

## **ИЗБОРНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат Комисије о пријављеним кандидатима за избор у звање доцента за ужу научну област Ваздухопловство

На основу одлуке Изборног већа Машинског факултета број 68/2 од 18.01.2018. године, а по објављеном конкурс за избор једног доцента на одређено време од 5 година са пуним радним временом за ужу научну област Ваздухопловство, именовани смо за чланове Комисије за подношење реферата о пријављеним кандидатима.

На конкурс који је објављен у листу "Послови" број 761 од 24.01.2018. године пријавио се један кандидат и то

др **Оливера Костић**, дипл. маш. инж.

На основу прегледа достављене документације подносимо следећи

## **РЕФЕРАТ**

### **А. Биографски подаци**

Оливера Костић (рођена Живковић), дипломирани инжењер машинства, рођена је 26.11.1969. год. у Београду, где је завршила основну школу, а затим Математичку гимназију. Машински факултет Универзитета у Београду уписала је 1988. године. Дипломирала је на Одсеку за ваздухопловство 1994. године са просечном оценом 8,79, одбранивши дипломски рад са оценом 10. Након дипломирања, уписала је магистарске студије на Одсеку за ваздухопловство, а магистарску тезу „Интерференција крило-груп методом панела“ под менторством проф. др Слободана Ступара одбранила је 22. 12. 2006. године.

Након завршетка дипломских студија 1994. године, била је запослена три године у Институту за ваздухопловство Машинског факултета у Београду у статусу „сарадник-таленат“ и у том периоду је активно учествовала на већем броју актуелних пројеката.

Од фебруара 1999. године радила је у „Визахем-Рекорд“ ДОО у Београду прво на радном месту „Технолог одржавања процесних машина и опреме“, а од 2006. до 2008. године као „Шеф техничко-енергетског бироа“.

Од јула 2008. до септембра 2010. године радила је у фирми „Верс“ ДОО као одговорно лице за испитивање услова радне околине.

Од 15. 09. 2010. године радила је као сарадник у Иновационом центру Машинског факултета Универзитета у Београду.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду од 17.10.2014. изабрана је у звање „истраживач-сарадник“, а од 27. 11. 2015. запослена је на месту асистента за ужу научну област ваздухопловство на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду.

У току рада у Институту за ваздухопловство Машинског факултета у Београду, у периоду од 1994. до 1998. године, у области ваздухопловних пројеката радила је на пословима пројектовања и испитивања лопатица репног ротора хеликоптера Ми-8 од пластичних композитних материјала, као и на статичким, динамичким и фреквентним испитивањима композитних крила ваздухопловне једрилице „Вук-Т“, за потребе ванредног одржавања и обнављања пловидбености. У области неваздухопловних пројеката овог Института била је укључена у послове пројектовања, прорачуна, израде и испитивања резервних композитних крила вентилатора расхладних торњева од 110 MW термоелектране „Колубара“, као и на репројектовању лопатице ротора 38. ступња парне турбине ниског притиска за исту термоелектрану.

Током рада у Иновационом центру Машинског факултета Универзитета у Београду, од 2010 године до данас, учествовала је на пројекту лаког авиона BS-03 и коаутор је 27 извештаја везаних за овај пројекат.

Коаутор је једне књиге и више научно-стручних радова. Поседује активно знање енглеског језика. Члан је (својевремено) Југословенског ваздухопловног друштва, данас – Српског ваздухопловног друштва.

### **Подаци о магистратури**

Наслов тезе: Интерференција крило-труп методом панела

Област: машинство-ваздухопловство

Ментор: проф. др Слободан Ступар

Факултет: Машински факултет Универзитета у Београду

Датум одбране: 22. 12. 2006. године

### **Б. Дисертација**

Докторска дисертација Оливере Костић, под називом “Нумеричка симулација струјног поља ваздуха у надзвучном млазнику са препреком на излазу” (УДК број: 621.45.05-53:533.6.011:519.6(943.3)) припада области Техничких наука, научна област Машинство - ваздухопловство. Ментор дисертације био је др Зоран Стефановић, редовни професор на Катедри за Ваздухопловство Машинског факултета у Београду.

Рад на овој дисертацији одобрен је одлуком Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду бр. 61206-1758/2014 са седнице 12.05.2014. те Закључком декана Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 1115/1 од 27.05.2014. год.

Кандидаткиња је докторску дисертацију успешно одбранила дана 14.09.2016. године пред комисијом у саставу др Зоран Стефановић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду у пензији, др Слободан Ступар, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, др Александар Симоновић, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, др Марко Милош, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду и др Слободан Гвозденовић, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду и стекла научни степен доктора техничких наука – област Машинство (уверење бр. 506/7 од 30.10.2017. - Машински факултет Универзитета у Београду).

## В. Наставна активност

У току рада у Институту за ваздухопловство Машинског факултета у Београду, у периоду од 1994. до 1998. године, држала је вежбе на предмету Програмирање, на првој години додипломских студија.

На основу одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду од 16.10.2014. године, у својству истраживача – сарадника, ангажована је за извођење вежби на предметима:

- Аеродинамичке конструкције на ОАС
- Примењена аеродинамика на МАС
- Аеродинамика великих брзина на МАС.

На истим предметима обавља наставу и у садашњем звању асистента на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду.

