

ред. проф. др Љубиша Танчић, дипл.инж., председник комисије
ВС доцент др Марија Самарџић, дипл.инж., члан комисије
пкванр. проф. др Слободан Илић, дипл.инж., члан комисије
пп доцент др Александар Кари, дипл.инж., члан комисије
ред. проф. др Душан Регодић, дипл.инж., ментор

Докторска дисертација пп мр Дамира Јерковића,
Извештај комисије о оцени
докторске дисертације, доставља . –

Наставно-научном већу
Војне академије Београд

Одлуком наставно-научног већа Војне академије Универзитета одбране у Београду, бр. 60-705 од 21.10.2014. године, именовани смо за чланове комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата потпуковника мр Дамира Јерковића, дипл. инж., под називом:
„ПРИЛОГ НУМЕРИЧКОЈ АНАЛИЗИ СТРУЈНОГ ПОЉА ОКО ПРОЈЕКТИЛА“.

Након детаљне анализе предложеног рада, а у складу са чланом 32. Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању (СГЛ 44/2010), чланом 176. став 2. Статута Универзитета одбране (СВЛ 24/2011), чланом 92. Закона о војним школама и научно-истраживачким установама (СВЛ 27/94), члана 43. Правилника о организовању последипломских студија, начину полагања усменог докторског испита и одбрани докторске дисертације у високим војним школама (СВЛ 5/95) и Статута Војне академије (СВЛ 2/2001), подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ КАНДИДАТА

Потпуковник мр Дамир Јерковић рођен је 4. марта 1974. године у Зрењанину, Р.Србија. Војну гимназију у Београду завршио је 1989. године. Дипломирао је 1998. године на Војнотехничкој академији у Београду, дипломирани инжењер машинства, специјалност Наоружање. Последипломске студије смера Мехнике флуида на Факултету техничких наука у Новом Саду завршио је 2009. године, одбраном магистарског рада „Утицај аеродинамичких коефицијената на кретање осносиметричног тела“.

Каријеру официра је започео у септембру 1998. године у моторизованој бригади у Подгорици, као референт технике у оклопном батаљону, затим 2000. године као командир техничке чете у позадинском батаљону и касније референт техничке службе у бригади. Од октобра 2003. до данас ради у Војној академији у Београду. Од 2003. до 2006. године ради као референт у одсеку за информатичку подршку Сектора за наставу и НИР, уједно и наставник – асистент приправник. Од 2006. је сарадник у настави у Одсеку за наоружање (наставник асистент) тадашње катедре Војномашинских система, односно катедре Војномашинског инжењерства.

Обављао је дужности референта техничке службе у оклопном батаљону у борбеним дејствима током НАТО агресије 1999. године. Обављао је дужност начелника техничке службе у бригади током реализације вежби у гађању и припремних гађања на ПВО полигонима на територији Црне Горе током 2001. године.

Завршио је дидактичко-методички курс за наставника почетника у септембру 2005. године. Учествовао је у експерименталним аеротунелским испитивањима на ВТИ (аеротунел Т-38), током октобра и новембра 2007. године и јуна 2010. године. Учествовао је у експерименталним балистичким испитивањима на полигону ТОЦ у Никинцима, током маја и новембра 2013. године. Завршио је курсеве за рад са програмским пакетима РТС Pro Engineer 4.0 у новембру 2010. године и Dassault Systemes CATIA V5 у јуну 2014. године. Положио је за ECDL сертификат 2005. године.

Активно се служи енглеским језиком и делимично француским језиком. Завршио је курс енглеског језика за наставнике Војне академије 2013. године.

Као наставник, непрекидно од школске 2003/2004. године, реализовао је наставу на свим нивоима школовања према ранијим наставним плановима ТСл и родова КоВ и РМ, као и према новим студијским програмима Војномашинско инжењерство, Менаџмент у одбрани и Војнохемијско инжењерство Војне академије, односно Војноиндустријско инжењерство заједничким са Факултетом инжењерских наука у Крагујевцу. Реализовао је наставу кроз реализацију вежби, предавања и менторства на завршним и дипломским радовима студената и кадета на предметима основних академских студија: Спољна балистика (предавања и вежбе на ВМИ и ВИИ), Балистика (вежбе на МуО и ВХИ) и Основни конструкције наоружања и ракета (вежбе на МуО и ВХИ), затим на предметима мастер академских студија Унутрашњембалистичко пројектовање (вежбе), Динамика лета пројектила (вежбе) и Пројектовање помоћу рачунара (предавања и вежбе), на докторским академским студијама на предмету Балистичко пројектовање (вежбе) и на предмету курса за резервне официре Познавање и одржавање наоружања и Познавање и одржавање наоружања и возила. Био је ментор на осам дипломских радова кадета Војне академије Београд, односно студената Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Одлуком ННВ Војне академије, од 2005. до 2009. биран је за асистента приправника, и од 2009. до 2013. биран је за асистента, за предмет Балистика.

Објавио је тридесет четири стручна и научна рада и једну лексикографску јединицу – практикум.

Живи у Београду са супругом и два сина.

2. ОПИС И АНАЛИЗА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација кандидата пп мр Дамира Јерковића, дипл. инж. под називом „ПРИЛОГ НУМЕРИЧКОЈ АНАЛИЗИ СТРУЈНОГ ПОЉА ОКО ПРОЈЕКТИЛА“ изложена је на 180 страна. Текст дисертације је илустрован са 67 слика, 83 графичка дијаграма, 23 табеле и 4 прилога. Дисертација садржи: насловну страну, податке о ментору и члановима комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, резиме на српском и енглеском језику, садржај, предговор, списак прилога, литературу, као и следеће главе рада:

1. Увод
2. Преглед досадашњих истраживања
3. Математички модел струјања
4. Нумерички прорачун струјања
5. Експериментална испитивања
6. Анализа резултата
7. Закључак

У попису литературе наведено је 267 референци, које су коришћене приликом израде докторске дисертације.

У **првој глави** приказана су уводна разматрања, дефинисање проблема истраживања и усмеравање практичног значаја реализације циљева истраживања. Представљене су методе истраживања, хипотезе, научна и друштвена оправданост истраживања и очекивани допринос истраживања.

У **другој глави** приказан је преглед досадашњих теоријских, прорачунских и експерименталних истраживања у домену спољне балистике, сопствених досадашњих истраживања, корелацију и истраживања из области савремених аеродинамичких нумеричких и експерименталних истраживања пројектила.

У **трећој глави** обрађен је математички модел струјања око осносиметричног пројектила, као препреке. Приказана је математичка интерпретација модела струјања на основу једначина одржања. Навије-Стоксовим једначинама у интегралном облику је представљен проблем с обзиром на погодност њихове примене за нумеричке прорачуне. Представљен је модел дискретизације прорачунског простора. Описан је модел временске дискретизације проблема. Објашњени су модели турбуленције и

вискозности. Посебно је представљен модел турбуленције примењен за проблем просторног модела струјања, који је кључно примењен у истраживању. Дат је преглед примењених дефиниција граничних услова за потребе истраживања, као и могућности конкретне и паралелне процесорске обраде нумеричких прорачуна.

У четвртој глави представљено је истраживање и моделирање прорачунског домена за прорачун струјања. Представљен је модел прорачунске мреже око пројектила за случај раванског одређивања параметара струјања, као и за случај просторног проблема струјања. Представљени су почетни услови, гранични услови услови оптимизације за сетове вршених прорачуна. Представљене су примењене методе и технике нумеричког прорачуна проблема струјања, са конкретним сетовима података. Дата су ограничења и одабрани поуздани услови под којима су извршени прорачуни са конвергенцијом решења. Представљени су резултати струјања за сва три струјна режима (подзвучно, околосвучно и надзвучно), за различите оријентације тела при струјању (различити нападни углови), за различите угаоне брзине тела (пројектила) при свим режимима струјања, као и комбинација оријентације тела са различитим угаоним брзинама. Представљене су слике параметара струјања и дијаграми промене аеродинамичких коефицијената у односу на услове струјања. Представљени резултати се односе на аеродинамичке коефицијенте сила и момената за све три осе координатног система.

У петој глави дат је приказ експерименталног истраживања модела пројектила. У оквиру експерименталног дела представљена су две групе испитивања: аеродинамичка аеротунелска испитивања и балистичка полигонска испитивања. Дат је приказ испитивања, опреме, мерних уређаја и метода коришћених за одређивање аеродинамичких коефицијената (у функцији режима струјања и нападног угла) у аеротунелским мерењима, односно добијених елемената путање из реалних гађања помоћу балистичког радара. Дат је приказ добијених резултата, њихов карактер и анализа. Извршена је делимична упоредна анализа експерименталних резултата са резултатима прорачуна аеродинамичких коефицијената пројектила.

У шестој глави су обрађени у потпуности добијени резултати о аеродинамичким коефицијентима и деривативима добијених нумеричким истраживањима упоредно са расположивим резултатима добијеним из две групе експерименталних испитивања и полуемпиријским поступцима. Такође, дата је анализа резултата прорачунских истраживања са експерименталним и у односу на референтне расположиве резултате досадашњих истраживања. Прорачун елемената путање и параметара стабилности према моделу кретања са шест степени слободе, примењен је ради одређивања елемената путање на основу добијених прорачунских аеродинамичких коефицијената и упоређивања са резултатима балистичких испитивања. Извршена је упоредна анализа параметара стабилности, за носеће вредности одређених динамичких дериватива аеродинамичких коефицијената.

У седмој глави је представљен закључак о квалитету и значају добијених резултата истраживања и могућностима даље примене.

Предмет истраживања је нумеричко одређивање параметара струјног поља око аеродинамичке конфигурације класичних пројектила, у циљу одређивања аеродинамичких коефицијената и дериватива аеродинамичких коефицијената модела класичних пројектила.

Познавање вредности параметара струјног поља, аеродинамичких коефицијената, односно његових функционалних делова, представља потпуно одређење аеродинамичког оптерећења, које делује на класичан пројектил. Познавање аеродинамичких сила и момената који узрокују, уз познато дејство гравитационе и Кориолисове силе, у стандардним или тренутним познатим атмосферским условима, омогућује решење претпостављеног модела кретања пројектила. Решење модела кретања треба да да потпуну слику кретања (положај, брзину, време и др.) и стабилности током кретања (оријентација и угловни положај тела током лета).

На пројектил током кретања у ваздуху делују аеродинамичке силе и моменти, као резултат дејства сила притиска по површини тела пројектила (нормално на површину тела) и дејства напона смицања по површини тела пројектила (тангенцијално дејство на елемент површине тела као последица трења између пројектила и ваздушне струје). Ефекат „мреже“ дејства притиска и напона на површину пројектила резултује аеродинамичко оптерећење.

Ради потпуног одређивања карактеристика лета неопходно је у складу са физичким моделом лета пројектила и одговарајућом математичком интерпретацијом физичког модела одредити елементе путање. Проблематика кретања пројектила своди се поред тога и на дефинисање стабилности

пројектила и услова под којима се стабилност остварује, изучавање утицаја конструктивних карактеристика, почетних услова кретања и параметара атмосфере на кретање пројектила. Затим, на примену и развој експерименталних метода за одређивање величина које карактеришу путању и услове лета пројектила. Посебно значајно је одређивање конкретних конструктивних параметара пројектила – геометријских, динамичких и енергетских својстава, на основу захтеваних карактеристика лета и карактера дејства на циљу.

Из потребе да се велика кинетичка енергија пројектила „пренесе“ до самог циља, намеће се потреба да се са што већом брзином кретања пројектил „доведе“ до циља. Овакав захтев могуће је испунити уз оптимизовану конфигурацију спољне трасе пројектила – облика пројектила. Ограничења која се уносе у облик пројектила захтеви су конструкције упалача и тела које садржи експлозивно пуњење, а посебно значајно ограничење је равно дно које омогућује пројектилу довољну почетну брзину.

Класична теорија развијена у претходном веку за концепцију савремених пројектила, као основа теорије унутарним прорачунима, заснива се на дводимензионалном опструјавању пројектила. Теорија се базира на анализи малих поремећаја при опструјавању витког пројектила, при чему нападни углови не прелазе неколико степени. Из ове чињенице могуће је извести примену закона линеарне аеродинамике при прорачуну аеродинамичких коефицијената и њихових дериватива. Класични модели посматрају струјно поље око пројектила по концепту потенцијалног поља, чиме се врши апроксимација физичке слике струјања.

Проблематика овог рада спада под спољнобалистичка истраживања која се у свом највећем делу ослањају на примењену механику флуида, аеродинамику, механику и механику наоружања, термодинамику, математику и метеорологију.

Предмет истраживања у дисертацији представља нумеричко одређивање параметара струјног поља у односу на пројектоване геометријске параметре пројектила.

Циљ истраживања ове дисертације је даље унапређење методе одређивања аеродинамичких коефицијената и дериватива стабилности која се користи у пројектовању и развоју класичних пројектила.

Реализација циља истраживања спроведена је кроз:

- истраживање параметара струјног поља око пројектила класичних аеродинамичких конфигурација,
- истраживање метода и поступака за генерисање мреже око осносиметричне конфигурације пројектила у дводимензионалном и тродимензионалном струјном пољу,
- одређивање стабилности кретања класичног пројектила по дефинисаним законитостима стабилности и у складу са условима кретања модел пројектила,
- анализа утицаја конструктивних карактеристика и почетних услова кретања за стандардне параметре атмосфере на стабилност кретања пројектила,
- експериментално одређивање аеродинамичких коефицијената и дериватива модел пројектила за сва три режима брзина (подзвучни, околосвучни и надзвучни режим).

Познавање параметара струјног поља и аеродинамичких коефицијената уско је повезано са аеродинамичким истраживањима која се спроводе у аеротунелима. Практични значај ових испитивања представља квалитативно одређивање аеродинамичких карактеристика модела летелица у струји ваздуха у зависности од брзине струјања и карактера струјног режима.

Утврђивање аеродинамичких коефицијената који квалитативно дефинишу аеродинамичко оптерећење пројектила и омогућују истраживање карактера кретања и стабилности кретања условљава специфичан модел кретања – модел са шест степени слободе кретања.

Циљ теоријско-нумеричког модела опструјавања пројектила у различитим режимима струјања је одређивање карактеристика промена параметара атмосфере. Нумеричка симулација струјања око модела пројектила треба да да реалну слику физичких процеса у зависности од облика пројектила.

Истраживање је реализовано кроз следеће фазе:

- Израда комплетног алгорита и употреба одговарајућих софтвера за решавање математичког модела опструјавања модела пројектила, односно нумеричко моделовање применом методе коначних запремина.

- Идентификација аеродинамичких коефицијента пројектила при испитивању нумеричким моделом и компарација са резултатима досадашњих истраживања, ради оцене валидности нумеричке методе и поступка,
- Анализа утицаја појединих геометријских карактеристика пројектила, посебно утицаја облика дна на укупну аеродинамичку силу и момент са аспекта побољшања и даљег усавршавања перформанси пројектила и његове прецизности,
- Упоредна анализа експерименталних и резултата нумеричког истраживања, као и поређење резултата са сличним типовима пројектила.

Наведене анализе и апликације су урађене на примерима усвојених конструктивних решења пројектила, типичних за артиљеријске системе, односно за пројектиле за које постоје поуздани полазни и експериментално проверени резултати.

У теоријском и практичном погледу резултати реализованих истраживања представљају побољшање постојеће методологије пројектовања пројектила и омогућују сложеније анализе и симулацију понашања током лета.

Методe научно-истраживачког рада, које су коришћене у раду, у односу на вид основног подручја и циљ истраживања су:

- *Моделовање* као системски истраживачки поступак помоћу ког се дефинише модел способан да замени предмет који се истражује, јер омогућава процењивање и предвиђање понашања техничких система у будућности.
- *Метода малих поремећаја и линеаризација* у тумачењу понашања модела пројектила при извођењу експеримената у радном делу аеротунела.
- *Методe апстракције и конкретизације* у фази математичког моделовања кретања модела пројектила у процесу анализе кретања.
- *Метода посматрања* која омогућава да се из реалног система прикупи довољан број података који се користе као улазни подаци за истраживања на моделима ради доношења закључака о систему ког модел репрезентује.
- *Компаративни метод и метод вишекритеријумске анализе* се користи ради упоређивања података добијених на основу различитих поступака и приступа са циљем оцене и поређење података добијених математичким моделовањем и експериментом ради даље употребе односно анализе различитих варијанти ради правилног избора и доношења одлуке.
- *Метода анализе и синтезе* у проучавању опструјавања модела пројектила, као и у математичком описивању кретања модела пројектила при анализи кретања.
- *Метода дескрипције* у описивању појава, стања и резултата истраживања.
- *Метод суперпозиције* у дефинисању аеродинамичких сила и момената, односно свих спољашњих утицаја који делују на модел пројектила при анализи експерименталних и симулационих резултата испитивања.
- За дефинисање адекватних дијагностичких параметара и критеријума користе се *методe механике флуида, теоријске и експерименталне аеродинамике, спољне балистике и механике лета.*
- У завршном стадијуму истраживања користе се *експеримент* на моделу који представља кључни критеријум провере истинитости теорија и хипотеза истраживања.

У складу са постојећим теоријама, практичним поступцима и програмским решењима за одређивање и анализу аеродинамичких коефицијената, који се заснивају на различитим теоријским поставкама и експерименталним подацима и препорукама, извршена су прелиминарна истраживања аеродинамичких карактеристика пројектила. Теорије се заснивају у складу са применљивим распоном вредности Махових бројева, бројем координата модела струјања флуида и обликом тела. Употребљено је неколико теорија аеродинамичког струјања: класа основних дводимензионалних струјања, класа дводимензионалних теорија примењених на тродимензионалне облике, класа основних тродимензионалних струјања и класа непотенцијалних (вискозних) тродимензионалних струјања.

Методe прорачуна коришћене у истраживањима су следеће:

- Полуемпиријске методе развијене на основу линеаризованих теорија дводимензионалних струјања. Методе се заснивају на теоријским изразима и вредностима добијеним применом метода

карактеристика коригованих у складу са вредностима резултата експерименталних аеродинамичких истраживања. Резултати ових метода су коришћене у прелиминарним истраживањима за потребе компарације са добијеним резултатима нумеричког истраживања.

- Нумеричке прорачунске методе развијене на основу теорија дводимензионалних струјања примењених на тродимензионалне облике и основних тродимензионалних струјања. Ове методе представљају методе прорачуна применом рачунара (енг. *Computational Fluid Dynamics– CFD*) и састоје се од замене основних парцијалних диференцијалних једначина нумеричким изразима, који комплетно описују посматрано струјно поље. Крајњи производ нумеричких метода је заправо колекција нумеричких података, који квантитативно описују посматрани проблем струјања. Врсте коришћених нумеричких метода су:
 - *Метод коначних разлика*, која описује континуално струјно поље посебном мрежом тачака. Специјална метода коначних разлика за прорачун подзвучно-надзвучног опструјавања тупог тела је временски зависна метода (енг. *Time dependent method*). Прорачунске мреже су структурисане и неструктурисане.
 - *Метод коначних запремина*, који представља нумеричку методу решавања система парцијалних диференцијалних једначина и слична је методи коначних разлика с тим да су мреже генерисане у тродимензионалном простору. Метода је примењена уз програмски пакет рачунарске динамике флуида, у оквиру програма за креирање прорачунских мрежа (енг. *Pre-Processor*). Ови програмски алати користе методу за решавање проблема динамике флуида на бази закона одржања. Коришћени су програмски алати нумеричке динамике флуида Ansys Fluent (верзије 12 и 14), са адекватним нумеричким алатима за генерисање прорачунских мрежа струјног поља Gambit и IcemCFD.
- Нумеричке методе решавања система диференцијалних једначина модела кретања са шест степени слободе за прорачун елемената путање и параметара стабилности. Метода се користи за анализу параметара стабилности кретања пројектила у односу на вредности аеродинамичких коефицијената добијених прорачуном и експериментално.

Експерименталне методе и технике које су коришћене су везане за аеротунелска мерења и мерење величина које су неопходне за одређивање аеродинамичких коефицијената, односно током балистичких испитивања ради мерења елемената путање и одређивање аеродинамичких коефицијената:

- Мерење примарних параметара струјања у радном делу аеротунела,
- Мерење аеродинамичких сила и момената шестокомпонетном аеровагом,
- Визуализација струјања,
- Мерење брзине пројектила током гађања балистичким радаром,
- Мерење положаја у функцији времена пројектила током гађања балистичким радаром,
- Мерење параметара атмосфере,
- Одређивање компоненти положаја, брзина и убрзања нумеричким методама на основу експерименталних података током балистичких радарских испитивања.

3. ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација под називом „ПРИЛОГ НУМЕРИЧКОЈ АНАЛИЗИ СТРУЈНОГ ПОЉА ОКО ПРОЈЕКТИЛА“, кандидата потпуковника мр Дамира Јерковића представља савремен, оригиналан и значајан допринос научној мисли и инжењерској пракси. Савременост истраживања потврђује се кроз мултидисциплинарни приступ решавању проблема у области, која према доступној литератури код нас до сада није била предмет комплексних истраживања, али и комбинацијом примењених научних метода, коришћења рачунарски подржаних нумеричких симулација, као и резултата са реализованих практичних аеротунелских и полигонских балистичких испитивања у функцији одређивања аеродинамичких коефицијената, дериватива аеродинамичких коефицијената, елемената путање и параметара стабилности лета.

Помоћу нумеричких симулација датим у истраживању извршено је високо поуздано одређивање параметара струјног поља, а у поређењу са експерименталним аеродинамичким истраживањима која се спроводе у аеротунелима показана су врло добра поклапања.

У оквиру истраживања, циљ теоријско-нумеричког модела опструјавања пројектила да се за различите режиме струјања изврши одређивање карактеристика промена параметара атмосфере и дође до најпотпунијих података о вредностима и карактеру аеродинамичког оптерећења, је у највећој могућој мери остварен. Нумеричка симулација струјања око модела пројектила је дала слику физичких процеса у зависности од облика дефинисаног пројектила у реалним оквирима, са којима је могуће веома прецизно предвидети и одредити динамичка својства лета.

У раду је извршена израда комплетног алгоритма уз употребу одговарајућих софтвера за решавање математичког модела опструјавања модела пројектила, односно нумеричко моделовање применом методе коначних запремина.

Извршена је идентификација аеродинамичких коефицијента пројектила при испитивању нумеричким моделом и компарација са резултатима досадашњих истраживања. У односу на извршену компарацију потврђена је поузданост конкретних нумеричких метода и поступак у односу на захтевану комплексност, расположивост капацитета и захтевану прецизност резултата.

