

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ

35/40
(Број захтева)
03.04.2017.
(датум)

Образац 2
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ
НАУКА

(назив већа научне области коме се захтев упућује)

Београд, Студентски трг бр. 1

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

НИКОЛЕ (Раде) БОБИЋА, дипл. војног инж. технолошке хемије

КАНДИДАТ: **НИКОЛА (Раде) БОБИЋ, дипл. војни инж. технолошке хемије**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„Примена нитрамина и нетоксичних адитивних једињења у развоју и производњи савремених експлозива и барута“

Из научне области: **ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Универзитет је дана **04.07.2016.** године, својим актом **02 број: 61206-3386/2-16**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Примена нитрамина и нетоксичних адитивних једињења у развоју и производњи савремених експлозива и барута“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

НИКОЛЕ (Раде) БОБИЋА, дипл. војног инж. технолошке хемије

образована је на седници одржаној **24.11.2016.** године Одлуком Факултета под бр. **35/521** у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Саша Дрманић	Ванредни професор	Органска хемија
2. Др Јасмина Николић	Доцент	Органска хемија
3. Др Слободан Петровић	Професор емеритус	Органска хемија
4. Др Љиљана Јелисавца	Научни сарадник	Технолошко инжењерство-војно-хемијско инжењерство

Студент је шк. 2014/2015. године поновно уписан на докторске академске студије уписом у трећу годину студија, након истека рока за завршетак студија.

На захтев студента, а уз сагласност ментора, Решењем декана бр. 20/239 од 06.12.2016. године продужен је рок за завршетак студија за два семестра шк. 2016/2017. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **23.02.2017.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 23.02.2017. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Саша Дрманић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Јасмина Николић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Слободан Петровић, професор емеритус Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Љиљана Јелисавац, научни сарадник Војнотехничког института у Београду, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Примена нитрамина и нетоксичних адитивних једињења у развоју и производњи савремених експлозива и барута**“ коју је поднео **НИКОЛА БОБИЋ** дипл. војни инж. технолошке хемије и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Николе Бобића, под називом „**Примена нитрамина и нетоксичних адитивних једињења у развоју и производњи савремених експлозива и барута**“ Одлуком 02 број: 61206-3386/2-16 од 04.07.2016. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија М22

1. **Bobić N.**, Terzić S., Dimić M., Simić D., Nikolić J., Drmanić S.: *Verification of the Explosive Quality of Th-5, Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, Vol.41, 2016, pp. 120–125 doi: 10.1002/prep.201500012 IF=1.604 ISSN=0721-3115

Категорија М23

Bobić N., Simonović R., Drmanić Saša, Nikolić J., Stoiljković S., Terzić N., Milić S.: *Uticaј migracionih procesa u barutnom punjenju na kvalitet minobacačke municije*, Hemijska industrija Vol. 71, 2017, DOI:10.2298/HEMIND160414033B IF=0.437 ISSN: 0367-598X.

Категорија М52

1. Jelisavac Lj., Stoiljković S., Gačić S., Brzić S., **Bobic N.**: *Comparative Examination of the Chemical Stability of Powder and Double-Base Rocket Propellants by Measuring Heat Activities and Stabilizer Content*, Scientific Technical Review, Vol.64, 2014 pp. 48-53. ISSN= 1820-0206

Категорија М33

1. Jelisavac Lj., **Bobić N.**, Stoiljković S., Koibiš A., Brzić S., Fidanovski B.: *Chemical Stability Assessment of Unusual Double-Base Propellants Compositions Without a Stabilizer* Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2014, Belgrade, Serbia, pp. 241-246.

Докторска дисертација и Реферат о оцени докторске дисертације достављају се на увид јавности, а по истеку рока од 30 дана, на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata **Nikole R. Bobića**, dipl. ing. teh.

Odlukom 35/521 br. od 24. 11. 2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **Nikole R. Bobića**, dipl. ing. tehnologije pod naslovom:

„Primena nitramina i netoksičnih aditivnih jedinjenja u razvoju i proizvodnji savremenih eksploziva i baruta“

Na osnovu dostavljenje Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa kandidatom, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Školske 2007/2008 Kandidat Nikola R. Bobić, upisao je doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, Studijski program Hemija i hemijska tehnologija.

Zbog isteka roka za završetak studija doktorant je ponovno upisao doktorske studije šk. 2014/2015. godine, upisom na treću godinu studija, na Studijskom programu Hemijsko inženjerstvo, uz priznavanje položenih ispita.

12.04.2016. – Kandidat Nikola R. Bobić, dipl. ing. teh., prijavio je temu doktorske disertacije pod nazivom:

„Primena nitramina i netoksičnih aditivnih jedinjenja u razvoju i proizvodnji savremenih malodimnih baruta“

14.04.2016. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/165 o imenovanju Komisije za ocenu podobnosti teme kandidata Nikole R. Bobića, dipl. ing. teh. za izradu doktorske disertacije pod nazivom: **„Primena nitramina i netoksičnih aditivnih jedinjenja u razvoju i proizvodnji savremenih malodimnih baruta“**

23.06.2016. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/334 o prihvatanju Referata Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata u kojoj se odobrava izrade doktorske disertacije, Nikole R. Bobića, dipl. ing. teh. pod novim nazivom: **„Primena nitramina i netoksičnih aditivnih jedinjenja u razvoju i proizvodnji savremenih eksploziva i baruta“**, a za mentora ove doktorske disertacije je imenovan dr Saša Drmanić, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

04.07.2016. – Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost, Odluka br.61206-3386/2-16 na predlog teme doktorske disertacije Nikole R. Bobića, dipl. ing. teh. pod nazivom: „Primena nitramina i netoksičnih aditivnih jedinjenja u razvoju i proizvodnji savremenih eksploziva i baruta“.

24.11.2016. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/521 o imenovanju Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Nikole R. Bobića, dipl. ing. teh. pod nazivom: „Primena nitramina i netoksičnih aditivnih jedinjenja u razvoju i proizvodnji savremenih eksploziva i baruta“.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, uža naučna oblast Hemijsko inženjerstvo, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Saša Drmanić, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu

Mentor dr Saša Drmanić, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu iz ove oblasti publikovao je preko deset radova u časopisima koji su na SCI listi. Bio je član Komisija za izradu više odbranih doktorskih disertacija iz ove oblasti, što govori o kompetentnosti mentora da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Nikola R. Bobić je rođen 01.01.1963. godine u Ličkom Petrovom Selu, u Republici Hrvatskoj, gde je završio osnovnu školu. U periodu 1977-1981.godine, pohađao je gimnaziju u Bihaću i završio je s odličnim uspehom.

Tehničku vojnu akademiju Kopnene vojske u Zagrebu, upisao je 1981. godine, smer "Municija i minskoeksplozivna sredstva". Po njenom završetku, 1986. godine, kao proizvedeni poručnik JNA, stekao je zvanje "Diplomirani inženjer tehnološke hemije".

Od 1986. godine, nakon završetka Vojne akademije, angažovan je u nastavnom procesu u Srednjoj vojnoj tehničkoj školi KoV u Zagrebu, iz oblasti municije i minskoeksplozivnih sredstava.

Od 1992-1999. godine radi u jedinicama Vojske Jugoslavije u oblasti logističke podrške (snabdevanje i održavanje TMS u mirnodopskim i ratnim uslovima, na prostoru bivše SFRJ i sadašnje Republike Srbije). U periodu 2000-2006. godine, kao Načelnik tehničke službe i Pomoćnik Komandanta za logistiku zaposlen je u motorizovanoj brigadi Vojske Jugoslavije.

Od maja 2006. godine zaposlen je u Ministarstvu odbrane Republike Srbije, Sektor za materijalne resurse, Uprava za odbrambene tehnologije, gde obavlja poslove vezane za oblast eksplozivnih materija, ubojnih sredstava, hemikalija i pogonskih sredstava.

U sklopu redovnog osnovnog, srednjeg i visokog školovanja, pohađao je predavanja iz nemačkog jezika, koji govori, piše i prevodi. Tokom radnog veka, pohađao je u dva navrata i kurseve engleskog jezika, stekavši pri tom međunarodni sertifikat "STANAG 2".

U 2008. godini je osposobljen za proveravača sistema menadžmenta kvalitetom, prema SRPS ISO 9001:2001, Sistem menadžmenta kvalitetom (QMS). Takođe, od 2006. godine, poseduje i ECDL sertifikat o poznavanju rada na računaru.

Tokom službovanja u Ministarstvu odbrane bio je čest učesnik stručnih skupova međunarodnog karaktera, na kojima su se razmatrali modaliteti praćenja kvaliteta i bezbednog upravljanja zalihama eksplozivnih materija. U oblasti međunarodnog transporta municije i ostalih opasnih materija, u dva navrata je, 2012. i 2013. godine, kao stručni predavač, angažovan na međunarodnim seminarima regionalnog karaktera.

Radi daljeg usavršavanja u stručnoj oblasti, upisao je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu (2007/2008), studijski program Hemijsko inženjerstvo, u okviru kojeg je radio doktorsku disertaciju iz oblasti energetskih materijala (eksplozivne materije, baruti) kao i hemijskih stabilizatora za poboljšanje njihovih svojstava i veka upotrebe. Aktivno koristi nemački jezik a pasivno se služi engleskim.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija Nikole R. Bobića dipl. ing.teh. sadrži (148) strana (od kojih je 137 numerisano) u okviru kojih se nalazi 12 poglavlja i podpoglavlja, sa ukupno 53 slike, 22 tabele i 135 literaturnih navoda.

Ova doktorska disertacija sadrži sledeće celine: **Uvod, Predmet istraživanja, Cilj istraživanja, Metodologiju istraživanja, Teorijski deo, Eksperimentalni deo sa rezultatima i diskusijom, Zaključke i Literaturu.** Na početku disertacije dati su izvodi na srpskom i engleskom jeziku. Po svojoj formi i sadržaju, podneti rad zadovoljava sve standarde Univerziteta u Beogradu za doktorsku disertaciju.

2.2. Kratak opis pojedinih poglavlja

U **Uvodu** su obrazloženi predmet i ciljevi istraživanja, kao i naučni doprinos doktorske teze.

U ovom delu disertacije je najpre definisana specifičnost municije koja se ogleda u tome što se, pre eventualne upotrebe, najduži period čuva u skladištima, gde je izložena različitim klimatskim i mehaničkim uticajima. Njen životni vek karakteriše niz promena na sklopovima i materijalima od kojih je sačinjena, što joj prouzrokuje opadanje kvaliteta. U zavisnosti od uslova čuvanja, temperature i relativne vlažnosti vazduha, početnog kvaliteta materijala i drugih faktora, ove promene mogu da se odvijaju brže ili sporije, pri čemu municija može postati nepouzdana i nepodesna za namensku upotrebu, a time i opasna za dalje čuvanje i manipulaciju.

Dalje u ovom delu disertacije posebno se ukazuje da pored promena koje se mogu uočiti vizuelno, poseban značaj ima i hemijska degradacija energetskih materijala u municiji – eksploziva, pirotehničkih sklopova, a posebno baruta. Proces degradacije baruta prati oslobađanje toplote, koja se vremenom akumulira, što može dovesti do neželjenog samozapaljenja i akcidenta širokih razmera u skladištima. Iz navedenih razloga, sa aspekta pouzdanosti pri upotrebi i bezbednosti pri čuvanju, poznavanje i praćenje kvaliteta uskladištene municije je bitan preduslov za bezbedno upravljanje skladištenjem municije. U tom smislu, hemijska stabilnost baruta ima izuzetnu važnost i često je odlučujući parametar kvaliteta municije.

Treći aspekt na koji je obraćena pažnja je taj što se proizvodnja municije vrši po laboračnim serijama, pri čemu su ugrađene komponente identične, sa uniformnim karakteristikama. Na taj način se uzorkovanjem i ispitivanjem reprezentativnog uzorka jedne laboračne serije dobijeni rezultat može aproksimirati na celokupnu količinu laboračne serije municije iz koje je uzet uzorak, a koja je bila uskladištena pod istim ili sličnim uslovima.

U uvodnom delu se takođe pridaje značaj koncepta ispitivanja i praćenja stanja kvaliteta municije koji se ogleda, pre svega, u povećanju bezbednosti njenog skladištenja i stvaranju preduslova za efikasnije upravljanje rizikom u ovom procesu. Na osnovu sprovedenih ispitivanja, donosi se i odluka o produžetku veka upotrebljivosti.

Navodi se da treba da se definišu zahtevi za primenu eksplozivnih materija u vojne svrhe, koji se odnose na sigurnost pri rukovanju, hemijsku postojanost, termičku stabilnost, minimalnu higroskopsnost, visoku tačku topljenja i slično.

Deo **Predmet istraživanja** obuhvata nalaženje načina, kojim će se sprečiti, odnosno značajno umanjiti, proces autokatalize u barutnoj masi i time održati hemijska stabilnost na potrebnom nivou što duži vremenski period.

U ovom delu kandidat naglašava istraživanje razvoja i proizvodnje savremenih baruta sa novim komponentama, poboljšanih karakteristika. Imajući u vidu imperativ da nove komponente budu sasvim ekološki prihvatljive, predmet istraživanja će biti i pronalaženje mogućnosti zamene, do sada neprikosnovenog nitroglicerina u dvobaznim barutima, sa nitrinima, te mogućnosti primene netoksičnih aditivnih jedinjenja, kao zamena onih jedinjenja koja su, od strane Evropske agencije za hemikalije (The European Chemicals Agency-ECHA), proglašena kao visoko kancerogena. Takođe, istraživanje će obuhvatiti i izbor optimalnog stabilizatora za razvoj i proizvodnju savremenih baruta, sa aspekta efikasnosti ali i sve prisutnijih ekoloških zahteva.

Dalje, istraživanje u oblasti eksploziva obuhvata nove eksplozivne sastave, te primenu nitramina u savremenim eksplozivima. Razmotrena je i mogućnost recikliranja delaborisanih eksplozivnih punjenja na bazi kompozicije trotil/heksogen, kako bi se, na osnovu rezultata ispitivanja takvih eksploziva, potvrdila mogućnost zamene dugokorišćenog trotila, čija proizvodnja u svetu kontinuirano opada.

U delu koji definiše **Cilj istraživanja**, kandidat je naveo da je to stvaranje uslova za razvoj, proizvodnju, bezbedno skladištenje, te bezbednu i efikasnu upotrebu savremene municije poboljšanih karakteristika u nacionalnim i svetskim okvirima. Postizanjem cilja, istaknuto je dalje, biće omogućena primena efikasnih i ekološki prihvatljivih komponenti u proizvodnji savremenih malodimnih baruta, poboljšanje fizičko-hemijskih i balističkih performansi savremenih baruta, kontinuirana proizvodnja savremenih eksplozivnih sastava u skladu sa svetskim dostignućima, stabilno snabdevanje nacionalnog tržišta potrebnim eksplozivnim sastavima, povećanje početne brzine i dometa municije i upotreba municije u ekstremnim klimatskim uslovima.

U delu koji se odnosi na **Metodologiju istraživanja**, navedeno je da bi, pored teorijske analize dosadašnjih, poznatih načina ocenjivanja hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva, te analize primene različitih eksplozivnih sastava za civilne i vojne potrebe, kako u nacionalnim, tako i svetskim okvirima, kao osnovni metod, primenjiv u istraživanju, bio eksperiment. Navedeni eksperiment je obuhvatio ispitivanje hemijske stabilnosti baruta stabilisanih sa različitim tipovima stabilizatora, savremenim analitičkim tehnikama, po međunarodno priznatim standardima, utvrđivanje efekta želatinizacije baruta različitim primarnim stabilizatorima, merenje vremenskog gubitka energetske komponente baruta - nitroglicerina, pod različitim uslovima skladištenja i njegov uticaj na kvalitet municije. Eksperimentalna istraživanja eksploziva su bazirana na verifikaciji kvaliteta eksploziva, dobijenih iz delaborisanih eksplozivnih sastava.

U okviru **Teorijskog dela** disertacije dat je literaturni pregled predmetne oblasti. Najpre, istaknuta je važnost stabilnosti baruta uz naročiti osvrt na način njihovog pravljenja (recepture), skladištenja kao i njihovog veka upotrebe.

Takođe u ovom delu detaljno je opisan životni vek municije koji karakteriše niz promena na sklopovima i materijalima od kojih je sačinjena, što joj vremenom prouzrokuje opadanje kvaliteta. U zavisnosti od uslova čuvanja, temperature i relativne vlažnosti vazduha, početnog kvaliteta materijala i drugih faktora, ove promene mogu da se odvijaju brže ili sporije, pri čemu municija može postati nepouzdana i nepodesna za namensku upotrebu, a time i opasna za dalje čuvanje i upotrebu.

Poseban osvrt kandidat je dao na promene koje se mogu uočiti vizuelno, a od kojih, poseban značaj ima hemijska degradacija energetskih materijala u municiji – eksploziva, pirotehničkih sklopova, a posebno baruta. Proces degradacije baruta prati oslobađanje toplote, koja se vremenom akumulira, što može dovesti do neželjenog samozapaljenja i akcidenta širokih razmera u skladištima. Posebno je apostofirana mogućnost masovne eksplozije u skladištima municije usled nestabilnosti baruta i njegovog ne adekvatnog čuvanja i skladištenja.

U ovom delu je naročito posvećena pažnja hemijskoj stabilnosti baruta, koja podrazumeva njegovu sposobnost da tokom čuvanja u skladišnim uslovima što duže zadrži svoje hemijske karakteristike u dozvoljenim granicama. Zbog izuzetne važnosti, hemijska stabilnost baruta je često odlučujući parametar kvaliteta municije.

U istom delu rada dato je i poređenje sa opštim trendovima u svetu u toku dužeg vremenskog perioda. Poređenje je vršeno na osnovu dostupnih literaturnih podataka.

Ukazano je da su energetske komponente baruta: nitroceluloza, nitroglicerol i nitrovanilin (estri azotne kiseline) podložne laganoj toplotnoj dekompoziciji i na običnim temperaturama što direktno utiče na stabilnost ovakvih materija kao i na vek njihovog trajanja.

Navedeno je da proces termičke dekompozicije NC nije moguće zaustaviti, ali se zato, u cilju sprečavanja samozapaljenja baruta, konsekutivne reakcije mogu usporiti, vezivanjem ili eliminacijom kiselina, oksida azota i vode iz sistema. To se postiže dodavanjem stabilizatora barutima, supstanci koje veoma brzo reaguju sa produktima dekompozicije, nastalim tokom starenja baruta (prvenstveno azotnim oksidima, azotastom i azotnom kiselinom).

Ukazano je da se danas promene u barutima prate uz primenu brojnih instrumentalnih metoda propisanih odgovarajućim standardima. Metode imaju zadatak da, uz pomoć odgovarajućih matematičkih modela, daju relevantne podatke o trenutnoj hemijskoj stabilnosti baruta, a isto tako i da procene njihov preostali, bezbedni vek upotrebe.

Ovakav problem uočene ograničene hemijske stabilnosti i bezbednosti tokom izrade baruta, uslovljava razvoj savremenih baruta sa novim komponentama, poboljšanih karakteristika. Imperativ u današnjim uslovima predstavlja i činjenica da te komponente budu sasvim ekološki prihvatljive.

Ukazuje se da istraživanja treba da budu bazirana i na iznalaženju načina koji će sprečiti, odnosno značajno usporiti proces autokatalize u barutnoj masi, te hemijsku stabilnost baruta održati na potrebnom nivou što duži period.

Dosadašnji napredak u ovoj oblasti koji je dostignut u svetu a koji je dostupan u literaturi, imajući u vidu specifičnost oblasti u kojoj se ispitivanja vrše, kao i iskustvo domaćih kompanija poslužio je u izradi ove disertacije.

Podaci o početnom sastavu i karakteristikama baruta prikupljeni su iz dokumentacije preduzeća „Milan Blagojević-namenska“ Lučani, HK „Krušik“ Valjevo i iz Vojnotehničkog instituta. Deo podataka je preuzet i iz originalne strane dokumentacije.

U **Eksperimentalnom delu sa rezultatima i diskusijom** disertacije opisani su osnovni podaci o materijalima i metodama, odabranim za izvođenje eksperimentalnog istraživačkog rada, a zatim i rezultati proistekli iz njih.

Osnovne metode, primenjene u istraživanju, su eksperimenti koji obuhvataju ispitivanje hemijske stabilnosti baruta sa različitim tipovima stabilizatora, savremenim analitičkim tehnikama (infracrvena spektroskopija - FTIR, energetske disperzije X-zraka - EDX, Raman spektroskopija, termogravimetrijska analiza - TGA, elektronska skenirajuće mikroskopija - SEM), merenje sadržaja stabilizatora i vremenskog gubitka energetske komponente baruta - nitroglicerina, pod različitim uslovima skladištenja, utvrđivanje efekta želatinizacije baruta različitim primarnim stabilizatorima, primenom SEM metode. Eksperimenti su realizovani u preduzeću „Milan Blagojević-namenska“ Lučani, HK „Krušik“ Valjevo, Vojnotehničkom institutu, u Tehničkom remontnom zavodu Kragujevac i na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu.

U okviru ovog dela disertacije prikazani su i različiti postupci pripreme uzoraka.

Priprema uzoraka i želatinizacija nitroceluloznih baruta stabilisanih različitim tipovima stabilizatora kao i ispitivanje njihove mikrostrukture rađena je u laboratoriji Sektora za materijale i zaštitu Vojnotehničkog instituta u Beogradu. Metode koje su korišćene su EDX i SEM, pri čemu je izvršeno ispitivanje mikrostrukture uzoraka baruta stabilisanih različitim tipovima stabilizatora. Pomoću SEM metode ispitivana je mikrostruktura uzoraka baruta različitog hemijskog sastava. Pored trodimenzionalne slike topografije i učinka molekularne disperzije stabilizatora u matrici nitroceluloze, pomoću EDX metode dobijena je informacija o kvantitativnom i kvalitativnom hemijskom sastavu ispitivanog dela površine barutnog zrna. Izvršena je ocena efekta želatinizacije nitroceluloze različitim tipovima stabilizatora i njihov pojedinačni uticaj na hemijsku stabilnost baruta.

Mikrostruktura baruta kao i druge fizičko hemijske osobine ispitivane su na različitim uzorcima baruta na bazi nitroceluloze, sa oznakama: NC-37 (sadrži stabilizator difenilamin), 5/12 (sadrži stabilizator centralit I) i EM2 (sadrži stabilizator akardit II), kao i različitih baruta koji se koriste u artiljerijskoj municiji.

Istraživanje migracionih procesa u barutnom punjenju i njihovog uticaja na kvalitet minobacačke municije vršeno je u sklopu ispitivanja različitih uzoraka. Statička, fizičko-hemijska i balistička ispitivanja su vršena na uzorcima baruta kojima se laboriše dopunska barutna punjenja minobacačkih mina različitih kalibara. Ispitivanja su obuhvatila periodična merenja gubitka barutne mase i osnovnih balističkih parametara, ispitivanje kompatibilnosti baruta i celuloidnih školjki, te utvrđivanje hemijske stabilnosti tretiranih baruta. Ispitivanja su inicirana pojavom pada početnih brzina na prijemnim poligonskim ispitivanjima minobacačke municije i potrebom da se potvrdi odnosno opovrgne pretpostavka da je pad kvaliteta laborisanog baruta uzrokovan gubitkom barutne mase, odnosno isparavanjem nitroglicerina i razgradnjom nitroceluloze.

Pri ovim ispitivanjima bila je neophodna izrada programa ispitivanja, pripreme uzoraka baruta, municije i ambalaže.

Program ispitivanja, koji je usaglašen sa proizvođačem baruta i minobacačkih mina, izradio je Vojnotehnički institut Ministarstva odbrane. Program obuhvata kompleksna ispitivanja, koja se odnose na:

- statička ispitivanja dopunskih barutnih punjenja sa mina iz serijske proizvodnje,
- laboraciju novih dopunskih barutnih punjenja radi višemesečnog odležavanja,
- fizičko-hemijska ispitivanja etaloniranih barutnih punjenja, barutnih punjenja uzetih iz uskladištenih mina i barutnih punjenja koja su odležala 3 i 6 meseci,
- ispitivanje kompatibilnosti baruta i celuloidnih školjki
- balistička ispitivanja municije iz serijske proizvodnje i municije nakon odležavanja u originalnoj i hermetičnoj ambalaži,
- merenje vibracija postolja minobacača sa meke i tvrde podloge,
- merenje pritiska barutnih gasova u barutnoj komori.

Priprema municije, uzoraka baruta i ambalaže za odležavanje barutnih punjenja, kao i sva statička ispitivanja, realizovana su u pogonima namenske industrije Srbije. U Tehničkom opitnom centru su realizovana balistička ispitivanja i merenja vibracija minobacača, dok su u Vojnotehničkom institutu i Tehničkom remontnom zavodu Kragujevac izvršena fizičko-hemijska ispitivanja.

Fizičko-hemijska ispitivanja su obuhvatila ispitivanja kompatibilnosti baruta i odgovarajućih celuloidnih školjki, ispitivanja stabilnosti baruta, fizičko-hemijska ispitivanja baruta NGB-261 (pripremljen za laboraciju i nakon dve godine odležavanja u celuloidnim školjkama) i ispitivanja u cilju utvrđivanja intenziteta migracije nitroglicerina u kartonsku oblogu minobacačkih kutija.

U Vojno-tehničkom institutu je izvršeno ispitivanje kompatibilnosti baruta NGB-051, NGB-021, NGB-261, kojima se laboriše dopunska barutna punjenja minobacačkih mina različitih kalibara i odgovarajućih celuloidnih školjki. Ispitivanje je vršeno metodom mikrokolorimetrije.

U nastavku eksperimentalnog dela opisano je određivanje termijskih karakteristika dva uzorka eksploziva TH-5 (reciklirani trinitrotoluen (TNT) sa maksimalnih 5 mas.% heksogena (RDX) i inertnih materija -vosak, stearinska kiselina i dr.) i uzorka TNT koje je vršeno na diferencijalnom skenirajućem kalorimetru. Identifikacija uzoraka TH-5 i izdvojenih komponenata iz TH-5 vršena je pomoću FTIR metode. Takođe je eksperimentalno izvršena i ocena kvaliteta livenog TH-5 i livenog TNT, merenjem gustine po segmentima i merenjem brzine detonacije.

U delu navedenog poglavlja koje se odnosi na **Rezultate i diskusiju** poređene su karakteristike ispitivanih uzoraka baruta, i pokazalo se da uzorak tri baruta sa stabilizatorom akarditom II (EM2), ima najkompaktniju mikrostrukturu, odnosno najviše dostignut stepen homogene disperzije stabilizatora u matrici nitroceluloze. Stabilizator centralit, u uzorku 2 (5/12), takođe pokazuje dobar nivo disperzije, ali ne i kao akardit II. Kod nitroceluloznog vlakna tretiranog difenilaminom, u uzorku 1 (NC-37), postignut je najmanji efekat disperzije stabilizatora, odnosno "bubrenja" vlakna nitroceluloze. Očigledno je da difenilamin zaostaje na površini vlakana nitroceluloze, dok centralit, a posebno akardit II, prodiru unutar vlakana čime praktično pokazuju međusobnu rastvorljivost sa nitrocelulozom.

Spektri dobijeni kvalitativnom EDX analizom, potvrdili su takođe kvalitativno čistoću svih ispitivanih uzoraka.

Kvantitativna hemijska analiza je prikazana tabelarno, na osnovu vrednosti na ordinati EDX spektra, koje su u direktnoj vezi sa koncentracijom prisutnih elemenata.

Stabilizator u barutu, kao osnovni akceptor oslobođenih azotnih oksida nastalih razgradnjom nitroceluloze, ima poseban i specifičan uticaj na hemijsku evoluciju baruta. Stabilizirajući efekat primenjenih stabilizatora u barutima

determiniše niz faktora, međutim, sposobnost stabilizatora da izvrši želatinizaciju nitroceluloze, ima posebno mesto među njima.

Najčešće korišćeni stabilizator, difenilamin pokazao je slabu penetraciju sa površine u unutrašnjost molekula, tako da mu je smanjena mogućnost katalitičkog delovanja na stabilizaciju nitroceluloze, u odnosu na druga dva ispitivana uzorka.

Budući da ima mogućnost da prodiše dublje u vlakna nitroceluloze i time ostvari homogenu intermolekularnu disperziju (želatinizaciju), akardit II neposredno reaguje sa tragovima zaostalih nitro i sulfonilnih grupa (koje potiču od azotaste i azotne kiseline), čime vrši prevenciju nastanka neželjenih azotnih oksida. Ta osobina, koja potiče od njegove sposobnosti da u čvrstom stanju izvrši želatinizaciju nitroceluloze, svrstava ga u stabilizatore sa vrlo izraženim stabilizirajućim efektom. Sa karakteristikama primarnog stabilizatora, izvesno je da može biti efikasna zamena za do sada češće korišćeni difenilamin.

Na osnovu navedenog programa ispitivanja, koji je izrađen u VTI, pokazuje se da je evidentna velika razlika u gubicima masa baruta kod dopunskih punjenja različitih starosti. Kod baruta novije proizvodnje nitroglicerina nije imao vremena za intenzivniju migraciju, dok je kod starijih baruta, značajan gubitak mase, posledica starosti te municije. Na kraju, poreden je kvalitet ekstrudirano impregniranih (EI) baruta koji sadrže znatno manji procenat početnog sadržaja nitroglicerina od NGB baruta, pri čemu su dobijeni očekivano znatno manji maseni gubici.

Kod barutnih punjenja municije kalibra 120 mm vršena su i premeravanja masenih gubitaka ETALON barutnih punjenja i to nakon dve godine od dana laboracije. Dobijena vrednost gubitka barutne mase, od 1,25 %, kod etalon barutnog punjenja, u potpunoj je saglasnosti sa gubitkom od 1,10 % gubitaka kod baruta iste vrste, koji potiče iz municije skladištene dve godine, odnosno sa gubitkom od 1,37 %, koji potiče iz municije skladištene pet godina.

Rezultati ispitivanja ambalaže za pakovanje pokazuju da na kvalitet baruta pored starosti utiče i poroznost materijala, u kojem je barut smešten tokom odležavanja. Tako kartonska kutija i polivinilsko pakovanje, kao porozniji materijali, lakše dozvoljavaju kretanje nitroglicerina, u odnosu na hermetičnu metalnu kutiju.

Fizičko-hemijska ispitivanja su obuhvatila ispitivanja kompatibilnosti različitih vrsta baruta i odgovarajućih celuloidnih školjki. Ispitivanje hemijske stabilnosti baruta izvršeno je takođe metodom mikrokalorimetrije i pokazano je da su svi uzorci baruta hemijski stabilni, jer u potpunosti zadovoljavaju kriterijum po standardu STANAG 4582.

Prikazani su i rezultati balističkih ispitivanja, merenja vibracije postolja minobacača i merenja pritiska barutnih gasova, koji su pokazali da u pogledu balističkih karakteristika, municija iz serijske proizvodnje, starijih godišta je zadovoljavajućeg kvaliteta.

Rezultati početnih istraživanja poznatih svetskih proizvođača baruta i municije ukazali su na sve izvesniju upotrebu baruta niske osetljivosti (ECL- Extruded Composite Low Sensitivity), u kojima je nitroglicerina u potpunosti zamenjen nitraminom, najčešće heksogenom (RDX) ili oktogenom (HMX). U odnosu na barute tipa balistiti i EI, kod ovih baruta nema značajnijih promena tokom skladištenja, te stoga imaju vrlo povoljnu hemijsku i balističku stabilnost i ne prouzrokuju promenu početne brzine kod municije.

Uzorci recikliranog eksploziva TH-5 su rastvarani u raznim rastvaračima i urađene su FTIR i DSC analize, što je pokazalo da TH-5, osim trotila i heksogena, sadrži i neke druge materije, kao što su voskovi i stearinska kiselina. Na osnovu dobijenih rezultata fizičko-hemijskih ispitivanja pokazalo se da je eksploziv TH-5 pogodan za livenje i ima povoljne detonacione karakteristike, jer ima čak veću brzinu detonacije od TNT. Takođe, nakon sprovedenih ispitivanja kvaliteta i efikasnosti (fragmentacija) TH-5, koji je tehnologijom presovanja laborisan u artiljerijski metak, zaključeno je da je predmetni eksploziv pogodan i za laboraciju u košuljice projektila i tehnologijom presovanja.

Može se zaključiti da je zbog dokazanog uticaja vrste podloge (meka, odnosno tvrda) na rezultate merenja balističkih karakteristika minobacačke municije, poželjno da proizvođači municije ukažu na navedene podatke krajnjim korisnicima municije.

U **Zaključcima** doktorske disertacije navedeno je da praćenje stanja municije, sprovođenjem standardnih procedura i metoda ispitivanja kvaliteta pojedinih komponenti i municije u celini, te preduzimanje adekvatnih mera na povećanju bezbednosti njene proizvodnje, skladištenja i upotrebe, predstavlja osnov za efikasno upravljanje rizikom u ovoj oblasti. Netoksičnost i kompatibilnost, poboljšana efikasnost, te relativno laka dostupnost, osnovne su osobine savremenih eksplozivnih materija ali i njihovih neenergetskih aditiva. Istraživanja opisana u ovom radu, potvrdila su da je hemijska stabilnost baruta jedan od najvažnijih parametara kvaliteta municije, koji se, iz preventivnih razloga, mora konstantno pratiti, kako bi se predupredili neželjeni akcidenti širih razmera. Istraživanje termičke dekompozicije baruta, mogućnosti usporenja autokatalitičkog procesa energetskih komponenti baruta i istraživanje postupaka za praćenje i utvrđivanje stabilnosti baruta i veka municije u celini, imali su za cilj da se dosadašnje poznavanje oblasti hemijske stabilnosti baruta proširi novim i konkretnim rešenjima. Tako je utvrđeno da stabilizator Akardit II, u odnosu na češće primenjivane difenilamin i Centralit I, poseduje izuzetan stabilizirajući efekat, jer zbog svoje baznosti neutrališe ostatke kiseline, čime se sprečava odvajanje azotnih oksida od samog početka. Istraživanje takođe ukazuje na neophodnost postepene zamene dinitrotoluena, kao energetskog plastifikatora u jednobaznim barutima, iako su mnoga njegova svojstva uslovljavala dugoročnu upotrebu. Primenom nove vrste flegmatizacionih materijala, tipa nezasićenih organskih estara, dobijaju se baruti koji obezbeđuju širok, ujednačen gradijent brzine gorenja kao i dobra balistička stabilnost baruta.

Pored novih baruta, svetski trend razvoja municije smanjene osetljivosti, podrazumeva i razvoj novih eksplozivnih sastava, sa dostupnim komponentama unapređenih karakteristika i „zelene formulacije“. Razvoj savremenih visokoenergetskih eksploziva usmeren je ka dobijanju stabilnih energetski bogatih jedinjenja, koja mogu da

se koriste samostalno, kao energetske dodaci drugim eksplozivima, ali i kao aditivi za barute i kompozitna raketna goriva, poboljšavajući time njihova energetska svojstva.

Trend koji dominira u području razvoja novih polimernih materijala i novih primena, je PBX – plastični eksploziv, odnosno, eksploziv u kom je eksplozivni prah vezan pomoću matrice sintetičkog polimera, ali, zbog visoke cene sinteze ovih specifičnih eksploziva, proizvodnja je još uvek svedena na ograničene količine. Međutim, nema potrebe da se ograničava njihov izbor i primena u svim onim slučajevima, kada su troškovi osnovnog eksplozivnog punjenja mali u odnosu na troškove izrade kompletnog ubojnog sredstva.

Liveni termobarični eksplozivi koji pored kristalnog eksploziva, sadrže i odgovarajuće vezivo, metalno gorivo i oksidans, ostvaruju na cilju termobarični efekat, sa pojačanim termičkim i razorno-rušecim dejstvom. Međutim, veoma važno je da se, bez obzira na značajan broj novih eksploziva niže osetljivosti, za izradu ovih eksploziva, zbog ekonomičnosti i razvijene industrijske proizvodnje, koriste konvencionalni eksplozivi-heksogen i oktogen, dakle, nitramini.

Na kraju zaključaka, kandidat, kao vrlo značajnim izvorom snabdevanja potrebnim eksplozivom za laboraciju novoproduktovane municije, navodi i eksploziv, dobijen preradom delaborisanog eksploziva iz duže vremena uskladištene artiljerijske municije. U tom smislu ističe da su fizičko-hemijska i termohemijska ispitivanja, realizovana u okviru verifikacije recikliranog eksploziva TH-5, pokazala da je upravo kvalitet eksploziva TH-5 veoma blizak kvalitetu čistog TNT, što daje mogućnost njegove bezrezervne primene umesto trotila, posebno zbog činjenice na sve prisutniji svetski trend smanjenja proizvodnje čistog trotila.

U **Literaturi** su navedeni brojni relevantni radovi iz oblasti istraživanja citirani u ovoj doktorskoj disertaciji.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1 Savremenost i originalnost

Doktorska disertacija Nikole Bobića za predmet ima savremenu temu istraživanja koja se odnosi na primenu nitramina i netoksičnih aditivnih jedinjenja u razvoju i proizvodnji eksploziva i baruta. Metode pripreme uzoraka i instrumentalne analize koje su korišćene u ovoj doktorskoj disertaciji spadaju u najadekvatnije ili najčešće korišćene u datoj oblasti. U skladu sa uočenim problemom ograničene hemijske stabilnosti tokom veka upotrebe i bezbednosti tokom izrade baruta, istraživanje je obuhvatilo nalaženje načina kojim će se sprečiti, odnosno značajno usporiti, proces autokatalize u barutnoj masi i time održati hemijsku stabilnost na potrebnom nivou, što duži vremenski period. Istraživanje se takođe bavi razvojem i proizvodnjom savremenih baruta i eksploziva sa novim komponentama, poboljšanih karakteristika. Imajući u vidu imperativ da nove komponente budu sasvim ekološki prihvatljive, nalazi se mogućnosti zamene, do sada neprikosnovenog nitroglicerina u dvobaznim barutima sa nitraminima, te mogućnost primene netoksičnih aditivnih jedinjenja, kao zamene onih jedinjenja koja su, od strane Evropske agencije za hemikalije, proglašena kao visoko kancerogena. Takođe, istraživanje obuhvata i izbor optimalnog stabilizatora za razvoj i proizvodnju savremenih baruta, sa aspekta efikasnosti, ali i sve prisutnijih ekoloških zahteva. Rezultati dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji predstavljaju značajno unapređenje postojeće baze podataka iz ispitivane oblasti.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Tokom izrade doktorske disertacije kandidat je izvršio pregled naučne i stručne literature iz relevantnih naučnih oblasti vezanih za problematiku koja se u disertaciji obrađuje, imajući u vidu dostupnost literature na uvid. Većina pregledane literature su radovi objavljeni u svetskim naučnim časopisima, kao i svetski priznati standardi, u oblasti ispitivanja i karakterizacije savremenih eksploziva i baruta, kao i dostupna literatura iz istraživačkih ustanova koje se bave navedenom oblasti. U ovoj doktorskoj disertaciji ukupno je navedeno 135 referenci.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U ovoj doktorskoj disertaciji korišćene su metode koje su najadekvatnije za datu oblast. Metode primenjene u istraživanju obuhvataju ispitivanje hemijske stabilnosti baruta sa različitim tipovima stabilizatora, merenje sadržaja stabilizatora i vremenskog gubitka energetske komponente baruta - nitroglicerina, pod određenim uslovima skladištenja, utvrđivanje efekta želatinizacije baruta različitim primarnim stabilizatorima pomiču savremenih analitičkih tehnika (FTIR, XRD, Raman spektroskopije, TGA, SEM).

Ispitivanje SEM metodom je izvršeno skenirajućim elektronskim mikroskopom tipa JEOL JSM 6610 LV, kompletiranim sa spektrometrom tipa „Oxford Instruments“, model X-Max, površine detektora 20 mm², radnim naponom od 0,3-30 kV i volframovom žicom kao izvorom elektrona. Uzorci, prethodno očišćeni od čestica prašine, su pripremljeni na nosaču koji dozvoljava pomeranje u svim pravcima, kao i rotaciju. S obzirom da se analiza materijala vrši pod elektronskim snopom, ispitivani materijal je učinjen provodnim (da bi se mogao koristiti kao katoda), kako ne bi došlo do nagomilanja naelektrisanja i zagrevanja uzorka. Budući da je barut poznat kao slab provodnik, svaki je uzorak prevučen tankim slojem zlata (*gold coating*), debljine 15-25 nm. Prekrivanje uzoraka zlatom je izvršeno i zbog činjenice da se radi o nepolarnim (neobrađenim) uzorcima, budući da zlato, u poređenju sa ugljenikom, koji se takođe koristi, bolje ističe morfološke karakteristike uzorka.

TGA ispitivanja kompatibilnosti baruta NGB-051, NGB-021, NGB-261 i odgovarajućih celuloidnih školjki izvršena su metodom mikrokalorimetrije, grejanjem 456 sati (19 dana) na temperaturi od 75 °C, na mikrokalorimetru, LKB 2277, Bio Activity Monitor. Metoda se zasniva na merenju oslobođene toplote, nastale hemijskom reakcijom ili dekompozicijom materijala na konstantnoj temperaturi, u funkciji vremena. Oslobođena toplota, u funkciji vremena, smeše energetske materijala (baruta) i test materijala (celuloidne školjke), poredi se sa referentnom vrednošću, koja predstavlja sumu oslobođenih toplota ovih materijala kada se zagrevaju posebno. Na osnovu rezultata merenja određena je oslobođena energija po jedinici mase (vremenski integrisana oslobođena toplota) za barut, celuloidnu školjku i njihovu

mešavinu. Određivanje termijskih karakteristika dva uzorka eksploziva TH-5 i uzorka TNT koje je vršeno na diferencijalnom skenirajućem kalorimetru, (DSC), Q20 u temperaturnom opsegu ispitivanja od 20 °C do 350 °C, brzinom grejanja 10 °C min.

Identifikacija uzoraka TH-5 i izdvojenih komponenata iz TH-5 vršena je pomoću FTIR metode, infracrvenim spektrofotometrom RE 783, u opsegu talasnih dužina od 4000 cm⁻¹ do 200 cm⁻¹, metodom za čvrste uzorke sa kalijum bromidom.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Rezultati istraživanja ove doktorske disertacije daju značajan doprinos unapređenju postojećih i razvoju novih metoda i postupaka ispitivanja baruta i eksploziva.

U okviru ove disertacije ispitana je osetljivost baruta i eksplozivnih punjenja pri čemu su definisane optimalne formulacije kao i način čuvanja i skladištenja ovih opasnih materija. U cilju ove optimizacije razvijen je originalan program ispitivanja, koji je usaglašen sa proizvođačem baruta i minobacačkih mina, urađena su sledeća istraživanja: statička ispitivanja dopunskih barutnih punjenja sa mina iz serijske proizvodnje, laboracija novih dopunskih barutnih punjenja radi višemesečnog odležavanja, fizičko-hemijska ispitivanja etaloniranih barutnih punjenja, barutnih punjenja uzetih iz uskladištenih mina i barutnih punjenja koja su odležala 3 i 6 meseci, ispitivanje kompatibilnosti baruta i celuloidnih školjki, balistička ispitivanja municije iz serijske proizvodnje i municije nakon odležavanja u originalnoj i hermetičnoj ambalaži, merenje vibracija postolja minobacača sa meke i tvrde podloge, merenje pritiska barutnih gasova u barutnoj komori,

Na osnovu rezultata navedenih ispitivanja, pokazalo se da je evidentna velika razlika u gubicima masa baruta kod dopunskih punjenja različitih starosti. Kod baruta novije proizvodnje nitroglicerina nije imao vremena za intenzivniju migraciju, dok je kod druge vrste, kod starijeg baruta, značajan gubitak mase, posledica starosti te municije.

Rezultati pokazuju da, pored starosti baruta, na intenzitet migracije nitroglicerina, utiče i poroznost materijala, u kojem je barut smešten tokom odležavanja. Tako kartonska kutija i polivinilsko pakovanje, kao porozniji materijali, dozvoljavaju lakše kretanje nitroglicerina, u odnosu na hermetičnu metalnu kutiju.

Fizičko-hemijska ispitivanja su obuhvatila ispitivanja kompatibilnosti baruta i odgovarajućih celuloidnih školjki, ispitivanja stabilnosti baruta, fizičko-hemijska ispitivanja baruta koji su pripremljeni za laboraciju i baruta nakon dve godine odležavanja u celuloidnim školjkama, što je analizirano u cilju utvrđivanja intenziteta migracije nitroglicerina, odnosno brzine starenja baruta.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat Nikola Bobić, diplomirani inženjer tehnologije, tokom izrade doktorske disertacije iskazao je izuzetnu samostalnost i stručnost u svim fazama izrade teze, pružajući značajan naučni doprinos u naučnim oblastima kojima se bavi. Na osnovu postignutih rezultata Komisija smatra da kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalni naučno-istraživački rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U okviru ove doktorske disertacije postignuti su sledeći naučni doprinosi:

- realizovana teorijska i eksperimentalna istraživanja će omogućiti primenu efikasnih i ekološki prihvatljivih komponenti u proizvodnji savremenih malodimnih baruta i eksploziva;
- primena savremenih i ekološki prihvatljivih energetskih komponenti u proizvodnji baruta i eksploziva poboljšaće fizičko-hemijske i balističke performanse municije i omogućiti njenu primenu u ekstremnim klimatskim uslovima;
- primena savremenih energetskih i netoksičnih komponenti u proizvodnji baruta i eksploziva stvorice uslove za duži vek trajanja sredstava naoružanja;
- razvijen je i optimizovan način korišćenja baruta i eksploziva, definisani su uslovi čuvanja i skladištenja ovih sredstava u cilju produženja veka upotrebe i bezbednosti pri korišćenju;
- ustanovljeni su postupci i metode praćenja i ispitivanja kvaliteta energetskih komponenti municije, u saradnji sa odgovarajućim naučnim i proizvodnim ustanovama; utvrđen je proces izrade i primene dokumenata standardizacije u oblasti izrade, primene i ispitivanja eksplozivnih materija;
- ispitana je mogućnost skladištenja municije u različitim tipovima ambalaže, u cilju produženja veka upotrebe i ekonomičnosti proizvodnje takvih sredstava;
- sva ispitivanja i analize su rađena na najsavremenijim uređajima i aparatima, koji zadovoljavaju uslove korišćenja propisane odgovarajućim međunarodnim standardima;
- urađena su ispitivanja karakteristika sredstava naoružanja, u odnosu na uslove pod kojim se koriste (meko, tvrdo podloga);
- na osnovu rezultata ispitivanja više uzoraka barutnih punjenja kao i ispitivanja više vrsta eksploziva došlo se do zaključaka koji predstavljaju dobru osnovu za dalja istraživanja u cilju produženja veka upotrebe ovih sredstava, ekonomičnije proizvodnje, povećane bezbednosti i sigurnost pri upotrebi i pri njihovom skladištenju.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije koncipirana su na osnovu jasno definisanih ciljeva i detaljne analize literaturnih podataka relevantnih za ovu oblast istraživanja. Razvijene su i optimizovane metode zasnovane na

tehnika koje se smatraju najsavremenijim i/ili najprimenljivijim za ispitivanje baruta i eksplozivnih sredstava, njihovih upotrebnih vrednosti kao i veka upotrebe istih. Metode koje su uspostavljane ili već postoje su proverene ispitivanjem velikog broja uzoraka eksplozivnih materija. Posebna pažnja je ukazana na starost ovih materija kao i na način produžetka veka upotrebe. U ovoj disertaciji se ukazuje na važnost optimizacije postojećih formulacija za proizvodnju savremenih eksploziva i baruta, kao i na način njihovog skladištenja u odgovarajućoj ambalaži, a sve u cilju bezbednosti pri upotrebi, produžetku veka upotrebe i njihovog čuvanja. Rezultati dobijeni primenom razvijenih metoda u ispitivanju uzoraka eksplozivnih materija u pogledu bezbednosti, veka upotrebe, njihove ekonomičnosti pri proizvodnji, kao i kvaliteta koji su definisani standardima su logično koncipirani i predstavljeni. Ovakvi rezultati su povezani sa rezultatima ispitivanja dostupnih u literaturi i njihova uporedna analiza daje značajan pregled stanja u širem kontekstu. Izvršen je detaljan pregled zakonske regulative, NATO standarda, EU i RS u pogledu ispitivanih eksplozivnih sredstava i data je analiza dobijenih eksperimentalnih rezultata.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Nikola Bobić potvrdio je rezultate svojih istraživanja objavljivanjem radova u istaknutim i međunarodnim časopisima, kao i saopštavanjem radova na međunarodnim i nacionalnim skupovima. Iz doktorske disertacije proistekao je jedan rad objavljen u istaknutom međunarodnom časopisu (M22), jedan rad (M23) u časopisu međunarodnog značaja, jedan rad u časopisu nacionalnog značaja (M52) i jedno saopštenje na skupu međunarodnog značaja, štampano u celini (M33).

Radovi proistekli iz disertacije na kojima je kandidat prvi autor:

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja – M20

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu – M22

1. **Bobić N.**, Terzić S., Dimić M., Simić D., Nikolić J., Drmanić S.: *Verification of the Explosive Quality of Th-5, Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, Vol.41, 2016, pp. 120–125 doi: 10.1002/prep.201500012 IF=1.604 ISSN=0721-3115

Rad u međunarodnom časopisu – M23

Bobić N., Simonović R., Drmanić Saša, Nikolić J., Stojilković S., Terzić N., Milić S.: *Uticaj migracionih procesa u barutnom punjenju na kvalitet minobacačke municije*, Hemijska industrija Vol. 71, 2017, DOI:10.2298/HEMIND160414033B IF=0.437 ISSN: 0367-598X.

Ostali naučni radovi kandidata

Radovi objavljeni u časopisima nacionalnog značaja – M50

Rad objavljeni u časopisu nacionalnog značaja – M52

1. Jelisavac Lj., Stojilković S., Gačić S., Brzić S., **Bobic N.**: *Comparative Examination of the Chemical Stability of Powder and Double-Base Rocket Propellants by Measuring Heat Activities and Stabilizer Content*, Scientific Technical Review, Vol.64, 2014 pp. 48-53. ISSN= 1820-0206

Saopštenja sa međunarodnih skupova štampana u celini – M33

1. Jelisavac Lj., **Bobić N.**, Stojilković S., Koibiš A., Brzić S., Fidanovski B.: *Chemical Stability Assessment of Unusual Double-Base Propellants Compositions Without a Stabilizer* Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2014, Belgrade, Serbia, pp. 241-246.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu prethodno iznetih podataka Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata Nikole R. Bobića diplomiranog inženjera tehnologije, pod naslovom „**Primena nitramina i netoksičnih aditivnih jedinjenja u razvoju i proizvodnji savremenih eksploziva i baruta**“, predstavlja originalan naučni doprinos oblasti istraživanja. Originalnost doktorske disertacije kandidata je potvrđena objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja. Postavljeni predmet i ciljevi doktorske disertacije u potpunosti su ostvareni, na osnovu čega Komisija smatra da doktorska disertacija u potpunosti ispunjava sve zahtevane kriterijume, kao i da je kandidat tokom izrade disertacije pokazao samostalnost i originalnost u naučno-istraživačkom radu. Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih i prikazanih rezultata, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da podnetu doktorsku disertaciju kandidata Nikole R. Bobića prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na konačno usvajanje, kao i da nakon završetka procedure pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u dole navedenom sastavu.

Beograd, 17. 01. 2017. godine

ČLANOVI KOMISIJE

dr Saša Drmanić, vanredni profesor Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

dr Jasmina Nikolić, docent Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-
metalurški fakultet

dr Slobodan Petrović, profesor emeritus Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

dr Ljiljana Jelisavac, naučni saradnik Vojnotehničkog instituta u
Beogradu