Кандидаткиња је показала велико ангажовање у извођењу наставе, коју реализује на високом педагошком нивоу, студиозно се припремајући за аудиторне вежбе, дајући студентима прилику да покажу своје знање и иницијативу кроз непосредну комуникацију са њима. Према резултатима анонимне анкете студената, на основу Правилника о студентском вредновању педагошког рада наставника и сарадника Универзитета у Београду, оцењена је високим оценама током мандата у звању асистента (Извештај Центра за квалитет наставе и акредитацију – ЦКНА Машинског факултета број 165/2 од 23.01.2018. године):

По годинама и свим предметима:

Година	Предмет	Средња оцена
2015-2016	ПРИМЕЊЕНА АЕРОДИНАМИКА АЕРОДИНАМИЧКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ АЕРОДИНАМИКА ВЕЛИКИХ БРЗИНА	4.66
2016-2017	ПРИМЕЊЕНА АЕРОДИНАМИКА АЕРОДИНАМИЧКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ АЕРОДИНАМИКА ВЕЛИКИХ БРЗИНА	4.42

По предметима за цео период:

Година	Предмет	Средња оцена
Од 2015-2016 до 2016-2017	ПРИМЕЊЕНА АЕРОДИНАМИКА	4.91
	АЕРОДИНАМИЧКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ	4.23
	АЕРОДИНАМИКА ВЕЛИКИХ БРЗИНА	4.71

Оливера Костић је коаутор књиге:

- Драган Цветковић, Часлав Митровић, Иван Костић, Александар Бенгин, Драгољуб Бекрић, Саша Јеремић, Сузана Поповић, Оливера Живковић: *Војни авиони и хеликоптери - основни подаци и огољене конструкције*, YU ISBN 86-7991-021-X, издавач СЕТ - Computer Equipment and Trade, обим 192 стране, Београд 1995.

која се користи као помоћна наставна литература на предметима из области аеродинамике и конструкције летелица.

У току досадашњег рада учествовала је као у фази израде, тако и у својству члана комисије за оцену 5 дипломских (MSc) радова студената катедре за ваздухопловство.

У току школских година 2016/17 и 2017/18, у оквиру сарадње са другим високошколским установама, радно је ангажована у настави на Војној академији Универзитета одбране Републике Србије, на предмету Аеродинамичке конструкције, по одлукама ННВ Војне

академије бр. 10-633 од 29.07.2016. и бр. 52-616 од 13.07.2017. године, као и одлукама ННВ Машинског факултета Универзитета у Београду бр: 2125/3 од 29.09.2016. и 2435/10 од 19.10.2017. године.

## **Г. Библиографија научних и стручних радова**

### **Г.1 Радови објављени у научним часописима међународног значаја (М20)**

#### **Радови у међународном часопису (М23)**

1. Костић О., Стефановић З., Костић И.: *Comparative CFD Analyses of a 2D Supersonic Nozzle Flow with Jet Tab and Jet Vane*, Tehnički vjesnik – Technical Gazette, Vol. 24, No 5, 2017, pp. 1335-1344. (ISSN 1330-3651, IF за 2016 годину: 0.723).
2. Шекутковски Б., Костић И., Стефановић З., Симоновић А., Костић О.: *A Hybrid Rans-Les Method with Compressible K-Omegasstsas Turbulence Model for High Reynolds Number Flow Applications*, Tehnički Vjesnik - Technical Gazette, Vol. 22, No 5, 2015, pp. 1237-1245. (ISSN 1330-3651, IF за 2015 годину: 0.464).
3. Костић И., Стефановић З., Петровић З., Костић О., Essari A.: *Hybrid Approach in the Initial Aerodynamic, Stability and Performance Calculations of a Light Aircraft*, Tehnički vjesnik – Technical Gazette, Vol. 20, No 4, 2013, pp. 605-614. (ISSN 1330-3651, IF за 2013 годину: 0.615).

#### **Радови у националном часопису међународног значаја (М24)**

4. Костић О., Стефановић З., Костић И.: *CFD Modeling of Supersonic Airflow Generated by 2D Nozzle With and Without an Obstacle at the Exit Section*, FME Transactions, Vol. 43, No 2, 2015, pp. 107-113.
5. Костић И., Стефановић З., Костић О.: *Aerodynamic Analysis of a Light Aircraft at Different Design Stages*, FME Transactions, Vol. 42, No 2, 2014, pp. 94-105.

### **Г2. Зборници међународних научних скупова (М30)**

#### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33)**

6. Костић И., Костић О., Стефановић З.: *Computational 2d Analyses Of Several Jet Vane Types Aimed For The Rocket Engine Thrust Vector Control*, Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Congress of Serbian Society of Mechanics, ISBN 978-86-909973-6-7, Mountain Tara, Serbia 2017, pp. 11e 1-10.
7. Стефановић З., Костић И., Костић О.: *Determination of Aerodynamic Characteristics of a Light Aircraft Using Viscous CFD Modeling*, Proceedings of the 8<sup>th</sup> international Symposium Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering – KOD 2014, ISBN 978-86-7892-615-0, Balatonfüred, Hungary 2014, pp.109-116.
8. Стефановић З., Костић И., Костић О.: *Preliminary Aerodynamic Analyses of a New Light Aircraft in Symmetrical Flight Configurations*, Proceedings of the 7<sup>th</sup> international Symposium Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering – KOD 2012, ISBN 978-86-7892-399-9, Balatonfüred, Hungary 2012, pp. 97-104.
9. Стефановић З., Костић И., Костић О.: *Efficient Evaluation of Preliminary Aerodynamic Characteristics of Light Trainer Aircraft*, Proceedings of International Conference on Innovative Technologies IN-TECH 2011, Bratislava, Slovakia 2011, pp. 520-523.

### Г3. Радови у часописима националног значаја (М50)

#### Радови у водећем часопису националног значаја (М51)

10. Стефановић З., Костић И., Костић О.: *Determination of Aerodynamic Characteristics of a Light Aircraft Using Viscous CFD Modeling*, Machine Design, Vol. 6, No 3, 2014, pp. 71-78. (Рад по позиву редакције са конгреса KOD 2014, у часопису категорисан као Original scientific paper).
11. Стефановић З., Костић И., Костић О.: *Efficient Evaluation of Preliminary Aerodynamic Characteristics of Light Trainer Aircraft*, Engineering Review, ISSN 1330-9587, Vol. 32, No 1, 2012, pp. 49-56. (Научни рад проистекао из излагања на конгресу IN-TECH 2011, објављен по позиву редакције као проширена и допунски рецензирана верзија)

### Г4. Зборници скупова националног значаја (М60)

#### Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (М63)

12. Живковић О., Костић И.: *Примена методе носећих површина у прелиминарној анализи међусобног утицаја узгонских површина - XXII југословенски конгрес теоријске и примењене механике ЈУМЕН '97, Врњачка Бања 1997, стр. 63-68.*
13. Цветковић Д., Костић И., Митровић Ч., Бенгин А., Бекрић Д., Јеремић С., Поповић С., Живковић О.: *Пројектовање, израда и експлоатација композитних лопатица вентилатора расхладних кула ТЕ "Колубара" , Међународни научноразвојни симпозијум "Ставаралаштво као услов привредног развоја", Београд 1996, стр. 56-63.*
14. Живковић О., Костић И., Петровић З., Митровић Ч.: *Нумеричка анализа узгонских карактеристика лаког авиона конфигурације канар методом носеће површине - Симпозијум "Ваздухопловство '95", Београд, 1995, стр. А73-А78.*
15. Живковић О.: *Примена методе сингуларитета у одређивању аеродинамичких карактеристика крила - XXI југословенски конгрес теоријске и примењене механике ЈУМЕН '95, Ниш 1995, стр. 255-258.*

### Г5. Техничка решења (М80)

#### Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми (М85)

16. *Идејни пројекат лаког авиона за основну обуку, ев. бр. 345/1 од 19.11.2009, руководиоца проф. др Зоран Стефановић (пројекат Иновационог центра Машинског факултета у Београду) – пројекат тренутно развијен до нивоа једног летног прототипа:*
  - Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: WING AIRFOIL SELECTION, izveštaj br. BS03-C-TR-AD01-01
  - Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: PRELIMINARY AERODYNAMIC ANALYSIS, WING AERODYNAMICS CHARACTERISTICS, izveštaj br. BS03-C-TR-AD02-01
  - Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: PRELIMINARY AERODYNAMIC ANALYSIS, AIRPLANE AERODYNAMICS CHARACTERISTICS, izveštaj br. BS03-C-TR-AD03-01
  - Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: AIRPLANE LIFT AND DRAG ENVELOPE, izveštaj br. BS03-C-TR-AD04-01
  - Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: ESTABLISHING THE WING PARAMETERS, izveštaj br. BS03-C-TR-GD04-01

- Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: PRELIMINARY PERFORMANCE CALCULATIONS, izveštaj br. BS03-C-TR-PE01-01
- Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: AERODYNAMIC ANALYSIS OF AIRPLANE FOR SYMMETRICAL FLIGHT CONDITION CASES BASED ON 3D VORTEX LATTICE METHOD, izveštaj br. BS03-P-TR-AD01-01
- Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: DATA SUMMARY OF AERODYNAMIC ANALYSIS FOR SYMMETRICAL FLIGHT CONDITION CASES OBTAINED FROM 3D VORTEX LATTICE SOFTWARE, izveštaj br. BS03-P-TR-AD02-01
- Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: AIRPLANE FULL 3D VISCOUS COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS ANALYSIS, izveštaj br. BS03-P-TR-AD03-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: ELECTRONIC SYSTEM INSTALATION QUALITY REGULATION, izveštaj br. BS03-P-TR-EV04-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: INTERNAL STANDARD No IS.1.10.01, izveštaj br. BS03-P-TR-GD08-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: INTERNAL STANDARD No IS.1.10.02, izveštaj br. BS03-P-TR-GD09-01
- Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: PERFORMANCE ANALYSIS OF BS-03 AIRPLANE FOR VERSION: UTILITY, izveštaj br. BS03-P-TR-PE01-01
- Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: PERFORMANCE ANALYSIS OF BS-03 AIRPLANE FOR VERSION: AEROBATIC, izveštaj br. BS03-P-TR-PE02-01
- Zoran Stefanović, Ivan Kostić, Olivera Kostić: STATIC STABILITY ANALYSIS, izveštaj br. BS03-P-TR-PE03-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: INTERNAL STANDARD No IS.1.10.03, izveštaj br. BS03-P-TR-PR01-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: INTERNAL STANDARD No IS.1.10.04, izveštaj br. BS03-P-TR-PR02-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: PITOT SYSTEM QUALITY REGULATION, izveštaj br. BS03-P-TR-SY03-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: HIDRAULIC SYSTEM QUALITY REGULATION, izveštaj br. BS03-P-TR-SY04-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: SYSTEMS FOR HEATING AND VENTILATION QUALITY REGULATION, izveštaj br. BS03-P-TR-SY05-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: POWER PLANT SYSTEM QUALITY REGULATION, izveštaj br. BS03-P-TR-SY06-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: FUEL SYSTEM QUALITY REGULATION, izveštaj br. BS03-P-TR-SY07-01
- Ivan Kostić, Olivera Kostić, Milivoje Tomić: AIRPLANE CONTROLS SYSTEM QUALITY REGULATION, izveštaj br. BS03-P-TR-SY08-01
- Zoran Bojanić, Zoran Stefanović, Aleksandar Pantović, Zlatko Petrović, Aleksandar Grbović, Danilo Petrašinović, Ivan Kostić, Olivera Kostić, Aleksandar Bojanić, Irena Stepić, Bojan Šekutkovski: STATIC STRENGTH TEST OF THE WING CASE D-23, izveštaj br. BS03-D-TR-TO01-01
- Zoran Bojanić, Zoran Stefanović, Aleksandar Pantović, Zlatko Petrović, Aleksandar Grbović, Danilo Petrašinović, Ivan Kostić, Olivera Kostić, Aleksandar Bojanić, Irena Stepić, Bojan Šekutkovski: STATIC TEST OF VERTICAL TAIL CASE C-3 AND FUSELAGE UNDER ITS INFLUENCE, izveštaj br. BS03-D-TR-TO02-01
- Zoran Bojanić, Zoran Stefanović, Aleksandar Pantović, Zlatko Petrović, Aleksandar Grbović, Danilo Petrašinović, Ivan Kostić, Olivera Kostić, Aleksandar Bojanić, Irena Stepić, Bojan Šekutkovski: STATIC TEST OF ENGINE MOUNT AND FUSELAGE UNDER ITS INFLUENCE, izveštaj br. BS03-D-TR-TO03-01
- Zoran Bojanić, Zoran Stefanović, Aleksandar Pantović, Zlatko Petrović, Aleksandar Grbović, Danilo Petrašinović, Ivan Kostić, Olivera Kostić, Aleksandar Bojanić, Irena Stepić, Bojan Šekutkovski: STATIC TEST OF HORIZONTAL TAIL, izveštaj br. BS03-D-TR-TO04-01

17. Томислав Драговић, Златко Петровић, Славко Пешић, Часлав Митровић, Иван Костић, Драган Цветковић, Александар Бенгин, Драгољуб Бекрић, Саша Јеремић, Оливера Живковић: *Пројектовање, прорачун, израда и испитивање крила вентилатора расхладног торња од 110MW термоелектране “Колубара”* - Институт за ваздухопловство Машинског факултета, Београд 1995.

#### **Д. Приступно предавање**

На основу Правилника о извођењу приступног предавања при избору у звање наставника на Машинском факултету Универзитета у Београду, дана 05.03.2018. године у периоду од 14:00 до 14:45 сати у учионици Аеротехничког института одржано је приступно предавање кандидаткиње др Оливере Костић, дипл. инж. маш. Назив теме приступног предавања био је “Адијабатско струјање са трећем у каналу константног попречног пресека – Фано струјање”. Комисија за оцену приступног предавања у саставу: др Часлав Митровић, редовни професор, председник Комисије, др Александар Бенгин, редовни професор, проф. др Александар Симоновић, редовни професор, проф. др Александар Грбовић и др Слободан Гвозденовић, редовни професор Саобраћајног факултета, недвосмислено је закључила да је кандидаткиња на адекватан и веома стручан начин извршила припрему и уз одговарајући дидактичко-методички приступ реализовала приступно предавање дајући уводне напомене, теоријске основе и методологију прорачуна Фано струјања, као и одговарајуће нумеричке примере. Комисија је, кроз коначан закључак о реализованом приступном предавању, оценила излагање кандидаткиње просечном оценом 5 (пет).

#### **Ђ. Приказ и оцена научног рада кандидата**

По оствареном увиду у преглед објављених научних радова и техничких решења Комисија закључује да се кандидаткиња активно бавила истраживањима у више различитих области у оквиру уже научне области ваздухопловство, као и областима које имају мултидисциплинарни карактер.

У **магистарској тези** под називом „Интерференција крило-труп методом панела“ је рађена нумеричка анализа узгонских карактеристика авиона применом методе панела. Панелне методе пружају могућност да се већ у фази прелиминарног развоја пројекта брзо и ефикасно дефинише глобална геометрија и диспозиције његових узгонских површина – крила, хоризонталног репа или канара. У раду су представљени најрелевантнији теоријски аспекти коришћеног панелног кода, укључујући поступке моделирања ефеката узгонске интерференције крило – труп, при чему се “крило” користи као универзални термин за узгонске површине.

Прорачунски модел је верификован на три карактеристичне конфигурације – безрепац, канар и два борбена авиона са класичним хоризонталним репом. У прва два случаја поређење је обављено на основу расположивих експерименталних резултата, док су у трећем анализе базиране на познатим концепцијским разликама, укључујући и анализе карактеристика уздужне статичке стабилности. Показано је да се оваквим прорачунским моделом, који неминовно подразумева наменска геометријска поједностављења, могу успешно анализирати и дефинисати прелиминарне узгонске конфигурације ваздухоплова.

У односу на изворни код типа Vudvord – Karmajkl, у овом случају уведене су одређене модификације у смислу његове примене, при чему су одређени аспекти моделирања узгонске интерференције на трупу посебно анализирани. Тако добијени резултати представљају врло квалитетан улаз за даљу детаљнију разраду пројекта коришћењем прорачунских алгоритама високог нивоа комплексности, чије би коришћење за иницијално дефинисање облика и положаја узгонских површина летелице у присуству трупа свакако изисковало неупоредиво више времена

**Докторска дисертација** под називом „Нумеричка симулација струјног поља ваздуха у надзвучном млазнику са препреком на излазу“ пружа савремен и оригиналан приступ у истраживању проблематике управљања вектором потиска ракетних мотора. У дисертацији су приказане фазе развоја методе генерисања оптималне, стационарне намески адаптиране прорачунске мреже, намењене анализи струјања у надзвучном млазнику са препреком на излазу, којом се могу обављати прорачуни врло сложених струјних поља у оквиру практичних 2D инжењерских анализа. Установљен је и унифицирани прорачунски алгоритам у оквиру коришћеног програмског пакета, који је у могућности да адекватно и врло ефикасно моделира физикалност струјања и даје сразмерно брзу и стабилну конвергенцију, у комбинацији са примењеним прорачунским мрежама, за све разматране случајеве категорија препрека. У дисертацији је дефинисан и алгоритам одређивања компоненти резултујуће силе потиска, који је омогућио компаративну анализу ефикасности разматраних система за управљање вектором потиска (УВП) – спојлера и млазних крилаца, како са аспекта остварених углова скретања резултујуће силе, тако и са аспекта прорачуна консеквентних губитака и потребних шарнирних момената за остваривање потребних отклона крилаца. Овим је установљен савремени прорачунски модел који је у могућности да, са примењеним високо-оптимизираним степеном дискретизације 2D прорачунског домена и дефинисаним прорачунским алгоритмом сложене физикалности струјног поља, омогући брзе и инжењерски ефикасне предикције оптималних конфигурација млазник-препрека.

У докторској дисертацији је коришћена литература из области теоријске, експериментале и CFD анализе различитих конфигурација система за управљање вектором потиска, као и литература у којој се разматрају турбулентни модели релевантни за анализе спроведене у дисертацији. Коришћена литература је представљала полазну основу за стицање увида, са једне стране у развој система за управљање вектором потиска, а са друге стране и у могућности CFD прорачуна за анализу и међусобно поређење конфигурација у прелиминарним фазама пројектовања. Један део библиографских јединица је из књига или зборника радова, а већи број представљају радови из реномираних међународних часописа. Целокупна коришћена литература даје релевантни приказ актуелног стања у области која била је предмет истраживања у овој дисертацији.

Полазну основу истраживања обављених у дисертацији чинила су испитивања обављена у надзвучном аеротунелу Т-36 ВТИ Жарково, која су вршена са ваздухом као радним флуидом и припадају категорији 2D тестова, све нумеричке симулације обављане су као 2D анализе надзвучне струје ваздуха. Тестови су вршени са различитим конфигурацијама раванских препрека, а њихови резултати послужили су за квалитативну и квантитативну верификацију резултата прорачуна, поређењем са експериментом, у току развоја и верификације коришћеног прорачунског модела.

Геометрија 2D млазника је креирана у модулу ANSYS Geometry-Design Modeler. Мреже су генерисане у модулу ANSYS ICEM CFD. CFD анализа струјања унутар млазника је извршена коришћењем модула FLUENT програмског пакета ANSYS, а визуелизација је обављана помоћу модула CFD-Post.

У формирању прорачунских мрежа коришћена је опција *Mapped Face Meshing*, која дефинише форму ћелија мреже сходно геометрији сегмента унутар кога се генерише. Димензионисање мреже обављено је опцијом *Edge Sizing*, која омогућава како задавање броја елемената по ивицама сегмената, тако и њену адаптацију у смислу смера и фактора згушњавања мреже (*Bias Factor*). Двоједначински турбулентни модел  $k - \omega$  SST, који је коришћен за све прорачуне приказане у дисертацији познат је као изузетно робустан и релативно мало осетљив на начин генерисања и густину мреже. Ипак, посебна пажња је посвећена томе да се у критичним доменима контролне запремине, у близини зидова млазника и препрека, као и на угловима зидова и ивица препрека, обезбеди довољан број елемената мреже. Испитиване су стационарне намески адаптиране мреже у три фазе развоја, при чему је у оквиру друге фазе sukcesивно

вршена и аутоматска адаптација мреже према гредијенту густине у струјном пољу за дати степен конвергенције решења. Као оптималне показале су се стационарне мреже из треће фазе развоја, са сразмерно великим двоструким фактором згушњавања (по дужини и висини контролне запремине). Оне су омогућиле, у комбинацији са дефинисаним прорачунским алгоритмом, стабилну конвергенцију решења у случају свих разматраних конфигурација препрека.

За све финалне прорачуне усвојен је двоједначински турбулентни модел  $k - \omega$  SST. На примењеним прорачунским мрежама, он је у поређењу са тестираним турбулентним моделима вишег реда давао практично подједнако квалитетна решења, уз мање ангажовање ресурса и брже извршење програма до конвергенције. У оквиру опције *Solution Methods*, за дискретизацију простора коришћене су опције *Least Squares Cell Based* за градијенте, док је за параметре струјања, као и за параметре  $k$  и  $\omega$  у оквиру турбулентног модела, коришћена дискретизација првог реда (опција *First Order Upwind*). Након остварене конвергенције, накнадно продужење прорачуна са дискретизацијом другог реда није давало никакве видне промене, па су конвергенције са дискретизацијом првог реда усвајане као финалне. У прорачунима је коришћена опција активног управљања конвергенцијом решења (*Solution Steering*). Струјно поље је дефинисано као суперсонично, док је оптимизација домена мреже вршена *Reverse Cuthill-McKee* методом. Иницијализација прорачуна обављана је на четири нивоа опцијом *Full Multi-Grid solution initialization*. Задавани дијапазони Курантовог броја били су  $1 \div 20$ , зависно од конфигурације препреке и степена ефективног засенчења излазног пресека.

Развијена и примењена методологија одређивања компоненти сила, базирана на могућности пакета FLUENT да инеграла задате параметре по пресецима струјног поља и одређује силе које делују по зидовима и контурама препрека, омогућила је како успешно квантитативно поређење анализираних конфигурација спојлера и млазних крилаца, тако и одређивање шарнирних момената у случају крилаца.

Први од више радова који чине основу докторске дисертације кандидаткиње је **рад бр. 4.** из категорије **M24** (часопис FME Transactions). У њему је разматрано 2D струјање у конвергентно-дивергентном млазнику са надзвучном струјом на излазу. У анализама је као радни флуид коришћен ваздух, а целокупни модел представља упрошћену симулацију једне од метода векторисања потиска ракетних мотора. Моделирање оваквих сложених надзвучних струјних поља коришћењем рачунара представља један од највећих изазова у области CFD анализа. У раду су представљени иницијални кораци у нумеричкој анализи таквог струјања, генерисаног конвергентно-дивергентним млазником са Маховим бројем  $M = 2.6$  на излазу из млазника. Циљ је био постићи добра поклапања са расположивим експерименталним подацима, добијеним током испитивања у надзвучном аеротунелу института ВТИ Жарково, где су испитиване могућности векторисања потиска млазника са ваздухом као радним флуидом, постављањем различитих типова препрека на излазу из млазника. У раду се анализирају случајеви струјања са слободним излазом и са једним изабраним типом препреке на излазу из млазника. За оба случаја коришћене су структуриране прорачунске мреже за решавање RANS једначина са  $k - \omega$  SST турбулентним моделом. Након квалитативних и квантитативних поређења са расположивим експерименталним резултатима, утврђена су добра поклапања, при чему је CFD анализа била у могућности да пружи и додатне податке о струјном пољу, који нису мерени током експеримената.

Следећи у овој категорији је **рад бр. 1.** из категорије **M23**, у коме кандидаткиња врши надградњу претходних разматрања и у циљу симулације управљања вектором потиска (УВП) ракетних мотора, прво користи спојлер постављен у неколико различитих положаја до максималних 30% засенчења површине излазног пресека, без процепа и са процепом у односу на излазни пресек млазника. Резултати прорачуна упоређени су са расположивим експерименталним подацима квалитативно и квантитативно, при чему су у оба случаја

добијена задовољавајућа поклапања. Иста CFD подешавања су затим употребљена за компјутерску анализу још једног типа УВП – млазног крилца, које је анализирано у четири различите усвојене конфигурације у односу на млазник. Стабилна конвергенција решења постигнута је за све углове отклона млазних крилаца до  $40^\circ$ .

Трећи рад у коме се кандидаткиња бави овом проблематиком је **рад бр. 6.** у категорији **M33.** У овом раду детаљно је приказана оригинална методологија коју је кандидаткиња увела у циљу ефикасног одређивања анализе утицаја различитих конфигурација млазник-препрека, као и геометријских карактеристика препрека на аеродинамичку ефикасност система за управљање вектором потиска. Резултати прорачуна су омогућили детаљано поређење два разматрана типа УВП, како у смислу оствареног скретања силе потиска, тако и у контексту губитака потиска. Тиме је показано да ова прорачунска метода може да пружи битне и релевантне смернице у развоју и пројектовању система за управљање вектором потиска.

У **раду бр. 2.** из категорије **M23** разматра се комплексно трансонично струјање око стреластог крила коначног размаха. У питању је стандардно калибрационо крило типа Opera M6, које је наменски пројектовано и испитивано у аеротунелу при трансоничним Маховим бројевима и формирана је база података расподела притисака по горњаци и доњаци крила публикована у AGARD AR 138, која се већ дужи низ година у свету користи за верификацију резултата добијених CFD програмским пакетима разних нивоа комплексности. Случај разматран у овом раду карактерише сложена појава два ударна таласа на горњаци крила, који се при његовом крају спајају у један, што представља изузетно захтеван задатак везан за CFD анализу. У овом раду тродимензионално, компресибилно, вискозно и нестационарно трансонично турбулентно струјање око овог крила моделирано је хибридном RANS-LES методом, комбинованом са компресибилним  $k - \omega$  SST/SAS турбулентним моделом. Коришћени приступ базира се на подели утицаја флукутирајућих и осредњених поља брзина у оквиру субтензора и моделирању сваког од њих одговарајућом турбулентном вискозношћу. У прорачуну, "RANS mod" се користи у доменима струјног поља која се са прихватљивом тачношћу могу третирати као стационарна, нпр. у околини контуре крила, док се "LES mod" примењује у доминантно нестационарним областима, далеко од крила. Дискретизација једначина струјања вршена је методом коначних разлика на неструктурираној мрежи, док је паралелизација обављена декомпоновањем мреже на субдомене уз коришћење Open MPI технологије. Имплементација турбулентног модела обављена је коришћењем OpenFOAM-а. Симулација струјања је такође вршена и у ANSYS Fluent-у, а резултати добијени помоћу ове две методе упоређени су како међусобно, тако и са Opera M6 експериментом. Добијена су јако добра поклапања са експериментом, што представља успешну верификацију новог прорачунског модела уведеног и примењеног у прорачунима приказаним у овом раду.

**Рад бр. 3.** из категорије **M23** бави се прелиминарним прорачунским анализама аеродинамике, стабилности и перформанси новог лаког авиона BS-03. Иницијални прорачуни представљени у раду урађени су помоћу 3D методе вртложне решетке, односно "невискозни" CFD модел. Пошто се ова метода базира на концепту невискозног флуида, нелинеарни калибрацијски дијаграми за ефикасност и циркулацију управљачких површина одређени су на основу аеротунелских испитивања једног постојећег авиона. Ове функције су затим интерполиране за геометрију новог лаког авиона и извршени су прорачуни зависности коефицијента узгона и коефицијента момента око тежишта у функцији нападног угла, у њиховим линеарним доменима. Прорачуни су обављени за положаје закрилаца  $\tau = 0^\circ, 20^\circ$  и  $30^\circ$ , и за сваки од њих при отклонима крмила висине од  $-30^\circ$  до  $+20^\circ$ , са кораком од  $10^\circ$ . На основу ових прорачуна формиране су дијаграми зависности  $C_M - C_Z$ , за све поменуте комбинације отклона закрилаца и крмила висине (које би аналитичким путем било много теже добити и врло вероватно са нижом тачношћу), а које дефинишу степен уздужне статичке стабилности авиона. Док се у аналитичким прорачунима утицај отклона крмила висине на уздужну статичку стабилност практично занемарује, прорачуни приказани у овом раду говоре да овај утицај није превелики, али ипак постоји и реда је величине од око 2% промене резерве стабилности (у дијапазону

промене вредности 13.8% до 15.8% за конкретни авион) између два екстремна положаја крмила висине, при свим угловима отклона закрилаца. У овом раду аналитички прорачуни коришћени су за одређивање допунског утицаја погонске групе на стабилност. У смислу прорачуна отпора, отклоњена закрилица и крмилу висине генеришу локалне редистрибуције узгона које доприносе индукованом отпору, чак и при нападним угловима при којима је укупни узгон авиона једнак нули, и такав индуковани отпор конфигурације успешно је одређен примењеним невискозним CFD моделом. Компоненте паразитног отпора које CFD прорачун изоставља, одређене су поузданим аналитичким методама и суперпониране са CFD резултатима, чиме су добијене комплетне прорачунске поларе новог авиона за све поменуте комбинације отклона закрилаца и крмила висине. Овакве поларе су много поузданије од оних које се базирају на чисто аналитичким методама, које у највећем броју случајева индуковани отпор авиона свде искључиво на индуковани отпор генерисан крилом. Ови прорачуни представљали су улазне параметре за прорачун перформанси, помоћу наменски писаног фортранског програма за потребе пројекта овог авиона, при чему су у раду оне приказане за поменути авион у категорији Aerobatic. У раду су срачунате и графички представљене зависности потребне и расположиве снаге за дијапазон висина од 0 до 3500 m, дијаграми промене максималне брзине пењања у функцији брзине лета за исте висине, као и максимални долет и трајање лета са богатом и осиромашеном смешом. Коначно, приказане су укупне дужине полетања и слетања преко препреке од 15 m за случај бетонске писте и надморске висине аеродрома од 0 до 2000 m. Показано је да овако постављен глобални прорачунски приступ омогућава брзе и ефикасне процене аеродинамичких карактеристика, стабилности и перформанси лаког ваздухоплова у прелиминарној фази пројектовања и да је врло флексибилан у смислу вршења модификација конфигурације, које су у највећем броју случајева неминовне током еволуције пројекта.

У **референци бр. 5.** из категорије **M24** представљено је више метода аеродинамичких прорачуна, примењених у различитим фазама развоја пројекта авиона BS-03. Генерално, током аеродинамичког пројектовања ваздухоплова, сходно његовој категорији и фази развоја у којој се пројекат налази, потребно је користити адекватне прорачунске методе и софтверске алате како са аспекта ангажовања ресурса, тако и потребног времена за обављање прорачуна. У случају лаких авиона, у иницијалној фази уобичајено се користе аналитичке и семиемпиријске методе, комбиноване са једноставним - невискозним CFD прорачунским моделима, док се у каснијим фазама обављају релативно комплексне CFD анализе са утицајем вискозности. У данашње време се, у категорији лаких авиона, поразумева да савремени прорачунски алати за сваку од фаза развоја морају бити адекватно изабрани, тако да се њима добијени резултати међусобно верификују и допуњавају. У раду су приказане прорачунске методе коришћене током аеродинамичке анализе новог лаког авиона у различитим фазама његовог развоја. Дат је генерални приказ метода које су детаљније образложене у референцама бр. 3, 8 и 8, коришћених у раним фазама пројекта, док је у овом раду кључни акценат на последњој фази прорачунске анализе, која је вршена пуним вискозним CFD прорачунским моделом у програмском пакету ANSYS Fluent, на комплетној конфигурацији авиона са положајима закрилаца на 0°, 20° и 30°. Пошто су у овој фази разматрани симетрични случајеви лета, ради оптимизације ресурса и времена прорачуни су рађени на полумоделу, при чему се добијени резултати пресликавају на комплетну конфигурацију авиона. Овим прорачуном добијени су изузетно важни резултати везани, поред осталог, и за аеродинамичке карактеристике у домену ококритичних и надкритичних нападних углова. Извршено је поређење резултата добијених различитим методама, и показано је да су глобална поклапања потпуно остварена, чиме је испуњени постављени стандарди савременог аеродинамичког пројектовања авиона.

**Референце бр. 7. ÷ 9.** из категорије **M33** приказују хронологију увођења, верификације и оперативне примене прорачунских поступака и алата коришћених у оквиру пројектовања аеродинамичке конфигурације лаког тренажног авиона BS-03. У раду 9. приказана је

аеродинамичка анализа изведена помоћу 3D методе вртложне решетке (VLM), у циљу потврде да се њеним коришћењем добијају добра поклапања са експерименталним подацима постојећег авиона. Како примењени прорачунски модел не узима у обзир ефекте вискозности, прорачунска ефикасност командних површина и закрилаца је већа од реалних вредности. Како би се компензовао занемарени утицај граничног слоја, успешно је формиран низ калибрационих дијаграма за утицај ефикасности и циркулације, и постигнута су добра поклапања са подацима из аеротунелских испитивања. Након неколико неопходних подешавања, калибрационе функције су примењене на VLM анализе у оквиру концептуалног развоја новог лаког авиона, а добијени резултати су упоређени са резултатима познатих аналитичких метода и добијена су веома добра поклапања. У раду бр. 8. акценат је стављен на прорачун укупног отпора комплетне конфигурације авиона са различитим комбинацијама отклона закрилаца и крмила висине. Наиме, отклоњена закрилица и крмило висине генеришу локалну расподелу узгона која доприноси повећању индукованог отпора, чак и на нападним угловима на којима је укупни узгон авиона једнак нули, што је успешно одређено примењеним CFD моделом. Компоненте паразитног отпора, које су изостављене у CFD прорачунима, процењене су коришћењем DVL, Datcom и Douglas метода и суперпониране су са резултатима за индуковани отпор, и тако су добијени комплетни дијаграми за нови авион у различитим конфигурацијама симетричног лета. Оваквим хибридни приступом у прорачуну комплетног отпора авиона оптимално су комбиноване и искоришћене како предности семиемпиријских и аналитичких метода, тако и невискозног CFD модела који је, за разлику од претходних, у могућности да много ефикасније одреди индуковани отпор комплетне конфигурације са произвољним комбинацијама отклона командних површина. У раду бр. 7. акценат је на последњој фази аеродинамичког прорачуна, где је извршена вискозна CFD анализа конфигурације авиона, која је у претходним фазама неколико пута модификована и коначно "замрзнута". Приказана је логика оптимизације прорачунског модела, где је прорачун полумодела авиона, због хардверских ограничења која су постојала у време дате фазе пројектовања, могао да буде вршен на неструктурираној мрежи од око највише милион елемената, али је зато искоришћен много сложенији физикални модел од уобичајеног за категорију лаких авиона. Крајњи исход је била врло стабилна конвергенција решења за све разматране конфигурације авиона и нападне углове, као и могућност анализе масивног одвајања струје и других сложених феномена и на надкритичним нападним угловима, који одговарају уласку у област тзв. дубоког столинга летелице.

Пре пројекта лаког авиона, кандидаткиња се бавила компјутерским анализама узгонских конфигурација авиона коришћењем наменски писаног софтвера, из чага су проистекли **радови бр. 12. и 14.** у категорији **M63.**

**Референце бр. 10. и 11.** из категорије **M51** представљају радове кандидаткиње који су претходно објављени у зборницима са међународних конгреса 7. и 9, а који су објављени у часописима националног значаја и то Универзитета у Новом Саду по позиву редакције (10. - сврстан у категорију Original scientific paper) и Универзитета у Риједи по позиву редакције (11. - са проширењем обима и допунском рецензијом и лектуром).

**Референце** сумарно приказане под **бројем 16.** у категорији **M85** везане су за учешће кандидаткиње на пројекту лаког тренажног авиона BS-03 који је тренутно у фази летног прототипа, а где се доминатно бавила аеродинамичким пројектовањем летелице, као и прорачунима перформанси и стабилности. Поред тога, у оквиру овог пројекта учествовала је у конципирању и дефинисању конфигурације и летно-техничких захтева авиона, иницијалном избору опреме и инструмената, дефинисању интерних стандарда и прописа израде и квалитета конструкције, команди, опреме и система, итд. У оквиру лабораторијског рада на овом пројекту, кандидаткиња је учествовала у четири категорије статичких испитивања конструкције ваздухоплова обављених на Машинском факултету Универзитета у Београду, као и у формирању финалних извештаја и закључака са ових испитивања.

**Референца бр. 17.** у категорији **M85** представља ангажовање кандидаткиње у области неваздухопловних пројеката, где је учествовала у пројектовању, изради и испитивањима лопатица вентилатора расхладних торњева термоелектрана. Пројектовање и моделирање се вршило кроз примену програмских модула који су повезани са базом података свих аеропрофила. Одговарајући параметри у програмским модулима дефинисали су геометрију лопатица и омогућили записивање потребних података у датотеке, које су коришћене за одговарајуће прорачуне и анализе. У завршној фази пројектовања примењен је систем за аутоматизовану израду техничке документације композитне лопатице расхладне куле термоелектране. Поред лопатице од композита, пројектован је и калуп од композитних материјала, као и пећ за полимеризацију. О овој проблематици говори се и у **раду бр. 13.** из категорије **M63.**

## **Е. Оцена испуњености услова**

На основу увида у конкурсни материјал, Комисија констатује да кандидаткиња др Оливера Костић, асистент Машинског факултета Универзитета у Београду има:

- Научни степен доктора техничких наука из уже научне области Ваздухопловство за коју се бира, стечен на акредитованом Универзитету (Универзитет у Београду, Машински факултет).
- Одржано и највишом оценом оцењено приступно предавање.
- Смисао за наставно-педагошки рад, оцењен високим оценама од стране студената, током одржавања наставе на више предмета Катедре за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду.
- Публикованих 5 радова у категорији **M20**, од тога 3 рада категорије **M23** и 2 рада категорије **M24** из научне области за коју се бира.
- Укупно 4 рада у зборницима међународних научних скупова у категорији **M33**.
- Укупно 2 рада у часописима националног значаја у категорији **M51**.
- Укупно 4 рада у зборницима скупова националног значаја у категорији **M63**.
- Књигу чији је коаутор, а која се користи као помоћна наставна литература на предметима из области аеродинамике и конструкције летелица.
- Стручно-професионални допринос: а) учесник на стручним и научним скуповима на међународном и националном нивоу; б) учешће како у фази израде, тако и у својству члана комисије за оцену и одбрану 5 дипломских (MSc) радова студената катедре за ваздухопловство; в) сарадник у реализацији пројеката (лаки тренажни авион металне конструкције, лопатице кула за хлађење термоелектране).
- Сарадњу са другим високошколским и научноистраживачким установама: а) реализовање наставе на Војној академији Универзитета одбране; б) чланство у Српском ваздухопловном друштву.

На основу публикованих резултата истраживања у научним и стручним часописима и зборницима радова научно-стручних конференција, истраживања спроведених у оквиру докторске дисертације и научно-истраживачких пројеката, као и резултата остварених у домену педагошких активности, Комисија констатује да професионалне компетенције кандидаткиње др Оливере Костић у потпуности припадају ужој научно-стручној области Ваздухопловства, за коју је расписан предметни конкурс.

## **Ж. Закључак и предлог**

Комисија сматра да кандидаткиња др Оливера Костић, асистент Машинског факултета Универзитета у Београду, испуњава све формалне и суштинске услове за избор у звање доцента, предвиђене Законом о високом образовању, Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду и Правилником о минималним условима за стицање звања наставника и сарадника на Универзитету у Београду – Машинском факултету.

На основу изложеног, Комисија предлаже Изборном већу Машинског факултета Универзитета у Београду и Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да кандидаткиња др Оливера Костић, асистент Машинског факултета, буде изабрана у звање доцента са пуним радним временом за ужу научну област Ваздухопловство на Машинском факултету Универзитета у Београду.

У Београду, 07.03.2018. године

### **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

---

др Часлав Митровић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Машински факултет

---

др Александар Бенгин, редовни професор  
Универзитет у Београду, Машински факултет

---

др Александар Симоновић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Машински факултет

---

др Александар Грбовић, ванредни професор  
Универзитет у Београду, Машински факултет

---

др Слободан Гвозденовић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет