

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1044/5
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)23.06.2016.
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

СИНТЕЗА ТАКТИЧКИХ РАКЕТА ЗЕМЉА-ВАЗДУХ ПРОТИВ ЦИЉЕВА ВЕЛИКИХ БРЗИНА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Системи наоружања

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МИЛОШ (ДРАГАН) МАРКОВИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд3. Година дипломирања: 2011.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____

6. Година одбране магистарске тезе: _____

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2012.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 23.06.2016
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1044/5
Датум: 23.06.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Милоша Марковића**, маг. маш. инж., бр. 1044/1 од 06.05.2016. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Момчило Милиновић, ред. проф., др Слободан Јарамаз, ред. проф., др Дејан Мицковић, ред. проф., др Предраг Елек, ванр. проф. и др Дарко Васиљевић, виши научни сарадник, Институт за физику Београд, број 1044/4 од 22.06.2016. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 23.06.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **МИЛОШ МАРКОВИЋ**, маг. маш. инж. испуњава услове за израду докторске дисертације **«СИНТЕЗА ТАКТИЧКИХ РАКЕТА ЗЕМЉА-ВАЗДУХ ПРОТИВ ЦИЉЕВА ВЕЛИКИХ БРЗИНА»**.

За ментора студенту **Милошу Марковићу**, именује се **др Момчило Милиновић, ред. проф.**

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата студента докторских студија **Милоша Марковића, маг. маш. инж.** за израду докторске дисертације **СИНТЕЗА ТАКТИЧКИХ РАКЕТА ЗЕМЉА-ВАЗДУХ ПРОТИВ ЦИЉЕВА ВЕЛИКИХ БРЗИНА**, која је поднета од стране кандидата 06.05.2016. године и заведена под бројем: 1044/1.

Одлуком бр.1044/3 од 02.06.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата студента докторских студија Милоша Марковића, маг. маш. инж. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Синтеза тактичких ракета земља-ваздух против циљева великих брзина”.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милош Марковић, мастер инжењер машинства, рођен је 03.07.1987. у Београду. Године 2006. уписује Основне академске студије у трајању од три године на Машинском факултету у Београду, које је завршио 28.09.2009 год., чиме је стекао титулу инжењер машинства трогодишњих студија (скраћено инж.маш.3 г.-B.Sc.) са просечном оценом 7.73 (седам и 73/100). Исте године, у континуитету, уписује Дипломске академске студије на Машинском факултету у Београду, модул Војно машинство системи наоружања, где дипломира 25.10.2011.год., са просечном оценом 9.36 (девет и 36/100) и стиче звање Дипломирани инжењер машинства–Мастер (скраћено маг.инж.маш.), што одговара титули M.Sc. Завршни мастер рад (дипломски рад) реализује, такође, на модулу Војно машинство-системи наоружања, на теми "Експлозивно формиран пројектили".

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

По завршетку студија 2011. године, као стипендиста Компаније "Слобода-Чачак", одлази у Чачак, где је отпочео приправнички рад у производњи, као развојни инжењер производа наоружања и војне опреме. Ангажован је као учесник у тиму за трансфер специјалне домаће војне технологије за иностраног корисника, а у оквиру посебног програма развоја Војне индустрије Србије. По пријему у службу, као приправник, учествује на новим развојно-истраживачким пројектима.

Током рада у Компанији "Слобода-Чачак", активно учествује на положонским испитивањима а у оквиру редовних тестирања и развоја муниције као и наоружања, и тиме стиче посебну врсту знања и искуства.

Године 2012. уписује докторске студије на Машинском факултету у Београду у континуитету са радом, смер Системи наоружања, са професионалном и научно-истраживачком оријентацијом на области конструкције ракетног наоружања и ракетне технологије. Овакво интересовање исказује кроз програм одабраних предмета и лабораторијских вежби, као и оквирног усмерања докторске теме везане за ракетне системе, а посебно, за конструкцију и пројектовања ракета, лансера, опреме, система управљања ватром и интеграције наоружања.

Од 01.08.2013. године запослен је као асистент на Катедри за системе наоружања на Машинском факултету Универзитета у Београду када отпочиње да држи вежбе на Основним академским студијама на предметима: Увод у системе наоружања, Основи конструисања система наоружања, Конструкција ракетног наоружања и на Мастер академским студијама на предметима: Пројектовање ракета и лансера, Системи управљања ватром и Теорија лансирања. Такође истог датума отпочиње држање вежби страним студентима на Машинском факултету Универзитета у Београду на предметима: Missile system integration, Missile design, Fire Control Systems и Launching equipment. У последње три године учествовао је као члан комисије за израду дипломских радова кандидата:

1. Слободана В. Јовчића (наслов рада: "Анализа гасогенераторског погонског пу- њења ракетно-набојномлазне погонске групе"),
2. Радована Д. Ђурђевића (наслов рада: "Моделирање подсистема за армирање и осигурање механичког упаљача") и
3. Ahmed Rashed Al Zaabi (наслов рада: "Combat performances of non-line of sight missiles").

Активно учешће на пројекту које финансира Министарство просвете и науке под ознаком ИИИ47029 на тему, "Рентабилни избор нових технологија концепција од- бране кроз друштвене промене и стратешке оријентације Србије у 21.веку".

Активно се служи и користи различите софтверске пакете: Matlab, MathCad, SolidWorks, CorelDRAW, AutoCad, AUTODYN, Latex, Linux ОС и Origin. Активно се служи енглеским језиком, а пасивно руским језиком.

У оквиру плана истраживања на докторским студијама, кандидат је завршио до сада све предвиђене обавезе које су се састојале од обавезних и ускостручних предмета везане за тему доктората, лабораторија, публикација. Тренутно ради на писању докторске тезе под називом "Синтеза тактичких ракета земља-ваздух против циљева великих брзина".

У току научно-истраживачког рада за време докторских студија кандидат је објавио следеће радове:

Научни радови у категорији [M22]

1. Martić, I., Budimir, S., Mitrović, N., Maslarević, A., **Marković, M.**: Application and design of an economizer for waste heat recovery in a cogeneration plant, Thermal Science, Vol.20, 2015, pp.1-10 <http://thermalscience.vinca.rs/online-first/1832>
2. **Marković Miloš D.**, Milinović Momčilo P., Jeremić Olivera M., Jaramaz Slobodan S.: Simulation of changes in temperature and pressure fields during high speed projectiles forming by explosion, Thermal Science, OnLine-First Issue 00, Pages: 73-73, 2016, doi:10.2298/TSCI151217073M. <http://thermalscience.vinca.rs/online-first/1931>

Научни радови у категорији [M24]

3. **Markovic, M.**, Rasuo, B., Milinovic, M., Boulahlib, A.: Engagement Areas of Missiles in the Proportional Navigated Flight Powered by Air Breathing Engines, FME-Transactions, Volume 42, No 3, pp. 181-188, ISSN: 1451-2092, doi: 10.5937/fmet1403181M, 2014 http://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol42/3/2_mmarkovic.pdf

Научни радови у категорији [M33]

4. **Markovic, M.**, Elek, P., Jaramaz, S., Milinović, M., Micković, D.: Numerical and analytical approach to the modeling of explosively formed projectiles, 6th International Scientific Conference – OTEH 2014, Belgrade, 9-10 October 2014, ISSN 978-86-81123-71-3, pp. 235-241 <http://www.vti.mod.gov.rs/oteh14/elementi/rad/010.html>
5. **Marković, M.**, Milinović, M., Jeremić, O., Jaramaz, S.: Numerical modeling of temperature field on high velocity explosively formed projectile, 17th Symposium on thermal science and engineering of serbia, Sokobanja, Serbia, October 20-23, 2015, pp. 24-25, ISBN 978-86-6055-077-6

Научни радови у категорији [M51]

6. **Markovic, M.**, Milinovic, M., Elek, P., Jaramaz, S., Mickovic, D.: Comparative approaches to the modeling of explosively formed projectiles, Current issues of continuum mechanics and celestial mechanics, Tomsk State University, Part. 296, November 17-19, 2014, pp. 18-26.
7. Kari, O., Jeremic, M., Milinovic, D., Jerkovic, **Markovic, M.**, Shooting errors simulation initiated by barrel jumping of 40-mm turret guns, Problems of mechatronics (armament, aviation, safety engineering), ISSN 2081-5891, Military University of Technology, Poland, Vol. 5, No. 4, pp. 21-32.

Техничка решења [M82]

8. Мирко Јездимировић, Момчило Милиновић, Драгољуб Вујић, Оливера Јеремић, Милош Павић и **Милош Марковић**, Примена методе пропорционалне навигације на управљање и навођење беспосадне копнене платформе, инт. бр. 01/29791 (23.12.2014), бр. 3286/1 (24.12.2014), Одлука бр. 3286/3 од 26.12.2014.

Учешће у националним пројектима које финансира Министарство просвете и науке Републике Србије

1. Пројекат Итердисциплинарних Интегралних Истраживања бр. ИИИ-47029, 2011-2015 (2016) "Рентабилни избор нових технологија концепција одбране кроз друштвене промене и стратешке оријентације Србије у 21. веку", континуално од 2013. године.

Учешће у међународним-државним пројектима које реализује компанија „Слобода-Чачак“:

1. Пројекат А50, УТМ88, СМ, 23мм, и УТМ92, СП, 30мм "МАУСЕР", [класификован], учешће у реализацији од 2011. до 2012. године.
2. Пројекат Ч-59, 40мм Бофорс, [класификован], учешће у реализацији од 2011. до 2013. године.

Учешће у националним-државним пројектима које реализује компанија „Слобода-Чачак“:

3. Пројекат ПАП 57мм ХЦЕР-ББ, [класификован], учешће у реализацији од 2012. до 2013. године,
4. Пројекат 12.7Ч-ДШК, [класификован], учешће у реализацији од 2012. до 2013. године,

Пројекат П1-У, 57мм Бофорс УТМ12 СП, [класификован], учешће у реализацији од 2011. до 2013 године.

Детаљан преглед одслушаних и положених испита дато је у табели 1.

Табела 1.

Прва година (2012/2013)		Друга година (2013/2014)	
I семестар	II семестар	III семестар	IV семестар
Виши курс математике Проф.др.Слободан Радојевић Оцена: 9 (девет)	Одабрана поглавља из механике Проф.др.Зоран Митровић Оцена: 10 (десет)	Ефикасност и поузданост наоружања Проф.др. Момчило Милиновић Оцена: 10 (десет)	Истраживање и публикавање 4 Проф.др. Момчило Милиновић Оцена: 10 (десет)
Нумеричке методе Проф.др.Миодраг Спалевић Оцена: 9 (девет)	Одабрана поглавља балистике на циљу Проф.др.Предраг Елек Оцена: 10 (десет)	Управљање ватром и командно информациони системи Проф.др. Момчило Милиновић Оцена: 10 (десет)	Пројекат идеје докторске дисертације Проф.др. Момчило Милиновић Оцена: 10 (десет)
ОМНИР и комуникације Проф.др.М Недељковић Оцена: 9 (девет)	Динамика лета Проф.др.Бошко Рашуо Оцена: 10 (десет)	Истраживање и публикавање 3 Проф.др. Момчило Милиновић Оцена: 10 (десет)	
Аналитичка механика Профдр.Оливера Јеремић Оцена: 10 (десет)	Истраживање и публикавање 2 Проф.др. Момчило Милиновић Оцена: 10 (десет)		
Истраживање и публикавање 1 Проф.др. Момчило Милиновић Оцена: 10 (десет)			

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу биографских података кандидата, положених испита на докторским студијама, његових научних и стручних активности и остварених резултата, Комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Борбене карактеристике јединица за одбрану из ваздуха а самим тим и ракетног система односно ракете као такве, у складу са захтевима своди се на технолошки допринос перформанса војне јединице и то брзини њеног реаговања, дometу као и брзини реаговања саме ракете у току лета до циља који у новије време располажу са све већим маневарским карактеристикама захтевајући од ракете посебне маневарске перформансе за поуздано гађање. Технолошки садржај конструкције ракета и целокупног ракетног система који обезбеђује овакве перформансе захтева да се видовска и родовска организација ракетне ватре организује и прилагоди оваквим технологијама, са аспекта употребе као и са аспекта одржавања припреме итд. Побољшање перформанси у наведеном смислу подразумева технологије конструкције ракета са изразитим маневарским оптерећењима ради сустизања циљева који се брзо и нестационарно појављују у брањеном ваздушном простору. То је условило брзу такорећи хитну примену најновијих технологија које су углавном коришћење за космичке апарате, њихову минијатуризацију и прилагођавање перформанса великог дometа и високе прецизности управљања уз истовремено коришћење материјла којима се обезбеђује минимална маса уз максималну отпорност код ракета земља-ваздух. Посебно истакнуто управо у технологијама вођених ракета земља-ваздух, да се као нови задаци последњих 20 година постављају пред ракетама земља-ваздух могућност гађања ракетних пројектила већег калибра и дometа у форми већ познатог балистичког штита. Овакав тренд отпочео је као потреба за заштитом од ракета великог и средњег дometа али је применом нових технологија постављен као захтев и за одбрану од ракета малих дometа па и артиљеријских балистичких ракета тактичког дomet. На тај начин ракетна технологија земља-ваздух добија потпуно нове развојно технолошке изазове и тенденције са поменутиим високоманеварским карактеристикама и заштитом на што већим дometима у ваздушном простору.

То условљава посебан захтев за гађање циљева великих брзина са аспекта веома високе прецизности и вероватноће погађања собзиром да се у новом рату ракетама очекују удари из ваздушног простора краћи од једног дана. Због тога се прецизности приступа циљу и начину гађања циља размишља не само у фази пре лансирања ракете већ се користи читав низ допунских технологија за унапређење како њеног начина вођења и управљања тако и коначних технолошких решења за поуздано извршење погађања приступљеним циљевима. Од најинтензивније технолошки развијаних карактеристика ракетног наоружања је и могућност прецизног гађања циљева великих брзина, где се посебно истиче проблем гађања из покрета на брзопокретне ракетне циљеве што битно усложњава предходно поменуте захтеве и доводи ракету у ситуацију да суперпонира два кретања циља и властитог лансираног положаја.

Иначе поменути концепт балистичког штита створио је од ракета земља –ваздух категорију 4 и 5 генерације које се наводе у војним пројектима као најсавременије. Оваква оријентација у приступу пројектовања ракета чији би значај био допринос противваздухопловној одбрани тактичким а не само територијалним јединицама представља савремени тренд у широј области научно истраживачког рада уопште.

Овакав концепт тактичко техничких захтева за саме војне јединице чак и мањих размера у одбрани из ваздушног простора на истоку и западу, поред своје повећане борбене готовости, стратегијске свеобухватности има значај и за одбрану делова територије од ракетног напада на којима је таква јединица распоређена.

Дакле од перформанси таквих ракета се очекује, да се супротставе артиљеријским ракетним нападима у тактичким сукобима две стране. Такође треба напоменути, да се нова врста

тактичких ракета ракета земља-ваздух намењене трупној одбрани, развијају са тенденцијом ка вишенаменској употреби, чији је примарни задатак гађање балистичких циљева, а као секундарни задатак гађање широког спектра летелица (као што су хеликоптери, крстареће ракете, беспилотне летелице итд.) па чак и циљеви на земљи распоређени на месним угловима и већим висинама.

Дакле значајност оваквог истраживања истиче као суштинско питање савремено пројектовање ракетног наоружања односно ракете као основног носиоца главних перформанси система а која се за задатке оваквог типа сврставају у ред савремених тактичких технологија највишег нивоа са потпуно реновираним подсклоповима. Овакво реновирање односи се на све подсистеме саме ракете као што су бојева глава, глава за самонавођење, погонска група и управљање потиском као и енергетски и управљачки склопови за симултано извршење различитих функција лета манвра приступа циљу и гађање.

Веома мало пажње је усмерено ка интегралном истраживању начина пројектовања ракета специјалних намена с аспекта усаглашавања посебних задатака механике који намећу технолошке компромисе ради испуњења овако сложених задатака као што је погодак брзоманевришуће балистичке ракете великих брзина ракетним ударом са земље. То пружа могућност отварања нових научних приступа у разради теоријских решења у разради технолошких задатака. Стим у вези, докторат се базира на овом недостатку изучавања, у покушају да се постави основа за методолошки приступ концептуалог пројектовања ракета земља-ваздух трупне намене са оваквим иновираним задацима механике лета интегрисаним са спољном балистиком, а разрадиће се следећа посебна питања ради постизања нових циљева и то:

1. Решење проблема веома компликованих и оштрих захтева за реализацију маневарских трајекторија, са високим коефицијентима преоптерећења или бочног убрзања у хоризонталној и вертикалној равни, које треба компромисно разрадити са захтевима чврстоће конструкције ракете.
2. Решење иновираних и допуњених методама вођења на трајекторији у смислу коначне компензације кумулативне-укупне завршне грешке вођења на циљ која би била усаглашена са допунском балистиком гађања реализованом посебним корисним теретом.
3. Решење балистике на циљу са задатом грешком која одговара вероватноћи директног поготка ракетом, са жељеном математички моделираном вероватноћом, у динамичким високо нестационарним условима њиховог међусобног кретања.

Релевантни библиографски извори и резултати на које се надовазују истраживања из ове тезе:

1. F. Nesline and P. Zarchan. "Miss distance dynamics in homing missiles", 17th Fluid Dynamics, Plasma Dynamics, and Lasers Conference, AIAA Conferences, pp.84-98, 1984, Snowmass, CO, U.S.A.
2. Ericsson, L.E.: Rapid Computation of Missile Dynamics, AIAA 22nd Aerospace Sciences Meeting, Januar 9-12, 1984/Reno, Nevada.
3. David Stallard. "An approach to autopilot design for homing interceptor missiles", Navigation and Control Conference, pp.99-113, 1991, New Orleans, LA, U.S.A..
4. Kevin A. Wise and David J. B Roy. "Agile Missile Dynamics and Control", Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 21, No. 3 (1998), pp. 441-449. doi: 10.2514/2.4256

5. Der-Ren Taur, Jeng-Shing Chern, Der-Ren Taur, and Jeng-Shing Chern. "Optimal thrust vector control of tactical missiles", Guidance, Navigation, and Control Conference, pp.200-217, 1997, New Orleans,LA,U.S.A..
6. Shaferman and Yaakov Oshman. "Cooperative Interception in a Multi-Missile Engagement", AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, pp. 1-23, 2009, Chicago, Illinois.
7. M. J. Hemsch and J. N. Nielsen. "Equivalent angle-of-attack method for estimating nonlinear aerodynamics of missile fins", Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 20, No. 4 (1983), pp. 356-362. doi: 10.2514/3.25606
8. Millard L. Howard, Eugene N. Brooks JR., and Bernard F. Saffell JR.. "Missile Aerodynamic Predictions to 180"" Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 8, No. 5 (1971), pp. 488-494. doi: 10.2514/3.59682
9. F. G. Moore, L. Devan, and T. Hymer. "New semiempirical method for computing nonlinear missile aerodynamics", Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 30, No. 6 (1993), pp. 696-706. doi: 10.2514/3.26375
10. C. N. ADKINS. "Optimization of multistage rockets including drag", Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 7, No. 6 (1970), pp. 751-755. doi: 10.2514/3.30032
11. David G. Hull and David E. Salguero. "Missile sizing for ascent-phase intercept", Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 32, No. 3 (1995), pp. 445-449. doi: 10.2514/3.26635
12. Zarchan, P.: Tactical and Strategic Missile Guidance, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, Virginia 20191-4344, 2012.
13. Innocenti, M.: Nonlinear Guidance Techniques for Agile Missiles, Elsevier, pp.1131-1144, 2001.
14. Yan, L., Zhao, J., Shen, H., Li, Y.: Biased Retro-Proportional Navigation Law for Interception of High-speed Targets With Angular Constraint, Defence Technology, volume10, pp.60-65.
15. Kung, C.C, Chiang, F.L., Chen, K.Y., Wei, H.W., Huang, M.Y., Huang, C.M., Wang, S.K.: A New Proportional Pursuit Coupled Guidance Law With Actuator Delay Compensation, World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol.6, No5, pp.1177-1184, 2012.
16. Kadam, N.V.: Practical Design of Flight Control Systems: Some Problems and Their Solutions, Defence Science Journal, Vol.55, No3, pp.211-221, 2005.
17. Tiwari, P.K., Vora, P., Srinivasan, S. and Bhattacharjee, R.N.: 3-D Modified Proportional Navigation Guidance Law Based On a Total Demand Vector Concept, Defence Science Journal, Vol.55, No3, pp.281-291, 2005.
18. Chaudhary, A.B., Uttarkar, A.K.D., Vora, P. and Bhattacharjee, R.N.: Post Flight Analysis and Design Improvement in Command Guidance System for a Short Range Surface to Air Missile System, Defence Science Journal, Vol.55, No3, pp.293-305, 2005.
19. Sarkar, A.K, Vathsal, S., Sundaram, S., Mukhopadhyay, S.: Target Acceleration Estimation From Radar Position Data Using Neural Network, Defence Science Journal, Vol.55, No3, pp.313-328, 2005.
20. Huang, G.Y., Feng, S.S., Wang, F., Zhou, T.: An Optical Design Theory For Focused Fragmentation Warhead, Defence Science Journal, DOI:10.14429/dsj.62.1066, Vol.62, No4, pp.205-211, 2012.
21. Liu, C.Y., Chen, C.T.: Tracking The Warhead Among Objects Separation From The Reentry Vehicle in a Clear Environment, Defence Science Journal, Vol.59, No2, pp.113-125, 2009.
22. Marković Miloš D., Milinović Momčilo P., Jeremić Olivera M., Jaramaz Slobodan S.: Simulation of changes in temperature and pressure fields during high speed projectiles forming

by explosion, Thermal Science, OnLine-First Issue 00, Pages: 73-73, 2016, doi:10.2298/TSCI151217073M

23. Kumar, D., Mishra, R.N.: Angular Steering for Proportional Navigation-Commanded Surface To Air Guided Missile, Defence Science Journal, Vol.56, No4, pp.437-449, 2006.
24. Kashyap, S.K., Girija, G., Raol, J.R.: Error Model Converted Measurement and Error Model Modified Extended Kalman Filters for Target Tracking, Defence Science Journal, Vol.56, No5, pp.679-692, 2006.
25. Krishnabrahmam, V., Bharadwaj, N., Swamy, K.N.: Guided Missile With an Intelligent Agent, Defence Science Journal, Vol.50, pp.22-30, 2000.
26. Chander, A., Muralikrishna, I.V.: Real Time Mid Course Maneuver and Guidance of a Generic Reentry Vehicle, Defence Science Journal, doi:10.14429/dsj.63.4207, Vol.63, No4, pp.346-354, 2013.
27. LI, Y., YAN, Y., ZHAO, J.G., LIU, F., WANG, T.: Combined proportional navigation law for interception of high-speed targets, Defence Technology, Article in Press, pp.1-6, 2014.
28. Lloyd, R.M., Sebeny, J.L.: Novel penetrator study for defeat of ballistic missile payloads, International Journal of Impact Engineering, doi:10.1016/j.ijimpeng.2006.09.061, pp.380-389, 2006.
29. Mauro Pontani, Paolo Teofilatto: Simple method for performance evaluation of multistage rockets, Acta Astronautica, doi:10.1016/j.actaastro.2013.01.013, pp.434-445, 2014.
30. Marković Miloš, Rašuo Boško, Milinović Momčilo, Amine Boulahlib Mohammed: Engagement Areas of Missiles in The Proportional Navigated Flight Powered by Air Breathing Engines, FME Transactions, doi:10.5937/fmet1403181M, pp.181-188, 2014.
31. Richard M. Lloyd: Conventional Warhead Systems Physics and Engineering Design, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, Virginia 20191-4344, 1998.
32. Eugene L. Fleeman: Tactical Missile Design, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, Virginia 20191-4344, 2001.

3. Полазне хипотезе

У току разраде дисертације са овако сложеним интерактивним научним циљевима спрегнутим са технолошким задацима и инжењерским могућностима систематског пројектовања ракете усвојене су следеће хипотезе за разраду:

1. Општа хипотеза је да се унапређење савремених ракета земљ-ваздух мора вршити у правцу вероватноће поготка и уништења циљева директним поготком, а не приближним, што је тренутно стање конструкције досадашњих корисних терета на оваквим тактички ракетним пројектилима.
2. Да се маневарске способности ракете, даљим побољшањем издржљивости конструкције технологијама материјала, не могу унапређивати без обзира на начин управљања у току кретања ка ваздушном циљу. Ради тога се усваја хипотеза о граничним максималним коефицијентима преоптерећења у току маневра који се могу користити за недовољно поуздано погађање балистичког циља.

3. Усваја се хипотеза да је реализација максималних коефицијената преоптерећења потребних за овакву ракету изводљива допунским управљањем вектором потиска а не само аеродинамиком као код ракета које гађају спорије циљеве.
4. Да се недовољна маневарска способност која необезбеђује довољно малу грешку приступа циљу може компензовати за потребе директног поготка модернијом и ефикаснијом конструкцијом покретног корисног терета на оваквој ракети.
5. Да постоје услови вођења и управљања којима се може унапредити усаглашавање директног поготка оваквим корисним теретима са маневрисањем ракете у току вођеног лета а посебно у завршној фази приступа циљу.
6. Да се овакви сложени услови интеграције могу технолошки извести и усагласити са потребама општег масеног модела конструкције ракете по принципу минимума тежине.

4. Научне методе истраживања

Постављени математички модели који описују понашање како подсистема тако и система као ракете, захтевају посебне методе истраживања у овој научној области како би се што ефикасније и веродостојно добили резултати, на основу којих би се могао донети закључак о новим правцима конструкције и употреба оваквих ракета. Коришћене методе истраживања су:

1. Метода математичких анализа постојећих проблема механике лета вођења и приступа у циљу одређивање параметара и бројних вредности за постављање хипотеза.
2. Разрада нових математичких модела кинематике и динамике релативног кретања у складу са постављеним хипотезама.
3. Разрада и допуна постојећих математичких модела закона вођења и избор оптималних решења.
4. Симулација приступа ракете и циља у различитим условима гађања помоћу нелинеарно развијених математичких и кинематских модела сусрета.
5. Симулација оптималних решења нових корисних терета и ефикасности гађања и уништења брзопокретних циљева. Нумерички приступ заснован на методи коначних елемената као савремени приступ решавања овоког проблема, са поузданом тачношћу упоређујући резултате са доступним експерименталним подацима.
6. Методе аналитичке механике за описивање сложеног кретања компонената са n -степеном слободе у самој ракети у току лета у циљу што свеобухватнијег описа понашања подсистема на ракети.
7. Употреба одабраних статистичких метода за анализу грешке погађања и утицајних параметара.

5. Очекивани научни допринос

Према постављеним хипотезама, очекивани научни резултати истраживања у овој дисертацији су:

1. Нови критеријуми за избор расположивих концепција система вођења у зависности од задатог сценарија сусрета ракете и разматраног циља. Такви критеријуми дали би свеобухватнију слику перформанси нове ракете, као и постојећих у циљу њихове оптимизације.
2. Модификоване аналитичке методе за оцену геометрије сусрета ракете и циља у завршној фази лета. На основу модификованих аналитичких метода и њиховом упоредном анализом са нумеричким методама, као и применом вишепараметарске оптимизације, постављају се критеријуми за одабир одговарајућег корисног терета. Научни допринос увођењем нових идеја за комплементарно деловање корисних терета на циљу и његово усаглашавање са поменутиим параметрима лета.
3. Граничне перформансе постојећих метода вођења унапређују се и допуњавају новим којима се поступак вођења раздваја у складу са динамичким понашањем два спрегнута подскопа ракете и то управљачког дела погона и корисног терета.
4. Нове системе управљања спрегнуте са карактеристикама система вођења.
5. Нове конструкције и типови корисних терета као и захтева који проистичу из геометрије сусрета ракете и циља у терминалној фази а у складу са изабраним управљањем.
6. Иновиране параметре аеродинамике и динамике лета.
7. Нови критеријуми односа главних карактеристика погона, као извора брзине ракете и могућег дела одсека за управљање маневрисање ракетом у функцији усвојене концепције система вођења.
8. Нови приступ концептуалног пројектовања тактичких антибалистичких ракета и увођење њене мултифункционалности са аспекта поузданог гађања споријих ваздушних циљева али и поузданости гађања артиљеријских балистичких пројектила са задатом вероватноћом у трупној одбрани. До сада овакав приступ је примењиван на веће ракетне системе територијалне одбране

6. План истраживања и структура рада

Базни научни концепт проучавања проблема поменутог ракетног балистичког штита карактерише се, у фази развоја тактичко техничких захтева, анализама базираним на примењеној механици (динамици), задатке гађања и лета ракете. Оцењује се кроз два аспекта и то:

1. Аспект граничног кретања циља и захтеве које пред ракету поставља модел таквог кретања.
2. Аспект захтеваног и оствареног кретања ракете за реализацију погодка.

То пред конструктора ракете поставља захтеве за маневрисање ракете, како би у моделу њеног вођења било остварено кретање ка циљу са траженом поузданошћу поготка и дејством бојевбе главе која одговара геометрији сусрета.

Ово упућује на садржај анализе концепта балистичког штита са аспекта вероватноће погађања и поузданости употребе ракета такозване пете генерације за одбрану од раке-тног напада и усмерава га на анализу компонената и подсклопова који највише утичу на поменуте перформансе.

Анализом погонске групе оваквих нових концепата ракете отпочиње у дефинисању садржаја рада на овој теми. Анлизом погона маршевске фазе лета утврђује се могуће управљање потиском било као основног или допунског система ради постизања жељених перформанси маневра у току праћења циља код самонавођених ракета. У том смислу код анти-балистичких ракета главни садржај је утврдити прецизно однос главних карактеристика погона као извора брзине ракете затим погона као могућег дела одсека за управљање и маневрисање ракетом. Коначни корисни бојеви терет као главни одсек свих војних ракета мора бити комплементаран са својим функцијама поготка и уништења циља са маневрима којим се могу обезбедити погонском групом нарочито у фази приступа циљу. Задатак таквог усклађивања корисног терета ракете представља један од садржаја овог рада и огледа се у анализи и разради подсистема којим се може допунити ефикасност погађања и уништења циља директним поготком која је практично немогућа код било које врсте садашњих савремених ракетних пројектила. Иако је овакав захтев углавном везан за пројектиле категорије територијалног балистичког штита у заштити од ракетних удара са великих домета његова имплементација таквих захтева на тактичке антибалистичке ракете практично разрађује технологију која је апсолутно поуздана при гађању споријих ваздушних циљева али и поуздана са задатом верованоћом у тактичкој одбрани од артиљеријских балистичких пројектила.

Научни садржај концепта овакве дисертације огледа се у три главне:

4. Веома компликованим и оштрим захтевима маневрисања, са високим коефицијентима преоптерећења или бочног убрзања у хоризонталној и вертикалној равни, које треба прилогадити конструкцији и технолошким могућностима ракете употребом нових идеја и садржаја које следе из прецизне анализе и симулације оваквих механичких захтева.
5. Иновираним и допуњеним методама вођења на циљ у смислу коначне компензације кумулативне-укупне завршне грешке вођења.
6. Задато дејство на циљу са задатом грешком која одговара вероватноћи директног поготка на маневришући циљ граничне брзине на који се може дејствовати иновираном конструкцијом тактичке ракете земља-ваздух.

Анализирањем критеријума максималних перформанси ракете, врши се свеобухватна интеграција перформанси и масеног модела наменски коципиране ракете. За те потребе разрађују се следећи општи садржаји:

1. Симулацију и решење задатка употребом тако конципиране ракете који одређују класу одбране за циљеве ограничених перформанси који делују из ваздуха.
2. Концепцију динамички активног бојевог терета у завршној фази лета ради постизања директног поготка као допунског система за поправљање завршне грешке вођења.
3. Карактеристику и избор погонске групе за решење два интегрална задатка савремене ракете и то задатак лета и задатак управљања.
4. Избор аеродинамичке концепције ракете, у складу са карактеристикама наме-нског гађања циља, дакле њеног аеродинамичког облика, биће усаглашен са захтевима оптималне шеме управљања. Концепцијом погона, кроз детаљну анализу, бираће се

шема управљања вектором потиска како би се оствариле максималне поменуте маневарске карактеристике ракете.

5. Селекцију најважнијих перформанси и експерименталну потврду њихове ефикасности и изводљивости склопа таквих карактеристика.
6. Интегрисани масени модел усаглашених подсклопова са изабраним концепцијама од којих је свака у складу са перформансама која захтева оваква ракета.

7. Закључак и предлог

На основу анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата и студента докторских студија Милоша Марковића, маг. инж. маш., а сходно одлуци бр.1044/3 Наставно-научног већа донетој 02.06.2016. године, Комисија за подношење извештаја о прихватању теме и оцену научне заснованости докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације, као и да кандидат - студент докторских студија испуњава законске и друге услове за рад на предметној докторској дисертацији, тако да предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату и студенту докторских студија:

Милошу Марковићу, маг. инж. маш.,
одобри израду докторске дисертације са темом:

СИНТЕЗА ТАКТИЧКИХ РАКЕТА ЗЕМЉА-ВАЗДУХ ПРОТИВ ЦИЉЕВА ВЕЛИКИХ БРЗИНА

научна област: **Војно машинство-системи наоружања.**

За ментора кандидата током рада на овој докторској дисертацији предлаже се **проф. др Момчило Милиновић, редовни професор**, на Катедри за системе наоружања Машинског факултета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Момчило Милиновић, редовни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....
др Слободан Јарамаз, редовни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....
др Дејан Мицковић, редовни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....
др Предраг Елек, ванредни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....
др Дарко Васиљевић, виши научни сарадник
Институт за физику, Београд

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Момчило Милиновић

Звање: редовни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Marković Miloš D, Milinović Momčilo P, Jeremić Olivera M, Jaramaz Slobodan S (2015) Simulation of Change in Temperature and Pressure Fields During High Speed Projectiles Forming by Explosion, THERMAL SCIENCE, Online first, doi: 10.2298/TSCI151217073M
2. Kapor Nenad J, Milinovic Momcilo P, Jeremic Olivera M, Petrovic Dalibor P (2015) Deterministic Mathematical Modelling of Platform Performance Degradation in Cyclic Operation Regimes, STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, vol. 61, br. 3, str. 167-175
3. Milinovic Momcilo P, Petrovic Dalibor P, Jeremic Olivera M, Kovac Mitar (2014) Discrete Deterministic Modelling of Autonomous Missiles Salvos, DEFENCE SCIENCE JOURNAL, vol. 64, br. 5, str. 471-476
4. Jaksic Zoran S, Milinovic Momcilo P, Randjelovic Danijela V (2012) Nanotechnological Enhancement of Infrared Detectors by Plasmon Resonance in Transparent Conductive Oxide Nanoparticles, STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, vol. 58, br. 6, str. 367-375
5. Milinovic Momcilo P, Jerkovic Damir, Jeremic Olivera M, Kovac Mitar (2012) Experimental and Simulation Testing of Flight Spin Stability for Small Caliber Cannon Projectile, STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, vol. 58, br. 6, str. 394-402
6. Sicovic Aleksandar, Milinovic Momcilo P, Jeremic Olivera M (2011) Experimental Equipment Research for Cryogenic Joule-Thompson Cryocoolers Comparison in IR Technology Sensors, STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, vol. 57, br. 12, str. 936-946

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
