

Одлуком Научно-наставног вијећа Машинског факултета, Универзитета у Источном Сарајеву, број655-С/22 од06.07.2022. године, именована је Комисија за оцјену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата мр Давора Милића под називом: „Прилог истраживању оптимизације потрошње топлотне енергије уиндустријским термоенергетским системима“ (у даљем тексту: Комисија) у сљедећем саставу:

- 1. Др Душан Голубовић, редовни професор,** Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област Хидротермика и термоенергетика, предсједник;
- 2. Др Горан Орашанин, ванредни професор,** Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област Хидротермика и термоенергетика, члан;
- 3. Др Мирко Добрњац, редовни професор,** Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет Бања Лука, ужа научна област Хидро и термоенергетика, члан;
- 4. Др Срђан Васковић, ванредни професор,** Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област Хидротермика и термоенергетика, члан;
- 5. Др Стојан Симић, редовни професор,** Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област Хидротермика и термоенергетика, ментор и члан.

ИЗВЈЕШТАЈ **о оцјени урађене докторске дисертације**

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Процес управљања топлотном енергијом обухвата употребу свих неопходних ресурса са циљем да се обезбиједи њено ефикасно коришћење. У последње вријеме активности које се проводе у циљу оптимизације потрошње топлотне енергије добијају све више на значају у свим областима човјекове дјелатности. Оптимизација потрошње топлотне енергије је значајна са енергетског, економског и еколошког аспекта.

У прошлости се приликом пројектовања индустријских и термоенергетских постројења није водило рачуна о потрошњи топлотне енергије за потребе производног процеса. Усљед смањења залиха и пораста цијена фосилних горива, ограничења емисија отпадних гасова у атмосферу и смањења трошкова производног процеса у последњих двадесетак година све већа пажња се посвећује оптимизацији потрошње топлотне енергије. Да би се смањила потрошња топлотне енергије у индустријским термоенергетским системима предузимају се неке од сљедећих активности: замјена застарјеле и енергетски неефикасне опреме у котловницама, побољшања на цијевној мрежи за дистрибуцију топлотне енергије до потрошача, искоришћење отпадне топлоте примјеном различитих техничких рјешења и др.

У докторској дисертацији је приказана анализа постојећег стања термоенергетских постројења у Босни и Херцеговини, приказани су сви фактори који негативно утичу на ефикасност индустријских термоенергетских система, идентификоване мјере

чија ће примјена довести до оптимизације потрошње енергије односно до повећања енергетске ефикасности постројења, што је уједно један од циљева рада.

У дисертацији је анализирана ефикасност индустријских термоенергетских система са аспекта оптимизације потрошње, односно смањења губитака топлотне енергије. На основу прегледа релевантне литературе извршен је детаљни приказ мјера којима се постиже оптимизација потрошње топлотне енергије. Презентоване су основе енергетске и ексергијске анализе, као и анализа појединих компоненти индустријских и термоенергетских постројења. Разматрано је стање у области управљања топлотном енергијом у четири термоелектране у Босни и Херцеговини. Резултати provedених истраживања показују да постоји много простора за оптимизацију потрошње топлотне енергије у све четири термоелектране што је од посебног значаја како са енергетског, тако и са еколошког и економског аспекта. Да би се свеобухватно утврдило колико поједине мјере имају утицаја на оптимизацију потрошње топлотне енергије и којим мјерама треба дати предност коришћена је ВИКОР метода вишекритеријумске оптимизације. Резултати добијени оптимизацијом потрошње топлотне енергије у термоелектранама у Босни и Херцеговини примјеном ВИКОР методе су послужили за доношење конкретних мјера које треба спровести у циљу побољшања њихове ефикасности.

Проведена истраживања у докторској дисертацији су актуелна са аспекта оптимизације потрошње топлотне енергије у термоелектранама у Босни и Херцеговини, а посебан тежина тих истраживања је што, уз незнатне корекције, она имају примјену и на друга термоенергетска постројења.

2. Оцјена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Истраживања проведена у докторској дисертацији су заснована на прегледу релевантне литературе из области која је проучавана. Извршен је детаљни увид у стварно стање у разматраним термоенергетским постројењима са аспекта потрошње топлотне енергије, као и дефинисање критеријума за оптимизацију потрошње топлотне енергије и извршена је анализа ефеката појединих алтернатива за задате критеријуме.

С обзиром да једо сада управљање индустријским термоенергетским постројењима углавном обухватало критеријуме из домена само једног нивоа (најчешће финансијског), provedеним истраживањем у докторској дисертацији укључени су критеријуми са захтјевима више заинтересованих страна. Након дефинисања критеријума груписане су мјере побољшања енергетске ефикасности у алтернативе. Затим је спроведена, примјеном ВИКОР методе, вишекритеријумска анализа алтернатива на основу које се дошло до алтернативе која ће дати најбоље резултате у односу на дефинисане критеријуме. Извршена је анализа алтернатива са истим и различитим тежинским вриједностима критеријума, те дата могућност дасе у зависности од природе проблема могу и другачије вредновати тежинске вриједности критеријума чиме се потврђује универзалност примјене овог истраживања.

Дефинисани критеријуми оптимизације потрошње топлоте обухватају више заинтересованих страна, што подразумијева не само технички аспект индустријских термоенергетских система, него и задовољење законске регулативе, организација које се баве заштитом животне средине и других заинтересованих страна. Сходно условима и проблемима у индустријским термоенергетским системима окончањем истраживања се добио скуп критеријума и препорукачије спровођење

треба да допринесе смањењу потрошње топлотне енергије. Дефинисање критеријума и примјена ВИКОР методе вишекритеријумске оптимизације значајно олакшава и убрзава процес доношења одлуке у оперативном и инвестиционом управљању индустријским термоенергетским постројењима.

Како је у дисертацији разматрано више актуелних питања везаних за оптимизацију потрошње топлоте, а самим тим и повећање енергетске ефикасности индустријских термоенергетских система реално је за очекивати да ће примјена добијених резултата истраживања бити вишеструка.

Урађена докторска дисертација представља оригинално научно дјело. Оригинални дио истраживања се огледао у развоју критеријума, потребних за смањење топлотних губитака, које би требало испунити свако индустријско термоенергетско постројење и на тај начин направити корак напријед у рјешавању проблема управљања потрошњом топлотне енергије.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

У току стручног напредовања, кандидат је као аутор или коаутор објавио више радова нанаучно-стручним скуповима од националног и међународног значаја из области: термоенергетике, хидротермике и енергетске ефикасности. Кандидат је остварио значајне научно-стручне резултате, који су настали током периода ранијег истраживања или током саме израде докторске дисертације из актуелне области, побољшања енергетске ефикасности у цјелини.

Радови објављени у зборницима са националних или међународних научних скупова

1. Симић, С., Милић, Д., Батинић, К., Орашанин, Г., Благојевић, Ј.: Технички, технолошки и експлоатациони аспекти примјене воде у процесној индустрији, Енергетика 2022, ISBN 978-86-86199-04-1, COBIS. SR-ID 69058569., 21-24.06.2022., Златибор, Србија.
2. Симић, С., Милић, Д., Батинић, К., Орашанин, Г., Благојевић, Ј.: Утицајни параметри на вриједност релативног степена преноса кисеоника код аерације са удубавањем ваздуха у воду, 5. међународна конференција COMETA 2020, Источно Сарајево, ISBN 978-99976-719-8-1, 26-28.11.2020., стр. 412 – 418.
3. Симић, С., Милић, Д., Батинић, К., Орашанин, Г., Благојевић, Ј.: Значај одржавања исправности одвајача кондензата у инсталацијама за развод водене паре 5. међународна конференција COMETA 2020, Источно Сарајево, ISBN 978-99976-719-8-1, 26-28.11.2020., стр. 405 – 411.
4. Simic, S., Orasanin, G., Golubovic, D., Milic, D., Batinic, K.: Consideration of Opportunities for the Optimization of Heat Energy Consumption in Industry and Energetics, New Technologies, Development and Application, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0>, Springer, Cham, Switzerland, 2020.
5. Smailagic, A., Simic, S., Golubovic, D., Orasanin, G., Milic, D., Batinic, K.: Review of Techniques for Landfill Leachate Treatment, IX International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection (IIZS 2019), Technical faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, University of Novi Sad, Zrenjanin, 2019.
6. Милић, Д., Голубовић, Д., Цинић, Н., Вујичић, П., Ђуровић, Д.: Повећање ефикасности хлађења воде у расхладним торњевима промјеном односа

протока воде и ваздуха, Примена нових технологија и идеја у школском инжењерском образовању, No. 1, ISBN 978-86-915487-1-1, Пожега, Србија, мај 2017.

7. Симић, С., Орашанин, Г., Голубовић, Д., Пајкић, Ј., **Милић, Д.**: Утицај топлотне изолације на смањење губитака енергије у индустријским и енергетским постројењима, *Procesing*, Vol. 30, No. 1, ISBN 978-86-81505-83-0, DOI COBISS.SR-ID 235458316, СМЕИТС, Србија, 01-02.06.2017., стр. 225-230.
8. Орашанин, Г., Голубовић, Д., **Милић, М.**, Пајкић, Ј.: Аспекти енергијске ефикасности у системима водоснабдијевања", 3. Међународна конференција "Нове технологије НТ-2016" Мостар, БиХ, 2016.
9. Симић, С., Орашанин, Г., Голубовић, Д., **Милић, Д.**: Енергетски и еколошки аспекти производње енергије из биогаса од стајњака животиња, 3th International Scientific Conference, Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications, COMETA 2016, ISBN 978-99976-623-7-8, БиХ, 07-09.12.2016., pp. 415 - 420.
10. **Milić, D.**, Golubović, D., Drakulić, Đ., Batinić, K.: Improving the Cooling Water in Cooling Towers With Film Type Fillings by Change the Parameters of Water and Air, V International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2015 (IIZS 2015), Vol. 1, No. 5, pp. 206, ISBN 978-86-7672-259-4, Serbia, 2015.
11. **Milić, D.**, Stijačić, S., Golubović, D., Simić, S., Dobrnjac, M., Drakulić, Đ.: Improving the Water Cooling in Cooling Towers by Changing the Parameters of Water and Air, IV International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2014 (IIZS 2014), Vol. 1, No. 4, ISBN 978-86-7672-234-1, DOI COBISS.SR-ID 290244871, Serbia, October 2014., pp. 75-83.
12. Стијачић, С., **Милић, Д.**, Голубовић, Д., Стијачић, Н., Симић, С., Добрњац М.: „Криве неравнојерности дистрибуције воде у влажним расхладним торњевима“, 27. конгрес о процесној индустрији, Процесинг 2014., Београд, 22 – 24.09.2014.
13. Стијачић, С., **Милић, Д.**, Голубовић, Д., Стијачић, Н., Симић, С., Добрњац, М.: Хидраулички прорачун система за дистрибуцију воде у влажним расхладним торњевима, COMETA, Јахорина, 02 – 05.12.2014., стр. 281 – 288.
14. Симић, С., Стијачић, Н., Голубовић, Д., Стијачић, С., **Милић, Д.**: Емисије у атмосферу при процесу прераде нафте и нафтних деривата, COMETA, Јахорина, 02 – 05.12.2014., стр. 307 – 312.
15. Симић, С., Стијачић, Н., Голубовић, Д., **Милић, Д.**, Стијачић, С.: Основни аспекти припреме и обраде воде у рафинеријама, COMETA, Јахорина, 02 – 05.12.2014., стр. 313 – 320.
16. Vaskovic, S., Gvero, P., Medakovic, V., Halilovic, V., **Milic D.**: Feasibility Study for Replacment Heating System on Natural Gas With Pellet Boilers at Primary School „Sveti Sava“ in Lukavica, COMETA, Jahorina, 02-05.12.2014., pp 259-266.

4. Оцјена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему (по поглављима)

Кандидат је у потпуности испоштовао план и програм рада при изради дисертације, а у складу са пријавом теме докторске дисертације. Докторска дисертација садржи укупно 165 страница, укључујући насловну страну, захвалницу,

посвету, сажетак на српском и енглеском језику, садржај и кратку биографију аутора. Главни текст у докторској дисертацији је обима 159 страница, а у оквиру којег су приказане 21 слика, 37 табела и 154 референци коришћене литературе. Докторска дисертација је организована кроз седам поглавља, укључујући уводно поглавље и закључак.

На почетку докторске дисертације је дат садржај, попис коришћених слика и табела, а на крају је наведен списак коришћене литературе, прилози и кратка биографија аутора.

У уводном поглављу приказана је проблематика која је разматрана у докторској дисертацији. Презентован је конкретан предмет проучавања докторске дисертације, циљеви, методе истраживања и кратак преглед досадашњих истраживања у области оптимизације потрошње топлотне енергије у термоенергетским постројењима.

Законска регулатива из области енергетске ефикасности је обрађена у другом поглављу. Презентована је важећа законска регулатива из ове области у земљама Европске уније. Такође су обрађени и важећи прописи у Републици Српској из области енергетске ефикасности.

У трећем поглављу је извршена анализа постојећег стања у индустријским термоенергетским системима са аспекта оптимизације потрошње топлотне енергије. Посебна пажња је усмјерена на анализу постојећег стања у четири термоелектране на подручју Босне и Херцеговине са аспекта оптимизације потрошње топлотне енергије.

Детаљно је у четвртном поглављу извршено презентовање мјера које у мањем или већемобиму доприносе оптимизацији потрошње топлотне енергије у индустријским термоенергетским системима. Свеобухватно је обрађено како на оптимизацију потрошње топлотне енергије утиче: замјена застарјеле и енергетски не ефикасне опреме у котловницама, побољшања на цијевној мрежи за дистрибуцију топлотне енергије до потрошача, искоришћење отпадне топлоте примјеном различитих техничких рјешења и др.

У петом поглављу су обрађени термодинамички аспекти управљања потрошњом топлотне енергије. Презентован је основни значај енергетске и ексергијске анализе термоенергетских постројења. Дат је преглед извршених истраживања у области енергетске и ексергијске анализе која се односе на проблематику разматрану у докторској дисертацији. Приказана је процјена једне термоелектране на основу енергетске и ексергијске анализе.

У шестом поглављу на основу теоријских истраживања и резултата добијених након извршених истраживања у четири термоелектране у Босни и Херцеговини у области енергетске ефикасности дефинисани су сљедећи критеријуми: повећање степена корисности опреме, поузданост и сигурност у раду опреме, побољшање конструкцијског рјешења, цијена и вриједност инвестиције, вријеме поврата инвестиције, утицај на животну средину, уредност у снабдијевању и цијена електричне енергије. Након дефинисања критеријума мјере побољшања енергетске ефикасности су груписане у алтернативе. Затим је спроведена, примјеном ВИКОР методе, вишекритеријумска анализа алтернатива на основу које се дошло до алтернативе која ће дати најбоље резултате у односу на дефинисане критеријуме. Извршена је анализа алтернатива са истим и различитим тежинским вриједностима критеријума.

Закључак садржи сумиране резултате извршених истраживања и приједлоге за

даља истраживања у области побољшања енергетске ефикасности индустријских термоенергетских система.

Докторска дисертација је и по обиму и по квалитету у потпуности испунила циљеве и задатке постављене у пријави дисертације.

5. Научни резултати докторске дисертације

Спроведена теоријска и практична истраживања у докторској дисертацији су актуелна како са научног аспекта, тако и са практичне примјене на индустријске термоенергетске системе.

Приоритени циљ проведених истраживања у докторској дисертацији је био да се побољша управљање топлотном енергијом у индустријским термоенергетским постројењима и да се предложи мјере чије ће спровођење довести до оптимизације потрошње топлоте за потребе производног процеса, а самим тим и повећања енергетске ефикасности тих постројења. Спроведена истраживања су обухватала сљедеће:

- детаљно је извршено сагледавање губитака топлотне енергије код термоенергетских система који обухватају: котловско постројење, топлотну разводну мрежу и потрошаче топлоте;
- анализирана је могућност примјене савремених техничких рјешења у циљу уштеде примарне енергије, смањења емисије гасова стаклене баште и повећања укупне енергетске ефикасности индустријских термоенергетских система;
- дефинисани су основни термодинамички аспекти управљања потрошњом топлотне енергије у циљу повећања енергетске ефикасности термоенергетских система;
- добијени резултати истраживања оптимизације потрошње топлотне енергије у четири термоелектране у Босни и Херцеговини показују колика је укупна енергетска ефикасност ових термоенергетских постројења;
- дефинисани су одговарајући критеријуми за оптимизацију потрошње топлотне енергије у термоелектранама у Босни и Херцеговини, као и начини њиховог вредновања користећи методе вишекритеријумске оптимизације.

Истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације у потпуности су испунила очекиване циљеве и постављене хипотезе.

Спроведена теоријска и практична истраживања и коришћење резултата тих истраживања за побољшање енергетске ефикасности у термоелектранама у Босни и Херцеговини, и могућност примјене дефинисаних алтернатива и критеријума вишекритеријумске оптимизације, уз незнатне корекције, на свако термоенергетско постројење представљају научни допринос докторске дисертације.

6. Примјењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Оптимизација потрошње топлоте у индустријским термоенергетским постројењима, поред смањења потрошње горива и побољшања енергетске ефикасности има веома позитиван утицај и на смањење емисије отпадних гасова у животну средину. Спроведена истраживања у докторској дисертацији су имала за приоритетни циљ да презентују тренутно стање, као и могућност оптимизације потрошње топлотне енергије у термоелектранама у Босни и Херцеговини.

У односу на постојеће стање термоенергетских постројења у Босни и Херцеговини, истраживањем се дошло до најбоље мјере за побољшање енергетске ефикасности у односу на постављене критеријуме. Резултати истраживања се могу у мањој или већој мјери примјенити на сва термоенергетска постројења. У зависности од потреба појединачног постројења може се дати другачији значај појединим критеријумима, чиме се потврђује универзалност добијених резултата и њихова флексибилност у примјени. Такође, ако неко термоенергетско постројење има и нову могућност у односу на понуђене алтернативе у коришћеној методи вишекритеријумске оптимизације, може се узети у разматрање са дефинисаним критеријумима.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Кандидат мр Давор Милић дио научно-стручних истраживања проведених током израде докторске дисертације је презентовао научној јавности на стручним скуповима и часописима. Презентовани су следећи радови:

1. Симић, С., Милић, Д., Батинић, К., Орашанин, Г., Благојевић, Ј.: Значај одржавања исправности одвајача кондензата у инсталацијама за развод водене паре 5. међународна конференција COMETA 2020, Источно Сарајево, ISBN 978-99976-719-8-1, 26-28.11.2020., стр. 405 – 411.
2. Simic, S., Orasanin, G., Golubovic, D., Milic, D., Batinic, K.: Consideration of Opportunities for the Optimization of Heat Energy Consumption in Industry and Energetics, New Technologies, Development and Application, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0>, Springer, Cham, Switzerland, 2020.
3. Симић, С., Орашанин, Г., Голубовић, Д., Пајкић, Ј., Милић, Д.: Утицај топлотне изолације на смањење губитака енергије у индустријским и енергетским постројењима, *Procesing*, Vol. 30, No. 1, ISBN 978-86-81505-83-0, DOI COBISS.SR-ID 235458316, СМЕИТС, Београд, Србија, 01-02.06.2017., стр. 225-230.

8. ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

На основу увида у докторску дисертацију мр Давора Милића под називом “Прилог истраживању оптимизације потрошње топлотне енергије у индустријским термоенергетским системима”, Комисија је једногласно закључила да је кандидат изабрао актуелну и оригиналну тему истраживања, коју је спровео поштујући све принципе научног рада и користећи савремене методе истраживања и анализе резултата. Дисертација садржи оригиналне теоријске и практичне резултате у области оптимизације потрошње топлотне енергије у индустријским термоенергетским системима. Истраживања у оквиру ове дисертације могу значајно да допринесу смањењу губитака топлоте и повећању енергетске ефикасности постојећих индустријских термоенергетских система. На основу наведеног, Комисија предлаже Научно-наставном вијећу Машинског факултета Универзитета у Источном Сарајеву и Сенату Универзитета у Источном Сарајеву, да докторску дисертацију под насловом

“Прилог истраживању оптимизације потрошње топлотне енергије у индустријским термоенергетским системима”

кандидата мр Давора Милића, дипл. инж. маш. **прихвати и одобри** њену јавну

одбрану, којом ће кандидат стећи звање доктора техничких наука из области Хидротермика и термоенергетика.

Мјесто: Источно Сарајево

Датум: 15.07.2022.

Комисија:

1. **Др Душан Голубовић, редовни професор**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област Хидротермика и термоенергетика, предсједник

2. **Др Горан Орашанин, ванредни професор**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област Хидротермика и термоенергетика, члан

3. **Др Мирко Добрњац, редовни професор**, Универзитет у Бањој Луци, Машински факултет Бања Лука, ужа научна област Хидро и термоенергетика, члан

4. **Др Срђан Васковић, ванредни професор**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област Хидротермика и термоенергетика, члан

5. **Др Стојан Симић, редовни професор**, Универзитет у Источном Сарајеву, Машински факултет Источно Сарајево, ужа научна област Хидротермика и термоенергетика, ментор и члан
