

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1410/5
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)25.08.2016.
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

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

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ ЛОПАТИЦА
ВЕТРОТУРБИНА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Ваздухопловство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ЗОРАНА (БРАНИСЛАВ) ТРИВКОВИЋ
- Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
- Година дипломирања: 2010.
- Назив магистарске тезе кандидата: _____
- Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____
- Година одбране магистарске тезе: _____
- Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2010.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 25.08.2016
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

- Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
- Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1410/5
Датум: 25.08.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Зоране Тривковић**, магист. инж. маш., бр. 1410/1 од 17.06.2016. године да јој се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Слободан Ступар, ред. проф., др Александар Симоновић, ванр. проф. и др Слободан Гвозденовић, ред. проф., Саобраћајни факултет Београд, број 1410/4 од 22.08.2016. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 25.08.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ЗОРАНА ТРИВКОВИЋ**, магист. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ ЛОПАТИЦА ВЕТРОТУРБИНА»**.

За ментора студенту **Зорани Тривковић**, именује се др Слободан Ступар, ред. проф.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата Зоране Тривковић, маг. инж. маш, студента докторских студија, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 1410/3 од 14.07.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Зоране Тривковић, маг. инж. маш, студента докторских студија, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме:

„Вишекритеријумска оптимизација композитних лопатица ветротурбина“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1 Биографски подаци

Кандидат Зорана Тривковић (рођ. Постељник) је рођена 20. децембра 1986. године у Београду, где је завршила основну школу и Прву београдску гимназију, природно-математички смер. Машински факултет Универзитета у Београду уписала је школске 2005/2006. године. Основне академске студије на Машинском факултету завршила је септембра 2008. године са просечном оценом 8.37, одбранивши завршни (B.Sc.) рад под називом: “Пројектовање и прорачун структуре носеће конструкције ветротурбине“ са оценом 10. Дипломске академске студије завршила је јуна 2010. године на Одсеку за ваздухопловство са просечном оценом 9.45 и оценом 10 за одбрањени дипломски (M.Sc.) рад: „Нумеричка анализа чврстоће композитних структура“. У току студија била је награђивана као један од најбољих студената - школске 2008/2009. и 2009/2010. године. Докторске академске студије уписала је школске 2010/2011. године на Машинском факултету Универзитета у Београду на Катедри за ваздухопловство. Течно говори енглески језик, а служи се и руским језиком. Оспособљена је за рад на рачунару под оперативним системима Windows и Linux. Успешно се служи следећим програмским језицима: FORTRAN, Pascal, VBScript, C/C++, Python, и софтверским пакетима: CATIA, AutoCAD, MATLAB, ANSYS, OpenFOAM, PATRAN/NASTRAN.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Зорана Тривковић је од јануара 2011. године запослена на Машинском факултету у Београду, на Катедри за ваздухопловство у звању истраживач-приправник као учесник на пројекту који је финансиран од стране Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије - ТР 35035 „Истраживање и развој савремених приступа пројектовању композитних лопатица ротора високих перформанси“. Марта 2014. изабрана је у звање истраживач-сарадник.

Списак радова у вези са темом докторске дисертације:

Научни рад у врхунском међународном часопису (M21)

З. Постељник, С. Ступар, Ј. Сворцан, О. Пековић, Т. Иванов, *Multi-objective design optimization strategies for small-scale vertical-axis wind turbines*, Structural and Multidisciplinary Optimization, Springer Berlin Heidelberg, 2016, 53(2) 277-293, ISSN 1615-1488

Радови у водећем часопису националног значаја (M51)

Д. Комаров, С. Ступар, **З. Постељник**, *Review Of The Current Wind Energy Technologies And Global Market*, Journal of Applied Engineering Science, Институт за истраживања и пројектовања у привреди, 9(2011)4, 208 pp.437-448, DOI: 10.5937/JAES9-1120

З. Постељник, С. Ступар, А. Симоновић, Ј. Сворцан, Н. Петрашиновић, *Нумеричка анализа напонско-деформационог стања композитне лопатице ветротурбине*, Енергија (2014) бр. 1-2, година XVI, pp. 404-409 (ISSN: 0354-8651)

Ј. Сворцан, С. Ступар, **З. Постељник**, О. Пековић, С. Тривковић, *Нумеричка анализа струјања око ветротурбине са вертикалном осом обртања при променљивој брзини ветра*, Енергија (2014) бр. 1-2, година XVI, pp. 398-403 (ISSN: 0354-8651)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

О. Пековић, А. Симоновић, С. Ступар, С. Тривковић, **З. Постељник**, *Contemporary software tools in the design process of composite structures*, 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies, The Military Technical Institute, ОТЕН 2012, ISBN 978-86-81123-58-4, pp.117-122, Београд, 2012.

О. Пековић, С. Ступар, А. Симоновић, **З. Постељник**, *Bending and free vibration finite element analysis of thin composite plates based on isogeometric paradigm*. Fourth Serbian Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Serbian Society of Mechanics, Врњачка бања, 2013, ISBN 978-86-909973-5-0

Ј. Сворцан, Д. Комаров, С. Ступар, **З. Постељник**, М. Станојевић, *Computational analysis of unsteady aerodynamic loads acting on an oscillating wing in transonic flow*. 6th International Scientific Conference on Defensive Technologies, ОТЕН 2014, The Military Technical Institute, Belgrade 2014, pp.61-66, ISBN 978-86-81123-71-3.

З. Постељник, С. Тривковић, Н. Петрашиновић, М. Станојевић, *Пројектовање лопатице напредне ветротурбине применом савремених CAD софтвера*, 37. Јупитер конференција. (24. CAD/CAM симпозијум), ISBN 978-86-7083-724-9, стр. 2.41-2.45, Машински факултет у Београду, 2011.

Н. Зорић, З. Митровић, А. Симоновић, **З. Постељник**, *Оптимална контрола вибрација композитног еластичног пиезоелектричног манипулатора применом фази-логичког управљања*. 38. ЈУПИТЕР конференција. (34. симпозијум NU-ROBOTI-FTS) ISBN 978-86-7083-757-7, стр. 3.165-3.170, Машински факултет у Београду, 2012.

Н. Петрашиновић, Д. Петрашиновић, **З. Постељник**, С. Тривковић, *Концептуални дизајн хеликоидне ветротурбине са вертикалном осом обртања*, 38. ЈУПИТЕР конференција. (25. Симпозијум CAD/CAM), ISBN 978-86-7083-757-7, стр.2.74-2.79, Машински факултет у Београду, 2012.

З. Постељник, С. Ступар, Ј. Сворцан, Н. Петрашиновић, *Поређење експерименталних и нумеричких анализа деформација композитне лопатице ветротурбине*. 39. ЈУПИТЕР конференција. (26. симпозијум CAD/CAM), ISBN 978-86-7083-838-3, стр. 2.41-2.46, Машински факултет у Београду, 2014.

Ј. Сворцан, С. Ступар, **З. Постељник**, М. Балтић, *Одређивање особина материјала композитних делова помоћу експерименталних података и неуронских мрежа*. 39. ЈУПИТЕР конференција. (26. симпозијум CAD/CAM), ISBN 978-86-7083-838-3, стр.2.47-2.52, Машински факултет у Београду, 2014.

У циљу реализације програма усавршавања кандидат Зорана Тривковић је положила следеће обавезне и изборне предмете:

Ред. бр.	Назив предмета	Предметни наставник	Година студија (ЕСПБ)				Оцена испита
			1. година		2. година		
			I	II	III	IV	
1	Виши курс математике	проф. др Душан Георгијевић проф. др Стојан Раденовић	5				10 (десет)
2	Нумеричке методе	проф. др Миодраг Спалевић проф. др Александар Цветковић	5				10 (десет)
3	ОМНИР и комуникација	проф. др Милош Недељковић	5				10 (десет)
4	Одабрана поглавља из ветротурбина	проф. др Слободан Ступар	5				10 (десет)
5	Одабрана поглавља из механике	проф. др Јосиф Вуковић		5			10 (десет)
6	Одабрана поглавља из струк.анализе ваздухоплова	проф. др Мирко Динуловић		5			10 (десет)
7	Оптимизација ваздухопловних конструкција	проф. др Александар Симоновић		5			10 (десет)
8	Замор и процена века ваздухопловних конструкција	проф. др Слободан Ступар			5		10 (десет)
9	Интеграција паметних актуатора и сензора	проф. др Слободан Ступар			5		10 (десет)
10	Истраживање и публикавање 1	проф. др Златко Петровић	10				10 (десет)
11	Истраживање и публикавање 2	проф. др Александар Симоновић		15			10 (десет)
12	Истраживање и публикавање 3	проф. др Слободан Ступар			20		10 (десет)
13	Истраживање и публикавање 4	проф. др Слободан Ступар				8	10 (десет)
14	Пројекат идеје докторске дисертације	проф. др Слободан Ступар проф. др Александар Симоновић доц. др Огњен Пековић	22				10 (десет)

Напомена:

Кандидат Зорана Тривковић је положила свих 9 предмета предвиђених планом и програмом Докторских академских студија Машинског факултета у Београду - четири обавезна предмета и пет изборних предмета, при чему сваки вреди 5 ЕСПБ бодова, што је укупно 45 ЕСПБ бодова. Кандидат Зорана Тривковић је 53 ЕСПБ бода остварила радом на истраживању и публикавању, а 22 при припреми и одбрани Пројекта идеје докторске дисертације, коју је одбранила пред комисијом и тиме стекла укупно 120 бодова и услов за пријаву теме докторске дисертације.

У оквиру програма Основних и Мастер академских студија Зорана Тривковић је била ангажована на припреми и извођењу лабораторијских и аудиторних вежби из предмета Ветротурбине 1 и Ветротурбине 2 у току школске 2010/2011., 2011/2012., 2012/2013. и 2013/2014. године, као и из предмета Пројектовање летелица у току школске 2013/2014. Такође је, у сарадњи са предметним професором, учествовала у реализацији више завршних (B.Sc.) радова из предмета Ветротурбине 1.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија сматра да је Зорана Тривковић, студент докторских студија, испунила потребне услове за пријаву теме докторске дисертације и да је способна да самостално ради на предложеној теми. Поред одслушаних предавања, положених испита и одбрањеног Пројекта о идеји тезе, у протеклом периоду вршила је различита истраживања, учествовала на пројектима и објавила неколико радова што је квалификује за пријаву докторске дисертације под наведеним радним насловом.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Употреба обновљиве енергије ветра представља увек актуелну тему на пољу енергетике. Убрзан развој ветроенергетике у последњих двадесет година је пре свега омогућио висок технолошки напредак ветротурбина, које тренутно имају највећи тренд изградње у свету. Поред мегаватних ветротурбина намењених за прикључење на јавну електричну мрежу, ради се и на развоју и широј употреби ветротурбина средње и мале снаге за аутономне системе, погон хидрауличких пумпи, хибридне системе, итд. Иако су трендови развоја већим делом везани за ветротурбине великих снага, они се примењују и на мање системе.

Основна подела ветротурбина извршена је према оси обртања лопатица – могу бити са хоризонталном или са вертикалном осом обртања. Први тип је генерално ефикаснији и заступљенији на тржишту, и најчешће подразумева трокраку конструкцију ротора усмереног уз ветар. Као једна од најважнијих компоненти система, лопатица ветротурбине представља предмет константног истраживања у области развоја, иновација и усавршавања. Савремене лопатице ветротурбина раде у дугом временском периоду при променљивим оптерећењима и радним условима. Оне су пројектоване за радни век од 20 година и захтевају конструкцију која ће обезбедити дуготрајан и сигуран рад. Због својих добрих карактеристика композитни материјали се намећу као најбоље решење у производњи лопатица. Одговарајућим формирањем композита могу се остварити значајне уштеде у маси, а поштујући услове чврстоће и крутости лопатице. Са друге стране, аеродинамички облик лопатице (тетива, угао витоперења, аеропрофили, њихов избор и расподела дуж лопатице) директно утиче на ефикасност и перформансе ветротурбине. Већа аеродинамичка ефикасност некада захтева робуснију (самим тим и тежу, скупљу) конструкцију лопатице, па је овако супротстављене захтеве тешко задовољити. Трошкови израде лопатица износе око 20 процената од укупне цене ветротурбине, па велики значај представља и најмањи помак у постизању бољег решења приликом пројектовања.

Концепција ветротурбина са вертикалном осом обртања представља веома привлачно решење у урбаним, али и руралним срединама у производњи електричне енергије за мале потрошаче (за снабдевање домаћинства, напајање станица мобилне телефоније, пуњење акумулатора, као део хибридног система итд.). Предности ових ветротурбина огледају се у једноставности конструкције, економичности, раду без система за закретање, могућности рада при малим брзинама ветра, мада код овог типа ветротурбина увек постоји питање ефикасности и самопокретања, што представља

њихов главни недостатак. Постоје два основна типа: отпорни и узгонски. Узгонски тип ветротурбина је нашао много већу примену у пракси. Постоји неколико различитих конструкција узгонског типа, али посебно је интересантна и доста анализирана у литератури Даријусова ветротурбина. Она се састоји из неколико аеропрофилисаних лопатица које ротирају око централног вратила и могу бити равне, закривљене или хеликоидне. Међутим, једноставност конструкције овакве ветротурбине не искључује комплексност њене аеродинамичке анализе која укључује веома нестационарно струјање при малим Рејнолдсовим бројевима, турбуленцију, одвајање граничног слоја, стварање вртлога, динамички слом узгона итд.

Заједничко за оба типа ветротурбина је то да се континуирано ради на њиховом технолошком унапређењу. Савремене методе пројектовања ветротурбина подразумевају већу брзину и ефикасност фазе концептуалног дизајна, аутоматизацију процеса које је потребно поновити много пута, као и изведбе напреднијих и поузданијих нумеричких прорачуна уз коришћење различитих метода оптимизације. Различити и често супротстављени захтеви стварају потребу за интеракцијом више научних дисциплина и вишекритеријумском оптимизацијом не би ли се дошло до најбољег могућег решења (или скупа решења). Све то је пожељно извршити у што краћем временском периоду, а развој рачунара и стални пораст њихових хардверских и софтверских могућности чини да се овакви инжењерски прорачуни извршавају брже. Предмет истраживања у предложеној дисертацији је процес вишекритеријумске оптимизације композитних лопатица ветротурбина. Потрага за оптималним решењем подразумева анализу великог броја комбинација вредности изабраних улазних параметара како би се постигао минимум или максимум циљне функције. У спрегнутој аеродинамичко-структурној анализи велики број различитих величина може бити изабран за улазне и излазне параметре и ограничења, па је њихово правилно дефинисање веома важан задатак. Са аеродинамичке стране интересантни параметри могу бити: максимална снага или сила потиска и одговарајући коефицијенти, процењена годишња производња, минимална брзина потребна за покретање ветротурбине, оптимална брзина, оптимални коефицијент рада, максимална брзина ветра итд. Са аспекта структуре уобичајено је разматрати: масу лопатице, максимални напон или деформацију, критеријум лома, сопствене фреквенције итд. Огромна примена композитних материјала у овој грани индустрије захтева релативно нове, можда недовољно верификоване структуралне прорачуне. Ограничена доступност експерименталних резултата у области анализе композитних лопатица, као и карактеристике и понашање самих материјала, отежавају валидацију нумеричких поставки и анализа структуре. У оквиру рада посебна пажња биће посвећена дефинисању ламинарне композитне структуре лопатица (дебљина и оријентација слојева, шема ређања) и изналагању оптималног решења који ће задовољити постављене критеријуме. Такође, један од предмета истраживања биће развој, анализа и одабир одговарајућих нумеричких модела за решавање два основна проблема: одређивање аеродинамичких перформанси и структурне анализе композитних лопатица. Валидација ће бити извршена упоређивањем добијених нумеричких резултата са доступним експерименталним подацима. У току израде рада биће потребно овладати одређеним програмским језицима и пакетима и прилагодити их специфичним проблемима у процесу оптимизације лопатица ветротурбина. Циљ овог истраживања би било дефинисање основних геометријских параметара лопатица и унутрашње структуре лопатица (правилним формирањем композитног материјала), као и аутоматизација свих појединачних потпроцеса оптимизационог поступка (формирање геометријског модела, одговарајућих прорачунских модела, спровођење прорачуна-аеродинамичког и структурног и анализа резултата).

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања:

1. Visweswaraiah B.S, Ghiasi H, Pasini D, Lessard L, (2013) *Multi-objective optimization of a composite rotor blade cross-section*, Composite Structure 96:75-81
2. Nicholas P.E, Padmanaban K.P, Vasudevan D, Ramachandran T, (2015) *Stacking sequence optimization of horizontal axis wind turbine*, Structural and Multidisciplinary Optimization 52:791-801
3. Gillet A, Francescato P, Saffre P, (2010) *Single-and Multi-objective optimization of composite structures: The influence of design variables*, Journal of Composite Materials 44(4):457-480
4. Fischer G.R, Kipourous T, Savill A.M, (2014) *Multi-objective optimization of horizontal axis wind turbine structure and energy production using aerofoil and blade properties as design variables*, Renewable Energy 62:506-515
5. Wilke D.N, Kok S, Groenwold A.A, (2007) *Comparison of linear and classical velocity update rules in particle swarm optimization*, Int. J. Numer. Meth. Engng 70: 962-984
6. Bottasso CL, Campagnolo F, Croce A, (2012) *Multi-disciplinary constrained optimization of wind turbines*. Multibody Syst Dyn 27:21-53
7. Liao C.C, Zhao X.L, Xu J.Z, (2012) *Blade layers optimization of wind turbines using FAST and improved PSO algorithm*, Renewable Energy 42:227-233
8. Paraschivoiu I (1981) *Aerodynamic Loads and Performance of the Darrieus Rotor*. Journal of Energy 6(6):406-412
9. Akins R.E, (1989) *Measurements of Surface Pressures on an Operating Vertical-Axis Wind Turbine*. SAND89-7051, Sandia National Laboratories, Albuquerque
10. Kooiman S.J, Tullis S.W, (2010) *Response of a Vertical Axis Wind Turbine to Time Varying Wind Conditions found within the Urban Environment*, Wind Engineering 34:389-401
11. Schepers J.G, (2012) *Engineering models in wind energy aerodynamics. Development, implementation and analysis using dedicated aerodynamic measurements*. Doctoral dissertation, Technical University Delft
12. Jureczko M. (2013), *Multidisciplinary Optimization of Wind Turbine Blades With Respect to Minimize Vibrations*, Recent Advances in Composite Materials for Wind Turbines Blades, Dr. Brahim Attaf (Ed.)
13. Tangler J, Smith B, Jager D, (1992) *SERI Advanced Wind Turbine Blades*, NREL/TP-257-4492, National Renewable Energy Laboratory, Colorado

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Хипотезе карактеристичне за предмет истраживања су:

- опструјавање лопатица ветротурбина може се, са довољном тачношћу, описати постојећим методама заснованим на одржању количине кретања, теорији елемента лопатице и Навије-Стоксовим једначинама осредњеним Рејнолдсовом статистиком
- тако добијена аеродинамичка оптерећења могу се користити при прорачуну структуре лопатице методом коначних елемената
- материјал лопатица се сматра ортотропним
- метод коначних елемената пружа информације задовољавајуће тачности о деформационом стању и ламинарних композитних структура
- хеуристички методи оптимизације имају широку примену у овако комплексним и разноврсним инжењерским проблемима
- нумеричке анализе могу значајно појефтинити и олакшати иницијалне фазе пројектовања лопатица ветротурбина

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Поред општих закључака који су изведени индуктивним методама, а прегледом литературе и доступних резултата испитивања, у току израде дисертације потребно је користити одређене научне методе истраживања:

- методе теоријске анализе у области аеродинамике, механике флуида, композитних материјала, проналажења оптимума функција
- нумеричке методе прорачуна - метода коначних елемената и метода коначних запремина
- хеуристички метод оптимизације ројем честица
- нумеричке поставке ће бити проверене компаративним методама са доступним експерименталним подацима

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Истраживачки рад у току израде дисертације би требало да доведе до следећих научних и стручних доприноса:

- унапређење укупних перформанси анализираних модела лопатица ветротурбина
- проширење знања у области формирања композитне структуре лопатица за дефинисана оптерећења
- успостављање поузданог и ефикасног нумеричког приступа за анализу и оптимизацију композитних лопатица ветротурбина
- скраћење фазе прелиминарног дизајна лопатица и брже успостављање модела посебно прилагођеног специфичним локацијама или радним условима, израда тачнијих производних процеса, цене трошкова, и смањење броја неопходних скувих експерименталних испитивања
- могућност имплементирања сложенијих модела у планиране параметризоване и аутоматизоване потпрограме оптимизационог поступка

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

Предвиђени план истраживања се састоји из следећих фаза:

- преглед и систематизација литературе, анализа досадашњих истраживања у области композитних лопатица ветротурбина, и прикупљање доступних експерименталних резултата (са посебним освртом на структурне експерименте реалних лопатица, понашање и карактеристике композитних материјала)
- овладавање изабраним модулима комерцијалних програмских пакета и програмским језицима у којима су написани
- дефинисање проблема, математичког модела и, увођењем одређених претпоставки и упрошћења, конструисање геометријског модела и формирање прорачунског модела
- анализа и валидација добијених нумеричких резултата поређењем са експерименталним
- избор методе оптимизације у складу са разматраним проблемом и софтверска имплементација
- одабир најзначајнијих улазних геометријских и структурних параметара којима су дефинисани појединачни модели

- развој и имплементација појединачних потпроцеса (обезбеђење аутоматског извршавања аеродинамичког и структурног прорачуна сваког разматраног модела)
- дефинисање и избор оптималног решења, оцена утицаја изабраних улазних параметара на добијене резултате

Основна структура рада би подразумевала уводни део у којем би био истакнут проблем и предмет истраживања, преглед литературе и досадашњих истраживања у овој области, затим би требало да садржи и поглавља посвећена методама нумеричког моделирања, процени аеродинамичких перформанси ветротурбина, избору и карактеристикама композитних материјала, начину формирања композита, проблемима вишекритеријумске оптимизације и дефинисању променљивих параметара, избору циљних функција и ограничења, карактеристикама изабраних модела лопатике за валидацију нумеричких поставки, као и поглавља у којима ће бити анализирани резултати прорачуна и донесени одговарајући закључци и препоруке за даљи рад.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом података из пријаве кандидата Зоране Тривковић, магистар инжењерских машин, чланови Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације закључили су да кандидат поседује истраживачке способности и испуњава све законски предвиђене и друге услове за рад на докторској дисертацији, као и да је предложена тема актуелна и адекватна да буде предмет докторске дисертације. Имајући у виду све наведено Комисија предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату

Зорани Тривковић, магистар инжењерских машин.

одобри израда докторске дисертације под називом:

„Вишекритеријумска оптимизација композитних лопатица ветротурбина“

која припада научној области: **машинство (ваздухопловство).**

За ментора рада предлаже се **др Слободан Ступар**, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 22.08.2016. год.

Чланови Комисије

Проф. др Слободан Ступар,
Универзитет у Београду, Машински факултет

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

Проф. др Слободан Гвозденовић,
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: **СЛОБОДАН СТУПАР**

Звање: **Редовни професор**

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

1. Zoric Nemanja, Simonovic Aleksandar, Mitrovic Zoran, Stupar Slobodan, *Optimal vibration control of smart composite beams with optimal size and location of piezoelectric sensing and actuation*, JOURNAL OF INTELLIGENT MATERIAL SYSTEMS AND STRUCTURES, (2013), vol. 24 br. 4, str. 499-526
2. Zoric Nemanja, Simonovic Aleksandar, Mitrovic Zoran, Stupar Slobodan, Obradovic Aleksandar, Lukic Nebojsa, *Free vibration control of smart composite beams using particle swarm optimized self-tuning fuzzy logic controller*, JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION, (2014), vol. 333 br. 21, str. 5244-5268
3. Spasic Dragoljub, Stupar Slobodan, Simonovic Aleksandar, Trifkovic Dragan, Ivanov Toni, *The failure analysis of the star-separator of an aircraft cannon*, ENGINEERING FAILURE ANALYSIS, (2014), vol. 42 br., str. 74-86
4. Pekovic Ognjen, Stupar Slobodan, Simonovic Aleksandar, Svorcan Jelena, Trivkovic Srdjan, *Free Vibration and Buckling Analysis of Higher Order Laminated Composite Plates Using the Isogeometric Approach*, JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS, (2015), vol. 53 br. 2, str. 453-466
5. Simonovic Aleksandar, Kostic Ivan, Stupar Slobodan, Petrovic Zlatko, *Laboratory Tests of a Hybrid Metal-Composite Transport Helicopter Blade Segment*, EXPERIMENTAL TECHNIQUES, (2012), vol. 36 br. 3, str. 22-32,

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
