

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

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

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

1723/4

(Број захтева)

12.01.2015. године

(Датум)

З А Х Т Е В**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:

МАРКА (ОБРАД) ОБРАДОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **МАРКО (ОБРАД) ОБРАДОВИЋ** Усаглашавањем прешао са ПДС на Докторске студије
школске 2008/2009. године

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

**ИСТРАЖИВАЊЕ И КОМПАРАЦИЈА УТИЦАЈА КАРАКТЕРИСТИКА УГЉЕВА НИСКЕ ТОПЛОТНЕ ВРЕДНОСТИ
НА ЊИХОВУ МЕЉИВОСТ И ПАРАМЕТРЕ ПРОЦЕСА МЛЕВЕЊА**

Универзитет је дана 09.05.2011. год. својим актом под бр. 06-5642/14-11 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**ИСТРАЖИВАЊЕ И КОМПАРАЦИЈА УТИЦАЈА КАРАКТЕРИСТИКА УГЉЕВА НИСКЕ ТОПЛОТНЕ ВРЕДНОСТИ
НА ЊИХОВУ МЕЉИВОСТ И ПАРАМЕТРЕ ПРОЦЕСА МЛЕВЕЊА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **МАРКА (ОБРАД) ОБРАДОВИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 19.09.2014. године, одлуком факултета под бр. 1723/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Дејан Радић	Ванр.проф.	Процесна техника	Машински факултет Београд
2. Др Мирослав Станојевић	Ред.проф.	Процесна техника	Машински факултет Београд
3. Др Титослав Живановић	Ред.проф.	Термотехника	Машински факултет Београд
4. Др Александар Јововић	Ред.проф.	Процесна техника	Машински факултет Београд
5. Др Драгана Животић	Ванр. проф.	Економска геологија	РГФ Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 11.12.2014. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1723/4
Датум: 11.12.2014. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 30. Закона о високом образовању (Сл.гласник 76/05, 100/07 и 44/10) и чл. 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и извештаја Комисије у саставу: проф.др Дејан Радић, ментор, проф.др Мирослав Станојевић, проф.др Титослав Живановић, проф.др Александар Јововић и проф.др Драгана Животић, РГФ Београд, о оцени докторске дисертације „Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења“ докторанта Марка Обрадовића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 11.12.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„ИСТРАЖИВАЊЕ И КОМПАРАЦИЈА УТИЦАЈА КАРАКТЕРИСТИКА УГЉЕВА НИСКЕ ТОПЛОТНЕ ВРЕДНОСТИ НА ЊИХОВУ МЕЉИВОСТ И ПАРАМЕТРЕ ПРОЦЕСА МЛЕВЕЊА“** докторанта **МАРКА ОБРАДОВИЋА, дипл.инж.маш.**

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

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији студента докторских студија Марка О. Обрадовића, дипл. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета бр. 1723/2 од 19.09.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације студента докторских студија Марка О. Обрадовића, дипл. инж. маш. под називом

**„ИСТРАЖИВАЊЕ И КОМПАРАЦИЈА УТИЦАЈА КАРАКТЕРИСТИКА УГЉЕВА
НИСКЕ ТОПЛОТНЕ ВРЕДНОСТИ НА ЊИХОВУ МЕЉИВОСТ И ПАРАМЕТРЕ
ПРОЦЕСА МЛЕВЕЊА“**

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Марко О. Обрадовић, дипл. инж. маш, се са последипломских студија (магистарских) усагласио са новим наставним планом и програмом на основу Закона о високом образовању школске 2008/2009 године, чиме је постао студент докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду. Као студент докторских студија, кандидат је имао статус мировања у школској 2011/2012 години, а на основу сагласности комисије за докторске студије Машинског факултета (број 9/9759 од 26.09.2011. године).

По захтеву кандидата Марка О. Обрадовића, и предлога доц. др Дејана Радића (ментора) и сагласности Катедре за процесну технику, да му се одобри пријава теме докторске дисертације и именује Комисија за подношење извештаја о прихватању теме, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је Одлуку број 1836/3 од 02.12.2010. године којом се прихвата тема докторске дисертације и именује ментор доц. др Дејан Радић и Комисија за подношење извештаја о прихватању теме у саставу:

- доц. др Дејан Радић, ментор;
- проф. др Мирослав Станојевић;
- проф. др Александар Јововић;
- проф. др Титослав Живановић;
- доц. др Драгана Животић, Рударско-геолошки факултет Београд.

Комисија за писање извештаја о прихватању теме и оцену научне заснованости докторске дисертације у саставу:

- доц. др Дејан Радић, ментор;
- проф. др Мирослав Станојевић;
- проф. др Александар Јововић;
- проф. др Титослав Живановић;
- доц. др Драгана Животић, Рударско-геолошки факултет Београд;

поднела је Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду извештај број 1836/4 од 17.12.2010. године.

Одлуком Наставно-научног већа број 1836/5 од 23.12.2010. године, прихваћен је предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације и за ментора је именован доц. др Дејан Радић.

На основу одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора (број 1836/5 од 23.12.2010. године), а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду са седнице од 09.05.2011. године, Декан је 10.05.2011. године донео Закључак број 586/2 од 16.05.2011. године о одобравању рада на теми докторске дисертације под називом „Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења“. За ментора дисертације именован је проф. др Дејан Радић.

На основу извештаја проф. др Дејана Радића, ментора, да је докторант Марко О. Обрадовић, дипл. инж. маш, завршио докторску дисертацију „Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења“ и предлога Катедре за процесну технику (број 1723/1 од 15.09.2014. године), Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку број 1723/2 од 19.09.2014. године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- проф. др Дејан Радић, ванредни професор, ментор;
- проф. др Мирослав Станојевић, редовни професор;
- проф. др Титослав Живановић, редовни професор;
- проф. др Александар Јововић, редовни професор;
- проф. др Драгана Животић, ванредни професор, Рударско-геолошки факултет Београд.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација Марка О. Обрадовића, под насловом „**Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења**“, припада области техничких наука – машинство, ужа научна област процесна техника, за коју је матичан Машински факултет, Универзитета у Београду.

Ментор проф. др Дејан Радић запослен је на Катедри за процесну технику Машинског факултета Универзитета у Београду и има 9 SCI радова из области процесне технике (3 у категорији М 21 и 6 у категорији М23).

1.3. Биографски подаци о кандидату

Марко О. Обрадовић, рођен је 13.12.1979. године у Горњем Милановцу. Основну школу „Таковски партизански батаљон“ у Горњем Милановцу је завршио 1994. године а средњу техничку школу „Јован Жујовић“ 1998. године, такође у Горњем Милановцу. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је школске 1998/1999, а дипломирао на Одсеку за процесну технику 2003. године, са средњом оценом 9,46 и оценом 10 на дипломском раду. У току студија Марко О. Обрадовић је награђиван за постигнут изванредан успех на Машинском факултету на другој, трећој, четвртој и петој години студија као и за постигнут

изванредан успех на Машинском факултету у току студија. Кандидат Марко О. Обрадовић, дипл. инж. маш, се са последипломских студија (магистарских) усагласио са новим наставним планом и програмом на основу Закона о високом образовању школске 2008/2009 године, чиме је постао студент докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду.

Од 2003 – 2005 године је радио на Катедри за процесну технику као стипендиста Фондације за развој научног и уметничког подмлатка, а од 1. јануара 2005. године запослен на Машинском факултету у Београду на Катедри за процесну технику и заштиту животне средине као сарадник.

Од 04.03.2011. године запослен је као асистент за ужу научну област процесна техника на Машинском факултету у Београду (решење број 74/3 од 03.03.2011. године). Реизабран је за асистента за ужу научну област процесна техника на Машинском факултету у Београду 23.01.2014. године (решење број 156/2 од 23.01.2014. године).

Током рада на Катедри за процесну технику, поред ангажовања на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја, активно учествује у извођењу наставе (одржавању аудиторних и лабораторијских вежби, припреми колоквијума и писмених испита) на предметима Заштита животне средине и Сушаре (старе студије) као и на предметима Процеси и опрема у заштити животне средине, Принципи заштите животне средине, Хемијске и биохемијске операције и апарати, Заштита ваздуха, Управљање отпадом и отпадним водама, Гориви, технички и медицински гасови и Сушаре (Болоњске студије).

У сарадњи са привредом учествовао је у изради више главних и идејних пројеката и техничких документација, великом броју индустријских мерења, испитивањима посуда под притиском, испитивању котлова (анализа и контрола сагоревања, мерење емисије, гаранцијска испитивања) као и изради Процена утицаја на животну средину.

У оквиру научноистраживачке делатности, аутор је или ко-аутор већег броја радова изложених на симпозијумима и стручним скуповима и научним часописима.

Течно говори енглески језик. Активно користи рачунар и то софтверске пакете: Microsoft Office, Autodesk AutoCad, Corel Draw, MathCad, Adobe Photoshop, SPSS Statistics.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Марка О. Обрадовића, дипл. инж. маш, под називом „Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења“ има 291 стране формата А4, 88 слика и дијаграма, 49 табела, 123 нумерисаних релација, као и списак коришћене литературе на 16 страна. Од тога, садржи 4 прилога од 25 страна (са 165 нумерисаних релација, 11 слика и 2 табеле).

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод;
2. Порекло, петрологија и класификација угљева;
3. Класификација мацерала мрких угљева – ИССР систем 1994;
4. Литотипови мрких угљева;
5. Лигнити Колубарског и Костолачког басена;
6. Теоријске основе уситњавања;
7. Мељивост угљева и Hardgrove индекс мељивости;
8. Методе одређивања коефицијента мељивости угља;
9. Преглед постојећих резултата и достигнућа из области докторске дисертације;
10. План експерименталних истраживања;
11. Геохемијске карактеристике испитиваних узорака угљева (збирни узорак);
12. Утицај елемената техничке анализе узорака угљева на њихову мељивост;
13. Утицај садржаја влаге на HGI;

14. Утицај петролошких и органо-геохемијских карактеристика изабраних узорака лигнита Колубарског и Костолачког басена на њихову мељивост;
15. Корелационе зависности HGI од техничких и петрографских карактеристика испитиваних угљева;
16. Утицај HGI и карактеристика угља на капацитет и оптерећење млина, одређивање потребне снаге мотора млина;
17. Закључак;
18. Литература

Поред тога дисертација садржи предговор, резиме на српском и енглеском језику, садржај, прилоге (четири прилога), као и биографију аутора и изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу су изложена кратка уводна разматрања проблематике обрађене у дисертацији. Указано је на проблематику мељивости угљева и утицај мељивости на рад и карактеристике млинских постројења. Такође, дат је предмет и циљ истраживања и истакнута научна оправданост докторске дисертације.

У другом поглављу укратко је дат осврт на настанак и порекло угљева. Објашњен је појам петрологије угљева и дефинисани су појмови мацерал, микролитотип и литотип угљева. Дат је преглед мацерала, литотипова и микролитотипова мрких угљева. Такође, представљени су различити начини класификације угљева са нагласком на класификацију према међународним стандардима. Дата је генетско-индустријска класификација домаћих мрких угљева.

У трећем поглављу дат је преглед класификација мацерала мрких угљева у складу са Међународним комитетом за угаљ и органску петрологију (ICCP систем 1994). Дат је јасан опис, порекло, практични значај и изглед мацерала мрких угљева – хуминита, инертинита и липтинита.

У четвртном поглављу дата је дефиниција и преглед литотипова мрких угљева – барског, ксилитног, фузенизираног и земљастог. Наведене су њихове карактеристике.

У петом поглављу дат је осврт на два највећа домаћа басена угља – Колубарски и Костолачки. Дате су геолошке мапе оба басена и њихове основне карактеристике. Такође, наведене су петролошке карактеристике, вредности техничке и елементарне анализе као и физичке карактеристике угљева Колубарског и Костолачког басена.

У шестом поглављу дате су теоријске основе уситњавања и основни закони уситњавања који дефинишу зависности између промене у величини честице и утрошене енергије за остваривање ових промена, односно дају вредности специфичне енергије потребне за уситњавање. Као најпознатији и најшире примењивани закон наводи се закон Bond-a.

У седмом поглављу дефинисана је мељивост угљева као и Hardgrove индекс мељивости (HGI) као доминантан начин оцене мељивости угљева. Дат је значај познавања мељивости угља на сам рад и карактеристике млинских постројења у термоелектранама тј. утицај вредности HGI на капацитет млина као и снагу млина потребну за остваривање задатог капацитета. Уочени су предности и недостаци Hardgrove поступка одређивања мељивости. Наведени су утицаји основних карактеристика угља на Hardgrove индекс мељивости.

У осмом поглављу дат је преглед метода за одређивање коефицијента мељивости угља, при чему посебно треба издвојити Hardgrove поступак и поступак одређивања радног индекса у млину са куглама – стандардни Bond-ов тест, као два најзаступљенија поступка. Такође, дати су међусобни односи између анализираних метода за одређивање коефицијента мељивости угља, при чему се опет посебно наглашавају математичке зависности између Bond-овог радног индекса и вредности HGI.

У деветом поглављу дат је преглед постојећих резултата и достигнућа из предметне области дисертације. Представљени су корелациони изрази до којих су аутори долазили анализирајући угљеве различитих рангова. Ови изрази обухватају не само утицај техничке анализе угљева него и утицај петрографског састава угља на вредности HGI. Посебно се наглашава да на мељивост угљева негативан утицај имају ксилитне партије (литотипови). Ова анализа литературних података представљала је основ за планирање експерименталних истраживања у докторској дисертацији као и аналитичких метода које дефинишу корелационе зависности утицаја различитих параметара домаћих угљева на њихову мељивост.

Десето поглавље дисертације даје план експерименталних истраживања. Дат је преглед узорака угљева Колубарског и Костолачког басена који су анализирани и начин њиховог избора за анализу. Дат је поступак и опрема за одређивање вредности HGI узорака угљева, затим преглед метода техничке анализе угљева (одређивање садржаја испарљивих материја, пепела и влаге). Такође у овом поглављу се наводи поступак петрографских анализа узорака угљева, органско-геохемијских испитивања (одређивање укупне органске супстанце и њена елементарна анализа, као и одређивање органско-геохемијских карактеристика изабраних узорака угља) као и аналитичке методе у циљу успостављања корелационих зависности (израза).

У једанаестом поглављу дају се резултати геохемијских анализа испитиваних узорака угљева и то збирног узорка. Органска супстанца од које је настао угаљ највећим делом води порекло од виших и нижих копнених биљака, знатно мање од бактерија и гљива и јако мало од фитопланктона и зоопланктона. Ове анализе имале су за циљ да покажу услове средине, прекурсоре и путање настанка угљева наша два најзначајнија басена. Комплетно испитивање геохемијских карактеристика збирног узорка лигнита Колубарског и Костолачког басена је урађено у циљу што потпуније идентификације порекла и састава ових угљева.

У дванаестом поглављу приказани су резултати техничке анализе узорака угљева као и утицај елемената техничке анализе узорака угљева на њихову мељивост (вредности HGI). Техничка анализа узорака угљева је показала типичне вредности за Колубарске и Костолачке лигните. Корелације вредности HGI са подацима техничке анализе колубарских узорака показују да садржај пепела и грубе влаге има позитиван утицај на вредности HGI, док садржај испарљивих материја и хигроскопне влаге има негативан утицај. Код узорака угља из басена Костолац, негативан утицај на HGI има садржај испарљивих материја, садржај влаге, док позитиван утицај има садржај пепела. Добијене зависности се слажу са литературним подацима.

У тринаестом поглављу извршено је експериментално истраживање у циљу анализе утицаја садржаја влаге у угљу изабраних узорака, на њихову мељивост. Индекс мељивости угља има нелинеарну зависност од удела влаге. Све добијене криве су латиничног слова S, са две превојне тачке и једним минимумом и једним максимумом вредности HGI у испитиваној области. Исти резултати утицаја влаге на индекс мељивости забележени су у литературним изворима.

Четрнаесто поглавље даје резултате експерименталних истраживања петролошких и органско-геохемијских карактеристика изабраних узорака лигнита и анализу добијених резултата са становишта њиховог утицаја на мељивост угља. Извршена је анализа литотипова, затим мацералног састава и органско-геохемијских карактеристика узорака. Утврђене су корелационе зависности између резултата експерименталних и вредности HGI.

У петнаестом поглављу, на основу извршених експерименталних истраживања и утврђених корелационих зависности, дати су изрази који предвиђају вредности HGI на основу техничке анализе, садржаја литотипова и петрографске анализе. Посебно су вршене регресионе анализе за узорке колубарског и костолачког басена. Регресиони изрази су обухватили како линеарне тако и нелинеарне зависности. У овом поглављу наведени су изрази који дају највише вредности коефицијента корелације док су у прилогу 1 наведени сви разматрани изрази. Највише вредности коефицијента корелације добијају се ако се за предвиђање

вредности HGI примењује израз у којем фигурише садржај литотипова и техничке анализе за колубарске угљеве односно петрографски састав и техничка анализа за угљеве Костолачког басена.

У шеснаестом поглављу извршена је анализа утицаја мељивости узорака угља на рад вентилаторског млина термоенергетског постројења. У ту сврху извршена су испитивања вентилаторског млина М-12, тип N400.42, у термоелектрани ТЕНТ Б у Обреновцу, а у склопу активности око реконструкције наведеног млинског постројења. На основу извршених испитивања, добијени су корелациони изрази који са високим коефицијентом корелације предвиђају капацитет млина. Поред тога извршен је прорачун специфичне енергије потребне за млевење угља на два различита начина, преко вредности HGI и испитивањем реалног млинског постројења вентилаторског типа. Добијени резултати коришћењем ова два начина дају блиске вредности специфичне потрошње енергије. Такође, израчунате су потребне снаге која је неопходна за млевење угља. У овом поглављу је показано да се добијени корелациони изрази могу користити при дефинисању снаге и оптерећења млинског постројења вентилаторског типа при млевењу нисковредних угљева (лигнита).

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација под називом „Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења“ представља савремен, оригиналан и значајан допринос разматраној проблематици.

У ложиштима котлова домаћих термоелектрана сагоревају се угљеви у спрашеном стању. Развојем технологије сагоревања угљеног праха уочена је неопходност да се дефинише објективни показатељ мељивости угља. Досадашња пракса је показала да овај захтев испуњава коефицијент мељивости који показује колики је специфични отпор при млевењу угља.

У ту сврху развијено је више поступака за одређивање индекса мељивости угља, од којих су два најпознатија – Bond-ов поступак и поступак Hardgrove-a. Најчешће примењивани поступак је Hardgrove-ов, који је првобитно развијен за камене угљеве.

Прегледом литературе, запажено је да се Hardgrove-ов поступак може користити не само за камене угљеве већ и за остала чврста горива. У доступној литератури, велики број аутора користи овај поступак, често уз одређене модификације, за одређивање индекса мељивости нисковредних угљева (ниског ранга).

У литератури се разматрају утицаји бројних фактора на карактеристике мељивости угљева. Уобичајено је да се експериментални подаци индекса мељивости у регресионој анализи разматрају у функцији удела влаге, пепела, испарљивих материја и фиксног угљеника у угљу. Наравно, постоје и другачији приступи. На пример, поједини аутори индекс мељивости анализирају у функцији петрографског састава угља и на тај начин дефинишу одређене регресионе зависности које омогућавају предвиђање понашања угљева при млевењу.

У сваком случају, јасно је да на индекс мељивост угљева утиче велики број његових својстава као и сама процедура његовог експерименталног одређивања и припреме узорка. Због тога је за поређење резултата индекса мељивости одређеног по методи Hardgrove-a за различите угљеве и локалитете потребно узети у обзир читав низ других параметара у разматрање, као што су техничка и елементарна анализа угља, петролошки састав угља, удео влаге, стање узорка итд. Са друге стране, значај овог индекса за рад млинова у саставу котловских постројења термоелектрана која као гориво користе угљени прах је изузетан па је његово познавање од великог значаја.

Поред тога, испитивања нових налазишта лигнита, чија се експлоатација планира у наредном периоду у нашој земљи, указују на промене појединих карактеристика угљева. Ове промене

неизбежно утичу и на мељивост угља, тако да је ову карактеристику потребно узети у обзир при разматрању квалитета угља на новим коповима.

Имајући ово у виду, чине се велики напори да се добије корелација између састава угља и податка о вредности индекса мељивости. Због хетерогености угљене материје зависности које се при томе добијају односе се на појединачне локалитете. Пре њиховог коришћења мора се експериментално утврдити могућност њихове примене на дати угаљ, а често се ни добијени резултати индекса мељивости за различите угљеве не могу директно поредити, већ се морају тумачити узимањем у обзир низа карактеристика угљева.

Научни допринос докторске дисертације се огледа у разматрању и оцени могућности примене Hardgrove-овог индекса мељивости за предвиђање понашања домаћих угљева, ниске топлотне моћи који се користе у домаћим термоелектранама, при њиховом третману уситњавањем у млиновима. Осим тога, треба истаћи да су млинска постројења у домаћим термоелектранама вентилаторског типа, а да Hardgrove-ова метода која се користи за одређивање индекса мељивости подразумева употребу лабораторијског млина са куглама.

То посебно истиче значај ове докторске дисертације у делу који се односи на оцену погодности примене Hardgrove-овог индекса мељивости за рад млинских постројења у домаћим термоелектранама. Бројни публиковани радови из ове области указују да је Hardgrove-ов индекс мељивости доминантан начин оцене мељивости угљева и у овим случајевима.

Истраживања која су спроведена у оквиру дисертације обухватила су како експериментална истраживања тако и аналитичке методе које су имале за циљ да дефинишу изразе којим се могу предвидети индекс мељивости домаћих угљева, оптерећење и снага млинског постројења.

Свеобухватан приступ решавању проблема и примена савремених научних метода указују на висок степен оригиналности који је присутан у овој докторској дисертацији.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Списак литературе која је коришћена у дисертацији дат је у посебном поглављу. Прегледом листе коришћене литературе може се закључити да је кандидат располагао већином доступне референтне литературе и да ју је проучио у току израде дисертације. Ова литература је пре свега кандидату послужила као полазна основа за приказ постојећег стања у овој области, везано за проблематику која се тиче докторске дисертације.

Коришћена је литература из домаћих и међународних научних часописа, стручних уџбеника, релевантних међународних стандарда и референтних докумената. Кандидат је коректно проучио и цитирао литературне изворе који су му послужили као основа за систематизацију постојећих сазнања из области која је предмет дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Циљ докторске дисертације, кандидата Марка О. Обрадовића, је био истраживање својства мељивости угљева ниског ранга (лигнита) који се користе у највећим домаћим термоенергетским постројењима и постављање корелационих зависности утицаја појединих карактеристика угља на индекс мељивости. За остваривање овог циља, кандидат је обавио истраживања на довољном броју узорака угљева како би се добили поуздани резултати анализе и високи корелациони коефицијенти. Научне методе које је кандидат применио у дисертацији су:

- на основу прегледа литературе и анализе у њој приказаних резултата, утврђени су правци истраживања у докторској дисертацији. Посебно су ови подаци били битни за планирање експерименталних истраживања и предвиђање које карактеристике угљева могу битно утицати на мељивост угљева;

- избор и узорковање довољног броја узорака угља са циљем формирања репрезентативног статистичког узорка;
- експериментално су одређене вредности Hardgrove индекса мељивости (HGI) свих узорака угља из оба домаћа басена (Колубарског и Костолачког);
- извршене су лабораторијске анализе узорака угљева, како техничке тако и комплетне петрографске (литотипови и мацерали) и органо-геохемијске;
- извршена је статистичка анализа добијених резултата и утврђене су корелације утицајних карактеристика угљева на индекс мељивости, као и корелациони изрази;
- експерименталним испитивањима реалног млинског постројења, у различитим погонским условима, добијене су аналитичке зависности којима се могу дефинисати оптерећење и снага млинског постројења вентилаторског типа.

У дисертацији је показано да се на основу резултата техничке и петрографске анализе угљева може добити податак (са високим корелационим коефицијентом) о индексу мељивости угља без његовог експерименталног одређивања.

На крају, може се закључити да су у изради докторске дисертације коришћене адекватне аналитичке и лабораторијске методе за испитивање карактеристика угљева, математичке и статистичке анализе ради утврђивања утицајних параметара на мељивост угљева, а експериментална испитивања индустријског постројења су потврдила могућност практичне примене добијених резултата.

3.4. Применљивост остварених резултата

Прва истраживања о мељивости угља, у тадашњој СРФЈ, су започела пре више од 40 година. Од тада мали број истраживача се бавио овом проблематиком.

Мељивост угља, као један од параметара који директно утиче на капацитет постројења за њихов механички третман уситњавањем, изузетно је битна за њихово пројектовање и експлоатацију. Мељивост угљева има директан утицај на рад млинова (капацитет и снага), а самим тим и на капацитет целокупног термоенергетског постројења.

На основу експерименталних истраживања а затим и обрадом експериментално добијених података о карактеристикама угљева из два највећа домаћа басена угља, у дисертацији су дате аналитичке зависности између индекса мељивости и утицајних карактеристика угљева, које се могу искористити за предвиђање понашања домаћих угљева при млевењу у индустријским млиновима. На овај начин се показало да је могуће предвидети индекс мељивости угља без његовог експерименталног одређивања.

Поред тога, дисертација ће у великој мери користити стучњацима у циљу оптимизације рада не само постројења за припрему угљеног праха него и оптимизације рада целог термоенергетског постројења. На основу корелационих зависности, добијених кроз резултате испитивања реалног млинског постројења у термоелектрани, може се дефинисати оптерећење и снага посматраног млинског постројења, а изведена методологија је применљива и на друга млинска постројења истог типа.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Чланови комисије сматрају да је кандидат показао да има смисао и знања да самостално препозна и систематски решава инжењерске и научне проблеме, примењујући савремене методе теоријског и експерименталног карактера, да користи расположиву литературу и да успешно влада савременим истраживачким методама. Резултати докторске дисертације доказ су способности кандидата за самостални научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Ова дисертација је документовано проширила постојећа знања и остварила научни допринос у области процесне технике. Остварени научни допринос докторске дисертације „Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења“ се огледа у следећем:

- прегледном приказу научних сазнања која се односе на област истраживања дисертације;
- утврђено је да се стандардна Hardgrove метода за одређивање индекса мељивости може применити за домаће лигните, а овај параметар се може користити за упоређивање мељивости домаћих лигнита са сличним угљевима ниског ранга;
- извршена је потпуна идентификација порекла (услови средине, прекурсори и путање настанка) и састава угљева два највећа домаћа басена угља (Колубарски и Костолачки);
- извршена је анализа зависности између индекса мељивости и елемената техничке анализе (садржај влаге, пепела и испарљивих материја), петролошких и органогеохемијских карактеристика угљева. На основу анализе добијених резултата и вредности утицајних коефицијената, одређени су параметри и карактеристике испитиваних угљева који доминантно утичу на њихову мељивост и који се зато морају узети у обзир за предвиђање понашања угљева у процесу млевења;
- изведени су корелациони изрази између индекса мељивости и утицајних карактеристика угљева, који се могу искористити за предвиђање понашања домаћих угљева при млевењу у индустријским млиновима. На овај начин се вредности Hardgrove индекса мељивости могу добити без експерименталног одређивања;
- извршена је анализа утицаја мељивости угља и његових карактеристика на капацитет и оптерећење вентилаторских млинова у термоелектранама и изведени су изрази за израчунавање капацитета и потрошњу електричне енергије у млину у функцији утицајних карактеристика угља укључујући и Hardgrove индекс мељивости;
- анализирана је могућност предвиђања специфичне потрошње електричне енергије у млину на основу индекса мељивости. Специфична потрошња електричне енергије добијена на основу Hardgrove индекса мељивости добијеног лабораторијском анализом је показала добро слагање са експериментално утврђеном потрошњом електричне енергије у реалном млинском постројењу.

Остварени научни допринос докторске дисертације се заснива на анализи и обради резултата добијених лабораторијским анализама угљева (одређивање вредности Hardgrove индекса мељивости, техничка анализа – садржај влаге, пепела и испарљивих материја, петрографска и органско-геохемијска испитивања) као и експерименталним испитивањем реалног млинског постројења вентилаторског типа.

Поред научних, остварени су и стручни резултати који се огледају у следећем:

- како је мељивост угљева једна од важних карактеристика ових материјала, битна за пројектовање и експлоатацију постројења за њихов механички третман уситњавањем ради добијања угљеног праха за потребе термоенергетских и других постројења, дисертација и закључци који проистичу из ње, ће у великој мери користити стручњацима у циљу оптимизације рада не само постројења за припрему угљеног праха него и оптимизације рада целог постројења;
- добијени корелациони изрази могу се користити при дефинисању оптерећења и снаге посматраног млинског постројења, а изведена методологија формирања корелационих зависности на основу погонских мерења и познавања карактеристика угља је применљива и на друга млинска постројења истог типа.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У докторској дисертацији је на адекватан начин извршена систематизација постојећих сазнања из области мељивости угљева и утицаја карактеристика угљева на његову мељивост. Истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације обухватила су интеграцију експерименталних истраживања и аналитичких метода у циљу дефинисања зависности између индекса мељивости и утицајних карактеристика угљева а које се могу искористити за одређивање Hardgrove индекса мељивости.

Такође, у дисертацији је извршена идентификација порекла и састава лигнита из Колубарског и Костољачког басена што у многоструком доприноси бољем разумевању домаћих лигнита.

Поред значајног научног доприноса овој области, дисертација има и практичан значај у области оптимизације рада постројења за припрему угљеног праха у термоенергетским постројењима. Поред тога, добијени изрази за одређивање оптерећења и снаге млина се могу применити у фазама пројектовања млинских постројења за припрему угљеног праха.

4.3. Верификација научних доприноса

Доприноси докторске дисертације су верификовани кроз следеће радове које је аутор објавио у међународним и домаћим часописима и саопштио на научним скуповима у време припреме теме дисертације и у току рада на самој дисертацији.

Категорија M21:

1. Životić, D., Bechtel A., Sachsenhofer, R., Gratzner, R., Radić, D., **Obradović, M.**, Stojanović, K.: *Petrological and organicgeochemical properties of lignite from Kolubara and Kostolac basins, Serbia: Implication on Grindability Index*, International Journal of Coal Geology, vol. 131, pp. 344-362, 2014. (IF2013=3,313) (ISSN 0166-5162)

Према ISI/Web of Science, рад 1 је цитиран један пут.

Категорија M23:

1. Radić, D., **Obradović, M.**, Stanojević, M., Jovović, A., Stojiljković, D.: *A study on the grindability of Serbian coals*, Thermal Science, Vol. 15, No. 1, pp. 267-274, 2011. (IF2011=0,962) (ISSN 0354-9836)

Категорија M63:

1. Радић, Д., **Обрадовић, М.**, Станојевић, М., Јововић, А, Стојиљковић, Д: *Студија о карактеристикама мељивости угљева у Србији*, Конференција Електране 2010/Conference Power Plants 2010, страна 8, Врњачка Бања, октобар 2010.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под називом **„Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења“**, кандидата Марка О. Обрадовића, дипл. инж. маш, представља савремен и оригиналан научни допринос кроз свеобухватно сагледавање и иновативни приступ решавању проблема. Кандидат је при решавању постављеног задатка користио савремене методе, стандардну стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологије излагања су у складу са универзитетским нормама.

Ценећи оно што је приказано у докторској дисертацији и чињеницу да је анализирана проблематика актуелна у научној јавности, са задовољством се констатује да је кандидат Марко О. Обрадовић, дипл. инж. маш, успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима докторске дисертације.

Треба истаћи да је кандидат дошао до оригиналних и проверљивих резултата и показао висок ниво способности и самосталности у доношењу и спровођењу одлука у току израде докторске дисертације. На тај начин је демонстрирао способност за самостални научни рад.

Остварени научни и практични резултати су верификовани публикавањем једног рада у врхунском међународном часопису и једног рада у међународном часопису.

На основу прегледа докторске дисертације под називом **„Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења“**, кандидата Марка О. Обрадовића, дипл. инж. маш, Комисија за преглед, оцену и одбрану констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом „Истраживање и компарација утицаја карактеристика угљева ниске топлотне вредности на њихову мељивост и параметре процеса млевења“, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Београд, 04.12.2014. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

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

проф. др Драгана Животић, ванредни
професор,
Универзитет у Београду, Рударско-
геолошки факултет

проф. др Титослав Живановић, редовни
професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:1723/5
Датум: 11.12.2014. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 63. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1876/1 од 04.10.2013. године и члана 37. Правилника о докторским студијама, Наставно-научно веће на седници одржаној 11.12.2014. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео **МАРКО ОБРАДОВИЋ**, дипл.инж.маш. и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „**ИСТРАЖИВАЊЕ И КОМПАРАЦИЈА УТИЦАЈА КАРАКТЕРИСТИКА УГЉЕВА НИСКЕ ТОПЛОТНЕ ВРЕДНОСТИ НА ЊИХОВУ МЕЉИВОСТ И ПАРАМЕТРЕ ПРОЦЕСА МЛЕВЕЊА**“

II Универзитет је дана 09.05.2011. године, својим актом број 06-5642/14-11 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. Životić, D., Bechtel A., Sachsenhofer, R., Gratzer, R., Radić, D., **Obradović, M.**, Stojanović, K.: *Petrological and organicgeochemical properties of lignite from Kolubara and Kostolac basins, Serbia: Implication on Grindability Index*, International Journal of Coal Geology, vol. 131, pp.344-362, 2014. (**IF2013=3,313**) (ISSN 0166-5162)
2. Radić, D., **Obradović, M.**, Stanojević, M., Jovović, A., Stojiljković, D.: *A study on the grindability of Serbian coals*, Thermal Science, Vol. 15, No. 1, pp. 267-274, 2011. (**IF2011=0,962**) (ISSN 0354-9836)

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић