Образац 3.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

559/6
(Број захтева)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

17.06.2021.
(Датум)

З А Х Т Е В

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„ANALYSIS, MODELING AND OPTIMIZATION OF SOLAR-POWERED HIGH-ALTITUDE PLATFORM-STATION (HAPS)“
АНАЛИЗА, МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА БЕСПИЛОТНЕ ЛЕТЕЛИЦЕ ЗА ВЕЛИКЕ ВИСИНЕ НА СОЛАРНИ ПОГОН
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Ваздухопловство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:
   Mohammad Sakib (Rahmat Ullah) Hasan
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
   Мастер академске студије, Машински факултет
   Београд
3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2017.
4. Година уписа на докторске студије: 2017.

5. Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора:_____Јелена Сворцан_____

Звање:___Ванредни професор_____

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Svorcan, J., Peković, O., Simonović, A., Tanović, D., Hasan, M.S. Design of optimal flow concentrator for vertical-axis wind turbines using computational fluid dynamics, artificial neural networks and genetic algorithm. (2021) Advances in Mechanical Engineering (ISSN 1687-8132, IF2019 = 1.161), 13 (3). doi: 10.1177/16878140211009009
2. Baltić, M., Svorcan, J., Perić, B., Vorkapić, M., Ivanov, T., Peković, O. Comparative numerical and experimental investigation of static and dynamic characteristics of composite plates. (2019) Journal of Mechanical Science and Technology (ISSN 1738-494X, IF2019 = 1.345), 33 (6), pp.2597-2603. doi:10.1007/s12206-019-0507-7
3. Petrovic, A., Svorcan, J., Pejcev, A., Radenkovic, D., Petrovic, A. Comparison of novel variable area convergent-divergent nozzle performances obtained by analytic, computational and experimental methods. (2018) Applied Mathematical Modelling (ISSN 0307-904X, IF2018 = 2.841), 57, pp. 206-225. doi: 10.1016/j.apm.2018.01.016
4. Svorcan, J., Fotev, V., Petrović, N., Stupar, S. Two-dimensional numerical analysis of active flow control by steady blowing along foil suction side by different URANS turbulence models. (2017) Thermal Science (ISSN 0354- 9836, IF2017 = 1.433), 21, pp. S649-S662. doi: 10.2298/TSCI160126188S
5. Posteljnik, Z., Stupar, S., Svorcan, J., Peković, O., Ivanov, T. Multi-objective design optimization strategies for small-scale vertical-axis wind turbines. (2016)Structural and Multidisciplinary Optimization (ISSN 1615-147X, IF2016 = 2.377), 53(2), pp. 277-290. doi: 10.1007/s00158-015-1329-6

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 17.06.2021. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог 1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора

2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 559/6
Датум: 17.06.2021. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Mohammad Sakib Hasan,** маст. инж. маш., бр. 559/1 од 26.03.2021. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Александар Бенгин, ред. проф., др Александар Симоновић, ред. проф., др Огњен Пековић, ванр. проф., др Тони Иванов, доц. и др Никола Мирков, научни сарадник, ИНН Винча Београд., број 559/5 од 15.06.2021. 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 64. Статута Машинског факултетета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 17.06.2021. године, донело је следећу

О Д Л У К У

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **MOHAMMAD SAKIB HASAN,** маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«ANALYSIS, MODELING AND OPTIMIZATION OF SOLAR-POWERED HIGH-ALTITUDE PLATFORM-STATION (HAPS) АНАЛИЗА, МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА БЕСПИЛОТНЕ ЛЕТЕЛИЦЕ ЗА ВЕЛИКЕ ВИСИНЕ НА СОЛАРНИ ПОГОН»**.

Одлуком ННВ број 559/4, од 20.05.2021. године за ментора докторске дисертације **MOHAMMAD SAKIB HASAN,** маст. инж. маш.именована је **др Јелена Сворцан, ванр. проф.**

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Машински факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата **Mohammad Sakib Hasan-a, маст.инж.маш.** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. **559/3** од **20.05.2021.** године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Mohammad Sakib Hasan-a, маст.инж.маш.** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Analysis, modeling and optimization of solar-powered high-altitude platform-station (HAPS)"** (**„Анализа, моделирање и оптимизација беспилотне летелице за велике висине на соларни погон"**).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

Р Е Ф Е Р А Т

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Mohammad Sakib Hasan рођен је 01. марта 1991. године у Тангаилу, Бангладеш. По завршетку средњег образовања у Бангладешу са одличним успехом добио је стипендију Владе Србије у оквиру пројекта "Свет у Србији". Након завршеног курса српског језика на Филолошком факултету, 2011. године уписао је Машински факултет у Београду где је завршио основне (2014. године) и мастер студије на смеру ваздухопловство. Мастер рад насловљен *Концептуални дизајн ултра-лаке летелице „СБ"*, под менторством проф. др Златка Петровића, одбранио је септембра 2017. године са оценом 10, док нешто касније исте године уписује докторске студије.

Током 2016. и 2017. године, обавио је вишемесечне праксе у фирмама Prince Aviation и Air Serbia где је радио на организацији и управљању документима везаним за одржавање ваздухоплова. Све време студија показује склоност ка научно-истраживачком раду као и велику самосталност у истраживању. Такође је члан Ротари клуба и бави се хуманитарним радом. Активни је члан и играчког кадра крикет клуба "Стари Град" (најтрофејнијег клуба у Србији) са којим редовно учествује на такмичењима.

Течно говори бенгалски, енглески и српски језик, а споразумева се и на немачком. Успешно се служи следећим инжењерским софтвером и алатима: ANSYS, MATLAB, XFLR5, XFOIL, PHOTRON, ARAMIS, 3D Printing, CNC Machining, Catia V5, PTC Creo, Auto CAD.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Mohammad Sakib Hasan је на докторским студијама Машинског факултета у Београду положио следеће испите: Виши курс математике (оцена 10), Нумеричке методе (оцена 9), ОМНИР и комуникација (оцена 9), Аеропрофили и узгонске површине ваздухоплова (оцена 10), Истраживање и публиковање I (оцена 10), Одабрана поглавља из механике флуида (оцена 9), Одабрана поглавља из наоружања ваздухоплова (оцена 10), Оптимизација ваздухопловних конструкција (оцена 10), Истраживање и публиковање II (оцена 10), Изогеометријска анализа (оцена 10), Посебна поглавља из прорачунске аеродинамике (оцена 10), Истраживање и публиковање III (оцена 10), Истраживање и публиковање IV (оцена 10), са просечном оценом 9.79, и успешно је одбранио Пројекат идеје докторске дисертације.

Све време докторских студија успешно се бави научно-истраживачким (нумеричким и експерименталним) радом, и показује велики афинитет ка најсавременијим темама из области ваздухопловства (као што су концептуални дизајн беспилотних летелица за велике висине, симулације опструјавања, оптимизација ваздухопловних структура, адитивне производне технологије и сл), што се може закључити и по списку публикованих радова приказаном у наставку.

Научни рад публикован у међународном часопису − **M23**

1. Svorcan J., Peković O., Simonović A., Tanović D., **Hasan M.S.**: *Design of optimal flow concentrator for vertical-axis wind turbines using computational fluid dynamics, artificial neural networks and genetic algorithm*, − Advances in Mechanical Engineering, Vol 13, No 3, 2021. ISSN 16878132, 16878140. IF 1.161. https://doi.org/10.1177/16878140211009009
2. **Hasan M.S.**, Ivanov T., Vorkapic M., Simonovic A., Daou D., Kovacevic A., Milovanovic A.: *Impact of Aging Effect and Heat Treatment on the Tensile Properties of PLA (Poly Lactic Acid) Printed Parts*, − Materiale Plastice, Vol 57, No 3, 2020, pp. 147-159. ISSN 00255289, 2668-8220. IF 1.517. https://doi.org/10.37358/MP.20.3.5389

Саопштење са међународног скупа штампано у целини − **M33**

3. **Hasan M.S.**, Svorcan J., Tanovic D., Baş G., Durakbasa N.M.: *Conceptual Design and Fluid Structure Interaction Analysis of a Solar Powered High-Altitude Pseudo-Satellite (HAPS) UAV Wing Model*, − Proceedings of the International Symposium for Production Research (ISPR 2020), Antalya 2020, pp. 93-105.
4. Svorcan J., **Hasan M.S.**, Kovacevic A., Ivanov T.: *Design of the Optimal Airfoil Blade of a Small-Scale Multi-Rotor VTOL UAV*, − Proceedings of the International Symposium on Electric Aviation & Autonomous Systems (ISEAS-2020), Kyiv 2020, pp. 52-55.
5. **Hasan M.S.**, Ivanov T., Tanovic D., Simonovic A., Vorkapic M.: *Dimensional accuracy and experimental investigation on tensile behavior of various 3D printed materials*, − Proceedings of the 9th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2020, Belgrade 2020, pp. 400-406.
6. Baltic M., **Hasan M.S.**, Daou D., Milovanovic A., Kovacevic A., Milosevic M.: *Investigation of mechanical characteristics of composite plates under tensile loading*, − Proceedings of the XXXV International Conference ENERGETIKA 2020, Zlatibor 2020, pp. 1-6.
7. **Hasan M.S.**, Svorcan J., Simonovic A., Daou D., Peric B.: *CFD Analysis of a High-Altitude Long Endurance UAV Wing*, − Proceedings of the 7th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Sremski Karlovci 2019, pp. 1-9.

8. **Hasan M.S.**, Svorcan J., Kostic I., Simonovic A., Kostic S., Ivanov T.: *Preliminary Aerodynamic Performance Estimation of HALE UAV Wings*, − Proceedings of the 8th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2018, Belgrade 2018, pp. 39-43.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу − **M34**

9. **Hasan M.S.**, Tanović D., Vorkapić M.: *Tensile Behavior of Different Commercial Filaments Used in 3D Printed Parts*, − Book of Abstracts of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies (CNN Tech 2020), Zlatibor 2020, pp. 52.
10. Baltic M., **Hasan M.S.**, Milovanovic A.: *Experimental Investigation of Mechanical Characteristics of Composite Plates Under Tensile Loading*, − Book of Abstracts of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies (CNN Tech 2020), Zlatibor 2020, pp. 53.
11. Vorkapić M., Ivanov T., **Hasan M.S.**: *The Usage of 3D Printing in the Analysis of the Product Designing: Case – Electronics Enclosure Box*, − Book of Abstracts of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies (CNN Tech 2020), Zlatibor 2020, pp. 61.

Научни рад публикован у врхунском часопису националног значаја − **M51**

12. Svorcan J., **Hasan M.S.**, Baltic M., Simonovic A.: *Optimal propeller design for future HALE UAV*, − Scientific Technical Review, Vol 69, No 2, 2019, pp. 25-31.

Научни рад публикован у истакнутом националном часопису − **M52**

13. Vorkapić M., Bogetić S., Tanović D., **Hasan M.S.**, Kovačević A.: *5S elements as steps to bridge the gap in transmitter manufacturing process*, − Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC), Vol 9, No 2, 2019, pp. 148-158.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини − **M63**

14. **Hasan M.S.**, Vorkapić M., Ivanov T., Kovačević A.: *Speed Prediction on 3D Printers with Artificial Neural Networks Implementation*, − Proceedings of the 42nd JUPITER conference with foreign participants, Belgrade 2020, pp. 2.7-2.12.
15. Svorcan J., Pekovic O., Tanovic D., **Hasan M.S.**: *Assessment of the Modified Velocity Profile Through Flow Simulations and Artificial Neural Networks*, − Proceedings of the 42nd JUPITER conference with foreign participants, Belgrade 2020, pp. 2.27-2.32.
16. Tanovic D., Svorcan J., Pekovic O., **Hasan M.S.**: *Performance Analysis of Wind Turbine with Different Airfoils*, − Proceedings of the 42nd JUPITER conference with foreign participants, Belgrade 2020, pp. 2.33-2.40.
17. **Hasan M.S.**, Ivanov T., Simonovic A., Baltic M., Svorcan J.: *Experimental Investigation of 3D Printed Parts by Using Digital Image Correlation*, − Proceedings of the 41st JUPITER conference with foreign participants, Belgrade 2018, pp. 3.8-3.13.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија сматра да је Mohammad Sakib Hasan испунио све потребне услове за пријаву теме докторске дисертације и да је способан за самостални рад на предложеној теми. Поред одслушаних предавања, положених испита и одбрањеног Пројекта идеје докторске дисертације, у протеклом периоду вршио је различита нумеричка и експериментална истраживања, учествовао у реализацији стручних пројеката и публиковао значајан број

научних радова из области којој припада предложена тема што га квалификује за пријаву докторске дисертације под наведеним насловом.

2. Предмет и циљ истраживања

Способност летења ваздухоплова током продуженог временског периода (велике истрајности) постала је кључно питање и мета истраживања, како у домену цивилне авијације, тако и код беспилотних летелица. Овај последњи домен заузима све важније место у нашем друштву, како за цивилне тако и за војне примене. После првог лета *Qinetiq*-овог Zephyr-a 7 у стратосфери у трајању од две недеље, на беспилотне летелице ХАПС (*high-altitude platform-station*) обраћа се велика пажња и широм света се развијају за употребу као сателити ниске орбите са предношћу да буду јефтинији, ближи нивоу мора и у могућности да са већом флексибилношћу извршавају одређене задатке. Поред наведеног, ове врсте беспилотних летелица такође имају потенцијал да се користе као комуникациона чворишта, укључујући 5G, као и да пружају друге услуге као што су надзор и праћење објеката на земљи и у ваздуху, истраживање стања атмосфере и временска прогноза, надзор животне средине итд. Тренутно је могуће постићи амбициозне циљеве попут континуираног лета само коришћењем соларних ћелија. Фотонапонске ћелије би током дана сакупљале сунчеву енергију која би напајала мотор и електронику, а такође и складиштиле довољно енергије за летење током ноћи или под облацима.

Да би се постигла циљана велика истрајност летелице, мора се пажљиво и промишљено приступити свим фазама њеног моделирања и пројектовања. У питању је комплексан систем састављен из бројних различитих подсистема који треба да заједнички функционишу, размењују енергију и информације. Из тог разлога потребно је спроводити бројне оптимизационе студије. Нажалост, технологија батерија још увек није довољно развијена за остваривање летова дужих од приближно месец дана. Уколико би летелица остала дуже у ваздуху, питање је како би се понашали њени подсистеми, нарочито елементи структуре и употребљени материјали (укључујући композитне или оне који су добијени адитивним производним технологијама). Пошто око 40% укупне масе одлази на батерије, потребно је спровести детаљна истраживања о маси појединачних компоненти, одговарајућој аеродинамичкој конфигурацији, структуралним решењима, очекиваним перформансама летелице, итд.

Предмет истраживања тезе није само аеродинамичка нити структурална анализа компоненти беспилотне летелице за велике висине, већ мултидисциплинарни, спрегнути процес анализе, моделирања и оптимизације летелице који подразумева оптимални однос маса, оптимизовани аеропрофил и крило летелице као и вучне елисе, најлакшу структуру крила (сачињену од алиминијума, композита и пластичних делова) као основне узгонске површине, одговарајући распоред соларних ћелија, што тачнију и поузданију процену перформанси летелице итд.

Циљеви истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

- Систематизација и оцена постојећих истраживања која прожимају проблематику беспилотних летелица за велике висине,
- Овладавање различитим прорачунским техникама, софтверским алатима и њихово унапређење и прилагођење специфичном разматраном проблему беспилотне летелице за велике висине,
- Концептуални дизајн беспилотне летелице за велике висине који подразумева: одабир одговарајуће конфигурације летелице, процену маса и димензионисање њених основних компоненти, међусобно уклапање подсистема, брзе али тачне прорачуне перформанси појединачних елемената, али и целокупног летећег система.

- Прелиминарни дизајн беспилотне летелице за велике висине који подразумева детаљније дефинисање и оптимизацију крила, управљачких површина, одабир материјала, детаљне структуралне анализе основних носећих компоненти, детаљније дефинисање сложеног погонског система коју укључује електрични мотор, вучну елису и соларне ћелије, итд.
- Анализа добијених резултата, провера употребне вредности целокупног поступка кроз поређење са доступним експерименталним и нумеричким подацима и извођење одговарајућих закључака.

2.2. Преглед и анализа литературе

Списак релевантних библиографских извора који приказују тренутно стање науке и технике у области беспилотних летелица за велике висине као и њихових подсистема дат је у наставку:

1. D'Oliveira F.A., De Melo F.C.L., et al.: *High-Altitude Platforms − Present Situation and Technology Trends*, − Journal of Aerospace Technology and Management, Vol 8, No 3, 2016, pp. 249-262.
2. Noth A.: *Design of Solar Powered Airplanes for Continuous Flight*, − Ph.D. thesis, ETH Zurich, Zurich, Switzerland, 2008.
3. Alsahlani A.A.M.: *Design of a Swept-Wing High-Altitude Long-Endurance Unmanned Air Vehicle (HALE UAV)*, − Ph.D. thesis, University of Salford, Manchester, UK, 2017.
4. Colas D.F., Roberts N.H., et al.: *HALE Multidisciplinary Design Optimization Part I: Solar-Powered Single and Multiple-Boom Aircraft*, − Proceedings of the 18th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, Atlanta 2018, art no AIAA 2018-3028, pp. 1-30.
5. Colas D.F., Roberts N.H., et al.: *HALE Multidisciplinary Design Optimization Part II: Solar-Powered Single and Multiple-Boom Aircraft*, − Proceedings of the 18th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, Atlanta 2018, art no AIAA 2018-3029, pp. 1-11.
6. Gibbs Y.: *NASA Armstrong Fact Sheet: Helios Prototype*, − NASA, Edwards, Calif., USA, 2015.
7. Goraj Z., Spalding D.: *Design challenges associated with development of a new generation UAV*, − Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol 77, No 5, 2005, pp. 361-368.
8. McDonnell T., Ning A.: *Gradient-based optimization of solar-regenerative high-altitude long-endurance aircraft*, − Journal of Aircraft, Vol 57, No 6, 2020, pp. 1189-1201.
9. Park K., Han J.W., et al.: *Optimal design of airfoil with high aspect ratio in unmanned aerial vehicles*, − World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol 40, 2009, pp. 182-188.
10. Mukesh R., Lingadurai K., et al.: *Airfoil shape optimization using non-traditional optimization technique and its validation*, − Journal of King Saud University − Engineering Sciences, Vol 26, No 2, 2014, pp. 191-197.
11. Viola I.M., Chapin V., et al.: *Optimal airfoil's shapes by high fidelity CFD*, − Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol 90, No 6, 2018, pp. 1000-1011.
12. Peigin S., Pushchin N., et al.: *Unmanned air vehicle 3-D wing aerodynamical design and algorithm stability with respect to initial shape*, − Thermal Science, Vol 23, Suppl. 2, 2019, pp. S599-S605

13. Liu X., He W., Wei, F.: *Design of high altitude propeller using multilevel optimization*, − International Journal of Computational Methods, Vol 17, No 4, 2020, art no 1950004, pp. 1-32.
14. Garcia-Gutierrez A., Gonzalo J., Dominguez D., Lopez D., Escapa, A.: *Aerodynamic optimization of propellers for High Altitude Pseudo-Satellites*, − Aerospace Science and Technology, Vol 96, 2020, art no 105562, pp. 1-12..
15. Zubi G., Dufo-Lopez R., et al.: *The lithium-ion battery: State of the art and future perspectives*, − Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 89, 2018, pp. 292-308.

Веома јасан и користан преглед различитих типова и намена беспилотних платформи за велике висине дат је у [1]. Иако је њихов развој започео деведесетих година XX столећа, највише технолошких помака дешава се тек у последњих десет, од када велике компаније чија је основна делатност заснована на глобалној комуникацији почињу да показују повећани интерес за њихов развој и унапређење. Иако су релативно стандардне конфигурације (најсличнији једрилицама или балонима), бројни изазови јављају се током њиховог пројектовања (само неки су: потреба за ужасно малом масом; веома витке, аероеластичне структуре које су изложене повећаном зрачењу; аеродинамични облици за горње слојеве атмосфере и смањене Рејнолдсове бројеве; нови концепти пропулзивног система; фотонапонске ћелије што веће ефикасности; планирање и остваривање мисије летелице; безбедно функционисање летелице; итд), одакле и потреба за озбиљним и студиозним бављењем овом темом што се огледа и у броју завршених доктората широм света [2, 3].

Овако комплексни летећи системи захтевају истовремено разматрање већег броја разнородних дисциплина, нарочито аеродинамике и структуралне анализе. Развој софтверске платформе за концептуални дизајн летелице за велике висине описан је у [4, 5]. Иако је у питању одличан алат задовољавајуће поузданости, коришћени модели су једноставни (нпр. модел опструјавања заснован је на потенцијалном струјању) и пружају могућност даљег унапређења. Неки корисни подаци о могућностима (и ограничењима) једне од првих успешних летелица типа летећег крила дат је у [6], док се у [7, 8] могу наћи описи оптимизационих поступака који су спроведени не би ли се повећала аеродинамичка ефикасност или смањила маса крила, редом.

Радови [9-12] превасходно се баве оптимизацијом облика аеропрофила и/или крила велике виткости летелице за велике висине, и то вишекритеријумским оптимизационим поступцима заснованим на прорачунима опструјавања панелним или методама прорачунске механике флуида. У ту сврху, потребно је усвојити адекватни начин описивања геометрије крила који омогућава велики број понављања прорачуна као и оформити одговарајући итеративни оптимизациони поступак. Како је резултат вишекритеријумске оптимизације најчешће скуп оптималних решења, коначни избор најбоље геометрије јако зависи од самог пројектанта, као и намене и радних услова летелице. Из тог разлога, за одређене полазне захтеве, потребно је спровести сопствени оптимизациони поступак који ће помоћи при одабиру највише одговарајуће геометрије крила (основног елемента летелице за велике висине који обезбеђује узгон).

Са друге стране, немалу пажњу потребно је посветити и дизајну елисе летелице за велике висине чија је основна намена обезбеђивање довољне вучне силе. Опет, радни услови ових ротирајућих површина прилично су специфични. Густина ваздуха на висини од 20 km мања је скоро 14 пута од оне на нултој надморској висини, док је брзина крстарења ових летелица мала (па је низак и коефицијент рада елисе). Оптимизациони поступак могуће је спровести и ради проналаска најбоље геометрије елисе, како је и приказано у [13, 14]. Опет, приказани резултати нису глобално применљиви, па је потребно спровести и сопствене анализе.

Коначно, тренутно стање технологије батерија као и трендови развоја очекивани у скоријој будућности, од којих директно зависе маса и перформансе летелице за велике висине, јер је њихова намена складиштење енергије коју ће летелица трошити током ноћи, дат је у [15].

3. Полазне хипотезе

Процес анализе и моделирања беспилотне летелице за велике висине подразумева многобројне и различите статистичке и нумеричке моделе и методе оптимизације, као и различите експерименталне технике, те такође подразумева и њихове метематичке основе. Истраживачки рад кандидата Mohammad Sakib Hasan-а додатно се заснива на следећим полазним становиштима:

- Статистичким моделима и различитим предиктивним методама могуће је проценити одређене карактеристике подсистема беспилотних летелица (нпр. масу, аеродинамичке карактеристике или одзив структуре);
- Раванско разматрање струјања као и једноставнији модели опструјавања (нпр. модел потенцијалног струјања доправљен полуемпиријским корекцијама) могу представљати добру полазну основу за оптимизацију аеропрофила крила као и лопатице елисе;
- Прорачунска аеродинамика и постојећи турбулентни модели засновани на Рејнолдсовом осредњавању Навије-Стоксових једначина и моделу изотропне турбуленције могу са задовољавајућом тачношћу осликати просторно опструјавање крила у стратосфери;
- Метахеуристичне и еволутивне оптимизационе методе могу се користити и код проблема опструјавања и у структуралној анализи елемената ваздухоплова;
- Методом коначних елемената може се са довољном тачношћу осликати понашање крила под дејством аеродинамичких, масених и инерцијалних оптерећења;
- Нумерички експерименти могу пружити разноврсне употребљиве резултате и значајно убрзати и побољшати даље фазе пројектовања (детаљни дизајн), као и будућа експериментална истраживања,
- Резултати експерименталног испитивања карактеристика материјала могу представљати добру основу за детаљну анализу понашања структура ваздухоплова.

4. Научне методе истраживања

Научне методе које ће се применити у оквиру дисертације су следеће. На почетку, прегледом и систематизацијом постојеће литературе и до сада остварених резултата, индуктивним и статистичким методама могуће је извести неке опште закључке. Потом је потребно те закључке дедуктивним методама даље применити и на појединачни случај беспилотне летелице за велике висине као и на њене подсистеме. Нумеричко испитивање опструјавања и понашања структуре потребно је раздвојити на појединачне, простије случајеве који се засебно решавају коришћењем метода анализе и синтезе. Након тога, биће могуће реализовати интегрални (спрегнути) нумерички прорачун уз употребу метода конкретизације и генерализације. Комплексни проблем беспилотне летелице за велике висине потребно је што једноставније описати методама дескрипције, а потом и моделовати различитим математичким (статистичким), нумеричким (нпр. методом коначних запремина и методом коначних елемената) и експерименталним методама. Остварени нумерички резултати биће

верификовани у односу на доступне експерименталне и нумеричке податке других аутора помоћу компаративних метода. Процес одабира крајњег (оптималног) решења биће спроведен уз употребу различитих (еволутивних, метахеуристичних) оптимизационих метода (нпр. генетског алгоритма). Сви споменути алгоритми биће и програмски имплементирани.

5. Очекивани научни допринос

Како је у питању изузетно савремена, амбициозна и мултидисциплинарна научноистраживачка тема, могуће је формулисати следећи очекивани научни допринос ове дисертације:

1. Дефинисање одговарајућег прелиминарног дизајна беспилотне летелице за велике висине и велике истрајности на соларни погон,

који у оквиру себе подразумева:

- Тачну процену маса компоненти летелице засновану на статистичкој анализи и предиктивним методама;
- Спровођење детаљних и валидираних нумеричких прорачуна опструјавања појединачних компоненти (аеропрофила, крила, елисе, целе летелице);
- Спровођење различитих оптимизационих анализа;
- Унапређење аеродинамичке ефикасности узгонских површина летелице за велике висине;
- Спровођење детаљних и валидираних нумеричких прорачуна понашања (изузетно витке и флексибилне) структуре крила летелице за велике висине;
- Одабир одговарајућих материјала након спроведених нумеричких и експерименталних студија;
- Дефинисање савременог сложеног погонског система;
- Формирање валидног модела за процену перформанси летелице у различитим радним условима (нпр. висини, географској ширини, добу године и сл).

Током израде дисертације остварени научни допринос биће верификован у квалитативном и квантитативном смислу у релевантним домаћим и међународним публикацијама.

6. План истраживања и структура рада

Након детаљне анализе расположивих библиографских јединица које су референтне за предметну област истраживања беспилотних летелица за велике висине, биће извршена систематизација аналитичких, нумеричких и експерименталних приступа и резултата који су до сада остварени уз класификацију предочених смерница за будућа истраживања.

Даљи план истраживања током израде докторске дисертације може се разврстати у следеће главне активности:

- Преглед и систематизација постојеће научне литературе на тему беспилотних летелица за велике висине;
- Рашчлањење концептуалног дизајна летелице за велике висине на фазе;
- Одабир и развој одговарајућих прорачунских модела;

- Спровођење нумеричких анализа;
- Дефинисање (мултидисциплинарних, вишекритеријумских) оптимизационих проблема, развој, имплементација и спровођење оптимизационих поступака;
- Спровођење експерименталних истраживања;
- Упоредна анализа нумеричких и експерименталних резултата;
- Дискусија са извођењем закључака и препорукама за будућа истраживања.

Предвиђено је да докторска дисертација има следећу структуру:

1. Увод
2. Преглед доступне литературе и досадашњих релевантних истраживања
3. Преглед постојећих летелица за велике висине и почетна процена маса
4. Преглед и анализа нумеричких метода
5. Преглед и анализа експерименталних метода
6. Упоређивање нумеричких и експерименталних резултата
7. Закључак и дискусија
8. Литература

7. Закључак и предлог

На основу свега наведеног, пријаве за израду докторске дисертације архивиране под бројем 559/1 од 26.03.2021. године и уз сагласност Катедре за ваздухопловство архиване под бројем 559/2 од 26.04.2021. године, Комисија за писање реферата о научној заснованости теме докторске дисертације сматра да је кандидат испунио потребне услове за пријаву теме докторске дисертације као и да је способан да реализује наведене предвиђене циљеве истраживања. Предложена тема докторске дисертације је изузетно актуелна, интересантна, мултидисциплинарана, амбициозна и погодна за израду докторске дисертације и њеним изучавањем може се остварити значајан научни и стручни допринос. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да се

Mohammad Sakib Hasan-у, маст.инж.маш.

одобри израда докторске дисертације под називом

„Analysis, modeling and optimization of solar-powered high-altitude platform-station (HAPS)"

(„Анализа, моделирање и оптимизација беспилотне летелице за велике висине на соларни погон")

која припада научној области: машинство, и ужој научној области: ваздухопловство, а за коју је матичан Универзитет у Београду − Машински факултет.

За ментора рада предлажемо **др Јелену Сворцан**, ванредног професора Универзитета у Београду − Машинског факултета.

Београд, 11.06.2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Александар Бенгин,
Универзитет у Београду − Машински факултет

.....
Проф. др Александар Симоновић,
Универзитет у Београду − Машински факултет

.....
Ван. проф. др Огњен Пековић,
Универзитет у Београду − Машински факултет

.....
Доц. др Тони Иванов,
Универзитет у Београду − Машински факултет

.....
Др Никола Мирков,
Научни сарадник, Институт за нуклеарне науке Винча

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 559/4
Датум: 20.05.2021.
Београд, Краљице Марије бр.16

На основу члана 64. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1450/4 од 14.06.2018. године и члана 20. а сагласно члану 29. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду од 24.05.2016.г., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној дана 20.05.2021. године, донело је следећу

О Д Л У К У

Именује се **др Јелена Сворцан, ванр. проф.** за ментора докторске дисертације **„ANALYSIS, MODELING AND OPTIMIZATION OF SOLAR-POWERED HIGH-ALTITUDE PLATFORM (HAPS) АНАЛИЗА, МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА БЕСПИЛОТНЕ ЛЕТЕЛИЦЕ ЗА ВЕЛИКЕ ВИСИНЕ НА СОЛАРНИ ПОГОН“** кандидата **MOHHAMAD SAKIB HASAN, маст.инж.маш.,** студента докторских студија.

Одлуку доставити: ментору, докторанту и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић