

Чувати до краја 2026. године
 Функција 12, редни број 02
12.07.2024. год. пк Д. Јерковић
 (датум) (обрађивач)

пк ванр. проф. др Дамир Јерковић, дипл. инж.
 пак доц. др Небојша Христов, дипл. инж.
 пак доц. др Игор Радисављевић, дипл. инж.
 ванр. проф. др Милош Марковић, дипл. инж.
 вс доц. др Саша Живковић, дипл. инж.

Оцена научне заснованости теме
 докторске дисертације, **ИЗВЕШТАЈ.-**

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ВОЈНЕ АКАДЕМИЈЕ

Одлуком Наставно-научног већа Војне академије Број 17/30, акт ВА бр. 62-169 од 04. јула 2024. године одређени смо у комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације студента ДАС Војномашинско инжењерство Туфика Алуша (Toufik Allouche), под радним називом:

„ Прилог унапређењу карактеристика ракетних пројектила пројектовањем гасодинамичких импулсних мотора ”

Након проучавања пријаве теме докторске дисертације у складу са чланом 4. Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације и промоцији доктора наука (СВЛ бр. 07/24) подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОЦЕНА ИДЕЈНОГ ПРОЈЕКТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат је у идејном пројекту докторске дисертације предложио следећи радни наслов теме докторске дисертације **„Прилог унапређењу карактеристика ракетних пројектила пројектовањем гасодинамичких импулсних мотора ”**.

Основни циљ истраживања је развој ефикасног гасодинамичког управљачког система са импулсним моторима у циљу унапређење карактеристика ракетних пројектила побољшањем прецизности.

Остваривање дефинисаног циља истраживања ће се реализовати кроз решавање појединачних задатака:

- Одређивање области примена гасодинамичких импулсних мотора;
- Примена импулсних мотора у системима управљања ракета;
- Пројектовање, реализација и експериментална евалуација перформанси импулсног ракетног мотора;
- Оптимизација концепције управљачких импулсних ракетних мотора;
- Оптимизација времена одзива припале;
- Истраживања оптималних конфигурација погонског пуњења;
- Експериментална евалуација перформанси импулсног ракетног мотора;

- Испитивања предности коришћења млазника са централним телом.

1.1. Научни проблем

Научно истраживање које ће бити спроведено у оквиру дисертације фокусираће се на допринос у изучавању и пројектовању гасодинамичких импулсних мотора који се примењују у невођеним и вођеним ракетним пројектилима. Познато је да невођени ракетни пројектили средњег и великог домета за посредно гађање, имају велико растурање и велико одступање због метеоролошких поремећаја, услова гађања и случајних одступања параметара, који утичу на лет ракетног пројектила. Употребом гасодинамичких импулсних мотора постиже се боља прецизност, повећава могућност погодака циља и омогућава да се смањи број потребних ракета да се погоди дати циљ.

За контролу и управљање ракетних пројектила, гасодинамички импулсни мотори представљају веома ефикасну алтернативу у односу на аеродинамичке површине, тако да се нуди једноставнији систем контроле ниске цене. Овај систем управљања је на бази одређеног броја гасодинамичких импулсних мотора монтираних у облику прстена и који је постављен (најчешће ближе бојевој глави) на спољњем ободу ракете. Део истраживања ће бити посвећен развоју овог гасодинамичког импулсног мотора за систем контроле ракете применом теорија унутрашње балистике ракетног мотора и пропулзије ракетног погона.

1.2. Предмет истраживања

Научно истраживање које ће бити спроведено у оквиру дисертације фокусираће се на доприносу у изучавању и моделовању система управљања вођених и невођених ракета, применом концепта импулсних мотора. Овај концепт се може применити као систем за корекцију путање код артиљеријских или противоклопних ракета, а такође и код других типова тактичких ракета, као основни или допунски системи поред аеродинамичких делова.

Познато је да невођене ракете средњег и великог домета за посредно гађање, имају велику слику растурања и значајно одступају услед поремећаја метеоролошких услова гађања. Системи управљања омогућавају повећање прецизности ракетних пројектила, побољшавају могућност погодака циља и омогућавају да се смањује број потребних ракета да се погоди дати циљ.

За контролу и управљање ракетним пројектилима, у неким специфичним случајевима импулсни мотори представљају веома ефикасну алтернативу у односу на аеродинамичке површине, пошто представљају једноставнији систем контроле, ниске цене и бољих масених и динамичких перформанси. Овај систем управљања је на бази одређеног броја импулсних ракетних мотора постављених на управљачки модул цилиндричног облика по обиму ракете, тако да ће део истраживања бити посвећен у развоју једног типа импулсног ракетног мотора за систем управљања ракете применом теорија унутрашње балистике ракетног мотора и ракетног погона.

Како би се процениле перформансе, биће развијен и направљен модел импулсног гасодинамичког мотора у виду прототипа. На моделованом мотору биће извршено следеће испитивање:

- Тестови иницирања припале, ради истраживања утицаја интензитета струје припаљивања на време одзива припале, како би се постигао оптималан процес припаљивања;
- Идентификација оптималних конфигурација чврсте погонске материје, ради истраживања најбоље конфигурације, која пружа оптималне перформансе;
- Статички тестови мотора на статичком опитном столу;

- Нумеричке CFD симулације, истраживање струјања у млазнику што омогућава оптимизацију геометрије млазника, као и поређење перформанси млазника са централним телом у односу на класични конвергентно - дивергентни млазник.
- Истраживање утицаја млаза импулсног мотора на аеродинамику ракете и то укључујући промене притиска и отпора у различитим условима лета ракете.
- Прорачун елемената путање моделом са шест степени слободе кретања кроз симулације, кретања ракете, како би се проценила стопа корекције путање применом ових импулсних мотора.

Предмет истраживања ће бити реализован кроз:

- Одређивање области примене концепта управљачког одсека са импулсним моторима;
- Нумерички прорачун унутрашње балистике импулсног мотора;
- Пројектовање и развој (израда) импулсног мотора;
- Испитивања припаљивања припале;
- Испитивања импулсног мотора на статичком испитном столу;
- Нумеричке симулације струјања продуката сагоревања кроз млазник;
- Нумеричке симулације утицаја импулсног бочног млаза на аеродинамику ракете;
- Нумерички спољнобалистички прорачун елемената путање ракете са импулсним моторима.
- Анализу добијених резултата и извођење закључка.

1.3. Хипотезе и начин њихове провере

Општа хипотеза истраживања гласи:

- Више типова тактичких ракета малог, средњег или великог дмета, са великом или средњом брзином лета захтевају ефикасан и прецизан систем вођења и управљања у погледу времена одзива и интензитета генерисане силе управљања. Одсек-модул управљања са импулсним ракетним моторима (ИРМ) је у извесним случајевима оптимално решење, пружајући добре масене и динамичке перформансе, као једноставније и економичније решење.

Посебне хипотезе истраживања су:

- Примена система са импулсним ракетним моторима омогућава ракетама боље перформансе као што су: краће време одзива, већу прецизност и бољу маневарску способност на нижим брзинама или на великим висинама, где аеродинамички системи немају довољну ефикасност;
- Коришћење специфичних конфигурација чврстог погонског пуњења омогућава постизање потребног времена рада импулсног ракетног мотора;
- Формирани математички модели могу имати задовољавајућу тачност у прорачунима перформанси импулсних ракетних мотора, што ће бити потврђено поређењем са експериментално измереним параметрима рада импулсног мотора;
- Интензитет струје припаљивања значајно утиче на време одзива припале;
- Импулсни ракетни мотори у експлоатацији захтевају мање одржавање и лако се интегришу у системе ракете;
- Импулсни мотор након рада не показује значајне знакове прегравања или ерозије због велике брзине процеса и кратког времена рада;
- Унутрашње-балистички параметри рада ракетног мотора могу значајно утицати на перформансе система за управљање;

- Коришћење млазника са централним телом побољшава перформансе мотора и то: повећавањем ефикасности експанзије млаза продуката и ефикаснијим спречавањем истицања несгорелих комада погонске материје.

1.4. Методологија истраживања

У оквиру наведене теме, у зависности од фазе истраживања, током истраживања биће примењиване различите методе и развијени аналитички и нумерички модели за прорачун унутрашње балистичких параметара, модела истицања продуката сагоревања, модела лета ракете, као и систем управљања.

