

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ**

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о завршеној докторској дисертацији
кандидата мр Миодрага Лисова, дипл.инж.маш.

Одлуком број 965/2 од 26.04.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Миодрага Лисова, дипл. инж. маш. под насловом

**„НАТПРИТИСАК БАРУТНИХ ГАСОВА ПРИ ОПАЉЕЊУ ИЗ
МИНОБАЦАЧА“**

Након прегледа достављене дисертације, пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања израде дисертације

Кандидат мр Миодраг Лисов, дипл.инж.маш, је поднео захтев за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације под називом „Натпритисак барутних гасова при опаљењу из минобацача“ Универзитету у Београду, Машинском факултету под бројем 1784/1 од 23.08.2017. Кандидат је за ментора предложио проф. др Слободана Јарамаза, редовног професора Машинског факултета.

На основу пријаве кандидата, Колегијум наставника Катедре за системе наоружања упутио је предлог Наставно-научном већу Машинског факултета за именовање ментора и Комисије за писање реферата за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме (број 1784/7 од 07.11.2017. године).

Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, на основу пријаве кандидата и сагласности Катедре за системе наоружања, донело је одлуку (број 1784/8 од 09.11.2017. године) да се прихвата тема докторске дисертације „Натпритисак барутних гасова при опаљењу из минобацача“, да се именује ментор др Слободан Јарамаз, редовни професор Машинског факултета. Такође, именује се Комисија за оцену подобности теме и кандидата (одлука број 1784/9 од 09.11.2017. године) у саставу: др Дејан Мицковић, ред. проф., др Цветко Црнојевић, ред. проф., др Предраг Елек, ванр. проф. са Машинског факултета и др Мирко Козић, науч. сав., из Војнотехничког института.

Комисија за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Натпритисак барутних гасова при опаљењу из минобацача“ поднела је реферат (број 1784/10 од 21.11.2017. године) у коме предлаже да се одобри тема докторске дисертације, наводећи да је пријављена тема адекватна за израду докторске дисертације, да кандидат испуњава законске услове и да има истраживачке квалификације за рад на докторској дисертацији.

Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је одлуку број 1784/11 од 30.11.2017. године да се прихвата заснованост теме и да кандидат испуњава услове за израду докторске дисертације.

На захтев Машинског факултета број 1784/11 од 30.11.2017.године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду донело је Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације под бројем 61206-5090/2-17 од 25.12.2017. год.

На основу обавештења ментора др Слободана Јарамаза, ред. проф. (бр. 965/1 од 12.04.2018.год.) да је кандидат мр Миодраг Лисов, дипл.инж.маш. завршио докторску дисертацију „Натпритисак барутних гасова при опаљењу из минобацача“ и предлога Катедре за системе наоружања, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је на седници одржаној 26.04.2018.год. донело је Одлуку, број 965/2 од 26.04.2018. год., о именовану Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:др Дејан Мицковић, ред. проф., др Цветко Црнојевић, ред. проф., др Предраг Елек, ванр. проф. и др Мирко Козић, науч. сав.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Натпритисак барутних гасова при опаљењу из минобацача“ припада научној области техничких наука, област машинство, ужа научна област војно машинство - системи наоружања, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Миодраг Лисов рођен је 17.06.1962 године у Подгорици. Основне студије уписао је на Машинском факултету у Београду 1982. године. Дипломирао је на групи за термотехнику, 1987 године, са оценом 10 (десет), тема дипломског рада била је: "Одређивање расхладног и грејног учинка уређаја за хлађење мобилних средстава". Запослен је у Војнотехничком институту, где ради од 1988. године. У току рада у Војнотехничком институту обављао је дужности самосталног и вишег истраживача, у Секторима за ракетно и класично наоружање, а затим је вршио дужност начелника Одсека балистике, начелника Одељења балистике и муниције и начелника Сектора за класично наоружање и возила. Тренутно се налази на месту помоћника директора за научноистраживачки рад, официр је Војске Србије са чином пуковника.

У току своје каријере учествовао је у реализацији већег броја истраживачких и развојних пројеката, који су за резултат имали увођење више средстава у наоружање и опрему Војске Србије.

Водио је реализацију више пројеката који су се односили на истраживање и развој нових средстава наоружања и модернизацију постојећих, а неки од њих су:

- Развој нових барутних пуњења, са ЕИ барутима, за минобацачке системе калибра 60, 82 и 120 mm,
- Развој новог унутрашњебалистичког решења за минобацачки систем 120 mm, великог домета и ефикасности,
- Развој погона за фамилију муниције 40 mm, за потцевни бацач граната 40 mm,
- Развој ракетног мотора, без инерцијалног припалног механизма, за АР пројектил, за бестрзајни топ 120 mm,
- Развој новог унутрашњебалистичког решења за модернизову хаубицу 105 mm, М56/33 (пројектил са упуштеним дном и генератором гаса),
- Развој нових основних и допунских барутних пуњења за минобацачку мину, калибра 160 mm Ф-853.

Учествовао је у пројектовању, испитивању и верификацији унутрашњебалистичких решења за више типова муниције за стрељачко наоружање, минобацаче и артиљеријска оруђа. У току реализације ових пројеката примењиване су различите методе из домена експерименталне балистике (мерење притиска барутних гасова, мерење натпритиска барутних гасова око оруђа, мерење брзине пројектила и др.) које су коришћене у циљу оцене и верификације реализованих техничких решења. У области инвентивне делатности један је од три аутора прихваћеног и регистрованог патентног решења у области муниције "Оптимизирани артиљеријски пројектил повећаног домета".

Такође је руководио на следећим истраживачким и пројектним задацима:

- Истраживање у области балистике класичног наоружања,
- Балистички мерни систем (еталонирање оружја, опитних цеви, барута и муниције за стрељачко наоружање, минобацаче и артиљерију),
- Израда пиротехничких и балистичких процена за складишне комплексе.

Магистарске студије је уписао у Центру за мултидисциплинарне студије, Универзитета у Београду, а магистарски рад "Оцена могућности примене нових материјала за израду водећег прстена артиљеријских пројектила" одбранио је 2006. године и стекао академско звање магистар наука.

На III годину докторских студија, на Машинском факултету, Универзитета у Београду, област војно машинство-системи наоружања, катедра за Системе наоружања, уписао се 2016. године.

Аутор и коаутор је више радова који су саопштени и публиковани на научним скуповима и часописима везаним за област наоружања и војне опреме ("ЈКЕМ"- Југословенски комитет за експлозивне матерује, "ОТЕХ"- Међународни научни скуп о одбрамбеним технологијама, "НТП"- Научнотехнички преглед, "Scientific Technical Review" и "Technical Gazette"). У својству председника научног одбора, учествовао је у организацији и раду 7. и 8. Међународног скупа о одбрамбеним технологијама "ОТЕХ 2016" и "ОТЕХ 2018", који се одржавају под покровитељством Министарства одбране у Војнотехничком институту у Београду.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Миодрага Лисова, дипл.инж.маш. под насловом „Натпритисак барутних гасова при опаљењу из минобацача“ је документ А4 формата, са текстом на српском језику, на укупно 250 страна и са 15 прилога. Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Опис проблема
3. Теоријска и нумеричка поставка проблема
4. Физичко-математички и нумерички проблем
5. Разматрање конструкционих решења за умањење „бласт ефекта“
6. Гасодинамички прорачуни
7. Методологија експерименталних испитивања и мерења
8. Анализа резултата
9. Закључци и предлози
10. Литература
11. Прилози

Дисертација садржи 42 слике, 14 табела, 25 дијаграма и у њој је наведено 56 библиографских референци.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Први део даје образложење теме истраживања, у њему се описује научни проблем, предмет и циљ истраживања. У овом делу су дати општи циљеви рада и конкретни циљеви истраживања. На основу постављених циљева, за изабрани објект истраживања постављене су хипотезе. Након тога су наведене научне методе, чијом применом је научни проблем решаван. У овом делу је описан значај предметног истраживања. Такође је описана потреба и значај артиљерије, као најзначајнијих снага ватрене подршке копнених јединица. Наведени су трендови развоја артиљеријских система у целини са освртом на средства ватрене подршке и њихову улогу у савременим оружаним снагама. Такође су наведени разлози који су определили потребу за предметним истраживањем, посебно са аспекта повећања ватрене моћи савремених средстава ватрене подршке, са посебним освртом на минобацачке системе.

Други део представља преглед досадашњих истраживања у области "бласт ефеката", односно пратећих појава које се јављају у процесу опаљења. Посебан осврт је дат на проучавање појава ударног таласа и натпритиска барутних гасова, као доминантних феномена у области међубалистике. Кроз цитиране референце је дат опис појава и хронолошки приказ проучаваних феномена "бласт ефекта" са наведеним примерима и коришћеним методама испитивања. Такође су наведени примери аналитичких и емпиријских метода прорачуна натпритиска. Посебно су

описане гасодинамичке појаве које се јављају на устима цеви, током процеса опаљења из артиљеријских оруђа.

Дата су објашњења механизма истицања барутних гасова, њиховог мешања са околним ваздухом, формирања и простирања ударних таласа, кроз непоремећен ваздушни простор око оруђа. Такође су описане и друге пратеће појаве, као што је накнадно сагоревање гасова и честица барута, појава пламена и бљеска на устима цеви.

Да би се на најбољи начин сагледале сложене појаве које се дешавају приликом истицања барутних гасова у току процеса опаљења, у овом делу су описани процеси који се изучавају у домену унутрашње балистике, а односе се на припаљивање и сагоревање барута и гасодинамичке појаве које их прате. Ове појаве су детаљно објашњене и приказане кроз процес припаљивања и сагоревања барутног пуњења, покретања пројектила, његовог кретања кроз водиште цеви и изласка из цеви оруђа. Посебно је приказан и описан карактер пораста брзине пројектила и притиска барутних гасова у цеви оруђа.

У овом делу су наведени неповољни ефекти које "бласт ефекат" остварује на посаду оруђа, наведени су дозвољени нивои натпритиска које посада може да поднесе током ватреног дејства. Такође су наведене вредности натпритиска које утичу на стање неуровегетативног система човека, доводе до оштећења организма, озбиљних здравствених проблема, па и до смрти.

Трећи део садржи основна објашњења о коришћеном софтверу ANSYS FLUENT и примењеној методи коначних запремина где је након дефинисања 3D, односно 2D домена, вршена интеграција једначина одржања масе, количине кретања и енергије, као и допунских једначина, које се односе на турбуленцију. Објашњено је да се вредности зависних променљивих (брзина, притисак, температура, густина, концентрација итд.) израчунавају у центрима нумеричких ћелија, које потпуно испуњавају нумерички домен у коме се одређују величине поља. Овај део садржи општа објашњење, која се односе на нумеричко моделирање у динамици флуида и коришћену методу коначних запремина FVM. Дато је објашњење због чега је коришћена ова метода, пре свега због њене примењивости код неструктурисаних мрежа, које су коришћене и због лаке примене Нојмановог граничног услова.

У овом делу су приказане неструктурисане мреже које су коришћене и пружају могућност адаптације, односно повећања броја елемената на месту ударног таласа.

Дато је објашњење неструктурисаних мрежа и њихових основних елемената, а то је троугао за дводимензионалне и тетраедар за тродимензионалне геометрије. На овај начин се проблем генерисања неструктурисане мреже око разматране конфигурације своди на покривање целог нумеричког домена скупом троуглова, односно тетраедара који се не преклапају. Такође је објашњена примена адаптивних мрежа у циљу добијања довољно великог броја елемената, уситњавањем мреже, на месту где су градијенти промене величине велики, па се на овај начин добија боља идентификација ударног таласа.

Четврти део даје објашњење поступка нумеричке симулације, са наведеним следећим корацима: учитавање мреже, избор типа солвера, дефинисање модела струјања и особина флуида, дефинисање реда тачности нумеричке шеме, праћење конвергенције решења и постпроцесирање добијених резултата. Објашњено је да је одређивање струјног поља вршено са две гасовите компоненте, које обухватају ваздух и барутне гасове, односно поред промене поља притиска, густине и Маховог броја, израчунава се и промена концентрације барутних гасова са временом у пољу

око минобацача. Такође је објашњено да је за праћење кретања ударног таласа у коришћеном софтверу, употребљен посебан експлицитни солвер, који служи за анализу проблема овог типа, односно нестационарних појава са великим градијентима. Такође је објашњено да су адаптивне мреже коришћене због смањења грешке прорачуна, тако што се динамичка адаптација мреже врши на основу градијента притиска, који има врло велику вредност кроз ударни талас, тако да се сви елементи мреже до којих је дошао ударни талас уситњавају у већи број мањих елемената. Након проласка ударног таласа, зона са уситњеним елементима се аутоматски враћа на првобитни број елемената. Поред тога у овом делу су дати модели за одређивање једначине промене притиска и температуре барутних гасова током истицања. На крају овог дела су дати почетни и гранични услови.

Пети део, у овом делу су приказана конструкциона решења која могу довести до умањења или елиминисања негативних појава "бласт ефекта", код минобацача. Приказана су различита техничка и конструкциона решења уређаја, који се постављају на уста цеви. Ови уређаји су познати као "бласт дифузори" или "бласт пригушивачи". Такође су приказана решења предложених и испитиваних наставака: цилиндрични, цилиндрично-дивергентни и дивергентни. Поред тога је дат преглед светских решења самоходних минобацачких система.

Шести део, у овом делу су дати резултати гасодинамичких прорачуна аналитичком методом "Орлова" и гасодинамички прорачуни са примењеним физичко-математичким моделом, за случај коришћења цилиндричног и дивергентног наставака на устима цеви. Такође су дати резултати унутрашњебалистичких прорачуна за све испитиване групе минобацачких мина. Приказ промене почетне брзине мине и притиска барутних гасова у цеви минобацача је дат графички.

Седми део садржи методологију експерименталних испитивања и мерења, која су примењена на прототипу испитиваног минобацачког система, калибра 120 mm. Најпре је дат опис мерне методе и поставка мерења. Детаљно је објашњен начин извршења опита и мерења натпритиска, која су вршена током гађања. Дате су скице положаја мерних места око минобацача, описан је поступак мерења и дат је опис мерне опреме и техничке карактеристике коришћених сензора. У датим табелама су приказани резултати извршених мерења, за све испитиване групе.

Осми део садржи анализу резултата прорачуна натпритиска око оруђа, која је рачуната за случај гађања из минобацача 120 mm М95 са мином М62П6 и барутним пуњењем (О+7). Упоредо са резултатима прорачуна натпритиска, приказани су и експериментални резултати, који се односе на гађања из минобацача на чијој цеви је постављен цилиндрични наставак, односно дивергентни наставак. Такође су дати резултати мерења натпритиска за случај гађања са мином 120 mm ХМ95 и барутним пуњењем (О+10). Дата анализа је показала да су гасодинамички прорачуни са коришћеним физичко-математичким моделом дали задовољавајуће резултате и да се са 2D симулацијом довољно тачно одређује интензитет натпритиска и положај ударног таласа.

Девети део садржи преглед закључака, као и предлог за даља истраживања. Такође је дата оцена да је општа хипотеза потврђена и да је дефинисана интегрална

теоријско-пројектна метода, која омогућава да се у фази пројектовања одреде сви потребни гасодинамички параметри, који одређују стање гасне струје, која се јавља на устима цеви минобацача, а настаје у процесу опаљења. У овом делу су потврђене и појединачне хипотезе које су се користиле у дисертацији, односно предложено теоријско решење је експериментално потврђено на конкретном примеру развоја прототипа минобацачког система 120 mm. Такође је предложено техничко решење за смањење интензитета натпритиска, на месту посаде минобацача, дало задовољавајуће резултате и експериментално је потврђено, а примењена метода мерења, у експерименталној фази реализације, обезбедила је поуздане и квалитетне резултате мерења, чиме је верификована теоријска поставка са примењеним - физичко-математичким моделом и нумеричком симулацијом. У овом делу су наведени теоријски и практични допринос докторске дисертације, који се огледају у томе што је дефинисан нов физичко-математички модел, који је у домену међубалистике, успешно описао појаве истицања барутних гасова у току процеса опаљења, а на бази предложеног физичко-математичког модела реализована је дводимензионална нумеричка симулација, са којом су одређене карактеристичне величине струјног поља: притисак, густина, Махов број и концентрација барутних гасова у току времена, у пољу око минобацача. Предложеним конструкционим решењем уређаја, који се поставља на уста цеви, остварује се прихватљив ниво смањења натпритиска, на месту послужиоца. Поред овога су дати предлози за даљи рад у овој области.

Десети део представља листу коришћене литературе која се састоји од научних радова објављених у часописима са импакт фактором и часописима од националног значаја, књига и монографија, конференцијских радова, стручних извештаја, магистарских радова, домаћих и иностраних стандарда.

Једанаести део сачињавају следећи прилози: Резултати нумеричког моделирања методом коначних запремина (густина гаса, Махов број, притисак гаса и масено учешће продуката сагоревања током истицања) за случај цилиндричног наставка и дивергентног млазника, Експериментални резултати натпритиска, Унутрашњебалистички прорачуни и Снимци опаљења из минобацача 120 mm.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Натпритисак барутних гасова при опаљењу из минобацача“ даје теоријско-експерименталну методологију која представља оригинални приступ у проучавању, пројектовању и решавању проблема везаних за натпритисак барутних гасова при опаљењу из минобацача.

Полазиште кандидата је била идеја да се кроз комбинацију теоријских, експерименталних и нумеричких метода прорачуна у области импулсног истицања барутних гасова, оствари бољи увид и разумевање разматраних ултра брзих физичких појава и феномена, сматрајући да добијени резултати могу представљати нов приступ у решавању проблема "бласт ефекта" код минобацача. У настојању да се овим приступом допринесе унапређењу поступка балистичког пројектовања у процесу развоја нових прототипова или модернизације постојећег наоружања (минобацача), са наглашеним приоритетом примене у почетним фазама пројекта,

примењене су теоријске, прорачунске и експерименталне научне методе из области: гасодинамике, унутрашње и експерименталне балистике, међубалистике и машинске конструкције.

Оригиналност и савременост приступа се огледа у новом приступу пројектовању, коришћењем теоријско-прорачунске методе која применом предложеног физичко-математичког модела и коришћене нумеричке симулације, још у фази пројектовања, обезбеђује поуздане вредности нивоа натпритиска у зони око оруђа (минобацача), чиме се са аспекта дозвољеног натпритиска може проверити прихватљивост новопроектваног балистичког решења. Поред тога предложено је конструкционо решење које умањује неповољан утицај натпритиска барутних гасова на посаду и омогућава дужи рад посаде, током ватрених дејстава.

Предметна метода даје добру основу за њену надградњу и ширу примену у процесу пројектовања и других артиљеријских система.

Оригиналност се огледа у томе што се са предложеним физичко-математичким моделом и примењеном нумеричком симулацијом израчунавају потребне карактеристичне величине гасне струје, (натпритисак, брзина, густина, и концентрација барутних гасова), које се могу посматрати у различитим временским интервалима и различитим тачкама простора, око минобацача. Поред тога реализовани гасодинамички прорачуни, са 2D нумеричком симулацијом, су показали да предложени физичко-математички модел, са примењеним софтвером уз коришћење адаптивно генерисаних мрежа, довољно тачно и прецизно одређује положај и јачину ударног таласа.

Такође, оригиналан приступ се огледа и у томе што предложена конструкциона решења поред умањења "бласт ефекта" омогућавају додавање посебног механизма, у склопу њих, који може да обезбеди додатну функцију, којом се повећава безбедност посаде приликом гађања, јер онемогућава пуњење минобацача следећом мином, уколико дође до застоја, односно неопалења.

До сада коришћене аналитичке методе израчунавања вредности натпритиска барутних гасова на карактеристичним местима око оруђа нису давале поуздане резултате на блиским растојањима од извора поремећаја (уста цеви), односно у случају када је посада распоређена непосредно око оруђа, што је случај приликом гађања из минобацача.

Научна оправданост методе из ове докторске дисертације је у томе што проблем појаве натпритиска ударног таласа барутних гасова код минобацача и методе за његово решавање до сада нису разматрани на представљен начин. Приказана теоријско-прорачунска метода за израчунавање параметара гасне струје и натпритиска барутних гасова у току процеса опалења из минобацача је практична за примену, изводљива са расположвим ресурсима и експериментално је доказана. У крајњем резултату овог истраживања, предметна метода се може применити у почетној фази пројектовања што даје предност у опредељењу коначног конструкционог и балистичког решења за предметни оружни систем.

Нумеричка метода коначних запремина, уз примену адаптивних мрежа и 2D нумеричку симулацију, омогућила је добру и прецизну идентификацију ударног таласа и даје могућност даљег усавршавања и на системе који немају осносиметрично струјање у току истицања барутних гасова из цеви.

Допринос истраживања се огледа и у новом приступу провери предложеног пројектованог решења, где се за разлику од до сада коришћених експерименталних метода провере натпритиска око оруђа, добија реална слика натпритиска и ниво напрезања којем ће бити изложена посада минобацача током ватреног дејства, већ у почетној фази балистичког пројектовања.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Коришћена литература је адекватна, покрива изложену проблематику, савремена је и обрађује значајан број радова аутора који обележавају предметну област истраживања. У посебном поглављу је дат списак литературе коришћене у докторској дисертацији. Закључено је да је кандидат располагао у довољној мери савременим изворима из области војног машиства, теоријске и прорачунске механике флуида, експерименталне и унутрашње балистике, међубалистике, конструкције наоружања, као и савремених метода мерења и снимања ултрабрзих појава у наоружању, које су у највећој мери предмет овог истраживања. Литература из области експерименталних испитивања минобацачких система у целини, минобацачких мина, барутниг пуњења и предметног прототипа минобацача калибра 120 mm, је била доступна у потпуности. Литература из области нумеричке динамике флуида, неструктурисаних и адаптивних мрежа је заступљена у довољној мери и квалитету кроз научне монографије, уџбенике и научне радове. У референтној литератури су наведени међународни научни часописи, научне монографије и стручни уџбеници, зборници са међународних скупова, технички извештаји, инострани и домаћи стандарди.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживања презентована у овом раду су у основи теоријско-експерименталног карактера и представљају комбинацију теоријских и експерименталних метода научног истраживања. Сама чињеница да је феномен истраживања у значајној мери комплексан, указује на потребу да спроведена теоријска истраживања буду верификована кроз примењену експерименталну методу.

Полазећи од наведених поступака истраживања, а имајући у виду циљеве, који су планирани да се остваре током реализације ове дисертације коришћене су следеће научне методе: дескрипција и експликација, анализа и синтеза, физичко-математичко моделирање, компаративна анализа и класификација, дигитална обрада сигнала и експериментална верификација.

Метода дескрипције и експликације су коришћене у описивању појава, стања и добијених резултата.

Анализа и синтеза је коришћена у проучавању пратећих појава које прате процес опаљења.

Физичко-математичко моделирање је коришћено да се уз одговарајућа упрошћења, са прихватљивим нивоом тачности, опишу и дефинишу гасодинамичке појаве које се дешавају у процесу опаљења, а узроковане су наглим истицањем барутних гасова из цеви минобацача..

Компаративна анализа и класификација је коришћена у оцени предложених конструкционих решења, кој су имала за циљ смањење нивоа натпритиска око оруђа и умањење негативних појава које прате "бласт ефекат".

Метода обраде сигнала су примењене на експерименталне резултате, добијене током снимања ултрабрзих физичких појава током опаљења из минобацача. За обраду добијених сигнала у току реализације опита коришћен је програмски пакет LabView.

За мерење физичких величина, као што су брзина пројектила, притисак барутних гасова и натпритисак око оруђа, коришћене су методе мерења које су развијене у Лабораторији за експерименталну балистику Војнотехничког института.

На основу прикупљених података извршена је квантитативна и квалитативна анализа, верификација хипотеза и добијених резултата, на основу којих су донети закључци о реализованом истраживању и смернице за наставак истраживања са предлозима за даљи рад у овој области. Верификација је изведена поређењем експерименталних резултата са резултатима прорачуна нумеричке симулације и поређењем са резултатима аналитичких метода прорачуна које су коришћене у претходним истраживањима.

3.4 Применљивост остварених резултата

Истраживања из ове дисертације представљају добру основу за даљи рад у овој области, дају могућност за унапређење предметних истраживања и надградњу постојећег модела, у циљу универзалности његове примене. Предложена метода нумеричке симулације примењива је у пракси и обезбеђује унапређење поступка балистичког пројектовања.

Резултати проистекли из рада на овој докторској дисертацији су значајни, имају трајну научну вредност и применљивост у области проучавања карактеристичних гасодинамичких појава у међубалистици и дају потребне смернице у почетној фази пројектовања минобацачких система.

Представљена теоријско-прорачунска метода, коришћена за дефинисање гасодинамичких појава и прорачун карактеристичних параметара гасне струје, током процеса опаљења, коришћена је у пракси и примењена је на ново решење прототипа минобацача великог дмета и ефикасности, калибра 120 mm.

Предложено конструкционо решење, које се поставља на уста цеви, потврђено је у пракси и доводи до смањења утицаја неповољних пратећих појава (ударни таласи и натпритисак), које се јављају током процеса опаљења. Добијени експериментални резултати су потврдили примењивост овог решења.

Упоредна анализа прорачунских и експерименталних резултата, дала је потврду предложеног физичко-математичког модела и примењене нумеричке симулације којом се могу прорачунавати и пратити параметри гасне струје у околини оруђа, чиме је потврђена примењивост предложене методе у поступку балистичког пројектовања минобацача.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

Чланови комисије сматрају да је кандидат показао способности за самосталан, систематски научно-истраживачки рад на решавању инжењерских и научних проблема, успешно примењује савремене истраживачке методе и користи расположиву литературу. Кандидат поседује теоријско знање и практична искуства потребна за даљи научно истраживачки рад. Резултати презентоване докторске дисертације доказ су способности кандидата за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Кроз реализацију ове докторске дисертације остварен је потпун и свеобухватан, допринос сагледавању појаве ударног таласа барутних гасова и формирања поља надпритиска током опаљења из минобацача.

Научни допринос предметне дисертације огледа се у следећем:

- извршено је научно објашњење физичког феномена појаве ударног таласа барутних гасова и сложене појаве формирања и ширења поља натпритиска око минобацача.,
- формиран је физичко-математички модел којим се описује физичка појава истицања барутних гасова, стварања ударних таласа и генерисања поља натпритиска,
- урађена је нумеричка симулација и прорачун параметара гасне струје, коришћењем предложеног физичко-математичког модела,
- извршено је квантитативно одређивање вредности поља натпритиска око минобацача, односно израчунавање његових параметара у простору и времену, а на основу расположивих унутрашњебалистичких и конструкционих карактеристика разматраног минобацачког система.,
- предложена су конструкциона решења којима се постиже смањење нивоа натпритиска на месту посаде минобацача.

4.2 Критичка анализа резултата

Дефинисањем циљева истраживања утврђена је методологија истраживања примењена током израде ове докторске дисертације. На адекватан начин је извршена систематизација знања и избор метода за решавање проблема из области истраживања појаве ударног таласа и наглог истицања барутних гасова током опаљења из минобацача.

Увидом у доступну литературу из ове области истраживања као и разматрањем резултата истраживања добијених применом одабране методологије у оквиру ове дисертације, види се да се добијени резултати у значајној мери допуњују резултате постојећих истраживања, Осим остварених значајних доприноса ово истраживање има и одређена ограничења, која се односе на упрошћења уведена и циљу моделирања разматраних физичких појава и немогућности јасне и прецизне идентификације ударног таласа у 3D нумеричкој симулацији. Међутим, наведена ограничења не представљају препоруку за даља истраживања у овој области, већ представљају добру полазну основу за даље унапређење и разраду предложеног модела.

Истраживања приказана кроз ову дисертацију, поред побољшања до сада коришћених метода прорачуна, дала су и предлог решења за умањење нивоа натпритиска барутних гасова, који неповољно утичу на посаду минобацача а које је у реалним опитима експериментално потврђено.

4.3 Верификација научних доприноса

Научни допринос кандидата мр Миодрага Лисова, дипломираног инжењера машинства верификован је следећим радовима:

M23 Рад у међународном часопису

1. M.Lisov, S.Jaramaz, M.Kozić, I.Ivanović, Possibility of Reducing the Overpressure of Shock Wave of Powder Gases around the Mortar, Technical Gazette, Vol. 25, No. 2, page 603-608, 2018

M33 Саопштење са међународног скупа штампано у целини

2. Lisov, M. Jaramaz, S., Kozić, M., Ristović, N., Shockwave Overpressure of Propellant Gases Around the Mortar, Proceedings of 7th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH /Belgrade, 2016. pp. 320-324,

3. Rončević.R., Jezdimirović.M., Lisov.M., Future Mortars Systems, Proceedings of 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH / Belgrade, 2012, pp. 260-266.,

M51 Рад у врхунском часопису националног значаја

4. M. Lisov, S. Jaramaz, M. Kozić, N. Ristović, Shockwave Overpressure of Propellant Gases Around the Mortar, Scientific Technical Review, Belgrade, 2016, Vol.66, No.4, pp. 29-33

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Прегледом докторске дисертације кандидата мр Миодрага Лисова, дипл.инж.маш., Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључује следеће:

- Теза представља оригинални научни рад са научним доприносом у области војног машинства - система наоружања, прорачуна натпритиска барутних гасова и дефинисања конструкционих решења за његово умањење.
- Тема и остварени резултати су од значаја за реализацију свеобухватне теоријско-експерименталне методе којом се добија слика струјања током опаљења из минобацача са карактеристичним вредностима гасне струје (натпритисак, густина, Махов број и концентрација барутних гасова).
- У истраживању су примењене савремене методе и стандардна стручна методологија. Структура дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.
- Обављеним истраживањима кандидат је показао знање и искуство по свим елементима који се односе на теоријску поставку и моделирање проучаваног феномена, анализу и верификацију резултата нумеричке симулације и дефинисање предлога конструкционог решења за редуковање неповољних утицаја "бласт" ефеката на посаду.

На основу изложеног Комисија констатује да је докторска дисертација кандидата мр Миодрага Лисова, дипл.инж.маш., под називом „Натпритисак

барутних гасова при опаљењу из минобацача“ урађена према стандардима научноистраживачког рада и испуњава услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и стандардима Машинског факултета Универзитета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета да прихвати реферат, дисертацију стави на увид јавности и упути Извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а након тога да се кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду, 14.06.2018.

Чланови Комисије за оцену и одбрану:

др Дејан Мицковић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Цветко Црнојевић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Предраг Елек, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Мирко Козић, научни саветник,
Војнотехнички институт – Београд