

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ФАКУЛТЕТ ЗА МАШИНСТВО И ГРАЂЕВИНАРСТВО У КРАЉЕВУ

НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ
ВЕЋЕ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ

ПРЕДМЕТ: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, кандидата **Миодрага Миленковић-Бабића**, дипл. маш. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву број 714/2 од 26.06.2020. године (сагласно одлукама Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-207/15 од 13.03.2020. године и број IV-04-716/12 од 14.10.2020. године), одређени смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата **Миодрага Миленковић-Бабића** под називом:

**"УЗДУЖНА СТАБИЛНОСТ И УПРАВЉИВОСТ ЈЕДНОМОТОРНОГ
НИСКОКРИЛЦА ПОГОЂЕНОГ ЕЛИСНОМ ПОГОНСКОМ ГРУПОМ"**

На основу увида у предложену докторску дисертацију и Извештаја Комисије за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације, докторског уметничког пројекта (број III-01-1315 од 24.12.2019. године, и број III-01-161/28 од 27.02.2020. године) Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно – научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у области истраживања

Докторска дисертација кандидата Миодрага Миленковић-Бабића, дипл. инж. маш. представља резултат мултидисциплинарног научно-истраживачког рада у актуелној научној области која се односи на анализу стабилности кретања летелице, а посебно на испитивање утицаја доприноса погонске групе са вучном елисом. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, ова докторска дисертација представља јединствен и оригиналан научни рад са најважнијим резултатом који се огледа у унапређењу тачности прорачуна аеродинамичких дериватива стабилности вучне/потисне силе погонске групе са елисом.

У оквиру дисертације, Кандидат је дошао до резултата и закључака који имају научни значај у циљу побољшања, како процеса пројектовања, тако и оперативне поузданости летелица. Тренутно стање науке омогућава анализу стабилности летелица на основу расподеле оптерећења добијеног различитим методама нумеричких симулација и упоређивањем овако добијених резултата са аеротунелским испитивањима. Међутим, прорачун пуног модела летелице са елисом, захтева велике рачунарске ресурсе. Најпоузданији резултати добијају се у току летних испитивања. Посебан допринос дисертације представља верификација предложеног унапређења тачности прорачуна аеродинамичких дериватива стабилности кроз добијене експерименталне резултате испитивања разматране летелице са освртом на актуелне ваздухопловне прописе.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада Кандидата у одговарајућој научној области

Комисија сматра да докторска дисертација Кандидата представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је актуелна и значајна за развој испитивања динамичког понашања и стабилности кретања летелица. Кандидат је детаљно обрадио тему користећи теоријске основе научних дисциплина релевантних за ову проблематику. Такође, систематизована су постојећа знања, искуства као и научни и стручни резултати публиковани у релевантној литератури и научним радовима.

У дисертацији је успешно дефинисан предмет истраживања и методологија његовог решавања. Приказани резултати истраживања унапређују општи систем знања из области стабилности и управљивости летелица експерименталним и прорачунским путем. Унапређењем нумеричког модела за решавање постављеног проблема и спроведеним приказаним експерименталним истраживањима применом савремене мерне опреме, Кандидат је показао способност за самостално бављење научним радом.

3. Преглед остварених резултата Кандидата у одређеној научној области

Миодраг Миленковић-Бабић дипл. маш. инж. рођен је 19.12.1983. године, у Београду. Завршио је средњу електро-техничку школу "Никола Тесла" у Београду. Студије на Машинском факултету Универзитета у Београду је започео 2003. године и дипломирао на одсеку за ваздухопловство 26.05.2008. године са просечном оценом 8,56. Докторске академске студије на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу, уписао је 2016. Године. Од маја 2011. године запослен је у Војнотехничком институту у Београду. Тренутно је на месту водећег истраживача у Сектору за ваздухопловство. У Војнотехничком институту учествовао је у реализацији различитих истраживања. Тренутно је активно укључен у реализацију следећих истраживачких задатака:

- истраживање у области даљински пилотираних ваздухоплова,
- истраживање у области прорачунске и експерименталне аеродинамике ваздухоплова,
- истраживање у области прорачунског и експерименталног одређивања века ваздухопловне структуре са аспекта замора.

Као сарадник ангажован је и на другим истраживачким, функционалним и развојним задацима у Војнотехничком институту.

У Сектору за ваздухопловство ради на пословима везаним за проблематику прорачунске и експерименталне аеродинамике ваздухоплова, стабилности и управљивости летелица, интеграцији подвесних средстава на ваздухопловима, модификацијама и сагледавању даљих могућности развоја авиона и беспилотних летелица. Поред тога ради на развоју методологије пројектовања динамике лета авиона са класичним командама, као и на изради закона управљања беспилотних летелица. Од почетка 2019. године руководио је истраживачког задатка "Истраживање могућности употребе дрона као беспосадних платформи за борбена и електронска дејства и снабдевање" у Војнотехничком институту.

Кандидат је дао допринос у току испитивања авиона ЛАСТА по питању финесе, ковитата, стабилности и предзнака превученог лета и током испитивања тактичке беспилотне летелице Врабац. Авион ЛАСТА и тактичка беспилотна летелица Врабац уведени су у наоружање и војну опрему (НВО) Републике Србије.

Успешно је похађао семинаре у области опремања НВО. Више пута је похваљен за велики допринос приликом учешћа на овим семинарима. Више пута је награђиван откако је запослен у Војнотехничком институту за постигнуте успехе у научноистраживачком раду и вршењу службе.

У документацији Војнотехничког института аутор/коаутор је 12 Техничких извештаја, 6 Програма испитивања и једног Техничког решења.

До сада је публиковао 1 рад категорије М21а, 2 рада категорије М23, 5 радова категорије М33, 1 рад категорије М51 и једно техничко решење категорије М84 из истраживања у оквиру теме ове докторске дисертације:

Рад штампан у међународном часопису изузетних вредности – М21а

1. Milenković-Babić M., Samardžić M., Stojaković. P., Rašuo. B., *Stability characteristics of the single engine tractor propeller in climb*, Aerospace Science and Technology, 46 (2015) 227-235, ISSN 1270-9638

Радови у међународном часопису – М23

1. Milenković-Babić M., Samardžić M., Antonić. V., Marjanović. M., Stefanović. V., *Longitudinal stability characteristics of the LASTA airplane*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol. 89 Issue: 6, (2017) pp.911-919, <https://doi.org/10.1108/AEAT-02-2016-0026>
2. Milenković-Babić M., *Propeller thrust force contribution to airplane longitudinal stability*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol. 90 Issue: 9, (2018) pp.1474-478, <https://doi.org/10.1108/AEAT-04-2017-0104>

Саопштења са међународног скупа штампана у целини – М33

1. Ilić D., Dević V., Velimirović K., Antić V., Milenković-Babić M., *Analysis of LASTA Aircraft Improvement by Integration of a Turboprop Powerplant*, 6th International Scientific Conference OTEH, pp. 209-215, 9-10. October, 2014, ISBN 978-86-81123-71-3
2. Stojaković P., Rašuo B., Pucijašević M., Milenković-Babić M., *The Analysis of the Airplane Transients After Pilot Bail-out*, 6th International Scientific Conference OTEX, pp. 198-203, 9-10. October, 2014, ISBN 978-86-81123-71-3
3. Antić V., Milenković-Babić M., Jungić N., Aircraft conceptual design using multidisciplinary optimization, 8th international scientific conference on defensive technologies OTEH 2018, pp. 88-93, 11-12. October, 2018.
4. Milenković-Babić M., Antić V., Prodić M., Stefanović-Gobeljić V., Jovičić S., Take-off and landing distance of the LASTA trainer, 8th international scientific conference on defensive technologies OTEH 2018, pp. 09-15, 11-12. October, 2018.
5. Jovičić S., Brkljač N., Tomić Lj., Milenković-Babić M., Ejection systems and human factor influence on decision phase, ICDQM-2019 22. Međunarodna konferencija "Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću", 7-28 jun 2019.

Радови у водећем часопису националног значаја – М51

1. Milenković-Babić M., Antić V., Prodić M., Stefanović-Gobeljić V., Radonjić R., Jovičić S., Nedić N., Aircraft Lasta Take-Off and Landing Performance, Scientific Technical Review, Vol. 69, pp. 32-38, 11-12. October, 2019.
<https://doi.org/10.5937/str1901032M>

Техничко и развојно решење – Битно побољшан постојећи производ или технологија М84

1. Николић М., Марјановић А., Трајковски И., Здравковић М., Огњановић О., Велимировић К., Перковић С., Антонић В., Миленковић-Бабић М., ПИТО-СТАТИЧКИ МЕРАЧ БРЗИНЕ И ВИСИНЕ, Одлука бр. 01/94-332 од 17.12.2015.

4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Миодрaга Миленковић-Бабића, дипл. инж. маш. по обиму и садржају у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања, докторска дисертација у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове и критеријуме за израду и садржај докторских дисертација.

Резултати истраживања су у писаном делу дисертације изложени на 102 странице. У раду је приказано 68 графичких илустрација и цитирано је 113 релевантних библиографских података.

Садржај дисертације обухвата 10 поглавља:

1. Увод
2. Увод у стабилност и управљивост авиона
3. Процена уздужне статичке стабилности
5. Прорачунски резултати анализе стабилности авиона ЛАСТА-П2
6. Верификација прорачунских резултата експерименталним испитивањима
7. Анализа утицаја подвесних средстава на стабилност авиона
8. Управљивост авиона
9. Закључак и правци даљег истраживања
10. Прилог ESDU 89047 (ИЗЛАЗНИ ФАЈЛ)
11. Литература

У првом поглављу дефинисан је предмет и значај истраживања, циљ дисертације, доприноси и актуелност истраживања. Посебан акценат стављен је на значај проблема који се решава у оквиру дисертације.

У другом поглављу дат је увод у теорију стабилности и управљивости авиона, дефинисане су једначине кретања, критеријуми стабилности и управљивости и уводне напомене о критеријумима стабилности на основу важећих ваздухопловних прописа.

У трећем поглављу дат је детаљан опис процене уздужне стабилности авиона и доприноса сваког дела авиона укупној уздужној стабилности уз прецизно навођење литературе која третира ову проблематику. Приказан је поступак оцене карактеристика стабилности и управљивости авиона на основу резултата летних испитивања, резултата испитивања модела авиона у аеротунелу и резултата добијених применом нумеричке динамике флуида.

У четвртном поглављу приказани су прорачунски резултати анализе стабилности разматраног једномоторног нискокрилца авиона ЛАСТА-П2 како за предњу тако и за задњу центражу авиона. Посебан акценат је стављен на допринос погонске групе са елисом где је приказан модификован прорачун доприноса утицаја вучне/потисне силе погонске групе са елисом. Модификовани прорачун омогућава да се процени утицај погонске групе без познавања поларе летелице што представља битну предност у односу на актуелне прорачунске методе.

У петом поглављу представљена је верификација прорачунских резултата експерименталним испитивањима стабилности разматраних конфигурација авиона ЛАСТА-П2 са посебним освртом на актуелне ваздухопловне прописе. Такође, обрађени су резултати летних испитивања, израђен је прорачун неутралне тачке авиона на основу експерименталних резултата и приказан је утицај асиметрије вучне силе погонске групе са елисом авиона ЛАСТА-П2.

У шестом поглављу размотрен је утицај интеграције подвесних средстава на промену карактеристика стабилности разматраног авиона ЛАСТА-П2. Уједно, ови резултати дају смернице за будућа испитивања и евентуалну могућност проширења намене авиона за војне мисије.

У седмом поглављу дефинисана је управљивост авиона, поступак процене потребних одклона управљачких површина као и прорачуна силе на пилотској палици услед одклона крмила висине. Експерименталним путем извршена је верификација прорачунских резултата карактеристика управљивости авиона ЛАСТА-П2.

У осмом поглављу, на основу свеобухватне анализе резултата истраживања, формулисани су закључци и дефинисани правци даљег рада на могућем унапређењу постојећих метода прорачуна стабилносних карактеристика летелица.

На крају дисертације, у деветом поглављу у прилогу су дати прорачунски резултати утицаја нормалне силе елисе коришћењем ESDU методе, а у десетом поглављу је дат списак коришћене литературе по редоследу навођења у тексту.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Миодраг Миленковић-Бабић, дипл. инж. маш., је у оквиру докторске дисертације, на веома детаљан, прецизан и свеобухватан начин, извршио систематизацију и критичку анализу постојећих знања и искустава из области испитивања динамичког понашања и стабилности кретања једномоторног нискокрила погоненог елисом погонском групом. Испитивања су урађена на авиону ЛАСТА-П2.

Најважнији научни резултат урађених истраживања је унапређење тачности прорачуна аеродинамичких дериватива стабилности једномоторног нискокрила у случају када је потребно обезбедити безбедоносну границу анvelope лета на малим висинама лета и великим нападним угловима. Модификован прорачун доприноса вучне/потисне силе елисе укупној стабилности летелице омогућава тачнију и једноставнију процену овог дериватива. Поред тога, модификован прорачун не захтева познавање поларе летелице приликом прорачуна доприноса вучне/потисне силе елисе. Прорачун на адекватан начин објашњава физикалне процесе који се дешавају током малих поремећаја стационарног режима кретања летелице. Верификација прорачунских резултата урађена је кроз велики број летних испитивања у Техничком опитном центру у Београду.

Резултати истраживања односе се на задњу центражу, за коју је питање стабилности критично, као и на предњу центражу где се намеће проблем управљивости, односно могућности да се са расположивим одклоном команде оствари тражени маневар. Приказани приступ у анализи стабилности и управљивости летелице је од изузетног значаја када је потребно одредити безбедносну границу летелице на малим висинама лета и великим нападним угловима.

Резултати истраживања у оквиру ове дисертације су веома значајни са теоријског а посебно практичног аспекта, пре свега због специфичног прорачунског и експерименталног приступа моделирања понашања летелице. Ова дисертација се може сврстати као допуна домаће и стране литературе из области решавања сложеног проблема стабилности и управљивости летелица. Добијени резултати представљају добру основу и отварају могућности за даља истраживања у овој области која се односе на интеграцију различитих подвесних средстава на летелици и унапређење постојећих прорачунских метода.

6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси. Приказани резултати су вишеструко употребљиви, јер могу да послуже као водич у процесу пројектовања нових летелица и даљем развоју постојећих. Такође, приказана су поређења са тренутно доступним подацима о летелицама у употреби сличне или исте намене. Резултати упућују на проблеме у конструкцији који се могу појавити ако се не посвети довољна пажња свим критичним режимима лета.

Кроз веома добар методолошки приступ анализирана је стабилност и управљивост летелице, а метода је верификована летним испитивањима. Приказан је прорачун доприноса вучне силе укупној стабилности летелице. Овај прорачун на одговарајући начин приказује и објашњава процесе који се дешавају током малих поремећаја стационарног режима кретања летелице.

7. Начин презентирања резултата научној јавности

Научни резултати добијени у оквиру докторске дисертације презентовани су објављивањем научних радова у међународним научним часописима највишег ранга из научне области којој припада тема дисертације. У овим радовима штампаним у међународним часописима Кандидат је први аутор. Такође, Кандидат је објавио радове са приказаним резултатима истраживања на међународним научним конференцијама из области којој припада тема дисертације.

Комисија сматра да истраживања и резултати докторске дисертације пружају користан материјал за даље публикување у међународним и националним научним часописима и скуповима, који се баве теоријским и експерименталним проблемима стабилности и управљивости летелица.

На основу података приказаним у претходним тачкама овог извештаја, Комисија доноси следећи:

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу извршене анализе докторске дисертације Комисија је утврдила да је дисертација у потпуности реализована сагласно плану истраживања и постављеним хипотезама односно према извештају Комисије за оцену подобности Кандидата и теме докторске дисертације.

Општи утисак је да је тема којом се Кандидат бави у дисертацији обрађена детаљно са јасно изложеним проблемима, специфичностима метода које се примењују и поређењем резултата са другим ауторима. Научни допринос дисертације верификован је објављивањем резултата ове дисертације у радовима штампаним у водећим међународним часописима из уже научне области којој припада тема дисертације, а у којима је Кандидат први аутор.

На основу свега што је горе наведено, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Миодрага Миленковић-Бабића**, дипл. маш. инж. позитивно оцењује урађену докторску дисертацију под називом:

**"УЗДУЖНА СТАБИЛНОСТ И УПРАВЉИВОСТ ЈЕДНОМОТОРНОГ
НИСКОКРИЛЦА ПОГОЂЕНОГ ЕЛИСНОМ ПОГОНСКОМ ГРУПОМ"**

и предлаже Наставно-научном већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву да се Извештај усвоји и да Кандидата позове на јавну одбрану.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Часлав Митровић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет,
ужа научна област: Ваздухопловство, председник Комисије

др Иван Костић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет,
ужа научна област: Ваздухопловство, члан

др Александар Бенгин, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет,
ужа научна област: Ваздухопловство, члан

др Славиша Шалинић, ванредни професор,
Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и
грађевинарство у Краљеву,
ужа научна област: Примењена механика, члан

др Марија Самарцић, научни сарадник,
Војнотехнички институт, доцент Универзитета одбране,
ужа научна област: Ваздухопловство, члан

12.11.2020.