Извршена је анализа утицаја појединих геометријских карактеристика пројектила, посебно утицаја облика дна на укупну аеродинамичку силу и момент са аспекта побољшања и даљег усавршавања перформанси пројектила, односно очекујућег повећања домета. Анализа је заснована на полуконструктивној предикцији резултата аеродинамичког аксијалног оптерећења, које је у високој мери сагласно резултатима нумеричких истраживања. Предикција повећања аксијалног домета је анализирана у односу на представљени модел гасогенераторске јединице. Нумеричко моделовање и истраживање модела пројектила са гасогенераторском јединицом, у односу на потврђену поузданост представљених модела, могло би да представља виртуализацију експерименталног испитивања. Овакав поступак би могао да појефтини истраживање, али такође би у великој мери могао да употпуни евентуално реализована експериментална истраживања. Проблем испитивања гасогенераторски опремљених пројектила је због ограничења при аеротунелским мерењима. Балистичка експериментална испитивања гасогенераторских пројектила је значајано са аспекта поузданости и референтности резултата у односу на трошкове испитивања.

Извршена је упоредна анализа експерименталних и резултата нумеричког истраживања, посебно са расположивим референтним резултатима сличних типова пројектила, чиме је потврђена поузданост вредности статичких аеродинамичких коефицијената.

Наведено нумеричко и експериментално истраживање, као и анализе су урађене на примерима усвојених конструктивних решења пројектила, типичних за артиљеријске системе, односно за пројектиле за које постоје поуздани полазни и експериментално проверени резултати.

У теоријском и практичном погледу добијени резултати реализованих истраживања представљају побољшање постојеће методологије пројектовања пројектила и омогућују сложеније анализе и симулацију понашања током лета.

Истраживања су реализована на теоријско-нумеричком и експерименталном нивоу, а због комплексности предмета и проблема истраживања, поштујући постављене опште и посебне хипотезе.

Опште хипотезе, које су постављене предметом и циљем истраживања су потврђене кроз реализацију задатака, према следећем:

- За добијање јединственог и физички исправног решења дефинисан је домен у коме се тражи нумеричко решење. Унутрашња граница представља тродимензионално тело пројектила, а спољна граница се уводи синтетички (вештачки). Модел је дат у глави 4 овог рада. Унутрашња граница модела пројектила је дата сликом 4.1 и 5.1 (пречника 40 mm и дужине од 5,2 калибра). Спољна граница је дата према препорукама претходних истраживања и према димензијама радног дела трисоничног аеротунела од око 1,5 метара. Спољна граница нумеричког модела струјања је била облика зарубљеног конуса са углом од 8° , са предњом страном пречника 75 калибара и на растојању од око 57 калибара, и задњом страном пречника 125 калибара на растојању од око 58 калибара.
- Конструктивни параметри пројектила (дужине, пречници и полупречници делова тродимензионалног тела) су разматрани са аспекта утицаја на аеродинамичко оптерећење пројектила, и адекватно су представљени геометријским карактеристикама тела облика класичних пројектила у истраживањима докторске дисертације.

Посебне хипотезе, које су постављене предметом и циљем истраживања су потврђене кроз реализацију задатака, према следећем:

- На површини тела је усвојено да је струјање вискозног флуида са условом тангентности релативне брзине флуидног делића, што је дато у моделу струјања. Формиран је структурисан гранични слој уз саму површину пројектила, који се састојао од 20 омотача нормално на површину са увећањем растојања од 1,2 и са вредностима функција препреке у зависности од модела вискозитета и брзине струјања од 0,1 до 0,5.
- На спољној граници разматраног домена дати су такви гранични услови да таласи поремећаја не напуштају домен, односно одбијање и враћање у нумерички домен и дато је у моделу струјања са условом удаљеног поља са потенцијалном вредношћу притиска, према вредностима стандардне атмосфере.
- Валидност представљеног аеродинамичког облика пројектила представљена је са компарацијом нумерички добијених резултата аеродинамичког оптерећења са постојећим експерименталним резултатима модела пројектила, како за аеротунелска, тако и за балистичка експериментална истраживања. Одступања добијених вредности су за статичке аеродинамичке коефицијенте до 10%, док је за динамичке аеродинамичке коефицијенте тај проценат већи и зависи од врсте дериватива аеродинамичког коефицијента.
- Аеродинамички коефицијенти и деривативи пројектила добијени нумеричком методом одабраног модела пројектила су анализирани на основу резултата испитивања параметара струјног поља и слике струјног поља, у односу на представљене моделе вискозитета при нумеричким истраживањима и у односу на полуконструктивне резултате истраживања.
- Анализа стабилности кретања пројектила за добијене вредности и карактер аеродинамичких коефицијената је извршена симулацијом кретања модела пројектила програмским решењем развијеним према моделу лета са шест степени слободе кретања, као и у односу на реализована експериментална балистичка испитивања.
- Карактер промене аксијалног аеродинамичког коефицијанта услед утицаја облика дна у полазној анализи, представљен полуемпиријском завишношћу од компоненти аксијалног аеродинамичког коефицијента услед таласног отпора и отпора трења, потврђен кроз нумеричка и експериментална истраживања.
- Вредности и зависност карактера дериватива аеродинамичког коефицијента, који су преузети из доступне литературе и досадашњих истраживања ради компарације са резултатима нумеричке анализе показују поузданост примењених модела нумеричких истраживања.

Резултати добијени у дисертацији обезбеђују унапређење и примену нумеричког одређивања аеродинамичких коефицијената и дериватива у односу на дефинисане геометријске параметре пројектила.

На основу реализованих истраживања у раду је:

- дефинисан теоријски и математички модела који описује струјање флуида око пројектила,
- дефинисан је поступак за пројектовање стабилне конвергентне нумеричке методе за решавање струјања око пројектила (дефинисање почетних и граничних услова),
- извршено је генерисање нумеричке мреже око дефинисане конфигурације пројектила (структура и облик мреже) и нумеричка дискретизација система једначина,
- извршено је одређивање услова конвергенција решења струјања око дефинисане конфигурације пројектила,
- извршена је анализа нумеричких и експерименталних резултата аеродинамичких коефицијената,
- извршено је одређивање и анализа параметара стабилности лета пројектила.

У теоријском и практичном погледу представљени резултати реализованих истраживања омогућавају побољшање постојеће методологије пројектовања пројектила и омогућују сложеније анализе и симулацију понашања током лета. Експериментална полигонска и аеротунелска испитивања пројектила у односу на извршена нумеричка истраживања потврдила су поузданост и применљивост метода и поступака.

Приказани профили параметара струјања око пројектила у зависности од прорачунског домена, модела струјања и вискозности, у складу су са физичком сликом струјања. Показана је довољна осетљивост нумеричког домена, за представљене моделе вискозности струјања, као и за представљене почетне и граничне услове нумеричке симулације струјања. Такође је квалитативно показана адекватна реакција домена при случајевима са сложеним кретањем пројектила.

Истраживања показују поузданости примењеног модела вискозности $t-k-kl-\omega$, Глава 6 (слика 6.13), као и неадекватност примене модела вискозности $k-\epsilon$ RNG и $S-A$ за случајеве струјања за подручје околзвучних и надзвучних струјања, с обзиром на одступање вредности у односу на полуемпиријске прорачуне, експерименталне резултате, као и у односу на каталожке вредности сличних конфигурација пројектила.

Истраживања показују да применом модела вискозитета $SST\ k-\omega$ са просторним нумеричким доменом 3Д3 се добијају најпоузданији резултати статичких аеродинамичких коефицијената у односу на експериментална аеротунелска и балистичка мерења за све режиме струјања и релативно широк интервал нападних углова. Посебно значајно је висока подударност нивоа вредности и карактера промене статичких аеродинамичких коефицијената нормалне силе и момента пропињања. Подударност карактера и релативна одступања статичког аеродинамичког коефицијента аксијалне силе су показана у односу на ограничења експерименталног аеротунелског испитивања, и потврђена кроз примену различитих нумеричких модела вискозитета, полуемпиријска истраживања, балистичка експериментална испитивања и референтне вредности подударних модела пројектила.

Оригиналност дисертације доказује се јединственим приступом третирању материје која обухвата алгоритам и модел пројектовања прорачунског домена око аеродинамичке конфигурације класичног пројектила, затим анализом утицаја модела прорачунског домена и модела вискозитета на могућности и прецизност одређивања аеродинамичких коефицијената и дериватива у односу на комплексан модел кретања пројектила, при различитим режимима струјања применом тродимензионалног нумеричког модела симулације струјања. Значај истраживања огледа се кроз допринос будућем развоју решења за повећање тачности и прецизности нумеричког одређивања аеродинамичког оптерећења класичних пројектила, што ствара услове за потенцијално значајно повећање ефикасности одређивања елемената путање и параметара стабилности при развоју, производњи и експлоатацији савремених пројектила, као и пројектила унапређених аеродинамичких карактеристика.

Према прегледу коришћене литературе може се закључити да је кандидат располагао већим бројем радова референтне и актуелне литературе, са акцентом на радовима еминентних страних и домаћих аутора, као и радовима објављеним у истакнутим међународним часописима из области машинства, механике флуида, балистике и аеродинамике. Наведена литература је послужила за преглед постојећег стања у предметној области дисертације, односно за упоредну анализу, при чему су литературни извори цитирани у тексту дисертације.

Нумеричка истраживања, која представљају основни циљ и допринос рада, реализована су кроз четири повезане целине, и омогућавају систематски приступ одређивању и анализи потпуног аеродинамичког оптерећења за карактеристичне аеродинамичке конфигурације класичних пројектила. У првој целини дефинисан је алгоритам за креирање нумеричког домена, са аспекта квалитативног и квантитативног одређивања нумеричке мреже, у односу на расположиве оптималне рачунарске капацитете и временске оквире прорачуна. Показане су квалитет, предности и могућности примене различито конципираних нумеричких домена. Друга целина нумеричког истраживања представља нумеричке прорачуне параметара струјања са аспекта примене различито конципираних нумеричких домена, кроз примену различитих модела прорачуна струјања и кроз примену различитих модела вискозитета, уз дефинисане критеријуме конвергенције, у различитим режимима струјања и условима става и кретања пројектила као препреке. Трећа целина нумеричког истраживања представљена је кроз постпроцесорску обраду резултата параметара струјања за различите услове струјања, са различитим моделима вискозитета. Четврта целина је упоредна анализа резултата аеродинамичког оптерећења, аеродинамичких коефицијената и дериватива у односу на примењене моделе нумеричког истраживања. Поузданост и применљивост резултата нумеричког истраживања је потврђена и кроз компаративну анализу у односу на експериментална аеротунелска истраживања реализована у раду, у односу на сопствена и референтна полуемпиријска истраживања, балистичка истраживања у раду, као и односу на савремене референтне нумеричке прорачуне дате у наведеној литератури за сличне аеродинамичке конфигурације пројектила.

Практичну примењивост остварених резултата истраживања кандидат је доказао кроз анализу аеродинамичких коефицијената, њихових статичких и динамичких дериватива, кроз експериментална аеротунелска мерења, као и кроз мерења елемената путање током балистичких полигонских испитивања са савременом радаском опремом, при испитивању противавионског топа 40 mm Vofors. Анализа је такође показала поузданост нумеричког истраживања кроз компарацију резултата са изведеним резултатима аеродинамичког оптерећења, изведених на основу мерених податка о елементима путање, током експерименталних балистичких испитивања. Наведена узрочно-последична веза анализирана је кроз упоређивање резултата симулација лета пројектила са резултатима практичних бојевих гађања реализованих током истраживања, при чему су симулације гађања извршене спољнобалистичким прорачуном са моделом са шест степени слободе кретања и кроз анализу експерименталних и прорачунских параметара стабилности кретања.

Кандидат је током израде дисертације показао смисао и знање да препозна и реши инжењерске и мултидисциплинарне научне проблеме, да користи различите савремене научне методе и рачунарске програме. Наведено представља солидну основу за даљи научно-истраживачки рад у областима војног машинства, балистике и аеродинамике пројектила.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Докторска дисертација је мултидисциплинарна и обухвата области спољне балистике и аеродинамике пројектила, а њен посебан допринос налази се у испитивању различитих нумеричких модела струјања и модела вискозитета, као и различитих метода експерименталних истраживања за одређивање вредности и карактера аеродинамичког оптерећења, у коју сврху су на оригиналан начин модификовани, оптимизовани и примењени нумерички поступци математичког модела, извршене оригиналне симулације струјања и предложени поступци украштања симулације струјања око тела пројектила и модела кретања пројектила.

Научна и друштвена оправданост докторске дисертације се огледа кроз чињеницу да представља научноистраживачки рад у области наоружања и војне опреме, односно у области примењене механике флуида (експерименталне аеродинамике) и усклађена је са потребама развоја те области у систему одбране Републике Србије.

Имајући у виду да је за повећање дмета, стабилности лета, као и за повећање тачности и прецизности гађања класичним пројектиlima, најважније дефинисати геометријске карактеристике пројектила, намеће се потреба анализе аеродинамичког облика пројектила. Анализом аеродинамичког облика пројектила добијају се перформансе и ограничења, која дефинишу карактеристике лета пројектила. На основу прецизно дефинисаних аеродинамичких карактеристика могуће је поуздано анализирати елементе путање и параметре стабилности пројектила.

Код класичних артиљеријских пројектила делови облика, као што су равно дно, водећи и центрирајући прстен, ограничавају даље унапређење аеродинамичких и балистичких карактеристика пројектила. Изучавање процеса кретања пројектила у атмосфери на основу теоријског, нумеричког и експерименталног истраживања, представља сложен и скуп процес.

Дефинисање аеродинамичких карактеристика пројектила представља одређивање свих потребних компоненти аеродинамичких коефицијената и њихових дериватива. Са становишта досадашњих истраживања и критеријума, конвенционалних облика класичних артиљеријских и стрељачких пројектила, постоје бројни полуемпиријски начини и модели одређивања аеродинамичких карактеристика, који дају поуздане вредности. Наведени полуемпиријски прорачуни су везани за класичне облике пројектила, дефинисане предњим делом облика оживала, средњим цилиндричним делом (на коме се налазе центрирајући прстен и водећи бакарни прстен) и задњим конусом (са равним или испупченим дном). Ради повећања квалитета пројектила у смислу повећања дмета и прецизности, потребно је унапредити аеродинамички облик и дефинисати поуздан начин одређивања аеродинамичких карактеристика.

Друштвено-економска оправданост истраживања огледа се у решењу индиректног проблема спољне балистике, што представља одређивање конструктивних параметара пројектила, на основу захтеваних елемената путање и параметара стабилности. Конструктивни параметри пројектила представљају резултат аеродинамичког пројектовања и оптимизације облика. Квалитетна анализа заснована на нумеричком одређивању параметара струјног поља, омогућује да се нумерички прорачунају спољна оптерећења аеродинамичке конфигурације пројектила и дефинише оптимални

облик за дате параметре атмосфере и услове кретања. Осим тога, поуздана нумеричка анализа струјања око пројектила, смањује потребе за скупим и сложеним експерименталним аеродинамичким истраживањима. Досадашњи полумпиријски прорачуни су оганичени на конвенционалне облике пројектила и не дају поуздане вредности у случају принципијелне измене облика и структуре пројектила. Истраживање и усавршавање одређивања аеродинамичких карактеристика класичних пројектила који имају посебан значај за развој система наоружања представља корак напред ка пројектовању и развоју савремених пројектила и тиме њихове веће конкуретности на тржишту.

Развијеном методологијом експерименталних испитивања аеродинамичких карактеристика базних модела пројектила, у лабораторијским условима, уз праћење промене вредности параметара струјног поља и аеродинамичких коефицијената са променом компоненти нападног угла, идентификоване су аеродинамичке карактеристике у односу на дефинисани нумерички модел.

Методологијом балистичких радарских испитивања, на основу измерених вредности положаја, брзине и угаоног положаја у функцији времена у полигонским условима, уз измерене атмосферске услове, одређују се елементи путање за стандардне атмосферске услове. Величине добијених резултата омогућују потпуну анализу трајекторије и параметара стабилности. Вредности динамичких својстава лета пројектила су изведена на основу временске и просторне зависности елемената путање и динамичких својстава пројектила. На основу датих једначина кретања и једначина струјања изведене су вредности аеродинамичких коефицијената и дериватива. Упоредна анализа показује квалитет и поузданост извршених експерименталних испитивања и спроведених нумеричких прорачуна у циљу предикције аеродинамичког оптерећења, односно поузданост оптерећења у функцији резултата карактеристика лета и стабилности.

Научни допринос дисертације се огледа у томе да резултати добијени у дисертацији обезбеђују унапређење и примену нумеричког одређивања аеродинамичких коефицијената и дериватива у односу на дефинисане геометријске параметре пројектила, према следећем:

- дефинисање теоријског и математичког модела који описује струјање флуида око пројектила,
- избор стабилне конвергентне нумеричке методе за решавање струјања око пројектила (дефинисање почетних и граничних услова),
- генерисање нумеричке мреже око дефинисане конфигурације пројектила (структура и облик мреже) и нумеричка дискретизација система једначина,
- одређивање услова конвергенција решења струјања око дефинисане конфигурације пројектила,
- анализа нумеричких и експерименталних резултата аеродинамичких коефицијената и одређивању коефицијената корелације,
- одређивање и анализи параметара стабилности лета пројектила.

У теоријском и практичном погледу резултати реализованих истраживања представљају побољшање постојеће методологије пројектовања пројектила и омогућују сложеније анализе и симулацију понашања током лета.

Експериментално полигонско испитивање кретања пројектила представља посебно сложен, скуп и још увек поверљив процес одређивања карактеристика лета и оцене прецизности и тачности дејства пројектила на циљу, као и самог наоружања. Ова спољнобалистичка испитивања спроводена у раду су у складу са праксом завршних и контролних фаза пројектовања и производње пројектила, као њихова незаменљива потврда, и приказани су у раду кроз потврду теоријско-нумеричких истраживања. Развој и усавршавање спољнобалистичког прорачуна који даје квалитетну и поуздану слику кретања и елемената путање ових и сличних пројектила у великој мери може да смањи број ових испитивања. Програмска решења прорачуна и симулације лета пројектила већ дуго су у употреби и заснивају се првенствено на математички описаним физичким моделима лета. Ови прорачуни се такође користе да, за експериментално одређене резултате у тренутним атмосферским условима са средствима наоружања, омогуће прорачунавање за референтне атмосферске услове и конструктивно-експлоатациона својства наоружања. Међутим, за квалитетан резултат ових прорачуна потребан је низ поузданих и практичних података. Једни од најзначајнијих података су аеродинамички коефицијенти и њихови деривативи.

Уколико се изврши анализа добијених резултата и постављених циљева истраживања, као и актуелно стање у предметној научној дисциплини, може се констатовати да су презентовани одговори на сва кључна питања и решени сви проблеми на које је кандидат наилазио током рада на докторској

дисертацији. Такође, истраживања која су реализована у предметној дисертацији представљају солидну основу за даљу надоградњу и опитовање у овој области и пружају могућности за проширење проучавања модела одређивања аеродинамичког оптерећења пројектила и анализе кретања и стабилности кретања пројектила.

Све напред наведено представља оригиналан научно-истраживачки допринос у решавању проблема тачног и поузданог одређивања аеродинамичких коефицијената класичних пројектила.

Научни допринос докторске дисертације верификована је кроз радове објављене на домаћим и међународним конференцијама, у домаћим и међународним научним и стручним часописима, као и кроз лексикографске публикације током вишегодишњег истраживања:

M20

- [1] M. Milinović, D. Jerković, O. Jeremić, M.Kovač, EXPERIMENTAL AND SIMULATION TESTING OF FLIGHT SPIN STABILITY FOR SMALL CALIBER CANNON PROJECTILE, *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 58(2012)6, 394-402, DOI: <http://dx.doi.org/10.5545/sv-jme.2011.277>, ISSN 0039-2480 (Paper received: 2011-12-20, paper accepted: 2012-04-03)
- [2] Regodic, D., Jevremovic A., Jerkovic, D., (2013) THE PREDICTION OF AXIAL AERODYNAMIC COEFFICIENT REDUCTION USING BASE BLEED, *Aerospace Science and Technology*, 31 (2013) 24-29, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ast.2013.09.001>. (Received 25 June 2013, Accepted 4 September 2013, Available online 17 September 2013)

M30

- [3] Душан Регодић, Дамир Јерковић, Иван Андрејевић: РЕШАВАЊЕ СИСТЕМА ДИФЕРЕНЦИЈАЛНИХ ЈЕДНАЧИНА ЛЕТА ПРОЈЕКТИЛА ПРИМЕНОМ МЕТОДЕ МОДИФИКОВАНЕ МАТЕРИЈАЛНЕ ТАЧКЕ, стр. 131-139 зборника радова (30 радова у 2 секције), XXII симпозијум о експлозивним материјама (са међународним учешћем), 20. – 21. октобар 2004. године Бар (Тиват), Југословенски Комитет за Експлозивне Материје, ВТИ Београд, Yugoimport – Mont Подгорица, UDK 662.1/.4 (082)=861
- [4] Душан Регодић, Дамир Јерковић: ЖИРОСКОПСКА И ДИНАМИЧКА СТАБИЛНОСТ КЛАСИЧНИХ ОСНОСИМЕТРИЧНИХ ПРОЈЕКТИЛА, стр. 672-675 зборника радова (167 радова у 19 секција), XXXII симпозијум о операционим истраживањима, SYM-OP-IS 2005 (са међународним учешћем), 27. – 30. септембар 2005. године Врњачка Бања, Економски факултет, Универзитета у Београду, 519.8 (082), ISBN 86-403-0685-0, COBISS.SR-ID 125287692
- [5] Душан Регодић, Дамир Јерковић: СТАБИЛНОСТ КЛАСИЧНИХ ОСНОСИМЕТРИЧНИХ ПРОЈЕКТИЛА, стр. 299 – 304 зборника радова, (64 рада у 10 секција) научно-истраживачки скуп Истраживање и развој машинских елемената и система - ИРМЕС 2006 (са међународним учешћем), 21. – 22. септембар 2006. године, Мркавица, Бања Лука, Машински факултет у Бања Луци и Асоцијација за дизајн, елементе и конструкција (АДЕКО), Бања Лука, 621 (082), ISBN 99938-39-13-2, COBISS.BH-ID 118808

- [6] Damir Jerković, Marija Samardžić: THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS DETERMINATION OF CLASSIC SYMMETRIC PROJECTILE, pages 275 – 282 of Proceedings (103 papers), 5th International Symposium about design in mechanical engineering, KOD 2008, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad i Asocijacija za dizajn, elemente i konstrukciju (ADEKO) , 15.-16. april 2008., Novi Sad, 658.512.2 (082), ISBN 978-86-7892-104-9, COBISS.SR-ID 230213639
- [7] Дамир Јерковић, Славица Ристић, Душан Регодић, Марија Самарџић, Александар Витић: ВИЗУАЛИЗАЦИЈА СТРУЈАЊА ОКО МОДЕЛА КЛАСИЧНОГ ОСНОСИМЕТРИЧНОГ ПРОЈЕКТИЛА, 3. научно-стручни скуп са међународним учешћем, ОТЕХ 2009, Војнотехнички институт, Београд, 8. – 9. октобар 2009. (секција Мобилне платформе, 35 радова)
- [8] Љубиша Танчић, Душан Регодић, Дамир Јерковић: ОПТИМИЗАЦИЈА ПАРАМЕТАРА У ФАЗИ ПРОЈЕКТОВАЊА СЛОЖЕНИХ СИСТЕМА, 3. научно-стручни скуп са међународним учешћем, ОТЕХ 2009, Војнотехнички институт, Београд, 8. – 9. октобар 2009. (секција Мобилне платформе, 35 радова)
- [9] Ljubiša Tančić, Dušan Regodić, Damir Jerković: OPTIMIZACIJA BITNIH PARAMETARA U FAZI PROJEKTOVANJA SLOŽENIH SISTEMA, 6. naučni skup sa međunarodnim učešćem, SINERGIJA 2010, Univerzitet Sinergija, Bijeljina, 19. mart 2010. (80 radova u 6sekcija, sekcija Inženjerske tehnologije, 8 radova), ISBN: 978-99955-26-20-7
- [10] Dušan Regodić, Ljubiša Tančić, Marija Samardžić, Damir Jerković: PROGRAMSKO REŠENJE KRETANJA TRODIMENZIONALNOG TELA, 8. naučni skup sa međunarodnim učešćem, SINERGIJA 2011, Univerzitet Sinergija, Bijeljina, 25. mart 2011. (45 radova u 4 sekcija, Plenarna predavanja – Radovi po pozivu, 3 rada), ISBN: 978-99955-26-21-4
- [11] D. Jerkovic, S. Ilic, A.Kari, D.Regodic: THE INFLUENCE OF THE AERODYNAMIC COEFFICIENT ON THE STABILITY OF THE CLASSIC AXIS-SYMMETRICAL PROJECTILE, Third Serbian (28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Vlasina lake, Serbia, 5-8 July 2011.
- [12] D. Jerkovic, S. Ilic, A.Kari, D.Regodic: THE RESEARCH OF INFLUENCE OF THE AERODYNAMIC COEFFICIENT ON THE STABILITY OF THE AXIS-SYMMETRIC PROJECTILE, 4th International Scientific Conference on Defensive Technologies, ОТЕХ 2011, Belgrade, Serbia, 6-7 October 2011.
- [13] A. Kari, S. Muzdeka, A. Grkic, D. Jerkovic, EXPERIMENTAL IDENTIFICATION HYSTERETIC BEHAVIOR OF RING WIRE ROPE ABSORBER COMBINATION, The 7th International Symposium Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering (KOD 2012), Balatonfured, Hungary, 24-26 May 2012., University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia, Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Mechanical Engineering, Slovakia, ISBN 978-86-7892-399-9, pp.389-394 (106 papers)

- [14] A. Kari, D. Jerkovic, M. Milinovic, S. Ilic, LAUNCHING RECOIL DUMPING IMPROVEMENT FOR MLRS BY USING A RING WIRE ROPE ABSORBER, 6th International Scientific Conference of the Military Technical College, 15th International Conference on the Applied Mechanics and Mechanical Engineering (AMME-15), May 29-31, 2012, Cairo, Egypt, pp. SM70-SM83 (326 papers, 82 sections/ 26 sections, 112 papers, 4 workshops, 6 lectures)
- [15] Slobodan Ilić, Damir Jerković, Aleksandar Kari, THE INFLUENCE OF THE MUZZLE VELOCITY VECTOR ON THE EVALUATION OF THE GUNFIRE PRECISION, 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies – OTEH 2012, 18 – 19 September, Belgrade, Military Technical Institute, ISBN 978-86-8123-58-4 (7 sections, 153 papers)
- [16] Kari Aleksandar, Momčilo Milinović, Olivera Jeremić, Damir Jerković, COMPARATIVE ANALYSES OF SERIAL LINKED EXPERIMENTAL TESTED WIRE ROPE ABSORBERS, 29th Danubia – Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics, 26 – 29 September 2012, Belgrade, University of Belgrade – Faculty of Mechanical Engineering and Serbian Society of Mechanics, ISBN 978-86-7083-762-1, pp.202-205.
- [17] Regodić, D., Jerković, D., Stanojković, D. (2013) ANALIZA DEJSTVA PROJEKTILA MALIH KALIBARA NA CILJU (THE ANALYSIS OF SMALL CALIBER PROJECTILE EFFECTS ON THE TARGET), 10. naučni skup sa međunarodnim učešćem, SINERGIJA 2013, Univerzitet Sinergija, Bijeljina, XX. mart 2013. (Sekcija: Upravljanje kvalitetom), ISBN: 978-99955-26-21-4
- [18] Jerković, D., Regodić, D., Reljić, Ž., Hristov, N. (2013) THE PREDICTION OF AXIAL AERODYNAMIC COEFFICIENT REDUCTION USING BASE BLEED (B-12), 4th(29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, 4th – 7th June 2013, Vrnjačka Banja, Serbian Society of Mechanics, B-12: pp.1-6.
- [19] Regodić Dušan, Jerković Damir, Regodić, Radomir (2014) ANALIZA STABILNOSTI KRETANJA OSNOSIMETRIČNE LETELICE (STABILITY ANALYSIS OF AXISSYMMETRIC SPACECRAFT MOTION), SINTEZA – Singidunum University International Conference, April 25-26, 2014., Singidunum University, Belgrade, Serbia
- [20] Aleksandar KARI, Olivera JEREMIĆ, Momčilo MILINOVIĆ, Damir JERKOVIĆ, Miloš MARKOVIĆ (2014) SHOOTING ERRORS SIMULATIONS INITIATED BY BARREL JUMPING OF 40-mm TURRET GUNS, 10th International Armament Conference on Scientific Aspects of Armaments and Safety Technology, Spetember 15 – 18 2014, Ryn, Poland
- [21] Hristov, N., Kari, A., Jerković, D., Savić, S. (2014) SIMULATION OF WEAPON SILENCER EXITS USING OF FUNCTIONAL DECOMPOSITION APPROACH, 6th International Scientidif on Defensive Technologies – OTEH 2014, Military Technical Insitute, October 8 – 9 2014, Belgrade (ISBN 978-86-81123-71-3) COBISS.SR-ID 210344204

M40

- [22] Душан Регодић, Дамир Јерковић: ПРАКТИКУМ ИЗ СПОЉНЕ БАЛИСТИКЕ, уџбеник, Војноиздавачки завод, 2007., Београд, 531.55(076)
- [23] Дамир Јерковић: АЕРОДИНАМИКА ПРОЈЕКТИЛА, лекција, Војноиздавачки завод, 2012., Београд, извршена рецензија и припрема за штампу

M50

- [24] Зоран Ристић, Слободан Илић, Дамир Јерковић: КАРАКТЕРИСТИКЕ И ЗАХТЕВИ НОВИХ КОНСТРУКЦИЈА ЛАКИХ АРТИЉЕРЈСКИХ ОРУЂА, Нови гласник, број 1-2/2008 стр. 59 – 66, Војноиздавачки завод, Београд, ISSN 0354-3323 UDK 355/359 (051)(497.1)
- [25] Душан Регодић, Дамир Јерковић: ОПТИМИЗАЦИЈА ПРОЦЕСА ПРОЈЕКТОВАЊА ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА ПРИМЕНОМ ИНФОРМАЦИОНИХ ТЕХНОЛОГИЈА, Сингидунум ревија ISSN 1820-8819, Vol.6 No.1, pp. 196-207, Универзитет Сингидунум, Београд, 2009.
- [26] Dušan Regodić, Damir Jerković, Lazar Dražeta: ANALIZA UTICAJA AERODINAMIČKIH KOEFICIJENATA NA DOMET LETELICE, SINGIDUNUM Revija – Časopis za teoriju i praksu: ekonomija, informacione tehnologije i menadžment 2010, Vol.7, No.2. pp. 303-320, ISSN 1820-8819, Univerzitet Singidunum, Beograd
- [27] Dušan Regodić, Ljubiša Tančić, Damir Jerković: OPTIMALNO PROJEKTOVANJE SLOŽENOG TEHNIČKOG SISTEMA, SINGIDUNUM Revija – Časopis za teoriju i praksu: ekonomija, informacione tehnologije i menadžment 2011, Vol.8, No.1. pp. 229-240, ISSN 1820-8819, Univerzitet Singidunum, Beograd
- [28] Damir Jerković, Dušan Regodić: UTICAJ AERODINAMIČKIH KOEFICIJENATA NA ELEMENTE PUTANJE KLASIČNOG PROJEKTILA, VOJNOTEHNIČKI GLASNIK, naučni časopis Ministarstva odbrane, Godina LIX, april – jun 2011, Broj 2, ISSN 0042-8469, UDC 623.466.3, pp.5-28, Ministarstvo Odbrane Republike Srbije, Beograd

M60

- [29] Слободан Јовановић, Дамир Јерковић, Душан Регодић: ОДРЕЂИВАЊЕ АЕРОДИНАМИЧКИХ КОЕФИЦИЈЕНАТА ЗА ПРОЈЕКТИЛ КАЛИБРА 122 ММ, стр. I 74 – 76 зборника радова (162 рада у 15 секција), I научни скуп - Одбрамбене технологије у функцији мира, ОТЕХ 2005, 6.-7. децембра 2005. године, Београд, Војна академија, Министарство Одбране Србије и Црне Горе
- [30] Душан Регодић, Иван Стаменов, Дамир Јерковић, Горан Станковић: МОГУЋНОСТ ИЗРАДЕ АУТОМАТИЗОВАНОГ СТРЕЛИШТА ЗА СТРЕЉАЧКО НАОРУЖАЊЕ ДОМЕТА 300 М, стр. I

107 - 112 зборника радова (162 рада у 15 секција), I научни скуп - Одбрамбене технологије у функцији мира, ОТЕХ 2005, 6.-7. децембра 2005. године, Београд, Војна академија, Министарство Одбране Србије и Црне Горе

- [31] Душан Регодић, Дамир Јерковић, Дејан Савић: СТАНДАРДНА СПОЉНОБАЛИСТИЧКА ИСПИТИВАЊА, стр. 617 – 620 зборника радова (164 рада у 25 секција), XXXIII симпозијум о операционим истраживањима, SYM-OP-IS 2006, 3. – 6. октобар 2006. године, Бања Ковиљача, Институт Михаило Пупин, Београд, 519.8 (082), ISBN 86-82183-07-2, COBISS.SR-ID 134138124
- [32] Душан Регодић, Дамир Јерковић, Дејан Савић: ОПШТИ МОДЕЛ ОБРАДЕ РЕЗУЛТАТА СПОЉНОБАЛИСТИЧКИХ ИСПИТИВАЊА, стр. 613 – 616 зборника радова (164 рада у 25 секција), XXXIII симпозијум о операционим истраживањима, SYM-OP-IS 2006, 3. – 6. октобар 2006. године, Бања Ковиљача, Институт Михаило Пупин, Београд, 519.8 (082), ISBN 86-82183-07-2, COBISS.SR-ID 134138124
- [33] Дамир Јерковић, Слободан Јовановић, Душан Регодић: ПРЕДНОСТИ ПРОРАЧУНА ПУТАЊЕ КЛАСИЧНОГ ПРОЈЕКТИЛА МОДЕЛОМ ШЕСТ СТЕПЕНИ СЛОБОДЕ У МАТЛАБ-У, II научно стручни скуп Одбрамбене технологије, ОТЕХ 2007, Свеска 1 стр. I 49 – 54 зборника радова, 3. – 4. октобар 2007. године, Београд, Војнотехнички институт, Београд, 623.4/ .5 (082), 623.6/ .7 (082), ISBN 978-86-81123-49-2, COBISS.SR-ID 145367308
- [34] Зоран Ристић, Слободан Илић, Дамир Јерковић: КАРАКТЕРИСТИКЕ И ЗАХТЕВИ НОВИХ КОНСТРУКЦИЈА ЛАКИХ АРТИЉЕРИЈСКИХ ОРУЂА, 2. научно стручни скуп Одбрамбене технологије, ОТЕХ 2007, Свеска 1 стр. I 65 – 70 зборника радова, 3. – 4. октобар 2007. године, Београд, Војнотехнички институт, Београд, 623.4/ .5 (082), 623.6/ .7 (082), ISBN 978-86-81123-49-2, COBISS.SR-ID 145367308
- [35] N. Hristov, A. Kari, D. Jerković, S. Savić (2013). EKSPERIMENTALNA PROVERA I ANALIZA U PROCESU PROJEKTOVANJA ORUŽJA-ORUĐA (EXPERIMENTAL VERIFICATION AND ANALYSIS IN THE DESIGN OF WEAPONS), Festival kvaliteta 2013, 40. Nacionalna konferencija o kvalitetu, 23. – 25. maj 2013., Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, ISBN: 978-86-8666-93-1

M70

- [36] Дамир Јерковић: УТИЦАЈ АЕРОДИНАМИЧКИХ КОЕФИЦИЈЕНАТА НА КРЕТАЊЕ ОСНОСИМЕТРИЧНОГ ТЕЛА, магистарски рад, Факултет техничких наука, Нови Сад, 09.07.2009.

5. ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација под називом „**ПРИЛОГ НУМЕРИЧКОЈ АНАЛИЗИ СТРУЈНОГ ПОЉА ОКО ПРОЈЕКТИЛА**“, кандидата потпуковника мр Дамира Јерковића представља актуелан и оригиналан научни допринос у недовољно истраженој области нумеричког моделирања струјног поља око класичних пројектила и утицаја карактера аеродинамичког оптерећења на елементе путање и стабилности лета пројектила. На основу приказаних и верификованих резултата истраживања може се констатовати да је кандидат успешно завршио докторску дисертацију у складу са предметом и постављеним циљевима, те да је оспособљен за даљи самосталан научно истраживачки рад. Даља истраживања у поменутој области треба усмерити ка нестационарним теоријско-нумеричким моделима струјног поља око пројектила уз примену сложенијих модела вискозитета, упоредо са развојем рачунарско-технолошких капацитета, као и интеграција са теоријско-нумеричким моделима кретања и развој метода за експериментално истраживање сложених видова кретања пројектила.

Чланови комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **потпуковника мр Дамир Јерковића, дипл. инж.**, под називом „**ПРИЛОГ НУМЕРИЧКОЈ АНАЛИЗИ СТРУЈНОГ ПОЉА ОКО ПРОЈЕКТИЛА**“ једногласно закључују да је докторска дисертација написана према свим стандардима научно истраживачког рада, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Војне академије, Универзитета одбране у Београду. Зато, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације предлаже Наставно – научном већу Војне академије да усвоји овај извештај, дисертацију стави на увид јавности, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.