

Факултет МАШИНСКИ

1374/5
(Број захтева)

19.09.2013.
(Датум)

Образац 1.
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

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

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

РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА АНАЛИЗУ УЗРОКА ОТКАЗА ЦИЛИНДРИЧНИХ СТРУКТУРА У
ВАЗДУХОПЛОВСТВУ

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ ваздухопловство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: БРАНИМИР (БОЖА) КРСТИЋ

2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд

3. Година дипломирања: 2006.

4. Назив магистарске тезе кандидата: /

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

6. Година одбране магистарске тезе: /

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: /

Година уписа докторских студија: 2008.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 19.09.2013
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1374/5
Датум: 19.09.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев Бранимира Крстића, дипл.инж.маш., бр. 1374/1 од 08.07.2013. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Бошко Рашуо, проф.др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет Београд, проф.др Васко Фотев, проф.др Александар Бенгин и доц.др Мирко Динуловић, број 1374/4 од 16.09.2013. године, а на основу чл. 30 Закона о високом образовању и чл. 30 Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 19.09.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА АНАЛИЗУ УЗРОКА ОТКАЗА ЦИЛИНДРИЧНИХ СТРУКТУРА У ВАЗДУХОПЛОВСТВУ»** докторанта **БРАНИМИРА КРСТИЋА**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту Бранимиру Крстићу, именује се **проф.др Бошко Рашуо**.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Бранимира Б. Крстића**, дипл. инж. за израду докторске дисертације под насловом **„РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА АНАЛИЗУ УЗРОКА ОТКАЗА ЦИЛИНДРИЧНИХ СТРУКТУРА У ВАЗДУХОПЛОВСТВУ“**, која је поднета од стране кандидата 08. 07. 2013. године и заведена под бројем: 1374/1.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 1374/2 од 17. 07. 2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Бранимира Б. Крстића, дипл. инж. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Развој методологије за анализу узрока отказа цилиндричних структура у ваздухопловству“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Бранимир Б. Крстић, дипл. инж. је рођен 02. јула 1981. године у Земуну. Основну школу завршио је 1996. године у Земуну, а Војну гимназију у Београду 2000. године. Војнотехничку академију у Београду (смер Ваздухопловнотехничка служба, машинско усмерење, специјалност Ваздухоплови и ваздухопловни мотори) уписао је школске 2000/2001. године. Дипломирао је 2005. године као студент генерације са просечном оценом током школовања 9,24. Петогодишње школовање на Машинском факултету Универзитета у Београду на смеру Ваздухопловство завршио је 2006. године са просечном оценом током школовања 9,44. Од септембра 2005. године запослен је на Војној академији у Београду као сарадник у настави на предметима Термодинамика, Механика флуида, Погонске групе ваздухоплова, Конструкција и опрема ваздухоплова и Механика лета. Живи у Земуну са супругом Јасмином, сином Алексом и ћерком Ленком.

Прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду уписао је школске 2008/2009. године. Након положених свих испита и испуњених свих осталих обавеза предвиђених Планом и програмом докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, као и Програмом усавршавања договореним са потенцијалним ментором, 08. јула 2013. године Комисији за докторске студије Машинског факултета Универзитета у Београду поднео је захтев за пријаву докторске дисертације под радним називом „Развој методологије за анализу узрока отказа цилиндричних структура у ваздухопловству“.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Током докторских студија кандидат је положио све испите предвиђене Планом и програмом докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду са просечном оценом 10,00 (десет).

Шифра	Назив предмета	Наставник	ЕСПБ	Оцена
1.1.5	Виши курс математике	проф. др С. Раденовић	5	10 (десет)
1.2.5	Нумеричке методе	проф. др М. Спалевић	5	10 (десет)
1.3.5	ОМНИР и комуникација	проф. др М. Недељковић	5	10 (десет)
1.4.5	Механика лета	проф. др Б. Рашуо	5	10 (десет)
1.5.10	Лабораторија – истраживање, ...	проф. др Б. Рашуо	10	10 (десет)
2.1.5	Одабрана поглавља из механике	проф. др В. Човић	5	10 (десет)
2.2.5	Динамика лета	проф. др Б. Рашуо	5	10 (десет)
2.3.5	Ваздухопловнотехничко обезбеђење	проф. др Б. Рашуо	5	10 (десет)
2.4.15	Лабораторија – истраживање, ...	проф. др Б. Рашуо	15	10 (десет)
3.1.5	Изабрана поглавља из аеродинамике	проф. др Б. Рашуо	5	10 (десет)
3.2.5	Технологија производње летелица	проф. др Б. Рашуо	5	10 (десет)
3.3.20	Лабораторија – истраживање, ...	проф. др Б. Рашуо	20	10 (десет)
4.1.5	Приказ стања у области истраживања	проф. др Б. Рашуо	5	10 (десет)
4.2.25	Лабораторија – истраживање, ...	проф. др Б. Рашуо	25	10 (десет)
5.1.10	Рад на тексту дисертације	проф. др Б. Рашуо	10	10 (десет)
5.2.20	Лабораторија – истраживање, ...	проф. др Б. Рашуо	20	10 (десет)
6.1.10	Рад на припреми одбране дисертације	проф. др Б. Рашуо	10	10 (десет)
6.2.20	Лабораторија – истраживање, ...	проф. др Б. Рашуо	20	10 (десет)

Кандидат је током студија по наставном плану и програму урадио и шест истраживања у лабораторијама према следећем програму:

1.5.10 Лабораторија – истраживање, ...

Назив истраживања: Експериментално одређивање аеродинамичких коефицијената модела пројектила

Место: Аеротунел Т-38 Војнотехнички институт Жарково, Београд

Време: Истраживања су обављена у периоду од 15.05. до 27.05.2009. године.

2.4.15 Лабораторија – истраживање, ...

Назив истраживања: Испитивање модела пројектила ПКО М88 125мм на Маховим бројевима од 0,2 до 4,0

Место: Аеротунел Т-38, Војнотехнички институт Жарково, Београд

Време: Истраживања су обављена у периоду од 23.06. до 30.06.2010. године.

3.3.20 Лабораторија – истраживање, ...

Назив истраживања: Фрактографско испитивање преломне површине главе цилиндра LW 12427 мотора Lycoming IO-360-B1F који је уграђен на школски авион В-53

Место: Лабораторија за конструкционе и техничке материјале, Војнотехнички институт Жарково, Београд

Време: Истраживања су обављена у периоду од 15.07. до 30.07.2012. године.

4.2.25 Лабораторија – истраживање, ...

Назив истраживања: Испитивање хемијских и механичких својстава материјала од којег је израђена глава цилиндра LW 12427 мотора Lycoming IO-360-B1F уграђеног на школски авион В-53

Место: Лабораторија за конструкционе и техничке материјале, Војнотехнички институт Жарково, Београд

Време: Истраживања су обављена у периоду од 01.08. до 10.08.2012. године.

5.2.20 Лабораторија – истраживање, ...

Назив истраживања: Металографско испитивање материјала од којег је израђена глава цилиндра LW 12427 мотора Lycoming IO-360-B1F уграђеног на школски авион В-53

Место: Лабораторија за конструкционе и техничке материјале, Војнотехнички институт Жарково, Београд

Време: Истраживања су обављена у периоду од 10.09. до 30.09.2012. године.

6.2.20 Лабораторија – истраживање, ...

Назив истраживања: Израда веродостојног 3D модела и напонско-деформациона анализа главе цилиндра LW 12427 мотора Lycoming IO-360-B1F уграђеног на школски авион В-53

Место: Рачунарска лабораторија, Војна академија, Београд

Време: Истраживања су обављена у периоду од 15.02. до 10.10.2012. године.

Основна област рада кандидата током докторских студија и током рада на пројекту Универзитета одбране у Београду, била је експериментално и нумеричко испитивање механичких отказа цилиндричних структура у ваздухопловству.

Као истраживач сарадник учествовао је на три научноистраживачка пројекта Универзитета одбране у Београду. Аутор је више радова објављених у међународним часописима и на међународним конференцијама. Три рада су објављена у врхунским међународним часописима категорије M21. Објавио је и две публикације наставно-образовне литературе. У области пројектовања применом рачунара напредно је користио софтверске пакете: Catia, Simulia Abaqus, Nastran/Patran, AutoCAD и Matlab.

У току свог научноистраживачког рада кандидат је објавио следеће радове:

Научни радови објављени у врхунским међународним часописима M21:

1. **B. Krstic**, B. Rasuo, D. Trifkovic, I. Radisavljevic, Z. Rajic, M. Dinulovic, *An investigation of the repetitive failure in an aircraft engine cylinder head*, Engineering Failure Analysis, DOI information: 10.1016/j.engfailanal.2013.08.013.
2. **B. Krstic**, B. Rasuo, D. Trifkovic, I. Radisavljevic, Z. Rajic, M. Dinulovic, *Failure analysis of an aircraft engine cylinder head*, Engineering Failure Analysis 32 (2013) pp. 1-15.
3. D. Trifkovic, S. Stupar, S. Bosnjak, M. Milovancevic, **B. Krstic**, Z. Rajic, M. Dunjic, *Failure analysis of the combat jet aircraft rudder shaft*, Engineering Failure Analysis 18 (2011) pp. 1998-2007.

Радови објављени на међународним конференцијама M33:

1. M. Dinulovic, **B. Krstic**, P. Andric, *Application of 3d-random fiber composites for damaged honeycomb panels repair*, The Fifth International Scientific Conference OTEH 2012, pp. 655-661, Belgrade, Serbia.

2. **B. Krstic**, B. Rasuo, D. Trifkovic, *The aircraft inside loop manoeuvre*, The Fourth International Scientific Conference OTEH 2011, pp. 111-116, Belgrade, Serbia.
3. D. Tumanov, **B. Krstic**, S. Jankovic, M. Jovanovic, *Endoscopic diagnostics in on – condition maintenance of gas turbine engine*, The First DQM International Conference 2010, pp. 254-261, Belgrade, Serbia.

Лексикографска јединица у научној публикацији националног значаја М47:

1. М. Поповић, **Б. Крстић**, *Збирка решених задатака из термодинамике са кратким изводима из теорије*, 950 страна, Војна академија, Београд, 2010.
2. М. Додић, **Б. Крстић**, *Методички приручник из теорије летења за реализацију стручно-специјалистичке провере способности кандидата за школовање на Војној академији-род авијација*, 291 страна, Војна академија, Београд, 2010.

Учешће на научноистраживачким пројектима:

1. Прилог развоју форензичког инжењеринга у домену анализе узрока и генезе отказа цилиндричних структура, пројекат број ВА-ТТ/02/13-15, Министарство одбране, Универзитет одбране, Београд, 2013-2015.
2. Примена дигиталног кабинског простора у обуци пилота, Министарство одбране, Универзитет одбране, Београд, 2013-2015.
3. Развој реалног модела интегрисаног INS/GPS навигационог система, Војна академија, Београд, 2007-2010.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа изузетних резултата досадашњег научног рада и остварених резултата оцењујемо да је кандидат Бранимир Б. Крстић, дипл. инж. маш. способан и подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

У ери брзог технолошког напретка, од високософистицираних и скувих техничких система, какви се нарочито срећу у цивилном и војном ваздухопловству, захтева се све већи степен поузданости у раду. Овај захтев је у директној противуречности са захтевима да конструктивни елементи, пропулзори и опрема ваздухоплова морају поднети све сложенија динамичка оптерећења великог интензитета и радити у отежаним условима експлоатације. Из тог разлога се, у циљу повећања безотказног периода рада, предузима низ мера у свим фазама развоја, пројектовања, производње, експлоатације и одржавања ваздухоплова. Међутим, и поред тога, јављају се откази који у случају ломова виталних елемената могу нанети велику материјалну штету, а у крајњем случају и хаварије са људским жртвама. Због тога се данас у свету интензивно развијају и примењују посебне методологије за експертизу отказа одговорних конструкција, које чине нову научну дисциплину познату под називом форензички инжењеринг. Значај методологије за анализу отказа механичких елемената

једног техничког система се огледа у томе да се само на основу тачног узрока отказа могу предложити и применити одговарајуће корективне и превентивне мере у циљу спречавања понављања истог или сличног отказа.

Анализа већег броја студија случаја отказа различитих механичких компонената структуре летелица, пропулзора, агрегата и опреме, спроведених у последње две деценије у свету, је показала велику разноврсност узрока, почев од људског фактора до замора материјала. У погледу комплексности проблема утврђивања тачног узрока отказа, као што су ломови, напрснућа, хабања или пластичне деформације, посебно се издвајају цилиндрични танкозидни елементи који ће бити предмет истраживања ове дисертације. У цилиндричне танкозидне елементе летелица могу се сврстати све врсте цевастих елемената, почев од кратких вратила и осовина прстенастог попречног пресека до цилиндара клипних авионских мотора. Досадашња прелиминарна истраживања ломова ових елемената у ваздухопловству Војске Србије, које је кандидат спровео и резултате публикувао у врхунском међународном часопису, су показала да није могуће успешно применити постојећу методологију, јер су ломови често изазвани истовременим деловањем више фактора, почетне прслине инициране на више места, а механизми ширења комбинација замора и преоптерећења. Вишеструка места иницијације почетних прслина су, такође, комбинација места концентрисаних напона услед специфичне геометрије, неодговарајуће завршне обраде и појаве питинг корозије. Поред тога, прслине се код ових елемената неретко развијају на унутрашњим површинама, брже или спорије напредују кроз зид дебљине свега неколико милиметара и откривају тек када досегну спољашњу површину или изазову коначни лом. На чврстоћу цилиндричних структура и брзину напредовања прслина кроз зид, поред врсте материјала и дебљине зида, утичу присуство укључака и микропорозност. Имајући у виду ове чињенице, истраживања која ће бити спроведена у оквиру предложене дисертације ће омогућити дефинисање поуздане и стандардне методологије анализе механичких отказа цилиндричних структура која ће имати посебно велики значај у ваздухопловству.

Основни научни циљ предложене докторске дисертације је дефинисање поуздане и стандардне методологије за експертску анализу узрока механичких отказа цилиндричних елемената у ваздухопловству. Овај научни циљ ће се достићи истраживањима која ће обухватити следеће фазе:

- преглед, селекција и систематизација научних сазнања из предметне области дисертације;
- анализа свих доступних студија случаја отказа цилиндричних структура у ваздухопловству;
- прикупљање расположивих узорака са оштећењима насталим у току експлоатације, а на које ће се примењивати различите методе анализе узрока отказа у циљу тачне идентификације и селекције оптималних метода и техника;
- разврставање анализираних отказа по фреквенцији, врсти, месту настанка, механизму и сл.;
- израда рачунарских тродимензионалних модела елемената са најзначајнијим отказима у циљу нумеричке анализе напона и деформација;
- рачунарска симулација процеса ширења почетних прслина;
- дефинисање методологије анализе отказа и њено тестирање и верификација.

Релевантни библиографски извори и резултати на које се надовозују истраживања из ове тезе:

1. Athinotis N, Lombardo D, Clark G, *Scientific analysis methods applied to an investigation of an aircraft accident*, Eng Fail Anal 2010;17:83–91.
2. Bhaumik SK, Sujata M, Venkataswamy MA, *Fatigue failure of aircraft components*, Eng Fail Anal 2008;15:675–94.
3. S.K. Bhaumik, R. Rangaraju, M.A. Venkataswamy, T.A. Bhaskaran, M.A. Parameswara, Fatigue fracture of crankshaft of an aircraft engine. Eng. Fail. Anal. 9 (2002) 255-263.
4. Clark G, *Failures in military aircraft*, Eng Fail Anal 2005;12:755–71.
5. Murakami Y, *Metal fatigue: effects of small defects and non-metallic inclusions*, Oxford (England): Elsevier; 2002.
6. McEvily AJ, *Metal failures: mechanisms, analysis, prevention*, 1st ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 2002.
7. Bagnoli F, Dolce F, Colavita M, Bernabei M, *Fatigue fracture of a main landing gear swinging lever in a civil aircraft*, Eng. Fail. Anal. 15 (2008) 755-765.
8. Linder J, Axelsson M, Nilsson H, *The influence of porosity on the fatigue life for sand and permanent mould cast aluminium*, Int J Fatigue 28 (2006) 1752–1758.
9. Li B, Shen Y, Hu W, *Casting defects induced fatigue damage in aircraft frames of ZL205A aluminum alloy – A failure analysis*, Materials and Design 32 (2011) 2570-2582.
10. Grbovic A, Rasuo B, *FEM based fatigue crack growth predictions for spar of light aircraft under variable amplitude loading*, Eng. Fail. Anal. 26 (2012) 5-64.
11. Petrasinovic D, Rasuo B, Petrasinovic N, *Extended finite element method (XFEM) applied to aircraft duralumin spar fatigue life estimation*, Technical Gazette 19 (2012) 557-562.
12. Couper MJ, Nesson AE, Griffiths JR, *Casting defects and the fatigue behavior of an aluminium casting alloy*, Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct. 13 (1990) 213-227.
13. Guertsman V, Dionne S, Crosby T, *Engineering report number LP085/2009*, Transportation Safety Board of Canada, 2009.
14. Guertsman V, Dionne S, Crosby T, *Engineering report number LP077/2010*, Transportation Safety Board of Canada, 2010.
15. Skallerud B, Iveland T, Harkegard G. Fatigue life assessment of aluminum alloys with casting defects. Eng Fract Mech 1993;44:857–74.
16. Kuwazuru O, Murata Y, Hangai Y, Utsunomiya T, Kitahara S, Yoshikawa N. X-ray CT inspection for porosities and its effect on fatigue of die cast aluminum alloy. J Solid Mech Mater Eng 2008;2:1220–31.

3. Полазне хипотезе

Комплексност и међусобна зависност динамичких оптерећења променљивог интензитета којима су током свог радног века изложени цилиндрични елементи структуре ваздухоплова захтевају развој потпуно нове методологије за анализу узрока механичких отказа ових елемената.

Основна хипотеза од које се полази у дисертацији је, да је на основу постојећих техника форезничког инжењеринга, могуће развити нову методологију за анализу узрока

механичких отказа на ваздухопловима, максималног нивоа поузданости, прилагођену свим специфичностима рада ваздухопловних цилиндричних структура.

На основу тако дефинисане опште хипотезе неопходно је извршити следеће активности:

- Проучити све постојеће методологије за анализу узрока механичких отказа машинских склопова, са посебним освртом на оне који се користе у ваздухопловству;
- Анализирати све чиниоце који олакшавају или отежавају употребу појединих метода анализе отказа;
- Анализирати све предности и мане постојећих метода за анализу отказа и на основу тога дефинисати нову методологију анализе узрока отказа цилиндричних структура у ваздухопловству, максималног нивоа поузданости.

При томе, појединачне хипотезе су:

- Могуће је, у складу са специфичностима рада цилиндричних структура, извршити оптимални избор метода за анализу узрока њихових механичких отказа;
- Форезничким испитивањем расположивих узорака са оштећењима насталим у току експлоатације ваздухоплова могуће је извршити верификацију развијене методологије за анализу узрока отказа.

Верификација опште хипотезе ће се обавити експерименталним испитивањем цилиндричних ваздухопловних структура, које су већ претрпеле механички отказ током експлоатације, у лабораторији за конструкционе и техничке материјале, Војнотехничког института у Жаркову.

4. Научне методе истраживања

У раду ће се користити основни научни метод у коме се на основу потпуног познавања чињеница методом индукције поставља хипотеза. Након постављања хипотезе логичком анализом се предвиђа како се разматрани научни проблем уклапа у општи закон. На крају процеса анализе се кроз експериментална испитивања у лабораторији за конструкционе и техничке материјале Војнотехничког института у Жаркову врши верификација теоријске поставке и утврђује исправност и оправданост предикције.

За истраживања у овој докторској дисертацији користиће се теоријске и експерименталне научно-истраживачке методе. Основне теоријске научне методе које ће бити примењене у изради дисертације су:

- Метода дескрипције у описивању метода, коришћене опреме, елемената, појава, стања и добијених резултата експерименталних испитивања у лабораторији за конструкционе и техничке материјале;
- Метода дефиниције и класификације механичких отказа цилиндричних структура у ваздухопловству;
- Метода моделирања, као и методе апстракције и конкретизације у разматрању и дефинисању нове методологије за анализу узрока механичких отказа цилиндричних ваздухопловних структура;
- Метод анализе и синтезе, као и индуктивно-дедуктивни метод приликом изучавања узајамних односа између радних оптерећења, деформација, геометрије разматраног дела или склопа, материјала израде, места иницијације прслине,

механизма и начина ширења прслине, а све у циљу потпуне и прецизне реконструкције разматраних отказа;

- Метода суперпозиције у дефинисању врсте и интензитета радних оптерећења, односно свих спољашњих утицаја који делују на разматрану цилиндричну структуру;
- Статистичка метода у делу обраде и приказивања резултата лабораторијских мерења механичких својстава и хемијског састава узоркованог материјала са цилиндричних ваздухопловних структура оштећених током експлоатације;
- Метода коначних елемената у домену напонско-деформационе анализе и симулације раста почетне прслине.

Експерименталне методе су везане за лабораторију за конструкционе и техничке материјале Војнотехничког института у Жаркову и начин испитивања преломних површина, односно испитивања механичких и хемијских својстава материјала. Експериментални део истраживања ће имплементирати следеће експерименталне методе:

- Фрактографско испитивање преломних површина узорака оштећених у експлоатацији;
- Испитивање хемијских и механичких својстава материјала од којег су израђени оштећени делови и склопови;
- Металографско испитивање материјала;
- Израда веродостојног 3D модела који одговара реалном делу, напонско-деформациона анализа и симулација ширења прслине до коначног лома.

5. Очекивани научни допринос

Израдом предложене докторске дисертације могу се очекивати следећи доприноси науци и инжењерској пракси:

- Развијена нова, поуздана и стандардизована методологија за анализу узрока отказа танкозидних цилиндричних структура у ваздухопловству;
- Развијена нова методологија ће омогућити форензичким инжењерима да утврде тачан узрок отказа и предложи адекватне корективне и превентивне мере за спречавање понављања отказа;
- Селекција и дефинисање оптималних метода, техника и поступака за анализу отказа, као и метода за нумеричку анализу напона и деформација на критичним местима анализираних елемената;
- Одређивање утицаја различитих фактора на настанак почетних оштећења, правац и брзину њиховог ширења, као и на механизам лома;
- Имплементација развијене нове методологије у домену превентивног одржавања ваздухоплова у Војсци Србије.

6. План истраживања и структура рада

Предмет докторске дисертације је истраживање у домену анализе отказа а циљ је оптимална селекција метода и техника за анализу узрока механичких отказа цилиндричних структура у ваздухопловству тј. тачна идентификација отказа. Предвиђено истраживање се спроводи на основу теоријске анализе могућности побољшања постојећих методологија за анализу узрока отказа ваздухопловних структура и на основу експерименталне анализе одређеног броја расположивих узорака делова ваздухоплова механички оштећених током експлоатације. Потребна испитивања обухватају визуелни преглед преломне површине, макрофрактографско и микрофрактографско снимање површине лома, испитивање хемијских и механичких својстава материјала од којег су израђени оштећени узорци, металографско испитивање материјала. Такође, неопходно је у адекватном софтверском пакету креирати веродостојне нумеричке тродимензионалне моделе испитиваних узорака, и на основу радних оптерећења извршити напонско деформациону анализу и симулирати раст почетне прслине. У спроведеним испитивањима биће обухваћено и поређење добијених резултата са одговарајућим резултатима објављеним у референтним водећим светским часописима и институцијама.

План истраживања у оквиру ове докторске дисертације обухвата следеће фазе:

- Поставка проблема испитивања, односно тачне идентификације узрока отказа;
- Опис основних елемената еластичних и пластичних деформација;
- Основне поставке механике лома;
- Библиографско истраживање и систематизација експерименталних поступака који се користе у анализи отказа а који су обрађени у досадашњим научним радовима и другој релевантној литератури;
- Анализа погодности различитих техника и метода фрезничког инжењеринга за анализу узрока отказа цилиндричних структура у ваздухопловству;
- Опис и специфичности опреме коришћене за реализацију испитивања механичких отказа;
- Дефинисање релевантних података о ресурсима дела или склопа до појаве отказа, који су од интереса за процес анализе отказа;
- Фрактографска испитивања преломних површина оштећених узорака елемената структуре ваздухоплова;
- Испитивање механичких и хемијских карактеристика материјала од којих су израђени узорци;
- Металографска испитивања материјала;
- Напонско-деформациона анализа и симулација раста почетне прслине у испитиваним узорцима;
- Верификација резултата истраживања;
- Перспективе и правци даљих истраживања;
- Закључак.

7. Закључак и предлог

На основу анализе пријаве теме докторске дисертације **Бранимира Б. Крстића**, дипл. инж., а сходно одлуци број 1374/3 Наставно-научног већа донетој 05. 09. 2013. године, Комисија за подношење извештаја о прихватању теме и оцену научне заснованости докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације високог ранга, као и да кандидат - студент докторских студија испуњава законске и друге услове за рад на предметној докторској дисертацији, тако да предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату Бранимиру Б. Крстићу, дипл. инж. одобри израду докторске дисертације са темом

„РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА АНАЛИЗУ УЗРОКА ОТКАЗА ЦИЛИН- ДРИЧНИХ СТРУКТУРА У ВАЗДУХОПЛОВСТВУ“.

За ментора кандидата током рада на докторској дисертацији предлаже се **редовни професор др Бошко Рашуо** са катедре за Ваздухопловство Машинског факултета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....

Проф. др Бошко Рашуо,
Машински факултет Универзитета у Београду

.....

Проф. др Слободан Гвозденовић,
Саобраћајни факултет Универзитета у Београду

.....

Ван. проф. др Васко Фотев,
Машински факултет Универзитета у Београду

.....

Ван. проф. др Александар Бенгин,
Машински факултет Универзитета у Београду

.....

Доцент др Мирко Динуловић,
Машински факултет Универзитета у Београду

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Бранимира Б. Крстића

Име и презиме ментора: Др БОШКО РАШУО

Звање: Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Title: Optimization of the Aircraft General Overhaul Process, **AIRCRAFT ENGINEERING AND AEROSPACE TECHNOLOGY**, Authors: **Rašuo, B.**, Djuknić, G., Volume: 85, Issue 5, 2013, Emerald Group Publishing Limited, UK, ISSN: 0002-2667, Pages: 343-354, na SCI listi; IF 0.441, - M23,

2. Title: Failure analysis of an aircraft engine cylinder head, **ENGINEERING FAILURE ANALYSIS**, Authors: Krstic, B., **Rašuo, B.**, Trifkovic, D., Radisavljevic, I., Rajic, Z., Dinulovic, M., Volume 32, September 2013, Elsevier Ltd., ISSN: 1350-6307, Pages: 1-15, na SCI listi; IF 1.086, - M21,

3. Title: Review of impact damages modelling in laminated composite aircraft structures, Authors: Kreculj, D., **Rašuo, B.**, **TECHNICAL GAZETTE**, Vol. 20 No.3, June 2013, ISSN: 1330-3651, Pages: 485-495, na SCI listi; IF 0.601, - M23,

4. Title: Numerical investigation of pulverized coal jet flame characteristics under different oxy-fuel conditions, Authors: Jovanović R., **Rašuo B.**, Stefanović P., Cvetinović D., Swiatkowski B. Source: **INTERNATIONAL JOURNAL OF HEAT AND MASS TRANSFER**, Elsevier Ltd., Vol 58, No 1-2, Published: March 2013., Pages: 654-662, ISSN: 0017-9310, IF 2.315,

5. Title: FEM based fatigue crack growth predictions for spar of light aircraft under variable amplitude loading, Authors: Grbovic, A., **Rašuo, B.**, **ENGINEERING FAILURE ANALYSIS**, Volume 26, December 2012, Elsevier Ltd., ISSN: 1350-6307, Pages: 50-64, na SCI listi; IF 1.086, - M21,

6. Title: Extended finite element method (XFEM) applied to aircraft duralumin spar fatigue life estimation, Authors: Petrašinović, D., **Rašuo, B.**, Petrašinović, N., **TECHNICAL GAZETTE**, Vol.19 No.3, September 2012, ISSN: 1330-3651, (str.557-562), na SCI listi; IF 0.347, - M23,

7. Title: Scaling between Wind Tunnels—Results Accuracy in Two-Dimensional Testing, Author: **Rašuo B.**, Source: **TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL & SPACE SCIENCES**, The Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol. 55, No.2, Published: March 2012., Pages: 109-115, ISSN: 0549-3811, IF 0.397,

8. Title: The influence of Reynolds and Mach numbers on two-dimensional wind-tunnel testing: An experience, Author: **Rašuo, B.**, Source: **THE AERONAUTICAL JOURNAL**, Volume 115, Number 1166, Paper No. 3542, The Royal Aeronautical Society, ISSN: 0001-9240, London, Published: April 2011, Pages: 249-254, IF 0.414,

9. Title: A New General Approach to Airplane Rotation, Authors: Bajović, M., Živanović, M., **Rašuo, B.**, Stojaković, P., Source: **TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR**

AERONAUTICAL & SPACE SCIENCES, The Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol.53, No.180, Published: August 2010. Pages: 130-137, ISSN: 0549-3811, IF 0.397,

10. Title: On-Condition Maintenance for Nonmodular Jet Engines: An Experience, Authors: Siladić, M., **Rašuo, B.**, The **ASME JOURNAL OF JOURNAL OF ENGINEERING FOR GAS TURBINES AND POWER**, 131, Issue 3, 032502, ISSN: 0742-4795, New York, NY, May (2009) (7 pages), na SCI listi; IF 0.735 - M22,

11. Title: Some analytical and numerical solutions for the safe turn manoeuvres of agricultural aircraft - an overview, Author: **Rašuo B.** Source: **THE AERONAUTICAL JOURNAL**, Volume: 111, Issue: 1123, Pages: 593-599, ISSN: 0001-9240, Published: SEP 2007., IF: 0.415.

12. Title: On sidewall boundary layer effects in two-dimensional subsonic and transonic wind tunnels, Author: **Rašuo B.** Source: **ZEITSCHRIFT FUR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK**, Volume: 81, pages: S935-S936, ISSN: 0044-2267, Supplement: Suppl. 4, Published: 2001., IF: 0.801.

13. Title: Two-dimensional wall interference in transonic wind tunnels, Author: **Rašuo B.** Source: **ZEITSCHRIFT FUR ANGEWANDTE MATHEMATIK UND MECHANIK** Volume: 77, Pages: S275-S276, ISSN: 0044-2267, Supplement: Suppl. 1, Published: 1997., IF: 0.801.

14. Title: On boundary layer control in two-dimensional transonic wind tunnel testing, Author: **Rašuo B.** Book Editor(s): Meier, GEA; Sreenivasan, KR, Conference: IUTAM Symposium on One Hundred Years of Boundary Layer Research Location: DLR, Gottingen, GERMANY Date: AUG 12-14, 2004, Source: **IUTAM SYMPOSIUM ON ONE HUNDRED YEARS OF BOUNDARY LAYER RESEARCH**, Book Series: Solid Mechanics and its Applications, Volume: 129, **Springer**, Pages: 473-482, Published: 2006.

15. Title: On solving boundary value problem in fluid mechanics by Fourier's method: Wall interference of transonic wind tunnels: **Rašuo B.** Book Editor(s): Wendyland, WI; Efendiev, M, Conference: International Conference on Multifield Problems Location: Univ Stuttgart, Stuttgart, GERMANY Date: APR 08-10, 2002, Source: **ANALYSIS AND SIMULATION OF MULTIFIELD PROBLEMS**, Book Series: LECTURE NOTES IN APPLIED AND COMPUTATIONAL MECHANICS, Volume: 12, **Springer**, Pages: 317-322, Published: 2003.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум _16. 09. 2013._

М.П.