Основне научне методе које су примењене у изради докторске дисертације су: Метода експеримента у фази одређивања балистичких параметара, које се ради у лабораторијама користећи специфичне испитне столова и опрему и метода нумеричког моделовања.

Експериментална испитивања ће бити обављена испитивањем кроз следеће:

- Одређивања оптималног интензитета струје активирања припале;
- Одређивања унутрашње балистичких параметара модела мотора са припалом без погонског пуњења, односно са припалом и погонским пуњењем ;
- Одређивања утицај бочног млаза импулсног мотора на аеродинамику ракете.
- Метода моделовања приликом израде нумеричких модела импулсног мотора коришћењем програмског CAD софтвера (SOLIDWORKS).
- Аналитичка метода на бази математичких једначина за пројектовање и прорачун перформанси гасодинамичког импулсног ракетног мотора
- Метода симулације која ће се извршити коришћењем постојећих савремених CFD софтверских пакета (FLUENT) и програмског пакета за прорачун и симулације (MATLAB, Octave):
 - Нумеричка симулација струјања у млазнику модела мотора;
 - Нумеричка симулација струјног поља интеракције између бочног млаза и ракете;
 - Нумеричка симулација лета ракете помоћу шест степени слободе.

Анализа добијених резултата ће бити дата на основу поређења – компаративне анализе између експерименталних и прорачунских резултата (нумеричких симулација).

1.5. Програм научног истраживања

Истраживање ће бити реализовано кроз четири фазе:

Прва фаза: Прелиминарно истраживање, идентификација проблема, који постоје код тренутно доступних система ракетних пројектила и израда иницијалног модела дизајна импулсних ракетних мотора ради гасодинамичког дејства на кретање. Током прве фазе, извршиће се прикупљање до сада објављене литературе из области рада и пројектованих решења импулсних ракетних мотора и селекција литературе према правцима истраживања. Радиће се на изради модела рада импулсних ракетних мотора, као и на интеграцији постојећих решења и анализи карактеристика различитих конфигурација погонског пуњења за моторе.

Друга фаза: Пројектовање оптималних система припале импулсних ракетних мотора за потребе интеграције на ракетне пројектиле у циљу унапређења карактеристика. Кроз ову фазу ће бити извршено пројектовање и реализација експеримената испитивања импулсних ракетних мотора. Поред тога, извршиће се статички тестови ради процене перформанси импулсних ракетних мотора (време рада и време одзива, притиска и профила потиска).

Трећа фаза: Пројектовање модела млазника импулсних ракетних мотора у циљу оптимизације профила потиска. У оквиру ове фазе пројектоваће се облик млазника са централним телом импулсних ракетних мотора у циљу добијања потребног нивоа вредности

потиска. Извршиће се нумеричко CFD моделовање и симулација струјања продуката сагоревања кроз оптимални облик млазника и поређење са стандардним млазником.

Четврта фаза: Експериментална верификација и анализа резултата. У оквиру последње фазе биће спроведене симулације лета постојећих решења ракетних пројектила са интегрисаним импулсним ракетним моторима са оптималном геометријом млазника. У циљу сагледавања ефикасности пројектованог концепта импулсних ракетних мотора за вођење и/или корекцију кретања ракетних пројектила, симулација лета ће се извршити моделом са шест степени слободе кретања. Биће сагледане потребе за евентуалним корекцијама идејног решења модела мотора, као и дефинисање предности и недостатака предложених решења.

1.6. Очекивани доприноси дисертације

Докторска дисертација представља научноистраживачки рад у области система наоружања, односно у области унапређења артиљеријског ракетног наоружања кроз развој ракетног погона – пропулзије у циљу унапређења прецизности и развоја система вођења ракете. Реализацијом предвиђених истраживања, у оквиру дисертације могу се очекивати следећи доприноси науци и инжењерској пракси:

- Одређивање области примене и теоријско разматрање могућности побољшања перформанси управљачког система ракета применом концепта система са импулсним ракетним моторима у односу на класичне аеродинамичке управљачке системе.
- Допринос у дефинисању типова и конфигурација погонских пуњења за специфичне случајеве импулсних ракетних мотора у односу на област примене и радне карактеристике, као што су ниво потиска и време рада мотора.
- Развој унутрашње балистичког модела за прорачун рада импулсних ракетних мотора, имајући у виду специфичне нестационарне процесе карактеристичне за ове моторе.
- У складу са посебним захтевом управљачког система за карактеристикама припаљивања мотора извршиће се развој специјалног иницијалног система припаљивања и поступака испитивања припале.
- Анализа оптималног техничког решења конструкције елемената импулсних ракетних мотора са критеријумом минималне масе управљачког система.
- Теоријско и експериментално истраживање утицаја бочног млаза импулсних ракетних мотора на аеродинамичке карактеристике ракете.

Поред примене у увођењу могућности вођења ракете и унапређења вођења, импулсни мотори могу се применити у различитим областима система наоружања, где је потребна прецизна контрола кретања и брзо време одзива на команде.

1.7. Литература

У идејном пројекту докторске дисертације наведено је двадесет и пет релевантних библиографских извора који ће се користити приликом њене израде. Наведени библиографски извори покривају области које су наведене у предмету истраживања, у складу су са методологијом која ће бити примењена и начинима провере резултата. За потребе истраживања ће бити коришћени и други релевантни и интерни извори литературе.

1.8. Закључак о подобности теме

На основу анализе идејног пројекта докторске дисертације, Комисија је закључила:

- изабрани проблем истраживања представља научни проблем;
- проблем је добро дефинисан и повезан са постојећим сазнањима из области пројектовања система наоружања и балистичких система;
- основна хипотеза је релевантна у односу на дефинисани проблем истраживања;
- одабране методе и програм истраживања омогућавају проверу хипотезе;
- наведена литература је релевантна за предмет истраживања;
- наслов теме одговара предмету истраживања и
- дисертација припада научној области Машинско инжењерство, ужа научна област Системи наоружања.

2. ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА

2.1. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Туфик (Камал) Алуш (Toufik, Kamal, Allouche) рођен је 03.03.1994. године у Шорфа, Буира (Chofra, Bouira), у ДНР Алжир. Завршио је Националну припремну школу за инжењерске студије у Алжиру 2016. године, где је стекао научну диплому првог циклуса. Диплому мастер инжењера машинског инжењерства је стекао на Политехничкој војној школи, Борц Ел Бахри у Алжиру 2019. године. Запослен је као официр, поручник, у Министарству народне одбране ДНР Алжир. Говори и пише арапски, француски, енглески и српски језик. Оспособљен је и самостално користи програмске језике Matlab, MathCAD и програмске пакете за моделовање, нумеричке прорачуне и анализу Ansys Fluent, SolidWorks.

2.2. Објављени радови кандидата

1. Toufik Allouche, Abdellah Ferfuri, Nebojša Hristov, Damir D. Jerković, Marijana Stalević, Abdeslem Benmeddah, Aleksandar Bukvić, Measurement Analysis of Physical Quantities for Ballistic Tests using Different Sensors (Analiza Merenja fizičkih veličina za balistička ispitivanja korišćenjem različitih senzora), Scientific Technical Review, Vol. 73, No. 1 (2023) pp. 42-47, DOI: 10.5937/str2301042A, M53
2. Abdellah Ferfuri, Toufik Allouche, Damir D. Jerković, Nebojša Hristov, Milan Vučković, Abdeslem Benmeddah, Prediction of Aerodynamic Drag Coefficient of the 155 mm Projectile under Axis-Symmetric Flow using Different Approaches (Predviđanje aerodinamičkog koeficijenta projektila kalibra 155 mm pri osnosimetričnom opstrujavanju korišćenjem različitih pristupa), Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol. 17, No. 2 (2023), pp. 69-86 DOI: 10.24874/jsscm.2023.17.02.06, M24

2.3. Закључак о подобности кандидата

Кандидат је положио све испите на докторским академским студијама Војномашинско инжењерство и успешно је реализовао садржаје студијског истраживачког рада. До сада је објавио један рад у научном националном часопису међународног значаја и један рад у научном часопису националног значаја. Објављени радови кандидата су везани за област истраживања докторске дисертације.

Комисија сматра да је кандидат Туфик Алуш подобан за израду докторске дисертације.

3. ПРЕДЛОГ МЕНТОРА СА ОБРАЗЛОЖЕЊЕМ

Кандидат је предложио да се за ментора докторске дисертације именује војни службеник доцент др Саша Живковић, дипл. инж., и у пријави докторске дисертације се налази сагласност поменутог наставника (акт ВА број 5446-1 од 19.06.2024. године).

Наведени наставник је кандидату током докторских студија изводио наставу из предмета Одабрана поглавља из конструисања убојних средстава и Одабрана поглавља из СУВ и КИС, и са њим је кандидат током докторских студија реализовао садржаје из студијског истраживачког рада.

Војни службеник доцент др Саша Живковић, дипл. инж. је научни сарадник Војнотехничког института СМР МО, а уједно и наставник Војне академије, Универзитета одбране у Београду. У наставном процесу је ангажован на основним, мастер и докторским академским студијама. Његове области истраживања су развој и пројектовање ракета и система наоружања. До сада има 13 објављених радова у научним часописима међународног значаја категорије М20, 18 саопштења на међународним скуповима категорије М30, монографију националног значаја категорије М40, 3 техничка решења категорије М80 и 7 радова у часописима националног значаја категорије М50. Наведени научни радови су до сада цитирани преко 20 пута у другим научним радовима. Био је ментор за израду 3 завршна мастер рада и један завршни рад на основним академским студијама. Рецензирао је радове у научним часописима међународног значаја (*The Aeronautical Journal*, *Journal of Energetic Materials u Thermal Science*) у научним часописима националног значаја (*Scientific Technical Review*) и радове на међународним научним конференцијама (ОТЕН). Био је члан радних тимова и носилац компоненте на више пројекта реализованих у Војнотехничком институту, а тренутно ради као руководиоца истраживачког пројекта у Војнотехничком институту из области ракетног наоружања. Налази се на списку ментора студијског програма докторских академских студија Војномашинско инжењерство, Војне академије.

На основу свега претходно наведеног Комисија сматра да је вс доц. др Саша Живковић, дипл. инж. подобан за ментора докторске дисертације.

4. УЖЕ НАУЧНЕ ОБЛАСТИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

КОМИСИЈА	УЖА НАУЧНА ОБЛАСТ
пуковник, ванредни професор др Дамир Јерковић, дипл.инж.	Системи наоружања (изабран 24.05.2022. године на Војној академији, Универзитета одбране у Београду)
пуковник, доцент др Небојша Христов, дипл. инж.	Системи наоружања (изабран 24.05.2022. године на Војној академији, Универзитета одбране у Београду)
пуковник, доцент др Игор Радисављевић, дипл. инж.	Механика (изабран 12.07.2022. године на Војној академији, Универзитета одбране у Београду)
ванредни професор др Милош Марковић, дипл. инж.	Војно машинство - Системи наоружања (изабран 01.03.2024. године на Машинском факултету, Универзитета у Београду)
вс, доцент др Саша Живковић, дипл. инж.	Материјали и заштита (изабран 31.08.2023. године на Војној академији, Универзитета одбране у Београду)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОЗИ КОМИСИЈЕ

На основу претходног Комисија констатује:

- кандидат Тушик Алуш испуњава услове за израду докторске дисертације,
- предложена тема и замисао решавања постављеног проблема у потпуности одговарају нивоу докторске дисертације,
- предложена тема припада пољу техничко-технолошких наука, научној области Машинско инжењерство, ужа научна област Системи наоружања.

Комисија предлаже да се кандидату Тушик Алушу, одобри израда докторске дисертације под називом:

„ Прилог унапређењу карактеристика ракетних пројектила пројектовањем гасодинамичких импулсних мотора ”

Комисија предлаже да се за ментора именује вс доцент др Саша Живковић, дипл. инж.

Београд, 12.07.2024. године.

КОМИСИЈА:

пк ванр. проф. др Дамир Јерковић, дипл. инж.

пк доц. др Небојша Христов, дипл. инж.

пк доц. др Игор Радисављевић, дипл. инж.

ванр. проф. др Милош Марковић, дипл. инж.

вс доц. др Саша Живковић, дипл. инж.

Достављено:

- Наставно-научном већу Војне академије
- Катедри ВМИ (е/р),
- а/а.