

Образац 3.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1376/6
(Број захтева)

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

21.10.2021.
(Датум)

ЗАХТЕВ

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:

„ОПТИМИЗАЦИЈА ВЕТРОТУРБИНА ПОСЕБНИХ НАМЕНА“
OPTIMIZATION OF WIND TURBINES FOR SPECIAL PURPOSES

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Ваздухопловство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:
ДРАГОЉУБ (ЉУБОДРАГ) ТАНОВИЋ
- Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Машински факултет Београд
- Година завршетка претходног нивоа студија: 2017.
- Година уписа на докторске студије: 2018.
- Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: _____Александар Симоновић_____

Звање: _____Редовни професор_____

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Raković, D., **Simonović, A.**, Grbović, A., Radović, L., Vorkapić, M., Krstić, B. Fatigue fracture analysis of helicopter landing gear cross tube. (2021) *Engineering Failure Analysis* (ISSN 1350-6307, IF2020 = 3.114), 129, no. 105672. doi: 10.1016/j.engfailanal.2021.105672
2. Perić, B., **Simonović, A.**, Vorkapić, M. Comparative analysis of numerical computational techniques for determination of the wind turbine aerodynamic performances. (2021) *Thermal Science* (ISSN 0354-9836, IF2020 = 1.625), 25 (4 Part A), pp. 2503-2515. doi: 10.2298/TSCI200216175P
3. 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, IF2020 = 1.316), 13 (3). doi: 10.1177/16878140211009009
4. Ivanov, T., **Simonović, A.**, Petrović, N., Fotev, V., Kostić, I. Influence of selected turbulence model on the optimization of a class-shape transformation parameterized airfoil. (2017) *Thermal Science* (ISSN 0354-9836, IF2017 = 1.433), 21, pp. S737-S744. doi: 10.2298/TSCI160209194I
5. Asress, M.B., **Simonovic, A.**, Komarov, D., Stupar, S. Wind energy resource development in Ethiopia as an alternative energy future beyond the dominant hydropower. (2013) *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (ISSN 1364- 0321, IF2013 = 5.510), 23, pp. 366-378. doi: 10.1016/j.rser.2013.02.047

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора _____ Оливера Костић _____

Звање: _____ Доцент _____

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Hasan, M.S., Svorcan, J., Simonović, A., Mirkov, N., Kostić, O. Optimal airfoil design and wing analysis for solar-powered high-altitude platform station. (2021) Thermal Science (ISSN 0354-9836, IF2020 = 1.625), doi: 10.2298/TSCI210419241S
2. Abubaker, A., Kostić, I., Kostić, O., Stefanović, Z. CFD modeling of atmospheric boundary layer simulations in wind tunnels. (2018) Tehnicki Vjesnik (ISSN 1330-3651, IF2018 = 0.644), 25 (6), pp. 1595-1602. doi: 10.17559/TV-20161125134410
3. Kostić, O., Stefanović, Z., Kostić, I. Comparative CFD analyses of a 2D supersonic nozzle flow with jet tab and jet vane. (2017) Tehnicki Vjesnik (ISSN 1330-3651, IF2017 = 0.686), 24 (5), pp. 1335-1344. doi: 10.17559/TV- 20160208145336
4. Šekutkovski, B., Kostić, I., Stefanović, Z., Simonović, A., Kostić, O. A hybrid rans-les method with compressible k-omegaSSTSAS turbulence model for high Reynolds number flow applications. (2015) Tehnicki Vjesnik (ISSN 1330-3651, IF2015 = 0.464), 22 (5), pp. 1237-1245. doi: 10.17559/TV-20140404130058
5. Kostić, I., Stefanović, Z., Petrović, Z., Kostić, O., Essari, A. Hybrid approach in the initial aerodynamic, stability and performance calculations of a light airplane. (2013) Tehnicki Vjesnik (ISSN 1330-3651, IF2013 = 0.615), 20 (4), pp. 605-614.

Обавештавамо вас да је

Наставно – научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 21.10.2021. 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: 1376/6
Датум: 21.10.2021. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Драгољуба Тановића**, маст. инж. маш., бр. 1376/1 од 23.08.2021. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Александар Бенгин, ред. проф., др Огњен Пековић, ванр. проф., др Јелена Сворцан, ванр. проф., др Тони Иванов, доц. и др Драган Комаров, научни сарадник, Академија техничких струковних студија Београд број 1376/5 од 19.10.2021. 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 факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 21.10.2021. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ДРАГОЉУБ ТАНОВИЋ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«ОПТИМИЗАЦИЈА ВЕТРОТУРБИНА ПОСЕБНИХ НАМЕНА (OPTIMIZATION OF WIND TURBINES FOR SPECIAL PURPOSES)»**.

Одлуком ННВ број 1376/3, од 16.09.2021. године за менторе докторске дисертације Драгољуба Тановића, маст. инж. маш. именовани су др Александар Симоновић, ред. проф. и др Оливера Костић, доц.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата **Драгољуба Тановића, маг.инж.маш.** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. **1376/4** од **16.09.2021.** године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Драгољуба Тановића, маг.инж.маш.** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Оптимизација ветротурбина посебних намена”** („**Optimization of wind turbines for special purposes**”).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Драгољуб Тановић рођен је 24. априла 1994. године у Београду, Србија. Након завршене основне школе, средњошколско образовање је започео 2009/2010. у Земунској гимназији, а 2013. године уписао је Машински факултет у Београду где је завршио основне (2016. године) и мастер студије на смеру ваздухопловство. Мастер рад насловљен *Симулација ветротурбине са вертикалном осом обртања*, под менторством проф. др Александра Симоновића, одбранио је 2018. године са оценом 10, па исте године уписује и докторске студије.

Током 2018. године, обавио је праксу у фирми Јат Техника 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.

Течно говори енглески, а споразумева се и на немачком језику. Успешно се служи следећим инжењерским софтвером и алатима: Ansys, Matlab, Catia V5, AutoCAD, SolidWorks, Caesar, Creo Parametric, Agisoft Metashape, Microsoft Office, LaTeX, Ultimaker Cura, Adobe Photoshop CC.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Драгољуб Тановић је на докторским студијама Машинског факултета у Београду положио следеће испите: Виши курс математике (оцена 9), Нумеричке методе (оцена 10), ОМНИР и комуникација (оцена 9), Аеропрофили и узгонске површине ваздухоплова (оцена 10),

Истраживање и публикавање I (оцена 10), Одабрана поглавља из механике флуида (оцена 8), Адаптивне структуре (оцена 10), Одабрана поглавља из аеродинамике (оцена 10), Истраживање и публикавање II (оцена 10), Изогеометријска анализа (оцена 10), Посебна поглавља из прорачунске аеродинамике (оцена 10), Истраживање и публикавање III (оцена 10), Истраживање и публикавање IV (оцена 10), са просечном оценом 9.71, 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 и обновљивих извора енергије (као што су концептуални дизајн ветротурбина посебних намена предвиђених за рад на висинама од неколико стотина метара, симулације опструјавања, оптимизација аеродинамичких облика и структура и сл), што се може закључити и по списку публикованих радова приказаном у наставку.

1.2.1. Списак објављених радова

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>

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

2. Svorcan J., Hasan M.S., **Tanović D.**, Popović L.: *Simulating transitional and turbulent flow around airfoils at medium angles-of-attack*, – Proceedings of the 8th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Kragujevac, Serbia 2021, pp. 519-526.
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. 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.
5. Peković O., Svorcan J., Simonović A., Ivanov T., **Tanović D.**: *Optimization of flow concentrator for vertical-axis wind turbines*, – Proceedings of the XXXV International Conference ENERGETIKA 2020, Zlatibor 2020, pp. 244-249.
6. Perić B., Simonović A., Kovačević A., **Tanović D.**, Vorkapić M.: *Numerical analysis of aerodynamic performance of offshore wind turbine*, – Proceedings of the 7th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Sremski Karlovci, Serbia 2019, M3i.

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

7. **Tanović D.**, Simonović A., Peković O.: *Numerical simulation of airfoils for airborne wind turbine*, – Book of Abstracts of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies (CNN Tech 2021), Zlatibor 2021, pp. 64.
8. Ivanović M., **Tanović D.**, Kovačević A.: *Comparative analysis of the three systems with carbon-dioxide as a working fluid for industrial refrigeration*, – Book of Abstracts of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies (CNN Tech 2021), Zlatibor 2021, pp. 67.

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. Svorcan J., **Tanović D.**, Peković O.: *Effects of ground and velocity profiles on aerodynamic performances of small-scale vertical-axis wind turbines*, – Book of Abstracts of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies (CNN Tech 2020), Zlatibor 2020, pp. 55.
11. **Tanović D.**, Svorcan J., Peković O.: *Performance analysis of wind turbines with different characteristics*, – Book of Abstracts of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies (CNN Tech 2020), Zlatibor 2020, pp. 60.

Научни рад публикован у водећем часопису националног значаја – **M51**

12. Vorkapić M., Ivanov T., Baltić M., Kreculj D., **Tanović D.**, Kovacević A.: *The usage of 3D printing in the analysis of the product design: case - electronic enclosure of compact pressure transmitter*, – Tehnika, Vol 75, No 2, 2020, pp. 179-186.

Научни рад публикован у националном часопису – **M52**

13. Vorkapić M., Hasan M.S., **Tanović D.**, Baltić M., Tomić B.: *Implementation of 6R strategy in FDM printing process: Case: Small electronic enclosure box*, – Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC), Vol 10, No 2, 2020, pp. 141-150.
14. 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**

15. Kovačević A., **Tanović D.**, Hasan M.S., Ivanov T.: *Use of additive methods in the production of unmanned aircraft*, – Proceedings of ICQ - JUSK 2020, Belgrade 2021, pp. 87-94.
16. **Tanović D.**, Kovačević A., Vorkapić M., Vujović A.: *Algorithm for using 3D printing in designing or product modification*, – Proceedings of ICQ - JUSK 2020, Belgrade 2021, pp. 94-101.
17. Svorcan J., Peković O., **Tanović 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.
18. **Tanović D.**, Svorcan J., Peković 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.
19. **Tanović D.**, Baltić M., Perić B., Kapor N.: *Simulation wind turbine with vertical-axis of rotation*, – Proceedings of the 41st JUPITER conference with foreign participants, Belgrade 2018, pp. 2.31-2.36.

1.2.2. Учесће у научноистраживачким пројектима

Кандидат је такође учесник на пројекту ТР 35035 под називом *ИНТЕГРИСАНА ИСТРАЖИВАЊА У ОБЛАСТИ МАКРО, МИКРО И НАНО МАШИНСКОГ ИНЖЕЊЕРСТВА – Дизајн, оптимизација и интеграција енергетски ефикасних, адаптивних и аутономних аерокосмотехничких система и ротора*, чији је тренутни руководиоца проф. др Александар

Симоновић, а који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

1.2.3. Учесће у извођењу наставе

Од када је започео докторске студије као и радни однос на Универзитету у Београду - Машинском факултету, кандидат активно учествује у извођењу аудиторних и лабораторијских вежби из групе предмета Катедре за ваздухопловство на Основним академским студијама (Ветротурбине, МКЕ Анализе), као и на Мастер академским студијама (Ветротурбине 2, Наоружање ваздухоплова).

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија сматра да је Драгољуб Тановић 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 како научноистраживачких тако и 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

Тренутна потрошња фосилних горива драматично расте заједно са побољшањима квалитета живота, индустријализацијом земаља у развоју и повећањем светске популације. Познато је и да њихова потрошња има негативан утицај на животну средину што утиче на повећан ризик по здравље људи као и опасност од климатских промена. Пораст цене фосилних горива довео је до потражње алтернативне енергије која не утиче на човекову околину. Перманентан развој науке доводи до развоја нових производних система који захтевају потребу за новом количином енергије, али истовремено ти производни системи своја конструктивна решења усмеравају ка микро- и нано-технологијама, пре свега ради мањег утрошка енергије. Са друге стране, захтеви у погледу заштите човекове околине представљају нове принципе у погледу процентуалног учешћа обновљивих енергетских извора у укупном енергетском билансу земље. Треба очекивати да ће у будућности доћи до смањења производне енергије из чврстих извора у корист соларних извора, биоразградивих маса, као и ветра. Употреба енергије ветра доживела је велики пораст у последњим деценијама. Интересовање за прикупљање овог типа енергије подстакло је нове истраживачке активности и проучавање свих типова ветротурбина, посебно оних које би могле да се користе и на тешко приступачним местима (нпр. већим висинама) на којима се јављају значајно веће брзине ветра.

Упркос чињеници да постоји више подела ветротурбина на основу геометрије или области где су најпродуктивније, предмет истраживања ове докторске дисертације бави се анализом новог типа – ваздушних, плутајућих ветротурбина дуге истрајности. Оне представљају нов концепт будуће експлоатације енергије ветра. Огромна предност оваквог дизајна је што не захтева постојање стуба, чиме се значајно умањују трошкови потпорне конструкције, док се са порастом висине може остварити рад при већим брзинама ветра.

Предмет истраживања није проста аеродинамичка нити структурална анализа компоненти ваздушне (плутајуће) ветротурбине, већ комплетни истраживачки процес потпуно новог концепта ветротурбина који започиње анализом могућих радних услова, т.ј. виших слојева

атмосфере (променљиве густине) на којима се јављају значајно веће брзине ветра у односу на оне при Земљи. Предмет истраживања такође подразумева и дефинисање оптималног односа геометрије и маса ветротурбине и дифузора, дефинисање геометрије и оптимизацију аеропрофила лопатице, структуралну анализу лопатице ветротурбине, процену перформанси ветротурбине, али и могућности њене израде и ефикасне експлоатације, као и достављања генерисане електричне енергије до површине Земље.

Циљеви истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

- Систематизација и оцена постојећих истраживања која се баве проблематиком ваздушних (плутајућих) ветротурбина;
- Овладавање различитим прорачунским техникама, софтверским алатима и њихово прилагођавање разматраним проблемима везаним за ветротурбине посебних намена (предвиђеним за рад на већим висинама);
- Концептуални дизајн ваздушне (плутајуће) ветротурбине који подразумева: димензионисање и процену маса њених основних компоненти, међусобно уклапање подсистема за претварање енергије (почевши од аеродинамичког-ротора, до електричног-генератора), прелиминарне као и детаљне прорачуне перформанси појединачних елемената, али и целокупног система;
- Прелиминарни дизајн ваздушне (плутајуће) ветротурбине за веће висине који подразумева детаљније дефинисање и оптимизацију геометрије лопатица и дифузора, одабир погодних материјала (који не захтевају учестало одржавање), детаљне структуралне анализе основних носећих компоненти;
- Анализа добијених резултата, критичка оцена предложеног концепта ветротурбине као и провера употребне вредности целокупног поступка пројектовања кроз поређење са доступним експерименталним и нумеричким подацима и извођење одговарајућих закључака и препорука.

2.2. Преглед и анализа литературе

Списак релевантних библиографских извора који приказују тренутно стање науке и технике у области ваздушних (плутајућих) ветротурбина као и њихових подсистема дат је у наставку:

1. Nouri M., Miansari M.: *Airborne wind energy-driven hybrid system for simultaneous production of power, potable water, and liquid carbon dioxide*, – Energy Conversion and Management, Vol 233, 2021, no. 113913.
2. Директива (EU) 2018/2001 Европског парламента и Већа о промовисању употребе енергије из ОИ од 11.12.2018.
3. Stathopoulos T., Alrawashdeh H., et al.: *Urban wind energy: Some views on potential and challenges*, – Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol 179, 2018, pp. 146-157.
4. Dai J., Hu W., et al.: *Modeling and investigation of load and motion characteristics of offshore floating wind turbines*, – Ocean Engineering, Vol 159, 2018, pp. 187-200.
5. Ishugah T.F., Li Y., et al.: *Advances in wind energy resource exploitation in urban environment: A review*, – Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 37, 2014, pp. 613-626.
6. Kumar R., Raahemifar K., et al.: *A critical review of vertical axis wind turbines for urban applications*, – Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 89, 2018, pp. 281-291.

7. Wang Q., Wang J. et al.: *Micrositing of roof mounting wind turbine in urban environment: CFD simulations and lidar measurements*, – Renewable Energy, Vol 115, 2018, pp. 1118-1133.
8. Arteaga-Lopez E., Angeles-Camacho C., et al.: *Advanced methodology for feasibility studies on building-mounted wind turbines installation in urban environment: Applying CFD analysis*, – Energy, Vol 167, 2019, pp. 181-188.
9. de Santoli L., Albo A., et al.: *A preliminary energy and environmental assessment of a micro wind turbine prototype in natural protected areas*, – Sustainable Energy Technologies and Assessments, Vol 8, 2014, pp. 42-56.
10. Wong K.H., Chong W.T., et al.: *Performance enhancements on vertical axis wind turbines using flow augmentation systems: A review*, – Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 73, 2017, pp. 904-921.
11. Saleem A., Kim M.-H.: *Aerodynamic performance optimization of an airfoil-based airborne wind turbine using genetic algorithm*, – Energy, Vol 203, 2020, no. 117841.
12. Saleem A., Kim M.-H.: *Effect of rotor axial position on the aerodynamic performance of an airborne wind turbine system in shell configuration*, – Energy Conversion and Management, Vol 151, 2017, pp. 587-600.
13. Ali Q.S., Kim M.-H.: *Unsteady aerodynamic performance analysis of an airborne wind turbine under load varying conditions at high altitude*, – Energy Conversion and Management, Vol 210, 2020, no. 112696.

Перманентан развој науке доводи до развоја нових производних система који захтевају потребу за новом количином енергије, али истовремено ти нови производни системи своја конструктивна решења усмеравају ка микро- и нано-технологијама, пре свега ради мањег утrophа енергије. С друге стране, захтеви у погледу заштите човекове околине представљају нове принципе у погледу процентуалног учешћа енергетских извора у укупном билансу земље. Редукција емисије “гасова стаклене баште” у атмосферу има највећи потенцијал за умањење глобалног загревања [1] услед чега је прелазак на обновљиве изворе енергије (ОИЕ) постао један од главних начина борбе против климатских промена, те је тако у најновијој преправки директиве Европске уније о употреби ОИЕ постављен циљ да до 2030. године 32% потрошње енергије у ЕУ буде из ОИЕ [2], тако да треба очекивати у будућности да ће доћи до смањења производње енергије из чврстих извора (угља) у корист соларних извора, биоразградивих маса као и ветра [3].

Ветротурбине, нарочито оне које су постављене у урбаним срединама, значајно могу допринети овом циљу, како кроз генерисање “чисте, зелене” енергије тако и кроз подизања свести грађана о њиховој важности [4,5]. Постоје два основна критеријума поделе ветротурбина и то: према локацији на морске, копнене и ваздушне, као и подела према положају осе обртања на хоризонталне и вертикалне. Ветротурбине са вертикалном осом обртања показале су се као најперспективнији концепт за постављање у урбаним срединама услед мање осетљивости на честе промене брзине и правца дувања ветра као и повећану турбуленцију услед интеракције флуида са околним грађевинама [6]. У стручној литератури може се наћи велики број радова који се баве проблемима коришћења ветротурбина у урбаним условима. Грубо, могуће је поделити истраживања у два правца: одређивање оптималног положаја монтаже ветротурбине зависно од локалне руже ветрова и оријентације грађевина у близини [7,8] и проналажење начина за локално увећање ресурса ветра путем каналисања ротора [9], и/или додавања различитих лопатица и аеродинамичких уводника/сливника [10]. Ветротурбине са хоризонталном осом обртања имају хоризонтално постављено вратило ротора и најчешће електрогенератор на врху торња. Уобичајено се израђују са 2 или 3 лопатице, најзаступљеније су у употреби и, да би оствариле максималну

ефикасност, морају бити усмерене ка ветру. Ветротурбине са вертикалном осом обртања су нешто другачијег конструкционог облика. Могу бити отпорног и узгонског типа. Први тип турбина базира се на принципу коришћења аеродинамичке силе отпора, и у литератури носи назив по проналазачу Савонијусове турбине, док други тип ветротурбина за остваривање ротационог кретања превасходно користи силу узгона којом ваздух делује на аеропрофилисане лопатице.

Најновија, најинтересантнија и најмање истражена врста ветротурбина су тзв. ваздушне (плутајуће). У скоријој будућности очекује се много веће (научно и практично) испитивање истих јер концептом и анализом могу пружити најбоље резултате. Огромна предност оваког дизајна је што не захтева постојање стуба, а самим тим су избегнути трошкови потпорне конструкције, док се са порастом оперативне висине може остварити рад при већим брзинама ветра [11]. Посебан тип ваздушне турбине са 3 лопатице је Buoyant Airborne Turbine [12]. Висина, на којој се могу налазити и функционисати ове турбине, варира од 500 до 2000 m [13], док очекиване максималне брзине ветра на тим висинама могу прелазити и 30 m/s. Ефикасан рад ветротурбине посебно прилагођене оваквим радним условима омогућио би генерисање значајне количине енергије.

3. Полазне хипотезе

Процес анализе и моделирања ваздушне (плутајуће) ветротурбине предвиђене за рад на већим висинама подразумева бројне и различите прорачунске моделе и методе оптимизације, па подразумева и њихове метематичке основе. Истраживачки рад кандидата Драгољуба Тановића додатно се заснива на следећим полазним становиштима:

- Профил ветра у Земљиним атмосферским слојевима могуће је довољно тачно приказати различитим апроксимативним функцијама заснованим на статистичким подацима и бројним изведеним мерењима;
- Полазне аеродинамичке прорачуне ветротурбине (прорачун изворних чланова/доприноса по лопатици) могуће је, у првом тренутку, спровести применом теорије елемента лопатице и комбиноване теорије;
- Тачнију процену аеродинамичких оптерећења могуће је потом добити применом напреднијих модела прорачунске механике флуида где се једначине које описују опструјавање решавају методом коначних запремина, а у обзир се узимају и ефекти вискозности флуида;
- Једноставнији модели опструјавања (нпр. раванско или потенцијално) могу представљати добру полазну основу за оптимизацију аеропрофила лопатице ваздушне (плутајуће) ветротурбине;
- Еволутивни и метахеуристични оптимизациони алгоритми могу се успешно користити за решавање изразито сложених и мултидисциплинарних проблема (који подразумевају већи број циљних функција и наметнутих ограничења) као што су опструјавање на већим висинама или структурална анализа лопатице ваздушне (плутајуће) ветротурбине;
- Методом коначних елемената може се са довољном тачношћу осликати понашање лопатица под дејством аеродинамичких, масених и инерцијалних оптерећења;
- Нумерички експерименти могу пружити разноврсне употребљиве резултате и представљати добру основу за даље фазе пројектовања, као и за будућа експериментална истраживања.

4. Научне методе истраживања

Научне методе које ће се применити у оквиру дисертације су следеће:

- Пре свега, прегледом постојеће научне литературе и остварених резултата, а у циљу систематизације постојећих истраживања, индуктивним и статистичким методама потребно је извести неке опште закључке који се односе на тренутно стање технике ваздушних (плутајућих) ветротурбина;
- Потом је потребно те закључке дедуктивним методама даље применити на друге појединачне случајеве, односно на проблем дефинисања полазних захтева плутајуће ветротурбине над територијом Србије;
- Поступак нумеричког испитивања потребно је рашчланити на две фазе: 1) формирање једноставнијег математичког модела који даје пружа брзу процену аеродинамичких оптерећења лопатице, задовољавајуће је тачности и погодан је за спровођење оптимизационих поступака, 2) и сложенијег математичког модела који пружа тачнију и детаљнију процену струјног поља око ваздушне (плутајуће) ветротурбине и погодан је за касније фазе пројектовања и дефинисање структуре и материјала лопатице;
- Концепт ваздушне (плутајуће) ветротурбине потребно је једноставно описати (методама дескрипције), а потом их и моделовати различитим математичким и нумеричким методама, нпр. методом коначних запремина и методом коначних елемената;
- Једноставнији прорачуни биће реализовани кроз писање сопствених прорачунских функција, док ће напреднији модели бити разматрани у различитим инжењерским софтверима (како комерцијалним, тако и *open-source*);
- Нумеричке поставке биће проверене компаративним методама са доступним експерименталним и нумеричким подацима;
- Процес одабира крајњег решења биће спроведен и уз употребу различитих метода оптимизације које могу укључивати и еволутивне или метахеуристичке алгоритме.

5. Очекивани научни допринос

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

1. Дефинисање одговарајућег прелиминарног дизајна будуће ваздушне (плутајуће) ветротурбине предвиђене за рад на висинама од неколико стотина метара,

који у оквиру себе подразумева:

- Тачну процену геометрије и маса појединачних компоненти ваздушне (плутајуће) ветротурбине засновану на различитим методама;
- Спровођење како једноставнијих тако и сложенијих, детаљнијих нумеричких прорачуна опструјавања ваздушне (плутајуће) ветротурбине;
- Спровођење различитих оптимизационих анализа;
- Унапређење аеродинамичке ефикасности ротора ваздушне (плутајуће) ветротурбине;
- Одабир одговарајућих материјала након спроведених нумеричких и експерименталних студија;

- Дефинисање система за допремање генерисане енергије на Земљину површину;
- Формирање валидног модела за процену радних услова ваздушне (плутајуће) ветротурбине (који се мењају са висином, добом дана, 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 ваздушних (плутајућих) ветротурбина, 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 ваздушних (плутајућих) ветротурбина;
- Рашчлањење концептуалног дизајна ваздушне (плутајуће) ветротурбине на фазе;
- Одабир и развој одговарајућих прорачунских модела;
- Спровођење нумеричких анализа;
- Спровођење оптимизационих поступака;
- Спровођење експерименталних истраживања;
- Упоредна анализа различитих 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 концепата ваздушних (плутајућих) ветротурбина и почетна процена маса појединачних компоненти
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 архивирани под бројем 1376/1 од 23.08.2021. године и уз сагласност Катедре за ваздухопловство архивирани под бројем 1376/2 од 08.09.2021. 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 савремена, 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

Драгољубу Тановићу, маг.инж.маш.

одобри израду докторске дисертације под називом

„Оптимизација ветротурбина посебних намена”

(„Optimization of wind turbines for special purposes”)

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

За менторе рада предлажемо **др Александра Симоновића**, професора Универзитета у Београду – Машинског факултета и **др Оливеру Костић**, доцента Универзитета у Београду – Машинског факултета.

Београд, 15.10.2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

.....
Ван. проф. др Јелена Сворцан,
Универзитет у Београду – Машински факултет

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

.....
Др Драган Комаров, научни сарадник
Академија техничких струковних студија Београд

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1376/3
Датум: 16.09.2021. године
Београд, Краљице Марије бр.16

На основу члана 64. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду – пречишћен текст, арх. бр. 1136/4 од 28.06.2021. 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 16.09.2021. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Именују се **др Александар Симоновић, ред. проф. и др Оливера Костић, доц. за менторе докторске дисертације „Оптимизација ветротурбина посебних намена (Optimization of wind turbines for special purposes)“ кандидата Драгољуба Тановића, маст. инж. маш., студента докторских студија.**

Одлуку доставити: ментору, докторанту и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић