

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

Број: _____
Датум: _____

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молим, да сходно члану 46. ст.5.тач. 4. Статута у Београду ("Гласник Универзитета" број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата: **Мр Јовица (Милован) Соколовић**

КАНДИДАТ: Мр Јовица (Милован) Соколовић

пријавио је докторску дисертацију под називом:

ИЗУЧАВАЊЕ ФЕНОМЕНА АКТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНА ЧЕСТИЦА УГЉА У ПРОЦЕСУ ФЛОТИРАЊА ПРИМЕНОМ АТРИЦИЈЕ

НАУЧНА ОБЛАСТ: **рударство**

Универзитет је дана **06.12.2006.** године својим актом под **05 број: 150/14/43-06** дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која гласи:

ИЗУЧАВАЊЕ ФЕНОМЕНА АКТИВАЦИЈЕ ПОВРШИНА ЧЕСТИЦА УГЉА У ПРОЦЕСУ ФЛОТИРАЊА ПРИМЕНОМ АТРИЦИЈЕ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Мр Јовице (Милован) Соколовића**

образована је на седници одржаној **21.10.2011.** одлуком факултета под бр.**VI/4-17-7,** у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Родољуб Станојловић	ред. професор	рударство	Технички факултет у Бору
2. Др Милан Трумић	ван. професор	рударство	Технички факултет у Бору
3. Др Љубиша Андрић	научни саветник	рударство	ИТНМС, Београд

Научно-наставно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној 15.12.2011. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Милан Антонијевић

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
Технички факултет у Бору
Број: VI/4 19-6
Бор, 16. 12. 2011. године

На основу члана 44. и 144. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 15. 12. 2011. године, донело је

ОДЛУКУ

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **мр Јовице Соколовића**, дипл. инж. руд., под називом **"Изучавање феномена активације површина честица угља у процесу флотирања применом атриције"**, који је сачинила Комисија у саставу: др Родољуб Станојловић, ред. проф. Техничког факултета у Бору-ментор, др Милан Трумић, ванред. проф. Техничког факултета у Бору – члан и др Љубиша Андрић, научни саветник ИТНМС-а у Београду – члан.

II Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности.

Доставити:

- ВНО Универзитета
- кандидату
- архиви
- досијеу

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН**

Проф. др Милан Антонијевић

Универзитет у Београду
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије о урађеној докторској дисертацији мр Јовице Соколовића

Одлуком Наставно-научног већа од 20.10.2011. године одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану дисертације кандидата мр Јовице Соколовића, дипл.инж., под називом: **“Изучавање феномена активације површина честица угља у процесу флотирања применом атриције”**. После прегледа урађене докторске дисертације и пратеће документације која нам је достављена подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Наслов и обим дисертације

Наслов докторске дисертације кандидата мр Јовице Соколовића је: **“Изучавање феномена активације површина честица угља у процесу флотирања применом атриције”**. Дисертација је написана у обиму од 243 страна и састоји се од 12 (дванаест) поглавља.

1.2. Хронологија одобравања у изради дисертације

Хронологија одобравања у изради дисертације протекла је следећом динамиком:

- Одлуком бр. VI-4/73-5 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору од 11.10.2006. године одређена је комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације
- Одлуком бр. 150-14/43-06 од 06.12.2006. године дата је сагласност Стручног већа за рударске и геолошке науке Универзитета у Београду на предлог теме докторске дисертације
- Одлуком бр. VI-4/3-10 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору од 25.01.2007. године одобрена је тема за израду докторске дисертације
- Одлуком бр. VI/4-17-7 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору од 21.10.2011. године именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Предмет истраживања у докторској дисертацији припада техничко-технолошкој области, ужој научној области рударско инжењерство.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Кандидат мр Јовица Соколовић, дипл. инж. рударства, асистент Техничког факултета у Бору рођен је 11.09.1974. године у Зајечару од оца Милована и мајке Снежане. Од дипломирања, односно 01.09.2000. године до данас ради на Техничком факултету у Бору у звању асистента за ужу научну област минералне и рециклажне технологије.

Основну и средњу школу завршио је у Зајечару 1993. године. Технички факултет у Бору, Универзитета у Београду, одсек рударски, смер припрема минералних сировина завршио је 20.04.2000. године са просечном оценом студија 8,15 и оценом 10,00 на дипломском раду са темом: "Сагледавање могућности побољшања постојећег технолошког процеса сепарације равнoг угља Рудника „Вршка Чука“ Аврамица" под менторством проф. др Родољуба Станојловића.

Последипломске студије

Кандидат је магистарске студије на Техничком факултету у Бору, одсеку рударском, смеру припрема минералних сировина, сада минералне и рециклажне технологије завршио са просечном оценом студија 9,75 и одбраном магистарске тезе под називом "Истраживање појава на површинама чврсте фазе у процесима флотирања угља", под менторством проф. др Родољуба Станојловића.

Радно искуство

Од 1. септембра 2000. године кандидат ради на Катедри за припрему минералних сировина, сада, минералне и рециклажне технологије, Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, прво као истраживач приправник, а након тога као асистент приправник, односно асистент на 7 стручних предмета.

Област интересовања кандидата су физички процеси концентрације минералних и других сировина, физичко-хемијске појаве на границама фаза у процесима концентрације, технолошки процеси прераде сировина, технологије и одрживи развој, санација и рекултивација земљишта.

Научно-истраживачка делатност

Кандидат је до сада публиковао 1 рад у међународним часописима са SCI liste и 8 радова у националним часописима. Саопштио је 22 рада на међународним скуповима и 34 на националним скуповима.

Ко-аутор је 1 монографије и 1 поглавља у монографији националног значаја. Ко-уредник је 2 Зборника радова са скупова међународног значаја и уредник је 1 Зборника радова са скупа националног значаја.

Као сарадник учествовао је на реализацији 1 међународног пројекта, 8 пројеката националног значаја и 4 студије. Коаутор је 2 техничка и развојна решења.

Технички уредник је часописа Journal of mining and metallurgy, Section A: Mining, ISSN 1450-5959 од 2006 године.

Члан је Удружења иноватора и проналазача града Зајечара од 2008 године.

Добитник је Специјалне награда Министарства науке и технолошког развоја Републике Србије на Такмичењу за Најбољу технолошку иновацију НТИ у 2007 години за најбоље пласирани тим из Зајечара са пројектном идејом ЕКО-КАРБОН, (2007) и Прве награде Министарства науке и технолошког развоја Републике Србије на Такмичењу за Најбољу технолошку иновацију НТИ у 2008 години за удружење иноватора и проналазача града Зајечара (2008).

Своје способности у досадашњем педагошком и стручном раду показивао је кроз рад са студентима, при чему је у више наврата помагао студентима у изради дипломских радова, а улогу ко-ментора имао је кроз неколико радова.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Дисертација је написана у обиму од 243 страна текста и састоји се од 12 поглавља: 1 – Увод (3 стране и 2 литературна цитата); 2 - Угаљ као енергент (15 страна текста, са 3 табеле, 7 слика и 6 литературних цитата); 3 - Рудник антрацита “Вршка Чука”, Аврамица (10 страна текста, са 3 табеле и 1 сликом); 4 - Истраживање флотације угља (26 страна текста са 3 табеле, 12 слика и 105 литературних цитата); 5 - Циљ истраживања (7 страна текста, без табела и слика и са 4 литературна цитата); 6 - Експериментални део (15 страна текста, без табела, са 6 слика и 19 литературних цитата); 7 - Прелиминарна истраживања (19 страна текста, са 4 табеле, 5 слика и 23 литературних цитата); 8 - Завршна истраживања на равном и отпадном угљу (30 страна текста, са 18 табела и 15 слика); 9 - Одређивање оптималних параметара атриције отпадног угља; (69 страна текста, са 45 табела, 48 слика и 2 литературна цитата); 10 - Квалитативно-квантитативна истраживања на уским класама отпадног угља (24 страна текста, са 10 табела и 12 слика); 11 - Верификација резултата истраживања на реалном узорку отпадног угља (са 7 табела и 9 слика); 12 – Закључак (9 страна текста).

2.2. Кратак приказ појединих поглавља

У **првом** поглављу дисертације, **Уводу**, кандидат мр Јовица Соколовић, дипл.инж., истиче значај рударства као научно-стручне и привредне делатности, која се бави производњом стратешких ресурса, поред осталих и енергетских сировина. Истиче се значај енергије и енергетских ресурса за планетарни развој човечанства, као и перспективе у обезбеђивању овог стратешког ресурса у будућности.

Посебан акценат се ставља на исцрпљивост овог доминантног енергетског ресурса, као и све веће потребе за енергијом обзиром на стални технолошки развој човечанства и стално повећање броја становника на планети. Кандидат посебно истиче значај рационалног коришћења енергије, улогу науке у области развоја и усавршавања технологија за производњу енергената, као и могућност валоризације истих из ванбилансних и отпадних сировина. Такође истиче да поред побољшања енергетског биланса, повећања економичности производње у погонима, искоришћавање угља из ванбилансних сировина, старих халди, јаловишта, таложника има и немерљив еколошки значај.

Друго поглавље дисертације, **Угаљ као енергент**, посвећено је основним напоменама о угљу као енергенту кроз историју. Кандидат представља петрографску структуру и особине угља, петрографски састав, хемијски састав, са посебним освртом на органске и неорганске компоненте садржане у истом.

У овом поглављу, кандидат усмерава концепт истраживања према националној енергетској ситуацији кроз наслове, Енергетски биланс Републике Србије, и Стратегија развоја енергетског рударства у Србији.

Друго поглавље кандидат завршава истицањем значаја екологије и заштите животне средине са нагласком на деградиране површине земљишта запоседнуте активним јаловиштима рудника угља са подземном експлоатацијом. Сам крај овог поглавља усмерава пажњу на предмет будућих истраживања, приказом квантитативног и квалитативног биланса отпадних финих класа у рудницима угља са подземном експлоатацијом.

У **трећем** поглављу дисертација под насловом **Рудник антрацита “Вршка Чука”, Аврамица**, кандидат усмерава пажњу на будући правац истраживања детаљним описом рудника, од географског положаја, преко геолошког описа лежишта, биланса резерви до

приказа особина антрацитног угља. У другом делу овог поглавља кандидат даје приказ технолошког процеса сепарације угља са описом појединих фаза процеса, до метаријалног биланса производње.

Кандидат, са правом, посебан акценат даје опису Пројектом предвиђеног а нереализованог поступка флотацијске концентрације угља, назначавајући будући предмет истраживања у дисертацији, приказом постојећих јаловишта у Руднику “Вршка Чука”.

Посебну пажњу кандидат је посветио **четвртом** поглављу дисертације, које се односи на презентовање досадашњих истраживања флотације угља. Кандидат врло детаљно образлаже теоријске основе процеса флотирања угља, затим презентује и образлаже утицај многобројних фактора на флотабилност ове енергетске сировине, пре свих, степена карбонизације, петрографског састава, гранулометријског састава, закључно са врстама, карактеристикама и потрошњом реагенса у флотацији угља.

Посебан део у овом поглављу кандидат посвећује проблематици која је предмет дисертације а иста се односи на презентовање досадашњих истраживања у области флотације мање флотабилних, оксидисаних угљева и угљева са депоније, са посебним акцентом на резултате истраживања који се односе на утицај оксидације на флотабилност угља.

Студиозним прегледом досадашњих истраживања у овој области и презентовањем остварених резултата, који се потврђују са преко 100 наведених референци, кандидат оставља утисак добро обавештеног истраживача у овој области. Са насловом Могућност побољшања флотирања оксидних угљева кандидат потврђује стечено мишљење комисије о добро научно-стручној обавештености кандидата о истраживањима у овој области код нас и у свету што је предуслов за остваривање научног доприноса у својој дисертацији.

У **петом** поглављу дисертације је **Циљ истраживања**. Ово важно поглавље кандидат студиозно, аналитички дефинише кроз неколико наслова, проблематика истраживања, предмет истраживања, предвиђена истраживања и задаци истраживања.

Кроз наведене наслове кандидат прави синтезу истраживачког задатка од кратког образложења проблематике везане за значај енергије за развој човечанства и садашње и будуће потребе за енергентима, преко презентовања података о предмету истраживања, односу билансу fine класе отпадног угља Рудника “Вршка Чука”, до информација о досадашњим истраживањима на овој отпадној сировини. Други део овог поглавља посвећен је детаљном образложењу предвиђених истраживања са истицањем истраживачких задатака.

Као основни мотив за истраживања ове проблематике кандидат наводи реалну чињеницу и лично искуство. Реална чињеница је карактеристика антрацитног угља Рудника “Вршка Чука”, а то је, да равна сировина садржи преко 40 % класе крупноће финије од 0,5 мм, као и то да се иста не валоризује на прихватљив начин. Такође кандидат наводи велике залихе отпадног угља како на депонијама тако и таложницима.

Као лично искуство кандидат наводи резултате истраживања на овој сировини у свом дипломском и магистарском раду, када је констатована изражена природна флотабилност свежих узорака антрацитног угља, са искоришћењем у процесу флотирања преко 80 %, као и веома ниска флотабилност истог угља након одстојавања у таложним базенима или при атмосферским условима, када је у опитима флотирања остваривано искоришћење око 40 %. Претпоставка да је узрок овој појави оксидација површина угља била је мотив за истраживања у том правцу.

Као задатак у истраживањима кандидат наводи, идентификацију појава на површинама честица угља и пратећих јалових компоненти, алумосиликатима и угљеном пириту, да се исте квантификују и њихово настајање дефинише у функцији различитих променљивих. Други део истраживачког задатка кандидат истиче као посебан допринос науци, а исти се односи на истраживање могућности механичке активације оксидисаних површина угља применом

поступка атриције. У оквиру овог дела истраживачког задатка предвиђено је истраживање и дефинисање функционалних зависности параметара процеса атриције, на крајње ефекте примене исте, а то су повећање хидрофобности површина, флотабилности угља и пратећих јалових компонената, до побољшања кинетике флотирања и технолошких показатеља процеса.

Кандидат, са правом, посебно истиче усвојен концепт паралелних истраживања на свежим, равним узорцима угља и сировине и адекватним узорцима са депоније након одстојавања, ради упоредних анализа остварених резултата. Крајњи ефекти оваквог начина истраживања је поуздано и репродуктивно сагледавање ефеката атриције при различитим условима извођења, оптимизације параметара исте до дефинисања оптималних режима процеса атриције и флотацијске концентрације.

Шесто поглавље докторске дисертације односи се на прецизно дефинисање предмета рада (материјала) који су били предмет истраживања, такође приказане су све примењиване методе и анализе вршене у оквиру реализације предвиђених истраживања.

Посебан део шестог поглавља односи се на приказ коришћене опреме и уређаја у изведеним експериментима и анализама, као и њиховом детаљном техничком и функционалном опису. Поред класичне, стандардне опреме за припрему и концентрацију минералних сировина, због сложености истраживања у дисертацији су коришћени и следећи уређаји и поступци: инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (ФТИР) (Nicolet Nehus 6700 IR), УВ/ВИС спектрофотометрија (УВ/ВИС спектрафотометар Philips PU 8620), Ридиков зетаметар са електрофоретском ћелијом (мерење зета потенцијала), Микрофлотацијска Халимондова ћелија (микрофлотацијски опити испитивања флотабилности), Лабораторијски рН-метар Јенко 6173, са рН електродом 6000 Р (мерење рН вредности). Поред наведеног, у овом поглављу приказани су коришћени реагенси са детаљним описом њихових карактеристика и намене. За одређивање параметара различитих модела кинетике флотирања коришћен је савремен МатЛаб алат. Сваки од шест модела коришћених у опису кинетике процеса флотирања, класичан модел, Климпелов модел, Келсалов модел, модификован Келсалов модел, Гама модел и Fully мешовити модел, математички су представљени и детаљно образложени.

У **седмом** поглављу, **Прелиминарна истраживања**, испитивана је могућност активације површина честица антрацитног угља поступком атриције. Дефинисан је степен активације површине угља у функцији времена атриције, преко промене зета потенцијала, односно флотабилности угља и пратећих компонената при различитим рН вредностима.

Истраживања су вршена паралелно, на свежим узорцима чистог угља и јалових компонената из редовне производње, и аналогних узорака угља и јалових компонената, одстојалих у дужем временском периоду, на депонији. Упоредна истраживања су идентификовала промене на површинама угља и пратећих јалових компоненти у функцији одстојавања на депонији при атмосферским условима. Упоређивањем резултата ФТИР анализа, запажа се присуство карбоксилних група и смањење ароматичних једињења код узорака угља са депоније, као последице одстојавања и оксидација површина. Као резултат оксидације површина формиране су различите кисеоничке функционалне групе (COOH; C=O; C-O-C), односно C-C-C, ароматичних једињења и смањења ароматичних и алифатичних C-H група. Негативан утицај идентификованих једињења насталих на површини угља након одстојавања потврђен је вредностима и корелацијом зета потенцијала и флотабилности. Посебан значај имају резултати истраживања који показују велику зависност зета потенцијала од рН вредности средине, као и различите вредности изоелектричних тачака нултих зета потенцијала, за свеж узорак угља и исти са депоније, рН=7,5 односно рН=6,5, као оптималних рН вредности за процес флотирања.

Померање изоелектричне тачке нултог зета потенцијала отпадног угља са депоније последица је постојања кисеоничних функционалних група на површинама честица угља које су носиоци негативног наелектрисања. Јасно изражен утицај атриције на зета потенцијал и флоتابилност испитиваних узорака угља и пратећих јалових компонената са депоније потврђују тезу о постојању површинских једињења након одстојавања, да негативно утичу на зета потенцијал и флоتابилност, као и могућност атриције као поступка за активирање површина.

У **осмом** поглављу, на основу резултата истраживања на чистим узорцима угља и пратећим јаловим компонентама, алумосиликатни минерали и угљени пририт, истраживања су настављена на узорцима ситне класе (-1+0) mm равнoг угља из редовне производње и отпадног угља са депоније. Након карактеризације полазних узорака, аналогно, испитивањима спроведеним на узорцима чистих компонената, приказаним у предходном поглављу, вршени су паралелни лабораторијски опити флотирања равнoг угља и отпадног угља. Сви опити флотирања су вршени при истим техничко-технолошким условима, који приближно одговарају индустријским условима.

Дефинисане кинетике флотирања и технолошки показатељи процеса јасно указују да равни угаљ има знатно већу флоتابилност у односу на отпадни. На равном угљу остварено је искоришћење корисне компоненте од 80,08 % односно 89,48 %, са садржајем пепела око 9,32%, док су исти показатељи за отпадни угаљ вишеструко лошији, искоришћења су 37,17 % и 49,48%, са садржајем пепела од око 15,80 %.

У раду је дефинисана кинетика флотирања како интегралних узорака равнoг и отпадног угља тако и кинетике истих по класама крупноће, што даје могућност потпунијег сагледавања механизма флотирања и оптимизације самог процеса.

На основу експерименталних података добијеним у опитима флотирања равнoг и отпадног угља, коришћењем МатЛаб алата извршено је моделовање кинетике флотирања првог реда применом различитих модела са циљем избора модела који најбоље описују кинетике флотирања антрацитног угља. Од понуђених шест, најчешће примењиваних модела у теорији процеса флотирања, дијаграми на сл. 35 и 36, на основу вредности коефицијената регресије и облика кривих, може се констатовати да модификовани Келсалов модел кинетике флотирања првог реда најтачније описује процес кинетике флотирања ситне класе равнoг и отпадног антрацитног угља. Коефицијенти регресије при примени овог модела, како за равни, тако и отпадни угаљ су приближно једнаки 1. У наставку истраживања, за моделовање и описивање кинетика флотирања отпадног угља и презентацију резултата и кинетичких параметара, коришћена су упоредно два кинетичка модела, класични (општи модел кинетике флотирања) и модификован Келсалов модел. На основу параметара кинетике флотирања добијених применом изабраних модела, вредности приказане у табелама 22 и 23, може се потврдити већа поузданост и прецизност модификованог Келсаловог модела. Основна претпоставка веће поузданости модификованог Келсаловог модела у односу на класични модел је у томе што исти полази од претпоставке да је кинетика процеса флотирања односно вероватноћа флотације условљена постојањем лако и тешко флотирајућих честица. Ова претпоставка подразумева и две константе брзине флотирања, k_f и k_c које су укључене у понуђеном моделу.

За разлику од овог класични, општи модел кинетике флотирања подразумева једнаку константу кинетике флотирања k .

Упоређујући параметре кинетике процеса флотирања, по класама крупноће, табеле 28-41, може се закључити да модификован Келсалов модел има низ предности, поред веће поузданости, омогућава једноставније одређивање границе између брзог и спорог флотирања како за описивање кинетике флотирања различитих врста угљева, тако и различитих класа

крупноће. Ове информације су од пресудног значаја за бољу контролу, регулацију и оптимизацију процеса флотирања.

Веће поузданости примене модификованог Келсаловог модела може се потврдити на основу дефинисаних функционалних зависности константи брзина флотирања од крупноће честица, слике 42-44, као и дефинисаних граница крупноће оптималне флотације. Неопходно је истаћи да су у зависности од примењеног модела кинетике флотирања, дефинисане границе крупноће честица које оптимално флотирају различите.

Приказом кинетика флотирања равнoг и отпадног угља, класе крупноће $(-0,2+0,1)$ и $(-0,1+0,053)$ mm, дефинисаних као оптимално флотирајућих применом појединих модела кинетике процеса флотирања, сл. 45 и 46, може се констатовати да модификовани Келсалов модел боље описује експерименталне резултате.

Ова чињеница упућује на закључак да се модификован Келсалов модел може препоручити као основни модел за описивање кинетике флотирања антрацитног угља.

У **деветом** поглављу истраживања су настављена у логичном следу, истраживању утицаја и дефинисању оптималних вредности параметара процеса атриције отпадног угља. Истраживања утицаја садржаја чврстог у пулпи, времена атриције и броја обртаја ротора на технолошке показатеље процеса флотирања отпадног угља, резултирала су дефинисањем оптималних вредности испитиваних параметара.

Утицај атриције на технолошке показатеље процеса флотирања, искоришћење и квалитет производа, сагледаван је како на интегралном узорку отпадног угља, тако и на уским класама крупноће. Применом истих алата, као у претходном поглављу, одређени су параметри кинетике флотирања отпадног угља по класичном и модификованом Келсаловом моделу, табеле 37-74. Резултати истраживања у свим опитима флотирања недвосмислено указују да се применом поступка атриције побољшавају технолошки показатељи процеса флотирања како интегралних узорака тако и сваке класе крупноће посебно. Дефинисане су и оптималне вредности параметара процеса атриције при којима су оставрени највећи позитивни ефекти на технолошке показатеље процеса флотирања. Садржај чврстог у процесу атриције има утицај не ефекте исто и у истраживаном опсегу вредности овог параметара, као оптималан, дефинисан је садржај чврстог од 40 %. Резултат примене атриције у овом опиту резултирао је повећањем искоришћења угља од 5-6 % и квалитетнијим производом процеса. Резултати истраживања утицаја времена атриције на технолошке показатеље процеса флотирања показују да је време трајања атриције веома утицајан параметар активације оксидисаних површина угља, односно побољшања технолошких показатеља процеса флотирања. У испитиваном временском интервалу трајања процеса атриције, на основу дефинисаних параметара кинетике флотирања, оптимално време атриције износи 10 минута. При овом времену атриције, остварени ефекти у процесу флотирања су, веће искоришћење угља за око 20 % са незнатним повећањем садржаја пепела у производу флотирања.

Број обртаја ротора у процесу атриције, такође утиче на степен активације оксидисаних површина, односно ефикасност процеса флотирања. На основу остварених технолошких показатеља процеса флотирања и дефинисаних вредности параметара кинетике процеса, оптималан број обртаја у процесу атриције износио је 1600 o/min.

Резултати упоредних анализа технолошких показатеља флотирања отпадног угља без и са применом поступка атриције, изведеним при оптималним параметрима процеса атриције, садржај чврстог у пулпи од 40 %, време атриције 10 минута и број обртаја ротора 1600 o/min, приказани су дијаграмима на слици 93. Атриција изведена при дефинисаним условима, допринела је повећању искоришћења угља за око 28 % уз незнатно повећање пепела у производу флотирања.

Криве кинетике процеса флотирања fine класе отпадног угља, без и са применом атриције, моделоване по класичном и модификованом Келсоловом моделу, слика 94, и параметри кинетике флотирања, табела 75 и 76, потврђују претходну констатацију о предности модификованог Келсоловог модела у описивању експерименталних резултата кинетике флотирања у односу на класичан модел.

Резултати истраживања потврђују да модификовани Келсолов модел може бити прихваћен као основни модел за описивање кинетике флотирања антрацитног угља и поуздано оцењивање ефикасности флотирања, као предуслов за оптимизацију и регулацију процеса.

У поглављу десет приказани су резултати квантитативно-квалитативних истраживања на уским класама крупноће отпадног угља. Резултати истраживања приказани у предходним поглављима указују на различиту флотабилност угља различитих класа крупноће.

Претпоставка је, да разлог овој појави може бити и различит степен оксидације као и неједнак ефекат активације површина честица у процесу атриције у функцији крупноће честица угља. Одговор на ово питање, добијен је ФТИР анализама уских класа крупноће равнoг и отпадног угља и упоређивањем добијених спектра, сл. 95-99. Такође, веће вредности апсорбације екстракованих алифатичних угљоводоника код свих класа отпадног угља у односу на исти показатељ код класа равнoг угља, као и неједнаке апсорбације по појединим класама крупноће, потврђују предходну претпоставку, табела 78.

Утицај атриције на хидрофобност различитих класа крупноће отпадног угља истраживан је преко количина адсорбованог керозина по јединици масе, односно јединице површине честица угља. Количине адсорбованог керозина су праћене из разлика концентрација у раствору (етанолу), пре и након контакта са честицама угља на УВ/ВИС спектрафотометру. Резултати испитивања заосталих количина керозина при третирању различитих класа крупноће отпадног угља без и са предходном атрицијом, у функцији различитих концентрација керозина потврђују предходну констатацију да се након примене поступка атриције хидрофобност површина, а тиме и адсорпција керозина повећавају за све испитиване класе крупноће угља. Потврду ове појаве дају обрачунске вредности адсорбованог керозина по јединици површине честица угља различите крупноће у зависности од почетних концентрација керозина у раствору без и са предходном применом атриције.

Приказ наведених функционалних зависности приказан је дијаграмима на слици 102, где се јасно запажају, линеарна зависност адсорпције керозина у функцији концентрације истог за све опите истраживања, већа адсорпција керозина на угљу свих класа крупноће након примене поступка атриције у односу на исте класе угља без примене атриције, као и већу разлику у адсорбованим количинама керозина по јединици површине код крупнијих класа након атриције, у односу на исти показатељ за ситне класе крупноће.

Сходно теорији и пракси флотацијских процеса и циљу истраживања у раду, од посебног значаја је сагледавање и дефинисање утицаја атриције на флотабилност различитих класа крупноће, односно интегралну флотабилност отпадног угља. Резултати ових истраживања, приказани у табелама 90-93 и дијаграмима на сликама 104-106, недвосмислено показују да атриција позитивно утиче на флотабилност угља у свим класама крупноће. Такође, јасно се запажа повећање искоришћења угља у свим класама крупноће у функцији концентрације керозина у раствору. Од посебног значаја су резултати који показују функционалну зависност флотабилности од крупноће честица угља без и са предходном атрицијом, где се, поред флотабилности сваке класе крупноће понаособ може констатовати и различита крупноћа оптимално флотирајућих честица без и са предходном атрицијом.

Резултати приказани дијаграмима на слици 106 показују да се највећа промена флотабилности уз примену процеса атриције остварује на класи (-0,5+0,2) mm која условљава повећање искоришћења угља за око 35 %.

Добијени резултати су сагласни резултатима испитивања хидрофобизације угља и указују на корелацију резултата атриције, адсорбованих количина керозина на површинама честица и флотабилности.

Аналитичко сагледавање наведених међузависности како по класама крупноће тако и за интегралне узорке отпадних угљева, дају могућност адекватне контроле оптимизације и регулације процеса а дефинисање модела функционалних зависности омогућавају предвиђање технолошких резултата.

У **једанаестом** поглављу рада извршена је верификација резултата истраживања лабораторијским опитима флотирања реалних узорака отпадног угља са депоније са предходном применом процеса атриције.

Технолошка шема и режим извођења опита дефинисани су на основу предходних истраживања, слика 107.

Резултати истраживања су приказани у табелама 87-89, а применом истих алата представљене су кинетике процеса и дефинисани параметри кинетике флотирања уских класа крупноће, табела 90 и 91.

Зависности константи брзина флотирања од крупноће честица угља без и са применом процеса атриције, као и упоредне вредности истих показатеља за равни угаљ дате су дијаграмима на сликама 111-113. Сви резултати истраживања добијени у опитима флотирања реалних узорака отпадног угља са депоније, како без тако и уз примену процеса атриције, у потпуности потврђују позитиван утицај атриције на флотабилност угља. Ефекти примене процеса атриције у завршном опиту флотирања отпадног угља је повећање искоришћења угља за око 40 % уз незнатно повећање садржаја пепела у производу флотирања.

Кинетике флотирања и остварени технолошки показатељи на уским класама крупноће потврђују различиту флотабилност истих без и са предходном атрицијом као и међусобну разлику у флотабилности.

Верификација модификованог Келсаловог модела као основног модела за описивање кинетике флотирања отпадног антрацитног угља потврђена је и у завршној фази истраживања на реалном узорку, дијаграми на слици 115 и упоредне вредности параметара кинетика флотирања табеле 92 и 93.

Дванаесто поглавље докторске дисертације је **Закључак**. У првом делу овог поглавља кандидат још једном истиче значај енергије за одрживи развој глобалне заједнице. У наставку, даје се коментар значаја угља као енергетске сировине, потребе рационалног коришћења овог необновљивог ресурса, до потребе валоризације овог стратешког ресурса из ванбилансних и отпадних сировина. Кандидат са правом истиче како економски тако и еколошки значај искоришћавања угља из отпадних депонија, јаловишта и таложника. Такође, кандидат подсећа на мотив истраживања и предмет рада, фини класу отпадног угља Рудника антрацита “Вршка Чука”, који у потпуности оправдавају научно-истраживачки значај теме дисертације.

У другом делу поглавља кандидат мр Јовица Соколовић хронолошким редом презентује резултате истраживања, не правећи редослед по научном доприносу већ у складу са током истраживања, што сматрамо логичним. Презентовани резултати и кратки коментари су у складу са закључцима донетим и презентованим за сваку од фаза истраживања, што такође сматрамо исправним.

Поред већег броја резултата који чине научни допринос дисертације, а који се односе на идентификацију и квантификовање појава на површинама угља и пратећих компонената, дефинисање великог броја, за процес атриције и флотације, релевантних функционалних зависности различитих променљивих, дефинисања оптималног модела кинетике флотирања, модификован Келсалов модел, до стварања базе поузданих података, резултата истраживања, који могу послужити за дефинисање различитих функционалних зависности, кандидат у

закључцима истиче и практичан значај резултата истраживања. Могућност примене процеса атриције у активирању оксидисаних површина угља, повећање искоришћења отпадног угља са депоније и таложника за око 40 %, су резултати који имају економски значај, а решавање проблема старих депонија, јаловишта и таложника, чине велики допринос заштити животне средине.

Посебно истичемо закључке који одражавају истраживачку визију кандидата а који се односе на могућност моделовања технолошких процеса у циљу предвиђања индустријских резултата, као и боље контроле и регулације испитиваних процеса.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Изучавање појава које утичу на ефикасност технолошких процеса, дефинисање функционалних зависности и оптимизацију технолошких параметара, предуслов су за остваривање добрих технолошких резултата, адекватну контролу и регулацију.

Поуздани и репродуктивни резултати истраживања зависности параметара процеса и остварених технолошких показатеља, дају могућност моделовања сложених технологија у циљу постизања жељених резултата.

Флотацијска концентрација фине класе отпадних угљева је сложен технолошки процес који зависи од великог броја технолошких параметара. Посебно сложеним чини га појава оксидације како површине угља такои пратећих јалових компонената одстојавањем при атмосферским условима. За успешну валоризацију овог стратешког енергента, неопходно је познавање појава које се дешавају на површинама честица угља, као и могућност њихових отклањања, односно активирања површина. Један од најекономичнијих поступака активирања оксидисаних површина је процес атриције. Ефикасност механичке активације површина такође зависи од великог броја утицајних фактора, који се односе како на природу и карактеристике једињења формираних на површинама честица, тако и на техничко-технолошке параметре процеса атриције.

У дисертацији се у првој фази истраживања на чистим узорцима свежег равнoг угља и минералима јаловине, алумо-силикатима и угљеном пириту, као и аналогним узорцима са депоније отпадног угља, многобројним упоредним анализама, техничким, елементарним, хемијским, ФТИР, констатовале квалитативно-квантитативне промене на површинама честица испитиваних компонената у функцији времена одстојавања. Такође, у првој фази истраживања дефинисане су, за процес флотације угља веома значајне зависности, рН – средине и зета потенцијала, рН – средине и флотабилности угља и пратећих јалових компонената, зета потенцијала и флотабилности у функцији промена рН – средине, као и кључне корелације између атриције, зета потенцијала и флотабилности појединих компонената

Друга фаза истраживања вршена је на реалним узорцима равнoг угља из редовне производње и узорку отпадног угља са депоније. Испитивања су вршена како на интегралним узорцима класе крупноће (-1+0) mm тако и на појединачним ужим класама крупноће. Упоредним анализама дефинисане су све битне карактеристике испитиваних сировина значајне за процес флотације.

ФТИР анализама потврђена је разлика између реалних узорака равнoг угља и отпадног угља у пиковима различитих интензитета за поједине функционалне групе и једињења.

Различита концентрација функционалних група, односно различита оксидисаност површина честица испитиваних узорака, потврђују резултати мерења апсорбације алифатичних угљеводоника у раствору. На основу резултата обимних лабораторијских

истраживања флотирања равнoг и oтпадног угља како на интегралним узорцима тако и по ужим класама крупноће коришћењем МатЛаб алата, извршена су моделовања кинетика процеса флотирања и верификација оптималног модела који најбоље описује процес.

На основу приказаних дијаграма заснованих на експерименталним подацима и дијаграма кинетика флотирања дефинисаних применом различитих модела, као и вредностима параметара кинетике флотирања, верификован је модификован Келсалов модел као оптималан модел за опис кинетике флотирања антрацитног угља. Поузданост модификованог Келсаловог модела потврђена је применом истог за опис кинетике флотирања уских класа крупноће испитиваних сировина. Разлог бољег описа кинетике флотирања антрацитног угља модификованим Келсаловим моделом у односу на класични-општи модел је у томе што исти подразумева две константе брзине флотирања, k_f и k_c , које одговарају брзо и споро флотирајућим честицама док класични модел подразумева једну константу брзине флотирања.

Истраживањима је показано да испитивање сировине располажу са честицама различитих флотабилности, тиме и брзине флотирања, па сходно томе и модификовани Келсалов модел боље описује кинетику флотирања антрацитног угља, па се из тих разлога може промовисати у основни кинетички модел.

Истраживање функционалних зависности основних параметара процеса атриције и сагледавање ефеката исте на технолошке показатеље процеса флотирања, искоришћење угља и квалитет производа, дата је могућност моделовања овог процеса. Верификација поузданости резултата теоретских и експерименталних истраживања извршена је квантитивно-квалитативним анализом уских класа крупноће отпадног угља, без и са предходном применом атриције.

Резултати истраживања у раду имају како теоријски тако и практични значај. Допринос теорији процеса атриције и флотирања садржан је у идентификовању и квантификацији површинских промена на угљу и пратећим минералним компонентама, као и могућности активације истих поступком атриције.

Дефинисање функционалних зависности испитиваних параметара процеса атриције и крајњих ефеката примене исте, на хидрофобност, флотабилност, односно технолошке показатеље процеса флотирања је значајан допринос теорији процеса. Моделовање кинетике процеса флотирања fine класе антрацитног угља, избор и верификација модификованог Келсаловог модела као оптималног модела првог реда је такође допринос теорији процеса флотирања. Дефинисање функционалних зависности параметара и показатеља процеса атриције и флотирања одређивање оптималних вредности истих како за појединачне класе крупноће тако иа интегралне узорке отпадног угља, даје могућности аналитичнијег сагледавања ефикасности процеса флотирања, бољу контролу, оптимизацију и регулацију, као и моделовање ових процеса са циљем предвиђања индустријских процеса.

Примена резултата истраживања у пракси даје могућност повећања искоришћења антрацитног угља из отпадне сировине за око 40 %, што има, како велики економски тако и еколошки значај.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току израде ове дисертације коришћена је адекватна и савремена научно-стручна литература која покрива истраживану проблематику и која обрађује радове аутора из ове области. Преко 100 литературних извора, углавном чланака из Часописа са IF новијег датума и референтних књига из ове области су коришћени током израде и писања саме дисертације.

Међу најзначајнијима су следеће референце:

1. [Abkhoshk et al., 2010](#). E. Abkhoshk, M. Kor and B. Rezaei, A study on the effect of particle size on coal flotation kinetics using fuzzy logic, *Expert Systems with Applications* 37 (2010), pp. 5201–5207.
2. [Brezani and Zelenak, 2010](#). I. Brezani and F. Zelenak, MatLab tool for modeling first order flotation, <http://www.mathworks.com/matlabcentral/forums/28703/2/content/html/Flotationmodeling.html>, (2010).
3. [Chander and Polat, 1995](#). S. Chander and M. Polat, Coal flotation kinetics: interactions between physical and chemical variables, In: *Plenary Lecture, Proc. of the Int. Conf. on Mineral Proc.-Recent Advances and Future Trends*. Kanpur, India (1995), p. 615.
4. [Chaves and Ruiz, 2009](#). A. P. Chaves and A. S. Ruiz, Considerations on the kinetics of froth flotation of ultrafine coal contained in tailings, *International Journal of Coal Preparation and Utilization* 29 (6) (2009), pp. 289-297.
5. [Cilek, 2004](#). E.C. Çilek, Estimation of flotation kinetic parameters by considering interactions of the operating variables, *Miner. Eng.* 17 (1) (2004), pp. 81–85.
6. [Fuerstenau et al., 1994](#). D.W. Fuerstenau, J. Diao, J.S. Hanson, F. Sotillo and P. Somasundaran, Effect of weathering on the wetting behavior and flotation response of coal, In: W.S. Blaschke, Gordon and Breach, Editors, *New Trends in Coal Preparation Technologies and Equipment* (1994), pp. 747–753.
7. [Polat et al., 2000](#). M. Polat and S. Chander, First-order flotation kinetics models and methods for estimation of the true distribution of flotation rate constants, *Int. J. Miner. Process.* 58 (1-4) (2000), pp. 145-166.
8. [Polat et al., 2003](#). M. Polat, H. Polat and S. Chander, Physical and chemical interactions in coal flotation, *Int. J. Miner. Process.* 72 (2003), pp. 199– 213.
9. [Tao et al., 2002](#). D. Tao, B. Li, S. Johnson and B.K. Parekh, A flotation study of refuse pond coal slurry, *Fuel Process. Technol.* 76 (2002), pp. 201– 210.
10. [Saikia et al., 2007](#). B.K. Saikia, R.K. Boruah, P.K. Gogoi, FT-IR and XRD analysis of coal from Makum coalfield of Assam, *J. Earth Syst. Sci* 116 (6), (2007), pp. 575-579.
11. [Somasundaran et al., 2000](#). P. Somasundaran, L. Zhang and D.W. Fuerstenau, The effect of environment, oxidation and dissolved metal species on the chemistry of coal flotation, *Int. J. Miner. Process.* 58 (2000), pp. 85–97.
12. [Jia et al., 2000](#). R. Jia, G.H. Harris and D.W. Fuerstenau, An improved class of universal collectors for the flotation of oxidized and/or low-rank coal, *Int. J. Miner. Process.* 58 (2000), pp. 99–118.
13. [Laskowski, 2001](#). J.S. Laskowski, *Coal Flotation and Fine Coal Utilization*, Elsevier, Amsterdam, (2001).
14. [Laskowski et al., 2010](#). J.S. Laskowski, G.H. Luttrell and B.J. Arnold, Coal flotation, XXV International Mineral Processing Congress (IMPC 2010), Brisbane, Australia, 5-10 September, 2010.
15. [Ozkan and Kuyumcu, 2006](#). S. G. Ozkan and H. Z. Kuyumcu, Investigation of mechanism of ultrasound on coal flotation, *Int. J. Miner. Process.* 81 (2006), pp. 201–203.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност

Сходно предвиђеним истраживањима и специфичностима угља, као енергетске сировине, у циљу одређивања хемијских и физичких особина почетних узорака, коришћених у лабораторијским испитивањима, извршена је њихова карактеризација, применом неколико стандарних метода анализе и то: техничка анализа, елементарна анализа на VARIO EL III CHNOS елементарном анализатору, хемијска анализа, анализа гранулометријског састава,

одређивање густине методом стакленог пикнометра, одређивање специфичне површине, одређивање природне рН вредности.

За потребе ових испитивања коришћене су лабораторија за аналитичку хемију Института за рударство и металургију у Бору, лабораторија Хемијског факултета у Београду и лабораторија за ПМС Техничког факултета у Бору.

За успешну реализацију циљева истраживања у докторској дисертацији коришћене су и адекватне експерименталне методе истраживања.

За проучавање површина угља и испитивање насталих функционалних група на површинама угља коришћена је инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (ФТИР). Мерења инфрацрвених спектра у блиској и основној инфрацрвеној области, вршено је на уређају Nicolet Nehus 6700 IR.

За испитивање утицаја атриције на хидрофобност честица угља коришћена је УВ/ВИС спектроскопија. За квантитативно одређивање адсорбованог керозина на површинама угља коришћен је УВ/Вис спектрофотометар Philips PU 8620.

УВ/Вис спектрофотометрија је коришћена и код мерења апсорбације екстракованих алифатичних угљоводоника.

Експериментално испитивање физичко-хемијских параметара и проучавање стања наелектрисања површине минерала вршено је мерењем електрокинетичког или зета потенцијала на Ридиковом зетаметру са електрофоретском ћелијом.

У микрофлотацијским испитивањима флотабилности коришћена је модификована Халимондова микрофлотацијска стаклена ћелија са порозним дном. Микрофлотацијска испитивања су извођена на узорцима различитих класа крупноће који су изузети пре и после примене атриције, као и у растворима различитих рН вредности, без и са присуством колектора.

Сви стандардни експерименти флотирања (без и са атрицијом) вршени су у лабораторијској флотацијској машини типа "Denver DR 12". У опитима флотирања са претходном атрицијом, припрема пулпе (механичко чишћење површина) је вршена у лабораторијској атриционој машини (Wemco Equipment Company) при различитим утицајним параметрима, који су испитивани у овој дисертацији.

Добијени резултати лабораторијских истраживања послужили су да се на основу МатЛаб алата и параметара различитих модела кинетике флотирања дефинише оптимални модел кинетике флотирања у функцији испитиваних параметара и променљивих у процесу атриције. За моделовање криви кинетике флотирања коришћен је МатЛаб алат.

Сходно предходним констатацијама, сва испитивања која су спроведена у лабораторијским условима су у функцији остваривања задатог циља докторске дисертације.

3.4. Оцена применљивости и верификације остварених резултата

Сва истраживања у овом раду инспирисана су на основу реалних проблема у производњи. Истраживања су креирана и вођена хронолошким редом, од испитивања на чистим узорцима угља и минерала јаловине, свежих узорака из редовне производње и аналогних узорака изузетих са депоније, преко реалних, свежих узорака равне сировине и отпадне сировине са депоније до верификације свих резултата истраживања флотирањем отпадне сировине са депоније при техничко-технолошким параметрима дефинисаним предходним истраживањима.

Може се констатовати да су истраживања вођена од теоријских поставки, преко микрофлотацијских истраживања на чистим узорцима до лабораторијских опита на реалним узорцима fine класе отпадног угља Рудника антрацита "Вршка Чука". Сви резултати

истраживања су верификовани у лабораторијским опитима флотирања реалног узорка фине класе отпадног угља, а ефекти примене истих су повећање искоришћења угља у процесу флотирања за око 40 % уз приближно исти квалитет производа. Применљивост резултата истраживања је апсолутна тим пре што постојећа технологија сепарације угља Рудника “Вршка Чука” предвиђа процес флотирања ситне класе. У предстојећим временима потреба за енергентима биће све израженија, па оправданост валоризације антрацитног угља из отпадних сировина биће како економски тако и еколошки оправдана.

3.5. Оцена способности кандидата за самосталан научни рад

Самостално креирање истраживачког задатка, хронолошко вођење истраживања, анализа и синтеза резултата истраживања до коначног поузданог закључивања су исказане способности кандидата мр Јовице Соколовића, дипл.инж., за самосталан научни рад. Поред искуства на реализацији истраживања у оквиру израде докторске дисертације, публиковани радови у часописима *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, *Journal of Mining and Metallurgy, Section A: Mining*, реферисани и штампани радови на међународним и националним научним скуповима, учешће у реализацији Пројеката Министарства науке и технолошког развоја, вишегодишње успешно учешће на такмичењу за Најбољу Технолошку Иновацију у Републици Србији, декларишу кандидата, како за самостално, тако и тимско бављење научно истраживачким радом. Досадашњи научни резултати кандидата мр Јовице Соколовића, дипл.инж., као и ново започете научно истраживачке активности обећавају нове научне резултате који ће сигурно превазићи до сада остварене.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни научни допринос који је кандидата мр Јовица Соколовић, дипл.инж. оставрио у дисертацији састоји се у следећем:

- Идентификоване су и квантификоване појаве и једињења на површини отпадног угља и минералима јаловине, алумосиликату и угљеном пириту.
- Утврђен је и квантификован негативан утицај површинске оксидације антрацитног угља на ефикасност флотирања.
- Дефинисане су зависности зета потенцијала, рН-вредности средине и флотабилности испитиваних компонената у функцији времена одстојавања сировине при атмосферским условима.
- Доказана је могућност примене процеса атриције за активирање оксидисаних површина антрацитног угља.
- Дефинисане су функционалне зависности испитиваних параметара процеса атриције и остварених ефеката у примени исте, повећање хидрофобности површина односно флотабилности антрацитног угља.
- Велики број репродуктивних резултата функционалних зависности технолошких показатеља процеса, искоришћења угља и квалитета добијеног производа, од параметара процеса атриције као и показатеља рН-вредности, зета потенцијала и времена одстојавања сировине, представља поуздану базу података за моделовања истих у циљу предвиђања индустријских резултата процеса флотирања антрацитног угља.

- Верификован је оптимални модел првог реда за опис кинетике процеса флотирања анатритног угља. Најпоузданији опис кинетике флотирања како интегралних узорака тако и појединих уских класа отпадног антрацитног угља се остварује применом модификованог Келсаловог модела. Ово сазнање категорише модификован Келсалов модел за основни модел кинетике флотирања антрацитног угља.

- Дефинисана функционална зависност константе брзине флотирања и величине честица угља даје могућност моделовања кинетике процеса у функцији гранулометријског састава антрацитног угља, односно предвиђање индустријских резултата процеса флотирања.

4.2. Критична анализа резултата истраживања

Докторску дисертацију карактерише велики број експерименталних лабораторијских резултата како у прелиминарним тако и у завршним истраживањима. Реално је очекивати да ће остварени резултати, бити дограђивани новим теоријским и практичним сазнањима условљеним пре свега променама карактеристика сировине. Сматрамо да резултати истраживања дају могућност моделовања функционалних зависности најзначајнијих технолошких параметара процеса атриције и крајњих ефеката њене примене технолошких показатеља процеса флотирања.

4.3. Очекивана примена резултата у раду

Резултати до којих је кандидат у својим истраживањима дошао су применљиви у пракси. Обзиром да постојећи технолошки процес сепарације равног угља Рудника антрацита “Вршка Чука” предвиђа процес флотирања ситне класе, једноставном доградњом постројења са поступком атриције, створили би се потребни услови за интензификацију процеса. Тиме би се поред флотирања ситне класе равног угља омогућила валоризација и fine класе отпадног угља са депонија и таложника што би имало велики како економски тако и еколошки значај.

4.4. Верификација научног доприноса кроз објављене радове у часописима

Одобрење израде докторске дисертације кандидата мр Јовице М. Соколовића, дипл. ннж. рударства је донето 25.01.2007 године (Одлука Техничког факултета у Бору, бр. VI-4/3-10 уз сагласност Стручног већа за рударске и геолошке науке) што је пре доношења новог Закона о високом образовању и („Службени гласник РС“, бр. 100/07) и Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању ("Службени гласник РС" бр. 4/10), па сходно томе кандидат није имао обавезу публикаовања рада са резултатима истраживања из дисертације у часопису са IF.

Међутим, кандидат је као аутор публикаовао један рад у једном од водећих светских часописа и то:

1. J.M. Sokolovic, R.D. Stanojlovic, Z.S. Markovic, „Activation of oxidized surface of anthracite waste coal by attrition“, Physicochem. Probl. Miner. Process. 48 (1), 2012, pp. 5–18. (ISSN 0137-1282; ISSN 1643-1049 (print); IF = 0.406; Mining & Mineral Processing (12/23); M₂₃)

Други рад, под насловом „The effects of pretreatment on the flotation kinetics of waste coal“ аутора J.M. Sokolovic, R.D. Stanojlovic, Z.S. Markovic такође са резултатима оствареним у реализацији докторске дисертације је позитивно рецензиран и очекује се његово прихватање у часопису International Journal of Coal Preparation and Utilization (ISSN 1939-2699; IF = 0.278; Mining & Mineral Processing (16/23); M₂₃)

Ове чињенице указују да је кандидат и без законске обавезе остварио верификацију научног доприноса своје дисертације, што указује на озбиљност и преданост научном раду, као основне претпоставке успешног развоја младог научног радника.

5. Закључак и предлог

У дисертацији кандидата мр Јовице Соколовића, дипл.инж. остварено је више оригиналних научних резултата који чине надградњу досадашњих научних достигнућа у истраживаној области у односу на наведене резултате у референтној литератури. Дато је више оригиналних приступа, функционалних зависности, верификован је оптималан модел кинетике флотирања антрацитног угља, модификован Келселов модел, као општи модел кинетике процеса. Обезбеђена је релевантна база података, поузданих репродуктивних резултата истраживања, за моделовање процеса атриције и флотације у циљу оптимизације и предвиђања индустријских резултата процеса флотирања антрацитног угља.

Публикован и рецензиран рад из докторске дисертације у респектабилним часописима са SCI листе, на најбољи начин потврђују научни ниво остварених резултата у дисертацији.

На основу прегледане докторске дисертације, Комисија за оцену исте, закључује да кандидат мр Јовица Соколовић испуњава све законске и остале услове за одбрану урађене докторске дисертације. Такође, Комисија закључује да је урађена докторска дисертација написана према стандардима о научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију као и Статутом Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати позитиван извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Јовице Соколовића под називом: **“Изучавање феномена активације површина честица угља у процесу флотирања применом атриције”**, и да исти упути на коначно усвајање Већу научних области Техничких наука Универзитета у Београду, а да након тога кандидата позове на јавну одбрану.

У Бору,

КОМИСИЈА

15.11.2011.

1. Др Родољуб Станојловић, редовни професор – ментор
Технички факултет у Бору
2. Др Милан Трумић, ванредни професор – члан
Технички факултет у Бору
3. Др Љубиша Андрић, научни саветник – члан
ИТНМС у Београду