

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

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

241/5

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

(Број захтева)

02.04.2012. 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:

ВЛАДИМИРА (ВЕЛИМИР) ЈОВАНОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ВЛАДИМИР (ВЕЛИМИР) ЈОВАНОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ

Универзитет је дана 04.07.2011. год. својим актом под бр 06-6390/9-11 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ВЛАДИМИРА (ВЕЛИМИР) ЈОВАНОВИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 09.02.2012. године, одлуком факултета под бр. 241/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Мирко Коматина</u>	Редовни професор	Термомеханика	Машински факултет Београд
2. <u>Др Вера Шијачки-Жеравчић</u>	Редовни професор	Технологија мат.- Маш.матер и заваривање	Машински факултет Београд
3. <u>Др Петар Гверо</u>	Ванредни професор	Термотехнички системи	М.Ф. Бања Лука
4. <u>Др Драгослава Стојиљковић</u>	Редовни професор	Погонски мат.и сагоревање.	Машински факултет Београд
5. <u>Др Александар Јововић</u>	Ванредни професор	Процесна техника	Машински факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 01.03.2012. 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: 241/4
Датум: 01.03.2012. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Мирко Коматина, ментор, проф.др Вера Шијачки-Жеравчић, проф.др Петар Гверо, Машински факултет у Бања Луци, проф.др Драгослава Стојиљковић, проф.др Александар Јововић о оцени докторске дисертације „Истраживање могућности процене емисије сумпорних и азотних оксида из термоелектрана у Србији“ докторанта мр Владимира Јовановића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 01.03.2012. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“** докторанта **МР ВЛАДИМИРА ЈОВАНОВИЋА**, дипл.инж.маш.

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

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата
мр Владимира Јовановића, дипл. инж.маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 241/2 од 09.02.2012. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Владимира Јовановића, дипл. инж. машинства, под називом: „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“, о чему подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

1.1. Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Владимира Јовановића, дипл.инж.маш., под насловом „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“ је изложена на укупно 247 страна (од тога 27 страна прилога) и садржи дванаест поглавља.

1.2. Хронологија одобравања израде дисертације

Кандидат мр Владимир Јовановић, дипл.инж.маш., пријавио је израду докторске дисертације 07.06.2011. год., под бројем 957/1 Катедри за технологију материјала Машинског факултета у Београду. Кандидат је за ментора предложио проф. др Мирка Коматину. На основу пријаве кандидата и предлога Катедре, одлуком ННВ бр. 957/3 од 09.06.2011. године, прихваћен је предлог теме докторске дисертације, именован ментор проф. др Мирко Коматина и именована Комисија за подношење извештаја о испуњености услова кандидата и научне заснованости теме у саставу: проф. др Вера Шијачки Жеравчић, проф. др Драгослава Стојиљковић, др Александар Јововић, ван.проф., др Петар Гверо, ван.проф., Машински факултет Универзитет у Бања Луци и проф. др Мирко Коматина,

Комисија је поднела извештај (број 1049/1 од 21.06.2011.) у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“, наводећи да је предложена тема адекватна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законске и истраживачке квалификације за рад на дисертацији. У вези са захтевом докторанта мр Владимира Јовановића, дипл.инж.маш. да се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета од 09.06.2011. год. о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду бр. 06-6390/9-11 од 04.07.2011. године, декан Машинског факултета је 05.07.2011. донео закључак (број 2193/1) којим се одобрава рад на теми докторске дисертације „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“, под менторством проф. др Мирка Коматине.

О завршетку докторске дисертације „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“, ментор проф. др Мирко Коматина обавестио је Катедру за технологију материјала, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду (допис бр 241/1 од 02.02.2012.). Предложена је Комисија за оцену и одбрану

рада у саставу: проф. др Мирко Коматина, проф. др Вера Шијачки Жеравчић, проф. др Драгослава Стојиљковић, др Александар Јововић, ван.проф., др Петар Гверо, ван.проф., Машински факултет Универзитет у Бања Луци,

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 09.02.2012. године једногласно усвојило обавештење о завршетку дисертације кандидата мр Владимира Јовановића под називом „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“ и усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (одлука бр. 241/2 од 09.02.2012.год.).

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“ припада области техничких наука, машинство, ужој научној области Технологија материјала - Погонски материјали и сагоревање.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Мр Владимир Јовановић, дипл.маш.инж. је рођен 20.06.1964. године у Београду. Основну школу, 14. београдску гимназију и Машински факултет Универзитета у Београду, Одсек за термотехнику, је завршио у Београду. Дипломирао је 1989. године са средњом оценом на студијама 8,20 на Катедри за термомеханику Машинског факултета са радом на тему „Испитивање хидрауличког отпора соларног колектора са црном течномшћу“ који је оцењен оценом 10.

По завршетку студија, 1989. године, запослио се у Институту „Кирило Савић“ у ИРЦ-у за енерго-технологије и уписао последипломске студије на Машинском факултету, смер за Термотехнику. 1990. године напушта Институт „Кирило Савић“ и запошљава се на Машинском факултету, као истраживач-приправник у Институту за материјале, трибологију и сагоревање. Исте године, због природе новог посла прелази на смер за Сагоревање на последипломским студијама на Машинском факултету. Од 1993. године је асистент-приправник на Катедри за технологију материјала за предмете Сагоревање и Сагоревање-ВМ. Магистарску тезу под називом „Смањење емисије сумпорних оксида сувим поступком“ одбранио је 10.06.1998. године на Машинском факултету у Београду и од исте године је асистент на Катедри за технологију материјала за предмете Погонски материјали и Сагоревање.

Поред редовних обавеза у припреми и одржавању вежби из предмета за које је биран, све време рада на Машинском факултету, ангажован је у научно-истраживачком раду на пројектима финансираним од стране ресорних републичких и савезних министарстава, као и на изради студија и пројеката у оквиру сарадње са различитим радним организацијама из привреде.

У оквиру научног и стручног рада учествовао је у реализацији 27 пројеката финансираних од стране републичког и савезног Министарства за науку, технологије и развој, Министарства за енергетику САД и различитих привредних предузећа, аутор је или коаутор преко 40 радова који су саопштени на стручним скуповима у земљи и иностранству или објављени у домаћим часописима.

Поседује велико искуство у припреми и реализацији различитих мерења у сагоревању и емисији токсичних материја. Активно се служи енглеским и руским језиком, а користи се и немачким језиком. Поред тога активно користи рачунар у свакодневном раду.

2. Опис дисертације

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Владимира Јовановића, дипл.инж.маш., под насловом „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“ је изложена на 207 страна и 28 страна прилога, садржи дванаест поглавља.

У тексту је дато 110 слика и дијаграма, као и 32 табеле. У попису коришћене литературе кандидат је навео 207 литературна навода. Дисертација садржи дванаест поглавља, и то:

- Увод

- Сагоревање као извор емисије гасовитих загађујућих материја
- Законска регулатива
- Преглед метода за процену емисије гасовитих загађујућих материја са посебним освртом на емисију NO_x и SO_2
- Модел сагоревања угља у спрашеном стању
- Методе мерења емисије
- Концепт мерења емисије у термоелектранама
- Резултати мерења емисије гасовитих загађујућих материја
- Резултати прорачуна на основу метода за процену емисије гасовитих загађујућих материја
- Резултати прорачуна на основу сопственог математичког модела
- Анализа резултата
- Закључак

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу су дате уводне напомене везане за предмет истраживања докторске дисертације, тј. значај емисије гасовитих загађујућих материја, пре свега сумпорних и азотних оксида, као и важност могућности процене њихове емисије. С обзиром на комплексност проблема и обимна искуства до сада стечена у индустријски развијеним земљама јасно је истакнута потреба да се у домаћим условима, за термоелектране у Србији испита применљивост ових искустава и на основу сопствених резултата истраже могућности процене емисије сумпорних и азотних оксида. Општи закључак свих досадашњих истраживања у овој области је да се резултати не могу генерализовати и користити за објекте или горива који нису били предмет експерименталних испитивања. У том смислу, на основу обимних резултата мерења емисије сумпорних и азотних оксида из термоелектрана у Србији одређени су сопствени емисиони фактори за SO_2 и NO_x као основа за процену емисије ових гасова. Поред тога, на основу истих резултата, анализиран је утицај карактеристика угља и снаге постројења на емисију сумпорних и азотних оксида. Коначно, дефинисан је сопствени математички модел процеса сагоревања угља у спрашеном стању у парним котловима и његова верификација на основу експерименталних резултата.

У другом поглављу *Сагоревање као извор емисије гасовитих загађујућих материја* најпре су кратко описане фазе сагоревања угља. Затим су дефинисани захтеви за постројења за сагоревање угља и дата њихова подела, као и кратак опис појединих делова постројења. Због посебног значаја волатила при сагоревању угља и емисији сумпорних и азотних оксида која при томе настаје, описане су савремене методе карактеризације угља са гледишта ослобађања волатила на повишеним температурама. Коначно, детаљно су описани механизми настанка сумпорних и азотних оксида.

Треће поглавље *Законска регулатива* садржи преглед домаћих прописа у области заштите животне средине од аерозагађења као и међународних прописа у овој области. У оквиру међународних прописа посебно је размотрена законска регулатива Европске Уније која ће за Србију бити обавезујућа у наредном периоду. Поред тога, кратко је размотрена и законска регулатива САД које су прве почеле у пракси да спроводе мере за контролу загађења ваздуха.

У четвртном поглављу *Преглед метода за процену емисије гасовитих загађујућих материја са посебним освртом на емисију NO_x и SO_2* детаљно су описани разлози због којих се врши процена емисије. Дат је преглед и кратак приказ различитих методологија за процену емисије гасовитих загађујућих материја, а затим су детаљно приказана досадашња искуства у свету у процени емисије азотних и сумпорних оксида, као и утицајни чиниоци за њихов настанак. На крају овог поглавља су, на основу овог приказаног предложени модели за процену емисије сумпорних и азотних оксида.

Пето поглавље *Модел сагоревања угља у спрашеном стању* је подељено на три целине. Најпре су дате претпоставке које су усвојене ради дефинисања и математичке поставке модела сагоревања угља у спрашеном стању. Затим је дефинисана математичка поставка модела помоћу основних транспортних једначина модела, подмодела дисперзне фазе, транспорта хемијских компонената и кинетике процеса сагоревања и моделирања емисије NO_x и SO_2 . Коначно, дефинисана је геометрија прорачунског простора и мреже модела, као и гранични услови и нумерички поступак решавања

Предложен је тродимензионални стационарни модел сагоревања у дефинисаној геометрији ложишта парног котла. Претпостављено је стационарно стање сагоревања у ложишту, при чему се гориво у облику дисперзне фазе дискретно уводи у зону сагоревања у одређеним тренуцима прорачуна. Поред тога претпостављен је једностепени процес сагоревања. За решавање предложеног модела коришћен је софтверски пакет ANSYS FLUENT v12.1.

У шестом поглављу *Методe мерења емисије* дата је подела и укратко су описане су методе мерења емисије као и основни принципи мерења концентрације појединих гасовитих загађујућих компоненти димних гасова које су мерене у оквиру експерименталних испитивања обављених током израде дисертације.

Седмо поглавље *Концепт мерења емисије у термоелектранама* садржи приказ прописа којима се дефинише поступак испитивања при мерењу емисије гасовитих загађујућих материја. С обзиром да мерења емисије у термоелектранама представљају експериментални део ове дисертације, детаљно је описана процедура обављања мерења као и састављања извештаја о обављеним мерењима чији су резултати коришћени при изради дисертације.

У осмом поглављу *Резултати мерења емисије гасовитих загађујућих материја* најпре је дат преглед и карактеристике мерне опреме коришћене за експериментални део истраживања. Затим су табеларно дати примери резултата мерења свих величина које су током експерименталног дела истраживања мерене (по један блок за сваки пар блокова у ТЕНТ Обреновац и ТЕ Костолац). Добијени резултати су анализирани посебно са гледишта карактеристика постројења и карактеристика угља, као и измерених вредности концентрације гасовитих загађујућих материја (азотних и сумпорних оксида).

У деветом поглављу *Резултати прорачуна на основу метода за процену емисије гасовитих загађујућих материја* приказане су изабране методе по којима је вршен прорачун емисије гасовитих загађујућих материја. Затим су детаљно, описане методе по којима је вршен прорачун. Посебна пажња је посвећена методи са емисионим факторима, зато што су у оквиру ње представљени сопствени емисиони фактори за NO_x и SO_2 за домаће угљеве, лигните Колубара и Костолац. Поред тога и метода прорачуна на основу Фактора горива према USEPA је детаљно описана и анализирана с обзиром да је у њој изложен прорачун Фактора горива за наведене домаће угљеве за које до сада нису постојали подаци. Због обимности резултата, дат је њихов графички приказ и то као примери за изабране блокове обе термоелектране (по један блок за сваку од термоелектрана). Резултати свих обављених прорачуна су дати у прилогу. У последњем подпоглављу приказани су резултати прорачуна за успостављање зависности између емисије SO_2 и NO_x и карактеристика угља и постројења. Као карактеристике угља изабрани су односи садржаја азота и сумпора у угљу и доње топлотне моћи, а као карактеристика постројења изабрана је снага блока. На основу резултата обављених мерења успостављене су зависности између емисије SO_2 и NO_x и концентрације SO_2 и NO_x у референтним условима за сваки од блокова посебно, а затим и за сваку од термоелектрана. Ове зависности су приказане графички при чему су на сликама дате и једначине које описују зависност посматраних величина од сваког утицајног параметара тамо где је било могуће успоставити зависност.

Десето поглавље *Резултати прорачуна на основу сопственог математичког модела*, садржи резултате добијене нумеричким решавањем постављеног сопственог модела сагоревања угља у спрашеном стању у парном котлу блока Б1 термоелектране ТЕНТ Обреновац. У циљу верификације модела извршено је поређење резултата прорачуна на основу модела са резултатима експерименталних истраживања (за концентрације SO_2 и NO_x у референтним условима), односно помоћу вредности из термичког прорачуна овог котла (за температуру, брзину струјања и садржај кисеоника у димним гасовима на излазу из ложишта). Извршена је параметарска анализа утицајних параметара процеса, на емисију сумпорних и азотних оксида. Као утицајни параметри изабрани су расподела азота и сумпора из угља на волатиле и коксни остатак. На основу обављене параметарске анализе оцењен је утицај расподела азота и сумпора из угља на волатиле и коксни остатак на резултате прорачуна на основу сопственог модела. Дати су графички прикази примера струјног, температурског и поља концентрација O_2 , SO_2 и NO_x у карактеристичним равнима унутар ложишта котла (дефинисане геометрије модела).

У једанаестом поглављу *Анализа резултата* детаљно су анализирани резултати модела приказаних у поглављима 9 и 10. Посебна пажња је посвећена анализи грешке одређивања сопствених емисионих фактора за SO_2 и NO_x и применљивости постојећих емисионих фактора на посматране термоелектране и домаће угљеве Колубару и Костолац. За сваки блок свих термоелектрана приказани су графички кључни параметри оптимизације којом су одређени сопствени емисиони фактори: нагиб регресионе криве, стандардно одступање и коефицијент одређивања. У циљу верификације сопственог модела извршено је поређење резултата прорачуна са измереним, односно усвојеним (из термичког прорачуна посматраног котла) вредностима. Дата је и анализа успостављених зависности између емисије SO_2 и NO_x и карактеристика угља и снаге постројења.

На крају је у дванаестом поглављу *Закључак* дата кратка рекапитулација постављених циљева истраживања и остварених резултата. Сва четири циља истраживања су у потпуности остварена и истраживања обављена у току реализације докторске дисертације су омогућила доношење осам кључних закључака који су одмах применљиви у пракси. Поред тога дате су препоруке за даља истраживања пре свега у погледу даље провере применљивости сопственог модела и успостављених емпиријских зависности.

Преглед коришћене литературе је дат на крају сваког Поглавља.

3. Оцена дисертације

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“ представља савремен, оригиналан и значајан допринос разматраној проблематици. Значај ових истраживања огледа се кроз актуелност теме која третира проблематику емисије SO_2 и NO_x као кључних гасовитих загађујућих материја чија емисија је један од највећих проблема у заштити животне средине. Савременост истраживања потврђује обимна законска регулатива у свим индустријски развијеним земљама која дефинише ограничења емисије ових загађивача. Досадашња искуства у Републици Србији у овој области су била недовољна због ограничених ресурса за обављање овако обимних испитивања тако да резултати ових истраживања представљају оригиналан допринос приближавању светским трендовима у овој области. Оригиналност се огледа у више аспеката почевши од одређивања сопствених емисионих фактора и Фактора горива за домаће угљеве који до сада нису постојали, преко успостављених зависности на основу којих је могућа брза и једноставна процена емисије SO_2 и NO_x на основу опште доступних података техничке и елементарне анализе угља и снаге постројења, до сопственог тродимензионалног модела који претпоставља једноставни процес сагоревања угља у спрашеном стању у ложишту парног котла и омогућава параметарску анализу процеса и одређивање емисије SO_2 и NO_x .

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна, савремена литература из области сагоревања угља у спрашеном стању, механизма настанка SO_2 и NO_x , досадашњих искустава у области процене њихове емисије, законске регулативе у области заштите животне средине и мерне технике у области мерења концентрације појединих гасова у димним гасовима. Литература је кандидату послужила као полазна основа за приказ постојећег стања у овој области и сагледавање недовољно истражених области који су омогућили избор тематике која је истраживана у оквиру докторске дисертације. Коришћена литература представља избор савремене и актуелне литературе на енглеском, немачком, и српском језику, као и одређени број домаћих и међународних стандарда, а уједно указује и на могућности даљег проширења научног сазнања у датој области.

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

Истраживања су обухватила теоријску анализу постојећих искустава и њихову применљивост на разматрана постројења (термоелектране). На основу резултата обављених мерења и прорачуна

дефинисани су сопствених емисиони фактори за SO_2 и NO_x , као и Фактор горива за домаће угљеве (лигнити Колубара и Костолац). У оквиру докторске дисертације развијен је математички модел који је обухватио све утицајне параметре процеса сагоревања угља у спрашеном стању у парним котловима термоелектрана. Истовремено коришћене су савремене методе за експериментална испитивања карактеристика угља и процеса сагоревања у складу са важећим европским и домаћим прописима и стандардима из ове области. Обрада резултата мерења омогућила је поређење и потврду података добијених на основу дефинисаног математичког модела за један од посматраних објеката (блок Б1 термоелектране ТЕНТ Обреновац). Модел који је развијен током израде докторске дисертације омогућава његово коришћење за истраживања процеса сагоревања угља у спрашеном стању у ложиштима парних котлова помоћу нумеричке симулације. На основу овог модела могу се предвидети концентрације сумпорних и азотних оксида на излазу из ложишта, а на основу њих проценити емисија ових загађујућих материја. Начин на који је модел дефинисан омогућава даља прилагођавања којима би се могла узети у обзир евентуалне примена мера за смањење емисије сумпорних и азотних оксида у будућности.

3.4. Оцена применљивости и верификације остварених резултата

Остварени резултати се могу директно применити у пракси, јер се на основу обављених испитивања, јасно дефинишу ограничења применљивости постојећих емисионих фактора и дефинишу сопствени емисиони фактори на основу којих се обезбеђује поуздана процена емисије SO_2 и NO_x из термоелектрана у Србији. Поред тога одређивањем Фактора горива за домаће угљеве (лигнити Колубара и Костолац) омогућена је једноставна процена протока димних гасова без мерења ове величине која су изузетно обимна и временски захтевна, чиме се, у случајевима када је то могуће знатно убрзава одређивање емисије SO_2 и NO_x . На основу успостављених зависности између емисије ових гасова и утицајних параметара, омогућена је брза процена њихове емисије на основу релативно лако доступних података елементарне и техничке анализе угља (садржај азота и сумпора у угљу и доња топлотна моћ угља) или увек доступног податка о електричној снази блока термоелектране. Коначно, развијени модел процеса сагоревања угља у спрашеном стању у ложишту парног котла даје врло реалне резултате и може се користити у пракси. Сви остварени резултати се могу одмах применити у пракси, како за потребе извештавања о емисији SO_2 и NO_x из термоелектрана у оквиру законских обавеза о заштити животне средине, тако и за потребе дефинисања подлога за пројектовање система за смањење емисије ових загађивача.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде ове дисертације показао да је у стању да самостално решава инжењерске и научне проблеме и да успешно влада научним и истраживачким методама, што представља одличну основу за даља достигнућа у науци, што је приказано и јасно дефинисаним препорукама за даља истраживања.

4. Остварен научни допринос

4.1. Приказ оствареног научног доприноса

Полазећи од основног научног циља дисертације, који је био дефинисање могућности процене емисије SO_2 и NO_x из термоелектрана у Србији, остварени научни допринос огледа се у следећем:

- доказано је да примена америчких и европских емисионих фактора за процену емисије SO_2 и NO_x из термоелектрана у Србији није могућа изузев условно за сумпорне оксиде у ТЕ Обреновац према америчком емисионом фактору,
- дефинисани су сопствени емисиони фактори за процену емисије SO_2 и NO_x из термоелектрана чија примена омогућава поуздану процену емисије из свих термоелектрана у Србији на основу познате потрошње горива (амерички емисиони фактори) или топлотне снаге постројења (европски емисиони фактори),
- доказано је да је могућа примена Фактора горива (дефинисаног према Методи 19 USEPA) на

домаће лигните после прилагођавања европској методологији (прерачунавање на доњу уместо горње топлотне моћи и температуру од 273 уместо 293 K,

- дефинисани су Фактори горива за домаће угљеве – лигнити Колубара и Костолац и њихова применљивост је потврђена поређењем резултата прорачуна на основу њих са резултатима мерења на свим блоковима термоелектрана ТЕНТ Обреновац и ТЕ Костолац,
- дефинисан је сопствени математички модел процеса сагоревања угља у спрашеном стању у парном котлу блока Б1 термоелектране ТЕНТ Обреновац који је верификован на основу резултата мерења и података из термичког прорачуна овог котла,
- обављена је параметарска анализа сопственог математичког модела са гледишта расподеле азота и сумпора у гориву на волатиле и коксни остатак и добијени резултати су показали релативно малу осетљивост модела на промену концентрације SO_2 и велику осетљивост на промену концентрације NO_x ,
- успостављене су емпиријске зависности на основу регресионе анализе посматраног скупа података (резултата мерења) за емисију азотних и сумпорних оксида и њихову концентрацију у референтним условима од односа N/H_d тј. S/H_d чиме је омогућена процена емисије азотних и сумпорних оксида само на основу познавања једног податка елементарне анализе угља (садржај азота, односно сумпора у радној маси) и једног податка техничке анализе (доња топлотна моћ радне масе),
- успостављене су емпиријске зависности на основу регресионе анализе посматраног скупа података (резултата мерења) за емисију азотних и сумпорних оксида од електричне снаге блока чиме је омогућена процена емисије азотних и сумпорних оксида из свих блокова термоелектрана ТЕНТ Обреновац и ТЕ Костолац на основу увек доступног податка о електричној снази блока.

Конечан резултат ових истраживања је примена добијених резултата истраживања у пракси, како за потребе извештавања о емисији SO_2 и NO_x из термоелектрана у оквиру законских обавеза о заштити животне средине, тако и за потребе дефинисања подлога за пројектовање система за смањење емисије ових загађивача.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постојећег стања, циљева истраживања и добијених резултата, може се констатовати да су у потпуности разрешена сва битна питања и дилеме који су се наметнули у току истраживања. Имајући у виду значај емисије азотних и сумпорних оксида из термоелектрана, као и чињеницу да су ова експериментална истраживања новина у нашој земљи, ова докторска дисертација представља важан корак у даљем истраживачком раду у погледу процене емисије азотних и сумпорних оксида из термоелектрана. Очекује се примена резултата истраживања из ове дисертације на посматраним блоковима термоелектрана у свакодневном раду служби за заштиту животне средине, али и за потребе пројектовања система за смањење емисије ових загађивача.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Примена резултата који су добијени у овој докторској дисертацији отвара нове перспективе у процени емисије азотних и сумпорних оксида из термоелектрана у Србији. У досадашњој пракси емисија ових гасова је одређивана искључиво на основу обављених годишњих мерења што, с обзиром на динамику рада ових постројења (скоро целе године) није било репрезентативно. Поред тога, нису постојале поуздане подлоге за пројектовање система за смањење емисије ових гасова. Обављена истраживања су показала да се туђа искуства (америчка и европска) не могу непосредно применити у домаћим условима. У том смислу остваривање циљева истраживања, одређивање сопствених емисионих фактора (америчких и европских) и Фактора горива за домаће угљеве представља значајан допринос који ће омогућити поуздану процену емисије азотних и сумпорних оксида из термоелектрана у Србији. Поред тога, статистичка анализа великог броја резултата мерења у дугом временском периоду (девет година) омогућила је успостављање поуздане (са коефицијентом одређивања углавном преко 0,96) зависности између емисије азотних и сумпорних оксида и утицајних параметара који су релативно лако доступни (однос N/H_d тј. S/H_d и електрична снага блока термоелектране). На овај начин створени

су предуслови за поуздану процену емисије азотних и сумпорних оксида из термоелектрана у Србији, било за потребе извештавања о њиховој емисији у оквиру законских обавеза о заштити животне средине, било за потребе дефинисања подлога за пројектовање система за смањење емисије ових загађивача.

Имајући у виду да су овом докторском дисертацијом обухваћени релевантни, реално мерљиви параметри који фигуришу у моделу процеса сагоревања, као и чињеницу да је процена емисије азотних и сумпорних оксида из термоелектрана важна за укупну емисију гасовитих загађивача сваке земље и обавезу Србије да у оквиру приступања Европској Унији доставља поуздане податке о аерозагађењу, може се очекивати да ће примена резултата истраживања у оквиру ове докторске дисертације значајно унапредити постојећу методологију у Србији. С обзиром на трендове у свету, у погледу процене емисије азотних и сумпорних оксида, може се очекивати да се део резултата из овог истраживања након објављивања, може верификовати и на термоелектранама ван граница наше земље, нарочито у земљама које користе угљеве сличног квалитета као што су српски лигнити.

4.4. Верификовани научни доприноси

Научни допринос докторске дисертације је верификован радовима објављеним у часописима и саопштеним на конференцијама током вишегодишњег истраживања:

Рад у међународном часопису (M23):

1. Stojiljković D. Jovanović V., Radovanović M., Manić N., Radulović I., Perišić S., Investigation of Combustion Process in Stove Fired on Biomass, *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, Volume 51, (2005), Number 7-8, ISSN: 0039-2480, UDK-UDC: 536.2, pp 426-430, Impact factor: 0,407.
2. Jovanović, V., Komatina, M., NO_x and SO₂ emission factors for Serbian lignite Kolubara, *Thermal Science*, рад прихваћен за објављивање у 2012. години, DOI: 10.2298/TSCI120319055J.

Рад у часопису међународног значаја (M24):

1. Stojiljković D. Jovanović V., Radovanović M., Manić N., Radulović I.: Investigation of Combustion Process in Combined Cooker-Boiler Fired on Solid Fuels, *Thermal Science*, Volume 10 (Suppl.), (2006), Issue 4, ISSN: 0354-9836, DOI:10.2298/TSCI0604121S, pp 121-130.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M30):

1. Стојиљковић Д., Јовановић В., Радовановић М., Манић Н., Радуловић И., Перишић С., Household Small Furnaces Fired On Biomass: Increase Of Efficiency And Reduction Of CO Emission, *Proceedings of Second World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection* edited by Van Swaaij, W., Fjällström, T., Gelm, P., Grassi, A., Vol. II, pp. 1407-1410, Рим, 2004. (ISBN 88-89407-04-2)
2. Стојиљковић Д., Јовановић В., Радовановић М., Манић Н., Радуловић И., Перишић С., Investigations Of Combustion Process In Stove Fired On Biomass, *International Thermal Science Seminar – ITSS II*, *Proceedings of the ASME - ZSIS International Thermal Science Seminar II* edited by Bergles, Arthur E. ; Golobič, Iztok ; Amon, Cristina H. ; Bejan, Adrian ZSIS, 2004. pp. 573-577, Блед, 2004., (ISBN: 961-91393-0-5)
3. Stojiljković D. Jovanović V., Radovanović M., Estimation of total losses in fly ash due to incomplete combustion, *5th Symposium South East European Countries*, pp. 191-198, Sunny Beach, 2005.
4. Stojiljković D. Radovanović M., Jovanović V., Agbaba, B., Županjac, M.: New approach for determination of coal self ignition properties using microwave heating, *5th Symposium South East European Countries*, pp. 157-164, Sunny Beach, 2005.
5. Jovanović V., Stojiljković D., Measurement of water content of flue gas from lignite combustion, *5th Symposium South East European Countries*, pp. 223-232, Sunny Beach, 2005.
6. Стојиљковић Д., Јовановић В., Радовановић М., Манић Н., Радуловић И., Агбаба Б., УНАПРЕЂЕЊЕ РАДИЈАЦИОНО-КОНВЕКТИВНЕ ПЕЋИ НА ЧВРСТО ГОРИВО, СимТерм '05, 12. симпозијум термичара СЦГ, Сокобања, 2005. Зборник радова доступан на интернет страници:
<http://simterm.masfak.ni.ac.rs/proceedings/12-2005/Radovi-Papers/1.%20Tehnologije%20i%20postojenja.htm>

7. Туцаковић Д., Живановић Т., Стојиљковић Д., Јовановић В., Агбаба Б., Радловић И., Манић Н., РАЗВОЈ УРЕЂАЈА ЗА ПЕЛЕТИРАЊЕ ПИЉЕВИНЕ, СимТерм '05, 12. симпозијум термичара СЦГ, Сокобања, 2005. Зборник радова доступан на интернет страници:
<http://simterm.masfak.ni.ac.rs/proceedings/12-2005/Radovi-Papers/1.%20Tehnologije%20i%20postojenja.htm>
8. Јовановић В., Стојиљковић Д., Манић Н., Ђорђевић М., УШТЕДЕ ЕНЕРГИЈЕ У ТЕРМОЕЛЕКТРАНАМА ОПТИМИЗАЦИЈОМ ВИСКОЗНОСТИ ТЕЧНИХ ГОРИВА, Електране 2006, Зборник радова на CD-у, Врњачка Бања, 2006.
9. Јовановић В., Стојиљковић Д., Манић Н., Ђорђевић М., РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА МОГУЋНОСТИ УШТЕДА ЕНЕРГИЈЕ ПРИМЕНОМ „ON-LINE“ МЕРЕЊА ВИСКОЗНОСТИ ТЕЧНОГ ГОРИВА, Зборник радова ДЕМИ 2007, стр. 549-556, Бања Лука, 2007.
10. Туцаковић Д., Живановић Т., Стојиљковић Д., Јовановић В., Тодоровић М., РАЗВОЈ ТОПЛОВОДНОГ КОТЛА СНАГЕ ДО 80 kW ЗА САГОРЕВАЊЕ БАЛИРАНЕ БИОМАСЕ, СимТерм 2007, Зборник радова са 13. симпозијума термичара СЦГ, Сокобања, 2007. (ISBN 978-86-80587-80-6) Рад је доступан на интернет страници:
http://simterm.masfak.ni.ac.rs/proceedings/13-2007/papers/sessions/1_Novi_i_obnovljivi_izvori_energije/1-11/D-Tucakovic.pdf
11. Стојиљковић Д., Јовановић В., Манић Н., Јововић А., САДРЖАЈ ХЛОРА И ФЛУОРА У УГЉУ КАО УТИЦАЈНИ ЧИНИЛАЦ НА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ОДСУМПОВАЊЕ ДИМНОГ ГАСА, Електране 2008, Зборник радова на CD-у, Врњачка бања, 2008.
12. Стојиљковић Д., Јововић А., Јовановић В., Манић Н., Миловановић Ђ., Петровић С., Гаврић М., Жбогар З., ИЗБОР ОПТИМАЛНЕ ОПЦИЈЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ОДСУМПОВАЊЕ ДИМНИХ ГАСОВА НА ТЕ КОСТОЛАЦ Б, Електране 2008, Зборник радова на CD-у, Врњачка бања, 2008.
13. Manić N., Jovanović V., Stojiljković D., Results of experimental Investigation of small scale pellet stove according to EN 14785, Proceedings of 10th International Conference DEMI 2011, pp. 539-548, Banja Luka, BiH, 2011.

Рад у водећем часопису националног значаја (M51):

1. Туцаковић Д., Живановић Т., Бркић Љ., Стојиљковић Д., Јовановић В., Стојановић А., Развој опреме за производњу пелета од биомасе, Процесна техника, vol. 20, бр. 2-3, стр. 150-153, 2004.
2. Јововић А., Станојевић М., Радић Д., Обрадовић М., Тодоровић Д., Јанкес Г., Стојиљковић Д., Јовановић В., Манић Н., Рубов Л., Џексон К., Игњатов Г., Миловановић Ђ., Петровић С., Пашајлић П., Анализа расподеле емисије загађујућих компонената из новог „влажног“ димњака ТЕ „Костолац Б“, Термотехника vol. 35, бр. 2, стр. 177-192, 2009.
3. Стојиљковић Д., Јововић А., Јовановић В., Манић Н., Миловановић Ђ., Петровић С., Rubov L., Гаврић М., Жбогар З., ИЗБОР ОПТИМАЛНОГ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ОДСУМПОВАЊЕ ДИМНИХ ГАСОВА НА ТЕ „КОСТОЛАЦ Б“, Термотехника vol. 35, бр. 3-4, стр. 231-249, 2009.

Поглавља у монографијама националног значаја (M14):

1. Стојиљковић Д., Јовановић В., Повреновић Д., Банковић-Илић И., Еколошки значај примене биоетанола, Монографија Биоетанол као гориво – стање и перспективе, уредници: Љ. Мојовић, Д. Пејин, М. Лазић, стр. 19-32, Технолошки факултет Лесковац, Поглавље у Монографији, ISBN 978-86-82367-72-7, 2007.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M60):

1. Стојиљковић Д., Јовановић В., Манић Н., Радловић И., Радовановић М., Благојевић Ј., Вуковић Ј., Унапређење конструкције комбинованог котла - штедњака МБС 90KB, 11. симпозијум термичара Србије и Црне Горе, Књига сажетака на CD-у, рад бр. RI-06, Златибор, 2003.
2. Стојиљковић Д., Јовановић В., Радовановић М., Манић Н., Радловић И., Перишић С., Бећаревић Д., Развој радијационо-конвективне пећи на чврсто гориво, Индустриска енергетика 2004, Зборник радова на CD-у, рад бр. R N-08, Доњи Милановац, 2004.

5. Закључак и предлог

Докторска дисертација под називом „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“ кандидата мр Владимира Јовановића, дипл.инж.маш., представља савремен и оригиналан научни допринос кроз свеобухватно сагледавање проблематике емисије азотних и сумпорних оксида, као значајног извора аерозагађења, посебно из процеса сагоревања угља у термоелектранама. Анализом применљивости доступних емисионих фактора на домаће угљеве омогућено је дефинисање сопствених емисионих фактора према америчкој и европској методологији. Формирањем модела процеса сагоревања угља у спрашеном стању у ложишту парног котла омогућено је разматрање утицаја карактеристика горива и радних параметара котла (потрошња горива и ваздуха за сагоревање, коефицијент вишка ваздуха, расподела ваздуха за сагоревања по висини ложишта – примарни и секундарни ваздух, расподела азота и сумпора из угља на волатиле и коксни остатак) на емисију азотних и сумпорних оксида. Овако дефинисан модел омогућава сагледавање ефекта појединих параметара на емисију азотних и сумпорних оксида. Поред тога успостављене су емпиријске зависности између емисије азотних и сумпорних оксида и изабраних утицајних параметара (однос N/H_d тј. S/H_d и електрична снага блока термоелектране) чиме је омогућена брза и поуздана процена емисије ових загађивача из термоелектрана у Србији на основу лако доступних података елементарне и техничке анализе угља и снаге блока. На основу онога што је приказано у докторској дисертацији и чињеници да је анализирана проблематика веома актуелна у научној јавности, са задовољством се констатује да је кандидат мр Владимир Јовановић, дипл.инж.маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима докторске дисертације.

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“ кандидата мр Владимира Јовановића, дипл.инж.маш., Комисија за оцену и одбрану са задовољством констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научноистраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности, и упути извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду 27.02.2012.год.

Чланови Комисије за оцену и одбрану:

др Мирко Коматина, ментор
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Вера Шијачки Жеравчић
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Петар Гверо
ван. проф. Машинског факултета у Бањалуци

др Драгослава Стојиљковић,
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Александар Јововић
ван. проф. Машинског факултета у Београду

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:241/6
Датум:29.03.2012. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 12.2 Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 01.03.2012. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео мр ВЛАДИМИР ЈОВАНОВИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ПРОЦЕНЕ ЕМИСИЈЕ СУМПОРНИХ И АЗОТНИХ ОКСИДА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНА У СРБИЈИ“

II Универзитет је дана 04.07.2011. године, својим актом број 06-6390/9-11 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. Jovanović, V., Komatina, M., NO_x and SO₂ emission factors for Serbian lignite Kolubara, Thermal Science, рад прихваћен за објављивање у 2012. години, DOI: 10.2298/TSCI120319055J.
2. Stojiljković D. Jovanović V., Radovanović M., Manić N., Radulović I., Perišić S., Investigation of Combustion Process in Stove Fired on Biomass, Strojinški vestnik – Journal of Mechanical Engineering, Volume 51, (2005), Number 7-8, ISSN: 0039-2480, UDK-UDC: 536.2, pp 426-430, Impact factor: 0,407.

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за технологију материјала и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић