

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата Горана Ступара, дипл. инж. маш. за израду докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа бр. 1334/2 од 03.07.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Горана Ступара, дипл. инж. маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **"Интеракција нумеричког прорачуна различитих процеса у ложишту и термичког прорачуна енергетског парног котла"**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Горан М. Ступар рођен је 15. априла 1986. године у Сарајеву, Босна и Херцеговина. Основну школу похађао је у Београду. Матурирао је на смеру роботика и флексибилни производни системи Политехничке академије. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је школске 2005/2006. године. На истом Факултету дипломирао је у јулу 2010. године на смеру Термотехника одбраном дипломског рада под називом „3-Д модел струјања двокомпонентне смеше у колену канала иза вентилаторског млина енергетског парног котла“. Школске 2010/11. године уписао је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду.

Од новембра 2010. године запослен је на Машинском факултету Универзитета у Београду на Катедри за термотехнику.

Кандидат говори енглески језик и служи се руским језиком. Кандидат поседује искуство у програмирању и коришћењу инжењерских софтверских пакета.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

У оквиру докторских студија на Машинском факултету у Београду Горан Ступар положио је предмете: Виши курс математике, Нумеричке методе, ОМНИР и комуникација, Струјно-техничка мерења, Одабрана поглавља из механике, Преношење топлоте и супстанције – нумерички приступ, Екологија сагоревања, Хидродинамика парних котлова и Постројења за припрему угљеног праха са просечном оценом 10,00. Кандидат је успешно урадио и одбранио Пројекат идеје докторске дисертације у складу са Правилником за докторске студије Машинског факултета.

Ред. бр. предмета	Назив предмета	Предметни наставник	Година студија (ЕСПБ)				Оцена испита
			1. година		2. година		
			I(11)	II (12)	III (13)	IV(14)	
1	Виши курс математике	проф. др Стојан Раденовић	5				10 (десет)
2	Нумеричке методе	проф. др Миодраг Спалевић	5				10 (десет)
3	ОМНИР и комуникација	проф. др Милош Недељковић	5				10 (десет)
4	Струјно-техничка мерења	проф. др Мирослав Бенишек	5				10 (десет)
5	Одабрана поглавља из механике	проф. др Зоран Митровић		5			10 (десет)
6	Преношење топлоте и супстанције – нумерички приступ	проф. др Милош Бањац		5			10 (десет)
7	Екологија сагоревања.	проф. др Драгослава Стојиљковић		5			10 (десет)
8	Хидродинамика парних котлова	проф. др Драган Туцаковић			5		10 (десет)
9	Постројења за припрему угљеног праха	проф. др Титослав Живановић			5		10 (десет)
10	Истраживање и публикавање 1 (Лабораторија 1)	проф. др Драган Туцаковић	10				10 (десет)
11	Истраживање и публикавање 2 (Лабораторија 2)	проф. др Драган Туцаковић		15			10 (десет)
12	Истраживање и публикавање 3 (Лабораторија 3)	проф. др Драган Туцаковић			20		10 (десет)
13	Истраживање и публикавање 4 (Лабораторија 4)	проф. др Драган Туцаковић				8	10 (десет)
14	Припрема за пријаву докторске дисертације					22	

Просечна оцена 10,00 (десет).

Списак радова и пројеката у вези са темом докторске дисертације

1.2.1. Радови у међународном часопису (M21)

1. D. Tucaković, G. Stupar, T. Živanović, M. Petrović, S. Belošević, *Possibilities for reconstruction of existing steam boilers for the purpose of using exhaust gases from 14 MW or 17 MW gas turbine*, Applied Thermal Engineering, Vol. 56, Issue 1-2, p. 83-90, 2013, IF(2012)=2.488, ISSN 1359-4311, DOI: 10.1016/j.applthermaleng. 2013.03.028.

1.2.2. Радови у међународном часопису (M23)

2. V. Ivanović, T. Živanović, D. Tucaković, G. Stupar, *Reconstruction of the aero-mixture channels of the pulverized coal plant of the 100 MW power plant unit*, Thermal Science, 2011, vol. 15, No. 3, p. 663-676, IF(2011)=0.779, ISSN 0354-9836, DOI: 10.2298/TSCI1004120131.

1.2.3. Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини (M33)

3. G. Stupar, D. Tucaković, T. Živanović, V. Ivanović, V. Živanović, D. Komarov, *3-D Model of Solid and Gas Phase Flow in the Duct Bend Behind the Mill Gas Classifier at the Fan Mill*, 24th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ISBN 978-86-6055-016-5, ECOS 2011, Novi Sad, Serbia, pp. 786-797.
4. G. Stupar, D. Tucaković, T. Živanović, M. Banjac, S. Belosević, V. Beljanski, I. Tomanović, N. Crnomarković, M. Sijerčić, *The Influence of Primary Measures for Reducing NOx Emissions on Energy Steam Boiler Efficiency*, Proceedings of the 25th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ISBN 978-88-6655-322-9, ECOS 2012, Perugia, Italy, pp. 125/1-125/13.
5. D. Tucaković, T. Živanović, G. Stupar, M. Banjac, N. Crnomarković, I. Tomanović, V. Beljanski, *A computer code for the utility boiler thermal calculation*, CD-ROM Proceedings, ISBN: 978-86-7877-021-0, International Conference Power Plants 2012, Vrnjačka Banja, Serbia, October, 2012, E2012-081.
6. D. Tucaković, T. Živanović, G. Stupar, M. Banjac, S. Belošević, N. Crnomarković, I. Tomanović, V. Beljanski, *Impacts of certain parameters on work efficiency of utility boiler in block 2 TPP Kostolac B*, CD-ROM Proceedings, ISBN: 978-86-7877-021-0, International Conference Power Plants 2012, Vrnjačka Banja, Serbia, October, 2012, E2012-082.
7. G. Stupar, T. Živanović, D. Tucaković, M. Banjac *Work optimization for rotary regenerative air preheater based on an increase of heat capacity of the matrix and reduction of leakage in seal clearances*, 26th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, CD-ROM Proceedings, ECOS 2013, Guilin, China, NO15.
8. G. Stupar, D. Tucaković, T. Živanović, *Causes of damage on hot water boiler MIP – 6300 GF power of 6,3 MW with repair proposition*, CD-ROM Proceedings, ISBN: 978-86-81505-69-4, 44th International congress and Exhibition on heating, refrigeration and air conditioning, Belgrade, Serbia, December, 2013.

1.2.4. Научни радови у водећим часописима националног значаја (M51)

9. G. Stupar, T. Živanović, D. Tucaković, M. Banjac, *Work Verification of the Energy Steam Boiler Evaporator in the Power Plant "Kostolac B"*, FME Transactions, vol. 40, No. 1, p. 31-36, 2012.

1.2.5. Рад у часопису националног значаја M53

10. Д. Туцаковић, Т. Живановић, М. Петровић, Г. Ступар, *Реконструкција постојећег парног котла у циљу коришћења топлоте издувних гасова из гасне турбине*, КГХ, Број 3, Септембар 2011, Година 41, Стр. 63-70, Београд, ИССН 0350-1426.
11. Г. Ступар, Т. Живановић, Д. Туцаковић, М. Бањац, *Повећање топлотног капацитета ротационог регенеративног загрејача ваздуха оптимизацијом грејних површина*, КГХ, Број 4, Децембар 2013, Година 42, Стр. 61-66, Београд, ИССН 0350-1426.

1.2.6. Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини (M61)

12. Г. Ступар, *Нумерички прорачуни ложњишта енергетских и индустријских парних котлова у циљу процене и визуелизације процеса и поља температуре, брзина и концентрација продуката сагоревања*, Научно - стручна трибина Друштва термичара Србије, Машински факултет у Београду, 27.11.2013.

13. Г. Ступар, *Нумеричка испитивања транспорта честица угља у млинском сепаратору и каналима аеросмеше*, Научно - стручна трибина Друштва термичара Србије, Машински факултет у Београду, 27.11.2013.

1.2.7. Оригинално стручно остварење (пројекат, студија, патент, оригинални метод) (М84)

14. Т. Живановић, Д. Туцаковић, Г. Ступар, *Главни пројекат адаптације А зоне спирале кућишта на млин у М 12 - ТЕ Никола тесла Б*, Машински факултет, Београд, Врста рада: пројекат (59 стр.), Бр. Уговора 17/4 од 18.03.2011, Реализовано 2011.

15. Д. Туцаковић, Т. Живановић, Љ. Бркић, Г. Ступар, *Хидраулички прорачун трактова напојне воде, свеже прегрејане паре и накнадно прегрејане паре парног котла блока 2 – ТЕ Костолац Б*, Машински факултет, Београд, Врста рада: пројекат (154 стр.), Бр. Уговора 2069/5 од 18.07.2011, Реализовано 2012.

16. Д. Туцаковић, Т. Живановић, Љ. Бркић, Г. Ступар, *Контролни термички, хидродинамички и аеродинамички прорачуни за проверу рада парног котла блока А6 у ТЕ »Никола Тесла«; свеске 1, 2/1, 2/2 и 3; ЕПС*, Иновациони центар Машинског факултета у Београду, Београд, Врста рада: пројекат (150+111+211+62 стр.), Бр. Уговора 8/1 од 14.01.2011, Реализовано 2012.

17. Т. Живановић, Д. Туцаковић, Г. Ступар, *Редукација NOx у процесном котлу прегрејачу 51F02 у МСК а.д. Кикинда*, Машински факултет, Београд, Врста рада: пројекат (69 стр.), Бр. Уговора 3082/1 од 14.12.2011, Реализовано 2012.

18. Т. Живановић, Д. Туцаковић, Љ. Бркић, Г. Ступар, *Идејни пројекат адаптације млинова у циљу повећања капацитета млевења - за парни котао у ТЕ Морава*, Машински факултет, Београд, Врста рада: студија (91+39 стр.), Бр. Уговора 3039/1 од 08.12.2011, Реализовано 2013.

1.2.8. Техничка решења – нови софтвер (М85)

19. Д. Туцаковић, Т. Живановић, Г. Ступар, М. Бањац, *Кориснички оријентисан софтвер за термички прорачун у циљу одређивања топлотног биланса и провере температурских услова рада грејних површина енергетског парног котла блока 2 у ТЕ Костолац Б, нови софтвер*, карактер техничког решења: математички модел, нумерички алгоритам и компјутерски програм, корисник: ЈП „Електропривреда Србије“ на основу пројекта Министарства за науку и технолошки развој број 33018 (примена за симулацију и предвиђање погонских ситуација парног котла блока ТЕ Костолац Б-2), решење је реализовано: 2011.

1.2.9. Учешће у научноистраживачким пројектима финансираним од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

Од 2011. године ангажован је на пројекту "Повећање енергетске и еколошке ефикасности процеса у ложишту за угљени прах и оптимизација излазне грејне површине енергетског парног котла применом сопствених софтверских алата", Евиденциони број: ТР-33018, који се реализује у пројектном циклусу од 01.01.2011. до 31.12.2015. године. Организација координатор пројекта је Институт за нуклеарне науке „Винча“ Универзитета у Београду,

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Својим досадашњим стручним и истраживачким активностима кандидат је испољио квалитете, заинтересованост и способност за научноистраживачки рад у области машинства-термотехнике којој припада предложена тема докторске дисертације.

Публиковани радови у часописима и на конференцијама, као и учешће на пројектима, указују на изразит смисао кандидата да се бави како теоријским, тако и сложеним експерименталним истраживањима. Успешно је одржавао наставу више година на Машинском факултету у Београду и објавио 2 рада у часописима са СЦИ листе.

Досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата суштински су повезани са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми.

На основу биографских података кандидата, положених испита и одбрањеног пројекта о идеји докторске дисертације на докторским студијама, његових научних и стручних активности, као и објављених радова, Комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања представља развој програмског система који обухвата диференцијални математички модел процеса у ложишту и интегрални математички модел рада постројења са међусобном интеракцијом, а све у циљу процене рада енергетског парног котла у целини. Овај систем омогућио би шири приказ свих релевантних стања струја које учествују у процесима енергетског парног котла на угљени прах, као и максимално искоришћење предности диференцијалних модела ложишних процеса и интегралног модела рада котловског постројења. Метод је применљив и за инверзне проблеме прорачуна код постојећих постројења, као и за директне проблеме, како модификације постојећих тако и развоја и пројектовања нових објеката. У склопу развоја програмског система предвиђа се дефинисање математичког модела сагоревања честице угљеног праха, струјања и зрачења двофазне смеше димних гасова и честица, као и подмодела формирања азотних оксида, који у корелацији са интегралним термичким и аеродинамичким прорачунима омогућавају формирање свеобухваног описа погонског режима енергетског парног котла.

Развој оваквог прорачунског модела је битан ради поузданог предвиђања перформанси и радних карактеристика енергетских парних котлова. Квалитет рада самог котла применом развијеног система прорачуна може се поделити у групе ефикасног, поузданог и еколошки прихватљивог рада. Оваква анализа од нарочите је важности с обзиром да рад котла може имати пресудан утицај на расположивост и економичност целокупног енергетског система чија је он компонента.

Развијана метода од посебне је важности за описивање рада енергетског парног котла у чијем ложишту се одвија подстехиометријско сагоревање. Овакви услови у ложишту значајни су у склопу примене примарних мера редукције садржаја азотних оксида у димним гасовима. Како код подстехиометријског сагоревања конвенционални прорачуни немају могућност процене температура и апсорбоване количине топлоте, од изузетне важности је развијање новог модела прорачуна који би обезбедио процену рада савремених енергетских котлова пред којима је постављен и додатни задатак рада по еколошким нормама.

Поступак оваквог прорачуна котла се одвија у етапама, почев од интегралних прорачуна који обезбеђују улазну базу података. База података подразумева скуп реалних параметара рада постројења, то јест, скуп оних величина којим систем делује на објекат чији се рад анализира нумеричким путем. Домен нумеричког прорачуна представља онај део гасног тракта котла у коме се врши сагоревање. Примарним методама сагоревање се најчешће завршава у грејној површини која је прва по току гасова након ложишта парног котла. Други део система представља нумерички прорачун зрачећег реактивног турбулентног двофазног вишекомпонентног тока у склопу ложишта и карактеристичне грејне површине, као елементу котловског постројења чији се рад са посебном пажњом анализира. Овакви тродимензијски прорачуни, могу се спроводити комерцијалним пакетима компјутерске механике флуида, који као излазне величине имају како концентрације реагујућих гасовитих компонената тако и температуре и апсорбоване количине топлоте по зидовима ложишта. Са

примењеним системом добијају се резултати термичког прорачун котла, нумеричког прорачуна ложишта котла, као и аеродинамичких прорачуна ваздушног и млинског тракта. На овакав начин дефинисан прорачунски систем омогућава праћење рада сложеног енергетског система и испитивање мера које утичу на његов рад.

Уз овакву методологију комплетног прорачуна, интегралне методе се користе у главној етапи код процеса развоја, модификације постојећих и пројектовања нових објеката, без обзира на тренутни напредак комерцијалних пакета компјутерске механике флуида, те је неопходно извршити прилагођавање постојећих једнодимензијских прорачуна дефинисањем утицајних параметара на интензитет одвијања процеса у домену где се врши подстехиометријско сагоревање. На такав начин, омогућена је примена интегралних прорачуна и код имплементације нових система подстехиометријског сагоревања, који као такви захтевају много мање рачунарских капацитета и процесорског времена и изискују неупоредиво мањи утрошак времена, а при томе омогућавају добијање резултата који приказују укупну слику рада постројења. На овај начин унапређена једнодимензијска метода прорачуна се састоји од интегрисаних билансних и карактеристичних једначина теорије преношења количине топлоте. Нумеричко решавање по времену осредњених Навије-Стоксових једначина стационарног турбулентног струјања, то јест једначина количине кретања, континуитета и одржања енергије, уз моделирање турбуленције, кретања честица, хемијских реакција и топлотног процеса конвективно-зрачењим механизмом, које је везано строго за домен у коме се одвија сагоревање честица угљеног праха. Решења која се добијају нумеричком симулацијом процеса који се одвијају у домену описаних претходним једначинама спрегнута су са класичним прорачуном, а служе како би се описао утицај новог система сагоревања на рад грејних површина котла низструјно од прорачунског домена.

Мада постоји велики број радова који се баве посебним аспектима ових метода прорачуна, и даље постоји простор за њихово значајно унапређење у смислу анализе рада постројења у целини. Један од циљева истраживања је да се ова методологија може применити за продужење радног века појединих постројења у Србији који су били у експлоатацији преко 30 година, а који уз неопходну ревитализацију основних елемената постројења морају имплементирати нове концепције сагоревања како би задовољили све строжије еколошке норме по питању садржаја азотних оксида, као и за проверу параметара нових постројења, на начин на који се то данас не врши, са могућностима повећања сигурности и ефикасности рада.

У дисертацији ће бити обрађене и дефинисане прорачунске процедуре, које резултују развојем одговарајућег софтвера за процену квалитета рада енергетског парног котла, а чијом ће се применом извршити анализа параметара који утичу на његов рад у најширим границама. Верификација и валидација успостављених процедура ће бити извршена поређењем са доступним резултатима релевантних мерења за постојеће енергетске парне котлове у Србији. Резултати истраживања треба да допринесу бољем разумевању процеса који се одвијају у енергетском парном котлу и да допринесу одређивању утицајних параметара на његов рад, са крајњим циљем повећања ефикасности.

У складу са предметом, циљеви истраживања у оквиру докторске дисертације су:

- Развој методологије повезивања нумеричких и интегралних прорачуна дефинисањем утицајних параметара;
- Нумеричко моделирање сагоревања угљеног праха, топлотног процеса конвективно-радијационим механизмом и формирања азотних оксида у ложишту енергетског парног котла;
- Развој сопственог софтвера за процену рада енергетског котла са аспекта ефикасног, сигурног и еколошки прихватљивог рада;
- Истраживање могућности коришћења методе и софтвера за продужење радног века енергетских парних котлова применом система за подстехиометријско сагоревање;

- Да се применом на овакав начин допуњених интегралних метода за процену квалитета рада дуготрајна нумеричка експериментална испитивања сведу на минимум.

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

1. H. Y. Park, M. Faulkner, M. D. Turrell , P. J. Stopford , D. S. Kang, Coupled fluid dynamics and whole plant simulation of coal combustion in a tangentially-fired boiler, *Fuel*, 89 (2010) 2001–2010,
2. C. R. Choi, C. N. Kim, Numerical investigation on the flow, combustion and NO_x emission characteristics in a 500 MWe tangentially fired pulverized-coal boiler, *Fuel*, 88 (2009) 1720–1731,
3. T. Asotani, T. Yamashita, H. Tominaga, Y. Uesugi, Y. Itaya, S. Mori, Prediction of ignition behavior in a tangentially fired pulverized coal boiler using CFD, *Fuel*, 87 (2008) 482–490,
4. L. I. Díez, C. Cortes, J. Pallares, Numerical investigation of NO_x emissions from a tangentially-fired utility boiler under conventional and overfireair operation, *Fuel*, 87 (2008) 1259–1269,
5. S. Belosevic, M. Sijercic, D. Tucakovic, N. Crnomarkovic, Three-dimensional modeling of utility boiler pulverized coal tangentially fired furnace, *Fuel* 87 (2008), 3331–3338,
6. S. H. Baek, H. Y. Park, S. H. Ko, The effect of the coal blending method in a coal fired boiler on carbon in ash and NO_x emission, *Fuel*, 128 (2014) 62–70,
7. H. Y. Park, S. H. Baek, Y. J. Kim, T. H. Kim, D. S. Kang, D. W. Kim, Numerical and experimental investigations on the gas temperature deviation in a large scale, advanced low NO_x, tangentially fired pulverized coal boiler, *Fuel*, 104 (2013) 641–646,
8. J. Smrekar, P. Potocnik, A. Senegacnik, Multi-step-ahead prediction of NO_x emissions for a coal-based boiler, *Applied Energy*, 106 (2013), 89–99,
9. Z. Wei, X. Li, L. Xu, Y. Cheng, Comparative study of computational intelligence approaches for NO_x reduction of coal-fired boiler, *Energy*, 55 (2013), 683–692,
10. L. G. Zheng, H. Zhou , K. F. Cen, C. L. Wang, A comparative study of optimization algorithms for low NO_x combustion modification at a coal-fired utility boiler, *Expert Systems with Applications*, 36 (2009) 2780–2793,
11. E. H. Chui, H. Gao, A. J. Majeski, G. K. Lee, Performance improvement and reduction of emissions from coal-fired utility boilers in China, *Energy for Sustainable Development*, 14 (2010), 206–212,
12. S. Belosevic, M. Sijercic, S. Oka, D. Tucakovic, Three-dimensional modeling of utility boiler pulverized coal tangentially fired furnace, *Heat and Mass Transfer* 49 (2006), 3371–3378.

3. Полазне хипотезе

Основна претпоставка је да је интегрални метод прорачуна, чији је развој предложен у овој дисертацији, бржи и једноставнији за употребу од постојећих захтевних модела компјутерске механике флуида за просторни прорачун процеса. Диференцијални модели нуде детаљан опис поља учествујућих варијабли, уз могућност анализе комплексних спрегнутих процеса у реалној геометрији и поуздан су алат у савременој анализи рада енергетских постројења. С друге стране, такви модели, у много већој мери, зависе од нумеричке грешке услед дискретизационе шеме као и од непоузданости подмодела појединачних процеса. Још једна предност интегралних метода је лака приступачност основним геометријским параметрима, који се лако могу мењати и адаптирати, у различитим фазама развоја, као и при оптимизацији унутар самог прорачуна. Овакав приступ код кодова кумпјутерске механике

флуида увек изискује одређену количину активности, у виду поновне израде мреже и пре-процесирања.

Код предложеног истраживања се полази од претходно развијених, аналитичких модела једнодимензијских прорачуна процеса у енергетским парним котловима којима се омогућава рачунање полазних вредности који квалитативно и квантитативно описују све струје на улазу у прорачунски домен у којем се врши сагоревање.

За решавања карактеристичних једначина процеса у простору где се врши сагоревање угљеног праха као и трансфер енергије механизмом зрачења користе се стандардне, опробане нумеричке шеме, развијене специјално за овакве проблеме.

Код дефинисања модела зрачења полази се од претпоставки да зидови ложишта емитују и рефлектују енергију као сива тела. Као реалне површине, зидови нису идеални апсорбери емитоване енергије, па се један део упадног зрачења рефлектује. За рефлектовану енергију се усваја да је она равномерна по целој површини једне површинске зоне. Такође, радијациона својства зидова ложишта, као што су емисивност и рефлективност, не зависе од температуре, тако да се ове вредности дефинишу у корелацији са интегралним прорачуном ложишта.

Модел тродимензионалног двофазног струјања гаса с честицама описује се системом парцијалних диференцијалних једначина елиптичког типа. За развој модела честица угљеног праха користи се хипотеза да су оне правилног сферног облика и да је међусобна колизија честица занемарена.

Претпоставља се турбулентно, вискозно и стационарно струјање гасне фазе. За одређивање интерфазног преноса количине кретања искористиће се хипотеза о одређивању отпора усамљене честице у струји гаса. Приликом дефинисања модела сагоревања честице избор метода прорачуна брзине појединих реакција зависи од односа временских размера брзине реакције и турбулентних флукуација.

Процес формирања азотних оксида не утиче на остале процесе у ложишту парног котла тако да након добијања коначних решења нумеричком симулацијом, која је по свим параметрима у складу са радним режимом целокупног котловског постројења, у пост-процесору се врши процена концентрације азотних оксида у излазном пресеку домена а по дефинисаном моделу формирања и деструкције горивних и термичких азотних оксида.

4. Научне методе истраживања

Поред општих научних метода истраживања, у оквиру истраживања ће се применити нумеричке методе на бази методе коначних запремина, аналитичке методе као и доступна експериментална истраживања.

Истраживање се спроводи у следећим фазама:

- Развој рачунарског програма за једнодимензијски термички и аеродинамички прорачун енергетског парног котла са конвенционалним системима сагоревања. Развој се ради на основу постојећих интегралних метода.
- Развој целокупног модела процеса у делу тракта парног котла у коме се врши сагоревање честица угљеног праха. Развој се ради на основу постојећих нумеричких метода. Врши се његово тестирање и развој оригиналних корелација, у случајевима где не постоје задовољавајући модели.
- Развој пост-процесора формирања азотних оксида.
- Поређење резултата добијених прорачуном са експерименталним резултатима.
- Развој методологије повезивања рачунарских програма за свеобухватно описивање рада енергетског парног котла.
- Развој модела за једнодимензијски прорачун температура предајника и прије-мника топлоте енергетског парног котла са подстехиометријским системима сагоревања.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће реализацијом циљева истраживања бити остварен напредак у погледу развоја и примене поузданих прорачунских метода за прецизну процену погонских стања енергетског парног котла са аспекта ефикасног, поузданог и еколошки прихватљивог рада. С друге стране, развијена методологија и софтвер би требало да буду ефикасни при идентификацији главних утицајних параметара на карактеристичне процесе чиме би могла бити редукована веома скупа експериментална испитивања. Такође, резултати рада на тези допринеће знатно вишем нивоу анализе сложених процеса у парном котлу у циљу њихове оптимизације. У оквиру истраживања очекују се следећи научни доприноси:

- Успостављен нумерички приступ за моделовање процеса у делу гасног тракта где се одвија сагоревање угљеног праха. За верификацију и валидацију ће бити коришћена доступна експериментална испитивања.
- Програмски систем за прорачун температура, количина и концентрација релевантних токова енергетског парног котла. За сваки прорачунати режим се добија комплетан увид у промене које се дешавају приликом одвијања различитих процеса у гасном, воденом и ваздушном тракту.
- Развој модела за једнодимензијски термички прорачун ложишта енергетског парног котла са подстехиометријским системима сагоревања и његово повезивање са интегралним прорачуном осталих грејних површина. Овакав интегрални прорачун котла моћи ће да на основу релативно малог броја улазних података и у веома кратком временском периоду одреди карактеристике рада енергетског парног котла, како при конвенционалном тако и при модификованом (подстехиометријском) систему сагоревања угљеног праха.
- Очекује се да ће успостављени систем повезивања нумеричких (диференцијалних) и интегралних метода прорачуна моћи да се примењује и за детаљнију анализу при раду у експлоатационим условима (различит број млинова у раду, различит капацитет и квалитет мељаве појединих млинова у раду и слично).
- Дефинисање поуздане прорачунске процедуре за процену рада котла која ће представљати базу за даље хидродинамичке и прорачуне чврстоће елемената енергетског парног котла који ради са модификованим системима сагоревања.

6. План истраживања и структура рада

Структура предвиђених фаза и активности у истраживању и преглед области које се предвиђају да буду обрађене у дисертацији:

1. Описивање процеса у ложишту енергетског парног котла при конвенционалним системима сагоревања угљеног праха интегралном методом;
2. Дефинисање диференцијалног модела различитих процеса у ложишту енергетског парног котла;
3. Повезивање диференцијалног модела процеса у ложишту и интегралног прорачуна осталих грејних површина енергетског парног котла (развој програмског система);
4. Развој интегралне методе процеса у ложишту енергетског парног котла са модификованим системима сагоревања, који предвиђају подстехиометријско сагоревање;
5. Повезивање развијеног интегралног прорачуна ложишта са интегралним прорачуном осталих грејних површина енергетског парног котла у циљу брже анализе могућих проблема при експлоатацији постројења;
6. Демонстрација и валидација методе на одабраном енергетском парном котлу;

7. Параметарска анализа главних утицајних параметара на ефикасан, поуздан и еколошки прихватљив рад на одабраном енергетском парном котлу.

7. Закључак и предлог

Анализом података из пријаве кандидата **Горана Ступара**, дипл. инж. маш., Комисија закључује да је предложена тема актуелна и подобна за израду докторске дисертације, као и да пружа могућност остваривања значајног научног доприноса. Кандидат испуњава све законом предвиђене услове и има истраживачке способности за рад на докторској дисертацији.

Имајући у виду све наведено Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Горану М. Ступару, дипл. инж. маш.

одобри израду докторске дисертације под називом

**„МОДЕЛИРАЊЕ ПРОЦЕСА У ЕНЕРГЕТСКОМ ПАРНОМ КОТЛУ СА
ВИШЕСТЕПЕНИМ ДОВОЂЕЊЕМ ВАЗДУХА ПО ВИСИНИ ЛОЖИШТА”**

у научној области Машинство – ужа научна област термотехника, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора докторске дисертације предлаже се проф. др Драган Туцаковић, редовни професор на Катедри за термотехнику Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 10.07.2014. године

Чланови Комисије

др Драган Туцаковић, ред. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду

др Титослав Живановић, ред. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду

др Срђан Белошевић, научни саветник
Институт за нуклеарне науке „Винча”
Универзитета у Београду