од 29.10.2010. године, декан Машинског факултета Универзитета у Београду је одлуком број 1878/1 од 23.11.2010. године одобрио рад на теми докторске дисертације "Оптимизација система за коришћење отпадне топлоте из папир машине у производној хали фабрике картона" докторанта Николе Танасића. За ментора дисертације је именован проф. др Мирослав Станојевић. На основу захтева кандидата Николе Танасића и уз сагласност шефа Катедре за процесну технику и ментора проф. др Мирослава Станојевића, декан Машинског факултета је 15.01.2013. године на основу члана 92. став 4 Статута Универзитета у Београду и члана 13.3 Статута Машинског факултета донео решење број 1377/1 којим се одобрава продужење рока за завршетак студија за два семестра у школској 2012/2013. години. На основу молбе кандидата Николе Танасића за одобрење статуса мировања у школској 2009/2010. години због одслужења војног рока, декан Машинског факултета је 21.10.2013. године донео решење

број 2050/1 којим се одобрава продужетак рока за завршетак студија за два семестра у школској 2013/2014. години. Може се закључити да кандидат има обавезу да одбрани докторску дисертацију до краја школске 2013/2014. године, када му и формално истиче статус студента докторских студија.

На основу извештаја проф. др Мирослава Станојевића, ментора, да је докторант Никола Танасић завршио докторску дисертацију "Оптимизација система за коришћење отпадне топлоте из папир машине у производној хали фабрике картона", као и предлога Катедре за процесну технику, Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку број 232/2 од 06.02.2014. године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу проф. др Мирослав Станојевић, проф. др Александар Јововић, проф. др Дејан Радић, др Александар Николић, научни сарадник, Електротехнички институт „Никола Тесла“, Београд и проф. др Војислав Новаковић, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Норвешка.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација под насловом "Оптимизација система за коришћење отпадне топлоте из папир машине у производној хали фабрике картона" припада области техничких наука (машинство), ужа научна област процесна техника.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Никола Д. Танасић је рођен 9. новембра 1982. године у Београду, Република Србија. Основну школу „Вук Караџић“ је завршио у Београду 1997. године и исте године уписао 6. београдску гимназију (природно-математички смер). Средњошколско образовање је завршио у 3. београдској гимназији 2001. године. Исте године је уписао Машински факултет Универзитета у Београду. Дипломирао је 29.09.2006. на Катедри за термотехнику, одбравивши рад на тему "Идејни пројекат вреловодног котла за сагоревање гасовитог горива снаге 116 MW".

Докторске студије је уписао 2006. године на Катедри за процесну технику Машинског факултета у Београду у оквиру међународног студијског програма "Sustainable Energy and Environment in the Western Balkans" који је организован у сарадњи са Норвешким Универзитетом за Науку и Технологију - НТНУ у Трондхајму (Norwegian University of Science and Technology - NTNU, Trondheim, Norway). У оквиру студијског програма боравио је у Норвешкој у периоду септембар 2008. - фебруар 2009. где се стручно усавршавао на Департману за енергетско и процесно инжењерство на НТНУ.

Од 01.06.2007. године ради као истраживач-приправник на Катедри за процесну технику Машинског факултета у Београду. Одлуком Истраживачко-стручног већа Машинског факултета у Београду бр. 21-1129/6 од 14.11.2013. биран је у звање истраживач-сарадник. Од 2007. године је био ангажован у настави на Машинском факултету у Београду, на катадри за процесну технику из предмета Основне операције у процесној индустрији, Пећи и котлови у индустрији и Мерења и управљање у процесној индустрији.

Кандидат активно учествује на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Од 2007. до 2009. године је био учесник пројекта у оквиру националног програма енергетске ефикасности "Коришћење отпадне топлоте и отпадних материјала у процесној индустрији", под евиденционим бр. ЕЕ233009. У току шест месеци у 2009. и 2010. години је учествовао на иновационом пројекту "Развој високоефикасног беспламеног горионика за термичку обраду метала". Од 2011. године је ангажован као истраживач на два пројекта из програма технолошког развоја: "Развој и изградња демонстрационог постројења за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије са

гасификацијом биомасе", под евиденционим бр. ТР33049 и "Повећање енергетске ефикасности у одабраном индустријском сектору кроз имплементацију система енергетског менаџмента у малим и средњим предузећима", под евиденционим бр. ТР33017.

Учествовао је на више од 20 пројеката на пословима израде планске и техничке документације, елебората и студија енергетске ефикасности као и на пословима спровођења енергетских прегледа и мерења у индустријским предузећима.

Положио је стручни испит из области машинства 2010. године и стручни испит из области енергетске ефикасности у зградарству 2012. године. Служио је војску у цивилној служби у ЈКП „Београдски водовод и канализација“.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Николе Танасића, дипл. инж. маш., под насловом "Оптимизација система за коришћење отпадне топлоте из папир машине у производној хали фабрике картона", изложена је на 160 страна. Дисертација садржи следећа поглавља:

Предговор

Резиме

Садржај

1. Увод
2. Производња папира, извори отпадне топлоте и системи за њено коришћење
3. Преглед постојећих резултата и достигнућа у научној области
4. Резултати снимања постојећег стања и мерења процесних параметара на картон машини и параметара ваздуха у производној хали у Фабрици картона Умка а.д.
5. Материјални и топлотни биланс сушне секције картон машине
6. Развој аналитичког модела за одређивање карактера конвективних струјања ваздуха у производној хали
7. Развој нумеричког модела за симулацију струјања ваздуха у производној хали
8. Техно-економска анализа и оптимизација система за коришћење отпадне топлоте
9. Закључна разматрања

Литература

Списак коришћених ознака

Прилози (пет прилога)

Биографија аутора

Дисертација садржи 42 слике, 31 табелу и 40 једначина.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводу су изложени мотивација, предмет и циљ докторске дисертације. Такође су сумиране примењене методе и наведени очекивани резултати истраживања. Указано је на значај изучавања система за коришћење отпадне топлоте и њихову важност за енергетску ефикасност и економичност савремене производње папира и картона. Укратко је приказан садржај појединих поглавља у дисертацији.

У поглављу два укратко је описан технолошки процес производње картона. Посебан акценат је на секцији за термичко сушење картона у којој се утроши до 80% од укупне топлотне енергије која се доведе на картон машину као и на системима за вентилацију хаубе сушне секције и производне хале. У овом поглављу такође су анализирани најзначајнији извори

отпадне топлоте у процесу производње картона и дат је преглед и опис система за коришћење отпадне топлоте који су најчешће у употреби у папирној индустрији.

У поглављу три је дат преглед постојећих истраживања и достигнућа на тему енергетских прегледа (аудита) у папирној индустрији, метода за оптимизацију система за коришћење отпадне топлоте у папирној индустрији и нумеричких симулација у циљу одређивања брзинског, температурског и поља релативне влажности ваздуха у индустријским објектима.

У поглављу четири су сумиране примењене методе и резултати експерименталних истраживања, односно мерења процесних параметара на картон машини, мерења брзине, температуре и релативне влажности ваздуха у производној хали и мерења температуре чврстих површи у производној хали. Сва мерења су спроведена у реалним радним условима у два карактеристична радна режима на картон машини и у производној хали Фабрике картона Умка а.д., Србија. Резултати мерења су послужили као улазни подаци за израду детаљног материјалног и топлотног биланса сушне секције картон машине и за дефинисање граничних услова и валидацију нумеричког модела којим је симулирано струјање ваздуха у хали.

У поглављу пет приказане су развијене билансне једначине које су омогућиле спровођење детаљног материјалног и топлотног биланса сушне секције картон машине. На основу резултата билансирања идентификовани су најзначајнији извори топлоте и водене паре у производном процесу и одређени потенцијали отпадне топлоте. У овом поглављу такође су израчунати коефицијенти ефикасности појединих подсистема у оквиру посматране сушне секције картон машине.

У поглављу шест је аналитичким методама анализиран механизам преношења топлоте са појединих делова картон машине на ваздух у производној хали и одређен је карактер конвективних струјања ваздуха у хали применом методе виртуелног линијског извора топлоте. На основу резултата одређен је проток и дефинисан топлотни потенцијал конвективних ваздушних токова који се формирају изнад најзначајнијих извора топлоте у хали. Такође су приказани резултати материјалног и топлотног биланса влажног ваздуха у хали који су употпунили разумевање природе струјања ваздуха у хали и пружили увид у погонске силе које на ово струјање утичу и које га обликују. Резултати приказани у овом поглављу су пружили добру квалитативно-квантитативну слику о карактеру струјања ваздуха у хали и омогућили су увид у техничке проблеме који се јављају током процеса производње картона.

Поглавље седам садржи опис развијеног нумеричког модела у програмском пакету FLUENT који је коришћен за симулацију струјања ваздуха у производној хали. Приказан је начин моделирања геометрије струјног простора са основним претпоставкама и упрошћењима. На основу пробних симулација дефинисани су критеријуми за избор модела турбуленције и резолуције мреже за дискретизацију струјног простора. На основу резултата мерења и билансирања токова материје и енергије на картон машини и у производној хали одређени су гранични услови који су били улазни подаци за модел. У овом поглављу је такође спроведена валидација нумеричког модела, односно упоређени су резултати симулација са одговарајућим експерименталним подацима. На основу резултата симулација одређене су оптималне позиције за одсисавање отпадног ваздуха из хале у циљу спреге са системом за коришћење отпадне топлоте.

У поглављу осам спроведена је техно-економска анализа у циљу одређивања оптималне површине плочастог размењивача топлоте типа ваздух-ваздух у склопу система за

коришћење отпадне топлоте из вентилационог система производне хале. За анализу је примењена ε - NTU метода спрегнута са претходно дефинисаним функцијама трошкова при чему су узете у обзир сезонске варијације параметара отпадног ваздуха из хале и свежег атмосферског ваздуха. Улазни подаци за анализу су добијени нумеричким симулацијама ваздушних токова у производној хали. Оптимални размењивач топлоте обезбеђује максималне уштеде у трошковима за примарну енергију при минималним инвестиционим и експлоатационим трошковима у предвиђеном радном веку техничког система.

У оквиру закључних разматрања, поглавље девет, сажето су приказани остварени резултати и њихов значај за повећање енергетске ефикасности и економичности процеса производње картона. Такође су дате смернице за будућа истраживања у овој научној области.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

У светским оквирима папирна индустрија се сврстава у енергетски интензивне секторе, позиционира се на 4. месту по енергетском интензитету са просечном специфичном потрошњом примарне енергије од 11,5 GJ/t производа. Обим производње папира се стално повећава као и удео трошкова за енергију у укупним трошковима производње. Сходно томе постоји практичан интерес за повећање енергетске ефикасности и економичности производње папира и картона, како у смислу смањења утrophка фосилних горива и редукције емисија гасова стаклене баште тако и због повећања конкуретност датог привредног субјекта на тржишту.

У процесу производње картона ослобађају се значајне количине отпадне топлоте. Отпадна топлота је садржана у влажном ваздуху који се искористи у сушној секцији картон машине након чега се одводи у систем за рекулперацију топлоте и потом ослобађа у околину. У зависности од стања хаубе сушне секције и ефикасности процеса термичког сушења папира и система за рекулперацију топлоте у атмосферу могу бити ослобођене значајне количине отпадне топлоте. Поред тога, у току производног процеса са картон машине се емитује значајна количина топлоте и водене паре на ваздух у производној хали. Топао и влажан ваздух се услед узгонске силе подиже до нивоа плафона хале одакле се избацује у околину посредством вентилационог система. Температура, влажност и брзина ваздуха могу значајно да варирају дуж производне хале и зависе од великог број фактора као што су стање хаубе сушне секције, процесни параметри на машини, тип папира који се производи, спољашњи атмосферски услови итд. У циљу рационалног коришћења примарних извора енергије пожељно је искористити отпадну топлоту из поменутих извора за предгревање свежег ваздуха који се користи за сушење картона у сушној секцији машине или за загревање воде која се користи у процесу припреме папирне масе.

Дефинисање параметара ваздуха у сушној секцији картон машине и производној хали, одређивање карактера конвективних ваздушних токова изнад извора топлоте и идентификација најповољнијих позиција за одсисавање отпадног ваздуха из хале представљају значајан проблем јер су параметри ваздуха од пресудног значаја за конструисање и оптимизацију система за коришћење отпадне топлоте. Имајући у виду комплексност струјања ваздуха у производној хали најефикасније анализе се могу спровести применом тродимензионалних нумеричких симулација заснованих на методи нумеричке механике флуида. Основни проблем у примени ове методе јесте потреба да се геометрија струјног простора поједностави али тако да се узму у обзир сви релевантни утицајни

фактори. Такође, неопходно је дефинисати критеријуме за избор модела турбуленције и резолуције мреже за дискретизацију струјног простора. Поређењем резултата добијених нумеричким симулацијама и одговарајућих експерименталних резултата извршена је валидација модела која је имала за циљ да покаже да ли је и у којој мери могуће моделирати овако комплексно струјање имајући у виду габарите хале и велики број фактора који на њега утичу.

Истраживања која су спроведена у оквиру дисертације захтевала су интеграцију експерименталних резултата, биланса материје и енергије, аналитичког модела и нумеричке симулације уз спровођење техно-економске анализе која је имала за циљ оптимизацију система за коришћење отпадне топлоте. Свеобухватан приступ решавању проблема и примена савремених научних метода указују на висок степен оригиналности који је присутан у овој докторској дисертацији.

Значај докторске дисертације огледа се у развоју и примени аналитичких и нумеричких модела за симулацију струјања ваздуха у производној хали фабрике картона у циљу анализе до сада неистражених могућности коришћења отпадне топлоте из вентилационог система хале. Методе су успешно примењене на примеру великог индустријског објекта са комплексним технолошким процесом какав је производња папира и картона.

У дисертацији је на практичном примеру показано да коришћење отпадне топлоте може у значајној мери да смањи потребе папирне индустрије за примарном енергијом. Поред тога, процедура за оптимизацију система за коришћење отпадне топлоте у фази конструисања и пројектовања опреме која је приказана у дисертацији корисна је из перспективе инжењерске праксе.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Списак литературе која је коришћена у докторској дисертацији је дат у посебном поглављу. Прегледом списка коришћене литературе може се закључити да је кандидат у доброј мери располагао савременом референтном литературом из области енергетских прегледа и биланса енергије у папирној индустрији, метода за оптимизацију система за коришћење отпадне топлоте у папирној индустрији и нумеричких симулација у циљу одређивања брзинског, температурског и поља релативне влажности ваздуха у индустријским објектима. Коришћена је литература из међународних научних часописа, стручних уџбеника, релевантних међународних стандарда и референтних докумената. Кандидат је коректно проучио и цитирао литературне изворе који су му послужили као основа за систематизацију постојећих сазнања из области која је предмет докторске дисертације.

Треба нагласити да прегледом расположиве литературе нису пронађени примери одређивања карактера струјања ваздуха у производној хали, који је блиско спергнут са технолошки комплексним процесом какав је производња папира, у циљу оптимизације система за коришћење отпадне топлоте.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

При изради дисертације коришћене су методе детаљног материјалног и енергетског билансирања сушне секције картон машине, аналитички и нумерички модели струјања ваздуха у производној хали и мерења процесних параметара на картон машини и карактеристика

воздушних токова у реалним радним условима у хали. У циљу оптимизације система за коришћење отпадне топлоте примењена је ε - NTU метода спрегнута са претходно дефинисаним функцијама трошкова при чему су узете у обзир сезонске варијације параметара отпадног и свежег атмосферског ваздуха.

Параметри отпадног ваздуха су од пресудног значаја за димензионисање и оптимизацију система за коришћење отпадне топлоте. Имајући у виду комплексност струјања ваздуха у производној хали детаљне информације о струјном пољу могуће је добити применом нумеричких модела заснованих на временски осредњеним Навије-Стоксовим једначинама, односно нумеричким симулацијама струјања ваздуха у хали, или опсежним мерењима параметара ваздуха у хали. Опсежна мерења параметара ваздуха на великом броју локација су обично дуготрајна и скупа а често нису ни практична у комплексним индустријским објектима великих габарита. Поред тога код мерења у реалним условима тешко је контролисати граничне услове и обезбедити поновљивост резултата мерења. Из овог разлога мерења су спроведена на ограниченом броју локација под претпоставком о стационарним условима а резултати су послужили за дефинисање граничних услова и за валидацију нумеричког модела.

Изабране методе су у потпуности адекватне за проблем који је предмет истраживања, правилно су искоришћене за анализу добијених резултата и извођење релевантних закључака.

3.4. Оцена примењивости и валидације остварених резултата

Развијени модели су омогућили детаљну карактеризацију извора отпадне топлоте у сушној секцији картон машине и у производној хали. Метода линијског виртуелног извора топлоте и нумеричке симулације струјања ваздуха у хали су успешно искоришћене на примеру великог и комплексног индустријског објекта са сложеним технолошким процесом. Резултати нумеричких симулација валидирани су поређењем са одговарајућим експерименталним резултатима и са резултатима аналитичког модела, при чему је постигнуто добро слагање резултата.

Приказани резултати поред научне, поседују и високу практичну и употребну вредност. Развијени модели и процедуре се подједнако успешно могу применити и на друге производне хале у папирној индустрији и сличне индустријске објекте.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Чланови комисије сматрају да је кандидат показао способност да самостално и системски решава инжењерске и научне проблеме, да користи расположиву литературу и да успешно влада савременим истраживачким методама.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ оствареног научног доприноса

Остварени су следећи научни доприноси:

- Утврђена је методологија за израду детаљног материјалног и топлотног биланса сушне секције картон машине и влажног ваздуха у производној хали на основу којих је могуће оценити ефикасност производног процеса и одредити количину и карактеристике отпадне топлоте која се у процесу ослобађа.

- Утврђена је методологија за мерење параметара влажног ваздуха на ограниченом броју локација у производној хали који су послужили као улазни подаци за развој аналитичког и нумеричког модела струјања ваздуха у хали.
- Развој и примена аналитичког модела конвективних струјања ваздуха у производној хали у папирној индустрији на основу методе линијског виртуелног извора топлоте. Резултати су омогућили увид у техничке проблеме који се јављају током производног процеса.
- Развој и примена тродимензионалног нумеричког модела којим је симулирано брзинско, температурско и поље релативне влажности ваздуха у производној хали. На основу резултата симулација одређене су оптималне локације за одсисавање отпадног ваздуха из хале у циљу спреге са системом за коришћење отпадне топлоте. Нумерички модел је валидиран на основу резултата експеримената који су спроведени у реалним радним условима.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У докторској дисертацији је на адекватан начин извршена систематизација постојећих сазнања из области коришћења отпадне топлоте са сушне секције картон машине, оптимизације система за коришћење отпадне топлоте и улоге нумеричких модела у том поступку.

Истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације обухватила су интеграцију експерименталних истраживања, аналитичких и нумеричких модела у циљу дефинисања параметара отпадног ваздуха који су искоришћени као улазни подаци за оптимизацију система за коришћење отпадне топлоте. Резултати добијени применом различитих метода су следиви што је омогућило добијање јединствених закључака.

Поређењем резултата добијених експериментима и нумеричким симулацијама уочена су извесна одступања. Могући разлози за одступања су претпоставка о стационарном струјању ваздуха у хали, несигурности код дефинисања граничних услова у секцијама картон машине које нису биле предмет детаљног материјалног и топлотног биланса, упрошћење комплексне геометрије картон машине и производне хале и коришћење шеме првог реда за одређивање конвективних чланова у диференцијалним једначинама у нумеричком приступу. Даљи рад у овој области се може усмерити ка унапређењу нумеричког модела у датим сегментима.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Са становишта инжењерске праксе приказане процедуре и развијени модели у оквиру дисертације омогућавају идентификацију и квантификацију извора отпадне топлоте и пружају увид у техничке проблеме у процесу производње картона. Такође, развијени модели омогућавају спровођење параметарских анализа и предвиђање ефеката корективних мера и промене процесних параметара. Поред тога, резултати истраживања се могу применити при анализи рада постојећих и димензионисању нових система за коришћење отпадне топлоте у папирној индустрији и њиховој оптимизацији уз квантификацију уштеда у потрошњи примарних енергената а све у циљу унапређења енергетске ефикасности и економичности производног процеса.

4.4. Верификовани научни доприноси

Доприноси докторске дисертације су верификовани кроз следеће радове које је аутор објавио у међународним часописима и саопштио на међународним и домаћим скуповима:

M21 Радови у врхунском међународном часопису

1. Tanasić, N., Jankes, G., Skistad, H., CFD analysis and airflow measurements to approach large industrial halls energy efficiency: A case study of a cardboard mill hall, Energy and Buildings, Vol. 43, No. 6, 2011, pp. 1200-1206, (ISSN 0378-7788, импакт фактор 2,809 за 2011. годину).

M23 Радови у међународном часопису

2. Tanasić, N., Jankes, G., Skistad, H., Analytical investigation of airflow patterns within a paper machine hall, Cellulose Chemistry and Technology, Vol. 45, No. 1-2, 2011, pp. 113-119, (ISSN 0576-9787, импакт фактор 0,450 за 2011. годину).
3. Jankes, G., Tanasić, N., Stamenić, M., Adžić, V., Waste heat potentials in the drying section of the paper machine in Umka Cardboard Mill, Thermal Science, Vol. 15, No. 3, 2011, pp. 735-747, (ISSN 0354-9836, импакт фактор 0,779 за 2011. годину).

M33 Саопштења са међународних скупова штампана у целини

4. Tanasić, N., Jankes, G., Stamenić, M., Trninić, M., Simonović, T., Airflow measurements and material and heat balance in a cardboard mill hall to approach energy efficiency, Proceedings of the 2nd International Symposium on Environment Friendly Energies and Applications-EFEA, Newcastle upon Tyne, UK, June 25-27, 2012, pp. 123-127. (ISBN 978-1-4673-2909-5)
5. Jankes, G., Tanasić, N., Stamenić, M., Nikolić, M., Material and heat balance of the cardboard machine in Umka Cardboard Mill, Proceedings of the 4th International Conference on Engineering Technologies - ICET, Novi Sad, Serbia, April 28-30, 2009, pp. 419-425. (ISBN 978-86-7892-227-5)
6. Jankes, G., Tanasić, N., Stamenić, M., Nikolić, M., Possible applications of pebble-bed heat exchangers in the utilization of waste heat in paper industry, Proceedings of the 4th International Conference on Engineering Technologies - ICET, Novi Sad, Serbia, April 28-30, 2009, pp. 427-430. (ISBN 978-86-7892-227-5)

M34 Саопштења са међународних скупова штампана у изводу

7. Tanasić, N., Jankes, G., Stamenić, M., Trninić, M., Simonović, T., Stanojević, M., Techno-economic analysis of waste heat recovery system in paper machine dryer section, Book of abstracts of the 4th Regional Conference Industrial Energy and Environmental Protection in Southeastern Europe-IEEP, Divčibare, Serbia, June 26-29, 2013, pp. 21. (ISBN 978-86-7877-023-4)

M63 Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини

8. Танасић, Н., Јанкес, Г., Стаменић, М., Николић, А., Трнинић, М., Симоновић, Т., Смањење специфичне потрошње енергије рекулерацијом отпадне топлоте на сушној секцији папир машине, Зборник радова са 19. Међународног Симпозијума из области Целулозе, Папира, Амбалаже и Графике-ЦПАГ, Златибор, Србија, 25.-28. јун, 2013., стр. 187-192 (ISBN 978-86-7401-304-5)
9. Јанкес, Г., Стаменић, М., Танасић, Н., Николић, А., Трнинић, М., Симоновић, Т., Параметри енергетске ефикасности сушне секције папир машине, Зборник радова са 18.

Међународног Симпозијума из области Целулозе, Папира, Амбалаже и Графике-ЦПАГ, Златибор, Србија, 19.-22. јун, 2012., стр. 130-137 (ISBN 978-86-7401-283-3)

10. Танасић, Н., Јанкес, Г., Skistad, Н., Нумеричка симулација струјања ваздуха у хали Фабрике картона Умка у циљу оптимизације система за коришћење отпадне топлоте, Зборник радова са 16. Међународног Симпозијума из области Целулозе, Папира, Амбалаже и Графике-ЦПАГ, Златибор, Србија, 15.-18. јун, 2010., стр. 87-94 (ISBN 978-86-7401-267-3)

Према ISI/Web of Science овде наведени рад под редним бројем [1] је цитиран 5 пута а рад под редним бројем [3] 3 пута.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Прегледом докторске дисертације "Оптимизација система за коришћење отпадне топлоте из папир машине у производној хали фабрике картона", кандидата Николе Танасића, дипл. инж. маш., Комисија закључује следеће:

- Тема и резултати остварени у докторској дисертацији су од значаја за повећање енергетске ефикасности и економичности производног процеса у папирној индустрији;
- Кандидат је при решавању постављеног задатка користио савремене методе, стандардну стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама;
- Реализованим истраживањима у актуелној области коришћења отпадне топлоте у папирној индустрији кандидат је показао широка знања и вештине у изучавању термичких и флуидо-динамичких процеса везаних за процес сушења папира и индустријску вентилацију применом експерименталних, аналитичких и нумеричких метода;
- На основу извршених истраживања и добијених резултата кандидат је овом дисертацијом дао научни допринос у развоју и примени аналитичких и нумеричких модела за симулацију струјања влажног ваздуха у производној хали фабрике картона. Свеобухватан приступ решавању проблема, иновативност и примена савремених научних метода указују на висок степен оригиналности докторске дисертације;
- Кандидат је дошао до оригиналних и следивих резултата у области која није у довољној мери истраживана и заступљена у стручној литератури. Такође, показао је висок ниво способности и самосталности у доношењу и спровођењу одлука у току израде докторске дисертације. На тај начин је демонстрирао способност за самостални научни рад;
- Остварени научни и практични резултати су верификовани публикавањем једног рада у врхунском међународном часопису, два рада у међународним часописима, као и саопштењем и публикавањем више радова у зборницима радова на међународним скуповима и скуповима националног значаја. Радови публиковани у међународним часописима су до сада цитирани укупно осам пута од стране других аутора.

На основу изложеног Комисија констатује да је докторска дисертација кандидата Николе Танасића, дипл. маш. инж. "Оптимизација система за коришћење отпадне топлоте из папир машине у производној хали фабрике картона", написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду. Комисија констатује да остварени резултати у дисертацији представљају научни допринос и предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета и Стручном већу Универзитета у Београду да овај Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности и у складу са законском процедуром закаже усмену јавну одбрану пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 24.02.2014. године

Комисија:

проф. др Мирослав Станојевић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду, Машински факултет

проф. др Александар Јововић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

проф. др Дејан Радић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Александар Николић, научни сарадник
Електротехнички институт „Никола Тесла“, Београд

проф. др Војислав Новаковић, редовни професор
Norwegian University of Science and Technology
(NTNU), Trondheim, Норвешка

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:232/5
Датум: 06.03.2014. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 63. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1876/1 од 04.10.2013. године и члана 37. Правилника о докторским студијама, Наставно-научно веће на седници одржаној 06.03.2014. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео НИКОЛА ТАНАСИЋ, дипл.инж.маш. и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **„ОПТИМИЗАЦИЈА СИСТЕМА ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОТПАДНЕ ТОПЛОТЕ ИЗ ПАПИР МАШИНЕ У ПРОИЗВОДНОЈ ХАЛИ ФАБРИКЕ КАРТОНА“**

II Универзитет је дана 29.10.2010. године, својим актом број 612-3755-2 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. Tanasić, N., Jankes, G., Skistad, H., CFD analysis and airflow measurements to approach large industrial halls energy efficiency: A case study of a cardboard mill hall, Energy and Buildings, Vol. 43, No. 6, 2011, pp. 1200-1206, (ISSN 0378-7788, импакт фактор 2,809 за 2011. годину).
2. Tanasić, N., Jankes, G., Skistad, H., Analytical investigation of airflow patterns within a paper machine hall, Cellulose Chemistry and Technology, Vol. 45, No. 1-2, 2011, pp. 113-119, (ISSN 0576-9787, импакт фактор 0,450 за 2011. годину).
3. Jankes, G., Tanasić, N., Stamenić, M., Adžić, V., Waste heat potentials in the drying section of the paper machine in Umka Cardboard Mill, Thermal Science, Vol. 15, No. 3, 2011, pp. 735-747, (ISSN 0354-9836, импакт фактор 0,779 за 2011. годину).

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за процесну технику и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић