

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1221/5
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)23.06.2016.
(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

УТИЦАЈ ОШТЕЋЕЊА НА ДИНАМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОМПОЗИТНИХ ЛОПАТИЦА РОТОРА ВЕТРОТУРБИНА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Ваздухопловство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног родитеља и презиме кандидата: МАРИЈА (ЗОРАН) БАЛТИЋ
- Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
- Година дипломирања: 2004.
- Назив магистарске тезе кандидата: Нумеричко и емпиријско испитивање фреквентних карактеристика композитних танкозидних структура
- Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: Машински факултет Београд
- Година одбране магистарске тезе: 2010.
- Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: _____

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: _____

Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 23.06.2016
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: 1221/5
Датум: 23.06.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева **мр Марије Балтић, дипл. инж. маш.**, бр. 43/1 од 15.01.2013. 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 1221/4 од 20.06.2016. године, а на основу члана 128. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 32. Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању („Службени гласник РС“ број 44/2010) и члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године), Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 23.06.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује се да кандидат **мр МАРИЈА БАЛТИЋ**, дипл. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«УТИЦАЈ ОШТЕЋЕЊА НА ДИНАМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОМПОЗИТНИХ ЛОПАТИЦА РОТОРА ВЕТРОТУРБИНА»**.

За ментора мр Марији Балтић, именује се **др Слободан Ступар, ред. проф.**

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Предмет: Извештај о испуњености услова докторанта и научне заснованости теме

На основу пријаве за одобрење израде докторске дисертације мр Марије Балтић (девојачко Станојевић), дипл. инж. маш. бр.43/1. од 24.01.2013. године и Одлуке Научно-наставног већа бр.1221/2. од 02.06.2016. године о прихватању теме и формирању Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације, Комисија у саставу др Слободан Ступар, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, др Александар Симоновић, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду и др Слободан Гвозденовић, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду подноси следећи

Предложени назив теме је:

**„УТИЦАЈ ОШТЕЋЕЊА НА ДИНАМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОМПОЗИТНИХ
ЛОПАТИЦА РОТОРА ВЕТРОТУРБИНА“**

1. ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА КАНДИДАТА

1.1 Биографски подаци о кандидату

Кандидат мр Марија Балтић рођена је 24.02.1980. године у Пожаревцу, где је завршила основну школу и гимназију природно-математичког усмерења. Дипломирала је на Машинском факултету Универзитета у Београду на Одсеку за ваздухопловство 24.11.2004.године. Постдипломске студије уписала је школске 2004/2005.године на Машинском факултету Универзитета у Београду на Катедри за ваздухопловство, где 15.07.2010. године стиче звање магистра техничких наука одбраном магистарског рада под насловом „Нумеричко и емпиријско испитивање фреквентних карактеристика композитних танкозидних структура“, ментор проф. др Слободан Ступар. Од 2005. године запослена је на Машинском факултету и ангажована на пројекту финансираном од стране Министарства за науку и заштиту животне средине ев. бр. ТР-6373 „Развој лаког хеликоптера“, као и иновационом пројекту ев. бр. ИП-8123 „Развој технолошки напредне ветротурбине оптимизиране за мале брзине ветра“ током 2006. и 2007. године.Учествује у реализацији наставе на предметима Ветротурбине и Ветротурбине 2.

Као истраживач учествовала у реализацији пројекта технолошког развоја финансираног од стране Министарства науке у периоду од 2008. до 2010. године, ев. бр. 18029 под називом „Развој технологија пројектовања и израде лопатица ветротурбина великих снага и других великогабаритних композитних структура“. Од 2010. ангажована је на пројекту ев. бр. 35035 „Истраживање и развој савремених приступа пројектовања композитних лопатица ротора високих перформанси“.

Аутор и коаутор је више од 30 научно-стручних радова. У оквиру сарадње са привредом учествовала је у изради више од 50 студија, елабората и главних машинских пројеката за различита постројења.Говори енглески језик. Удата је и има двоје деце.

1.2 Списак објављених научно-стручних радова кандидата

1.2.1 Радови публиковани у међународним научним часописима

- [1] Komarov D, Stupar S, Simonović A, **Stanojević M.** *Prospects of wind energy sector development in Serbia with relevant regulatory framework overview.* Renewable and Sustainable Energy Reviews vol. 16 no. 5, pp. 2618-2630, 2012. IF 2010: 4.595, ISSN: 1364-0312, M21

1.2.2 Радови публиковани у научним часописима националног значаја

- [1] Stupar S, Simonović A, Peković O, Komarov D, **Stanojević M.** *Stress and strain analysis and reconstruction of root section of steel chimney.* Journal of Applied Engineering Science, Vol. 6, No. 21, pp. 19-22, 2008, M53
- [2] Stupar S, Simonović A, Tanasković T, Komarov D, **Stanojević M.** *Overview and analysis of stress and strained steel chimney's state.* Journal of Applied Engineering Science, vol. 5, no. 17, pp. 39-44, 2007, M53

1.2.3 Радови саопштени на међународним и домаћим скуповима штампаним у целини

- [1] Комаров Д, Ступар С, Симоновић А, **Станојевић М.** *Параметризација елемената лопатице ветротурбине применом CST методе.* 38. Јупитер конференција, 25. CAD/CAM симпозијум. Машински факултет Универзитета у Београду. Београд, 2012, М63
- [2] Постељник З, Комаров Д, **Станојевић М**, Сворцан Ј. *Пројектовање и анализа термоизолационе облоге корених укрућења челичних димњака.* 38. Јупитер конференција, 25. CAD/CAM симпозијум. Машински факултет Универзитета у Београду. Београд, 2012, М63
- [3] Комаров Д, Ступар С, Симоновић А, Тривковић С, **Станојевић М.** *Трендови у индустрији ветротурбина и могући правци развоја домаће ветроенергетике.* Међународно саветовање Енергетика 2010, Златибор 2010, М63
- [4] Ступар С, Симоновић А, Комаров Д, Пековић О, **Станојевић М.** *Радне карактеристике реконструисаних расхладних кула бр. 16 и 18 ТЕ Колубара А.* Индустријска енергетика и заштита животне средине у земљама Југоисточне Европе ИЕЕП2008. Златибор, 2008, М63
- [5] Ступар С, Симоновић А, Комаров Д, Пековић О, **Станојевић М.** *Повећање расхладног капацитета расхладних кула бр. 16 и 18 ТЕ Колубара А.* 21. међународни конгрес о процесној индустрији -PROCESSING 2008. Суботица 2008, М33
- [6] Д.Комаров, З.Постељник, Ј. Сворцан, **Станојевић М**, С.Ступар, *Computational analysis of unsteady aerodynamic loads acting on an oscilating wing in transonic flow*, 6th International Scientific Conference on Defensive Technologies, ОТЕН, 2014, The Military Technical Institute, стр. 61- 66, М33
- [7] Д.Комаров, Ј.Сворцан, А.Симоновић, **М.Станојевић**, С.Ступар, *Numerical investigation of S809 airfoil aerodynamic characteristics*, Fourth Serbian (29thYu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, 2013, 4, 1, стр. 249- 254, М33

- [8] Д.Комаров, Ј.Сворцан, А.Симоновић, **М.Станојевић**, С.Ступар, *Computational study of flow around low-reynolds airfoils*, 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies – ОТЕН 2012, Војнотехнички институт, 978-86-81123-58-4, стр. 55- 60, М33
- [9] Д.Комаров, Н.Петровић, Ј.Сворцан, **М.Станојевић**, С.Ступар, *Утицај турбулентног модела на резултате нумеричке симулације при опструјавању тела нестишљивим флуидом*, Енергија, 2014, Енергија, Савез енергетичара, 12, 03548651, стр. 67-74, М51
- [10] З.Постељник, Ј.Сворцан, С.Ступар, **М.Станојевић**, *Одређивање особина материјала композитних делова помоћу експерименталних података и неуронских мрежа*, 39.Јупитер конференција (26.CAD/CAM симпозијум)), 2014, Универзитет у Београду Машински факултет, 97886 70838383, стр. 2.47-2.52, М63
- [11] З.Петровић, С.Ступар, А.Симоновић, **М.Станојевић**, *CAD/CAM модел кућишта главног редуктора хеликоптера*, 33.ЈУПИТЕР конференција (20.CAD/CAM симпозијум), 2007, Универзитет у Београду-Машински факултет, 978-86-7083-592-4, стр.2.63-2.66, М63
- [12] А.Симоновић, С.Ступар, Д.Комаров, **М.Станојевић**, *Савремене методе пројектовања ветрогенератора*, 32.ЈУПИТЕР конференција (19.CAD/CAM симпозијум), 2006, Универзитет у Београду-Машински факултет, 86-7083-557-6, стр.2.53-2.56, М63
- [13] З.Петровић, С.Ступар, А.Симоновић, **М.Станојевић**, *Развој репног ротора хеликоптера савременим софтверским алатима*, 32.ЈУПИТЕР конференција (19.CAD/CAM симпозијум), 2006, Универзитет у Београду-Машински факултет, 86-7083-557-6, стр.2.57-2.60, М63
- [14] С.Ступар, А.Симоновић, Д.Комаров, **М.Станојевић**, *Параметарско генерисање геометрије лопатице ватрогенератора у Catia V5*, 32.ЈУПИТЕР конференција (19.CAD/CAM симпозијум), 2006, Универзитет у Београду-Машински факултет, 86-7083-557-6, стр.2.61-2.64, М63

Техничка решења

- [1] Ступар С, Симоновић А, Комаров Д, Пековић О, Постељник З., **Станојевић М.** *Носећа конструкција расхладне куле*. Машински факултет Београд, 2011. – индустријски прототип, М82
- [2] Ступар С, Симоновић А, Комаров Д, Пековић О, Тривковић С, **Станојевић М.** *Фамилија аеропрофила за корени део лопатице ветротурбине велике снаге*. Машински факултет Београд. 2009. – прототип, М85

2. НАУЧНА ЗАСНОВАНOST ТЕМЕ

2.1 Проблем и предмет истраживања

Композитне структуре, услед својих бројних предности као што су: нижа цена производње и инсталације, повољан однос чврстоће и масе, отпорност на корозију итд. веома су заступљене у многим гранама индустрије. Међутим, оштећења структуре, која је слојевита, углавном нису видљиве пластичне деформације површинског слоја структуре већ укључују оштећења у матрици или раслојавање ламината. Благовремена детекција и санација оштећења је управо главни проблем при експлоатацији оваквих структура, а његово решење води ка знатним уштедама и продужетку функционалности структуре.

Познавање динамичких карактеристика конструкције: коефицијената крутости и пригушења, сопствених фреквенција, облика осциловања итд. пружа детаљан увид у тренутно стање конструкције. Било каква промена у конструкцији, након неког захвата или оштећења, резултује променом ових параметара. Из тих разлога, познавањем и упоређивањем полазних параметара неоштећене структуре и тренутно измерених параметара, могуће је извести закључке о тренутном стању и поузданости конструкције, даљем плану одржавања итд. Праћење динамичког понашања конструкције је неинвазивна метода коју је могуће користити и у реалном времену. Уз одговарајућу методологију и мерну опрему, осетљива је и на веома мале промене у структури.

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је утврђивање утицаја оштећења на динамичке карактеристике композитних лопатица ротора ветротурбина, односно, утврђивање релација између тренутног стања композитне конструкције и њених модалних карактеристика. Да би се правилно утврдила поменута зависност потребно је познавати параметре исправне структуре, пратити - мерити или израчунавати тренутне параметре и извести закључке о исправности и функционалности.

Праћење стања конструкције подразумева дијагностификовање, прогнозирање даљег развика оштећења и доношење одлуке о санацији. Цео систем је врло комплексан и његова примена на композитне лопатице ротора ветротурбина представља веома актуелну проблематику. Предмет истраживања је анализа различитих методологија извођења мерења и испитивање њихове применљивости на различите типове композитних структура. Наредни корак представља развика одговарајућих математичких модела структуре, и уз помоћ методе коначних елемената, израчунавање њихових модалних параметара. Подударност експерименталних и рачунских резултата може обезбедити значајну уштеду у времену и новцу потребном за спровођење мерења и значајно упростити фазу прогнозирања развика оштећења.

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

- [1] M.Balasco, G.Endroczi, J.Verese, G.Molnar, F.Korosi et al. *Research of Extension of the Life Cycle of Helicopter Rotor Blade in Hungary*. 2001; RTO AVT Specialists Meeting, United Kingdom, RTO-MP-079
- [2] M.Rumsey, J.Paquette *Structural Health Monitoring of Wind Turbine Blades*. Sandia National Laboratories, NM 87185, 2007
- [3] O.Peković, I.Kostić, A.Simonović Et al. *Fatigue testing of bonded connection between aluminium spar and plastic composite pocket of Mil Mi-8 Helicopter Main Rotor Blade* University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Kraljice Marije 16, 11 000 Beograd, 2007
- [4] D.Adams, J. White et al. *Structural health monitoring of wind turbines, method and application to a HAWT*, Wind Energy 2011. 14:603-623
- [5] M.Balasco, E.Svab, et al. *Classification of defects in honeycomb composite structure of helicopter rotor blades*. Science direct, Method in Physics Research A 542 (2005) 45-51

- [6] S.Stupar, Z.Petrović et al. *Izveštaj o ispitivanju veze segment-ramenjača lopatice glavnog rotora helikoptera Mi-8*, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2007
- [7] V.Meruane, W.Heylen et al. *Damage Detection with Parallel Genetic Algorithms and Operational modes*. 9-6-481, Sagepublicatons 2010
- [8] Salawu.O. *Detection of structural damage through changes in frequency:A review*, Engineering Structures, 19, 718-723 2004
- [9] Jaishi.B, Ren W. *Damage detection by finite element model updating using modal residual*, Journal of Sound and Vibration, 290, 369-387
- [10] Meruane V, Heylen W et al. *An hybrid real genetic algoritihm to detect structural damage using modal properties.Mechanical Systems and Signal Processing*, 2009
- [11] Teughels A, Maeck J. et al. *FEM Updating of a reinforced concrete beam using damage functions*,International Conference on Structural Dynamics Modelling. Portugal, 2002
- [12] Rolf F.Hyungdae L. et al. *Advanced Vibration Monitoring for Wind Turbine Health Management*,Impact Technologies
- [13] Swanson N, *Application of Vibration Signal Analysis Techniques to Signal Monitoring*, Institution of Engineers, Australia, 1980, pp 262-267
- [14] Dimitris I.,Chortis et al. *Prediction of material coupling effect on structural damping of composite beams and blades* Elsevier, Composite Structures,University of Patras, Greece, 2011.
- [15] GOM-Optical Measuring Techiques, *The Use of Optical Metrology in the Aerospace Industry*,Company GOM, 2014
- [16] GOM-Optical Measuring Techniques, *Verification of Numerical Simulations*, Company GOM, 2014
- [17] Gunner C.,Larsen et al. *Modal Analysis of Wind Turbine Blades*. Riso-R-1181(EN), National Laboratory, Denmark, 2002
- [18] Y.Hong,R:Wang et al. *Vibration and damping analysis of a composite blade*, Elsevier, Materials and Design 34 (2012) 98 - 105
- [19] Jensen F., Falzon B., Ankersen J., Stang H., *Structural testing and numerical simulation of a 34 m composite wind turbine blade*, Department of Wind Energy, Risoe National Laboratory, P.O. Box 49, Roskilde, Denmark, 2006
- [20] Kong C., Taekhyun K., Dongju H., Yoshihiko S., *Investigation of fatigue life for a medium scale composite wind turbine blade*, Department of Aerospace Engineering, Chosun University, #375 Seosuk-dong, Kwangju, Republic of Korea, 2006
- [21] Paquette J., *Prototype Laboratory and Field Testing*, 2008 Wind Turbine Blade Workshop, SANDIA National Laboratories, 2008
- [22] D. J. Ewins *Professor of Vibration Engineering Imperial College ofScience, Technology and Medicine London, England*, "Modal Analysis "Modal Testing: Theory,Practice and Application", 2000.
- [23] Stanojević Marija, *Numeričko i empirijsko ispitivanje frekventnih karakteristika kompozitnih tankozidih struktura*, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 2010.

2.2 Циљеви и задаци истраживања

У складу са праћењем тренда повећања димензија композитних структура лопатица ветротурбина, одржавање, посматрање и оправка постају компликованије, што подразумева и развијање и унапређење неопходних техника које ће имплементирати експерименталне и нумеричке методе у циљу што ефикасније примене.

Праћење динамичког понашања конструкције омогућава одређивање природе одзива конструкције у различитим радним режимима, верификовање теоријских модела и одређивање битних особина материјала под дејством динамичког оптерећења које се могу искористити за праћење радне исправности дате конструкције.

Оштећење је овде дефинисано као низ промена у материјалу и физичким карактеристикама које утичу на перформансе и интегритет читавог система.

Истраживање у оквиру предложене дисертације заснива се на утврђивању веза између динамичких и физичких својстава композитних структура у случају промена у структури, односно појаве оштећења и других дефеката који утичу на функционалност и интегритет конструкције.

У оквиру истраживања потребно је на основу експерименталних резултата и нумеричких анализа применом методе коначних елемената композитне структуре у иницијалном стању и са унапред дефинисаном променом (нпр. у виду иницирања прелине) извршити процену утицаја оштећења на динамичке карактеристике дела. Такође се очекује допринос везан за дефинисање критеријума за оцену радне исправности дела на основу промене у динамичким карактеристикама дела са и без оштећења. Након анализа за једноставније моделске случајеве, потребно је извршити процену утицаја оштећења на динамичке карактеристике композитне лопатице ветротурбине. У току истраживања очекује се унапређење метода одређивања динамичких карактеристика као и метода раног утврђивања и детектовања оштећења сложених композитних конструкција какве су лопатице ветротурбина.

Истраживање се одвија у више фаза, те се циљеви истраживања могу сврстати у опште и специфичне. Општи циљеви истраживања односе се на испитивање и одређивање динамичких карактеристика композитне структуре при чему оне представљају основу за даља испитивања и процену дефекта читавог система.

С обзиром да је истраживањем предвиђено да се посебна пажња посвети одређивању фреквентних карактеристика и анализи понашања система, специфични циљеви су:

- примена унапређених методологија испитивања заснованих на посматрању модалном анализом у циљу што прецизније процене интензитета оштећења
- динамичке карактеристике (сопствене фреквенције, пригушне карактеристике и облике модова) експериментално одређене пре и након оштећења са великом сигурношћу постају релевантне за даљу одлуку о евентуалној санацији система.
- скраћивање времена трајања испитивања увођењем и применом неконвенционалних метода тестирања модалних карактеристика системом оптичког праћења исправности структуре, односно системом за дигиталну корелацију слике
- упоредна анализа података добијених експерименталним путем са резултатима нумеричке методе омогућава висок степен поузданости предвиђања понашања композитне структуре
- испитивање динамичких карактеристика и њихово понашање након оштећења се може успешно применити и код паметних композитних структура

Композитну структуру чије динамичко понашање након оштећења представља предмет истраживања, потребно је након експерименталног испитивања упоредити са коресподентним моделом пројектованим методом коначних елемената и направити упоредну анализу. На основу упоредних резултата експерименталне и нумеричке методе, биће извршене модификације функционалности система у циљу даљег побољшања и прилагођавања перформанси композитних структура.

2.3 Полазне хипотезе

Истраживање се заснива на основним хипотезама механике и отпорности материјала са циљем одређивања динамичких карактеристика композитне структуре – композитне лопатице са и без оштећења. Истраживањем су обухваћене следеће хипотезе везане за предмет истраживања:

- дефинисањем одговарајућег математичког модела, динамичко понашање композитне лопатице може се описати дискретним скупом облика осциловања,
- у интервалу фреквенција које су од интереса: сопствена учестаност, пригушење и облици осциловања, потпуно описују динамичко понашање композитне лопатице ветротурбине,
- облици осциловања се могу описати системом са коначним бројем степени слободе, односно кретање лопатице је одређено праћењем понашања довољног броја пресека дуж лопатице
- облици осциловања могу бити искоришћени за идентификацију и лоцирање могућих оштећења
- само релативно већа оштећења, која битно утичу на функционалност и интегритет конструкције дају значајне промене облика осциловања
- компаративном анализом експерименталних и нумеричких метода као и поређењем резултата, могуће је извршити квантификовање утицаја оштећења на понашање и функционалност композитне структуре

2.4 Научне методе истраживања

У оквиру истраживања биће примењене опште, основне и специфичне научне методе које се примењују у машинству, ваздухопловству, енергетици и другим научно-стручним областима које су у вези са предметом истраживања. С обзиром на комплексност предмета истраживања у појединим фазама биће примењиване методе анализе и синтезе постојећих знања систематизованих у оквиру прегледа доступне литературе и досадашњих истраживања. У каснијим фазама истраживања, након експерименталног одређивања динамичких карактеристика, те валидације добијених резултата поређењем са резултатима добијеним МКЕ анализом, предвиђа се извођење општих закључака.

У току истраживања биће примењена метода извођења математичког модела као и дискретизација методом коначних елемената. Имајући у виду интердисциплинарност истраживања у току реализације биће коришћене следеће специфичне научне методе:

1. Аналитичке методе формулације математичког модела
2. Нумеричке методе испитивања динамичких карактеристика
3. Експерименталне методе засноване на техници структуралног праћења (health monitoring)
4. Нумеричке методе обраде и визуелизације резултата
5. Методе корелације резултата нумеричких прорачуна и доступних експерименталних резултата
6. Развијени алгоритми за праћење стања композитне лопатице

2.5 Очекивани научни допринос

Динамичке карактеристике композитне структуре могу бити окарактерисане познавањем сопствених фреквенција, пригушења и облика осциловања. Постављањем релација које повезују оштећења и динамичке карактеристике система – композитне лопатице ветротурбине, могуће је пратити појаву и степен оштећења конструкције. Кроз предложено истраживање очекује се да буду остварени резултати који ће бити корисни за даља истраживања у области динамике композитних лопатица ветротурбина, система за праћење радне способности и предвиђање потребног периодичног одржавања конструкције, као и пројектовања композитних делова као класичних и паметних структура. Очекује се да ће у истраживању бити систематизоване методе експерименталног и нумеричког прорачуна динамичких карактеристика и критеријума који омогућавају дефинисање утицаја оштећења на поменуте карактеристике.

У току израде дисертације биће остварен научни допринос како у области нумеричких анализа конструкције на првом месту применом методе коначних елемената, тако и у области експерименталног рада. Потребно је урадити верификацију нумеричких анализа на основу постигнутих експерименталних резултата, те се очекује допринос развоју система за одређивање утицаја оштећења на динамичке карактеристике композитних структура, методама обраде података и корелације са нумерички добијеним резултатима. Научни допринос се такође може очекивати у области развоја и имплементације алгоритма за праћење стања композитних лопатица у смислу постављања критеријума за идентификацију нивоа оштећења према одређеним динамичким карактеристикама композитне структуре.

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

1. Систематизација метода одређивања динамичких карактеристика композитне структуре
2. Унапређење и развој софтвера прилагођених нумеричким прорачунима динамичких карактеристика
3. Модификовање и побољшање постојећих методологија експерименталног испитивања и развој нових, посебно прилагођених испитивању фреквентних карактеристика композитне структуре
4. Идентификација и продубљивање разумевања понашања композитне лопатице ветротурбина пре и после настанка оштећења, што утиче на дефинисање структуре и процену степена издржљивости при дејству статичких и динамичких оптерећења у току дугог радног века.
5. Стручни резултати који ће истраживањем бити остварени се могу поред класичних композитних структура, применити при моделирању, прорачуну и испитивању паметних композитних структура.

2.6 План истраживања и структура докторске дисертације

У првој фази израде докторске дисертације биће извршен опсежан преглед доступне литературе која се бави предметом истраживања. Такође ће бити обрађени научни радови из сродних области истраживања који се односе на композитне структуре и лопатице ротора хеликоптера и турбомашина. У овој фази ће бити детаљно дефинисани потребни ресурси за нумеричке прорачуне и спровођење потребних експеримената.

У другој фази ће бити изведени математички модели за одређивање динамичких карактеристика композитних лопатица ветротурбина и утицаја појаве оштећења. Експерименталним испитивањем

доћи ће се до података о понашању структуре пре и након настанка оштећења. Након спровођења потребних нумеричких и експерименталних анализа, биће спроведена обрада добијених података у циљу корелације постигнутих резултата, а у циљу квантификовања утицаја оштећења на динамичке карактеристике предметних композитних структура.

У наредној фази истраживања ће бити изведени одговарајући закључци и дефинисани даљи могући правци истраживања и примене.

Предвиђено је да докторска дисертација има следећи структуру:

1. Увод
2. Преглед доступне литературе и досадашњих истраживања
3. Математички модел за одређивање динамичких карактеристика композитних структура
4. Експериментално испитивање динамичких карактеристика композитних структура
5. Анализа утицаја оштећења заснована на нумерички и експериментално одређеним облицима осциловања
6. Резултати и дискусија резултата
7. Закључак
8. Литература
9. Прилози

2.7 Закључак о теми

На основу разматрања изложеног проблема и предмета истраживања закључује се да тема представља актуелну научно-истраживачку област. Планирани циљеви, задаци, полазне хипотезе и научни допринос истраживања, као и предвиђене научне методе указују на научну заснованост докторске дисертације.

3. ОПШТИ ЗАКЉУЧАК

На основу анализе поднете пријаве кандидата мр Марије Балтић, дипл. инж. маш., чланови Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације закључили су да кандидат испуњава законске и друге услове за рад на докторској дисертацији, као и да је предложена тема адекватна да буде предмет докторске дисертације. Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

мр Марији Балтић, дипл. инж. маш.

одобри тему докторске дисертације под називом:

**„УТИЦАЈ ОШТЕЋЕЊА НА ДИНАМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОМПОЗИТНИХ
ЛОПАТИЦА РОТОРА ВЕТРОТУРБИНА“**

Научна област: Ваздухопловство

Предлог за ментора:

За ментора за рад на овој докторској дисертацији предлаже се проф. др Слободан Ступар, редовни професор на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Слободан Ступар, ред. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду

др Александар Симоновић, доцент
Машински факултет Универзитета у Београду

др Слободан Гвозденовић, ред. проф.
Саобраћајни факултет Универзитета у Београду

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
