

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Бр. 01/1/45

10.01. 2019 год.

КРАГУЈЕВАЦ

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА И ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ  
НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

**Предмет:** Извештај комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата Николе Вучетића, маг. инж. маш.

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-1006/3 од 12.12.2018. године именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата **Николе Вучетића**, маг. инж. маш, као и оцену теме докторске дисертације под насловом:

**РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА ПРОЦЈЕНУ ИНТЕГРИТЕТА ЦИЛИНДАРСКОГ  
СКЛОПА АВИОНСКОГ КЛИПНОГ МОТОРА ИЗЛОЖЕНОГ  
ВИСОКОЦИКЛИЧНОМ МЕХАНИЧКОМ И ТЕРМИЧКОМ ОПТЕРЕЂЕЊУ**

која припада научној области Машинско инжењерство и ужој научној области Примењена механика. На основу увида у приложену документацију, Комисија подноси Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу следећи:

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада**

У предложеном нацрту докторске дисертације кандидат је дао образложен предмет истраживања наводећи актуелност и значај истраживања у области развоја методологије за процену интегритета главе цилиндра, ваздушно хлађеног авионског клипног мотора, изложене комбинованом механичком и термичком оптеређењу.

Проблем појаве прслине на глави цилиндра мотора школског авиона Утва 75 захтева детаљну анализу експерименталних карактеристика саставног материјала, то јест легуре алуминијума 242.0. У питању је комплексан проблем који се анализира у дисертацији, јер се при разматрању морају узети у обзир и механичка и топлотна напрезања која се јављају у току експлоатације, односно напрезања која одговарају реалним условима рада.

Због велике учесталости проблема пуцања кућишта и главе цилиндара авионских ваздушно хлађених клипних мотора, резултати овога истраживања су од великог значаја при изради ове дисертације, али исто тако и за даља истраживања у области механике лома и замора везана за проблематику пуцања конструктивних елемената израђених од поменутог материјала за који се, у тренутно доступној литератури, не може пронаћи довољан број експерименталних резултата одређених на собној, а посебно на повишеној температури.

Кандидат је предложио програм истраживања у наведеној области који је у складу са савременим научним методама истраживања. Истраживања се базирају на експерименталним



и нумеричким истраживањима на расположивој опреми, односно на обради експерименталних резултата и одређивања материјалних карактеристика легуре алуминијума 242.0 као саставног материјала главе цилиндра, што је полазна основа за даљу нумеричку анализу методом коначних елемената.

Имајући у виду приказ проблема истраживања, полазне хипотезе и предложене научне методе истраживања, приказани предлог докторске дисертације садржи све елементе који су потребни да би се у изради докторске дисертације дао научни допринос значајан за даљи развој научних истраживања у области развоја методологије за процену интегритета ваздушно хлађених авионских клипних мотора при дејству комбинованих механичких и термичких оптерећења.

#### Веза са досадашњим истраживањима

Научно-истраживачка активност кандидата припада области примењене механике, а уско је везана за метод коначних елемената као једну од нумеричких метода. Кандидат се, у оквиру својих истраживачких активности, досад бавио нумеричким анализама методом коначних елемената у различитим софтверима при решавању спрегнутих термомеханичких проблема. Такође, кандидат кроз досадашње активности има одређена искуства у области испитивања механичких карактеристика материјала. Претходно наведене чињенице доказују научни и стручни радови објављени у научним и стручним часописима, као и радови презентовани на међународним конференцијама и националним скуповима. Истраживања везана за тематику ове дисертације омогућавају кандидату да оствари континуитет у свом истраживачком раду, што поред стручног усавршавања кандидата има за циљ и допринос при решавању сличних проблема у поменутој области истраживања.

## **2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке**

### Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће:

Проблематика ове дисертације је везана за појаву прслине на глави цилиндра авионског клипног мотора Утва 75, проузрокованог заморним оптерећењем. Замор представља постепено оштећење материјала изазвано дуготрајним периодично променљивим оптерећењима која, по интензитету, обично, не прелазе напон течења. Као последица еластичних и еласто-пластичних деформација које се, услед нехомогености материјала, расподељују по запремини машинског дела јавља се иницијална прслина. Заморна оптерећења својим утицајем на месту појаве иницијалне прслине, доводе до деградације механичких карактеристика материјала делова авионског мотора и појаве превременог лома. Заморно оптерећење, доводи до акумулације оштећења који настаје при променљивим напонима и деформацијама и изазива стварање иницијалних прслина или њихов даљи раст.

Циљ ове дисертације би био развој методологије за експерименталну и нумеричку процену интегритета ваздушно хлађеног авионског клипног мотора, изложеног променљивом механичком и термичком оптерећењу, а која би могла да буде применљива и на остале конструктивне машинске елементе. То би омогућило да се на једноставан и брз начин изврши процена интегритета кућишта клипног мотора, захваљујући чему би се постигле значајне



уштеде у трошковима пројектовања, производње, као и испитивања других виталних елемената мотора са унутрашњим сагоревањем који су били или се још увек налазе у фази експлоатације, што би наведену методологију чинило ефикасном и примени.

Посебан допринос ове дисертације би се огледао кроз комплексност природе оптерећења разматраног проблема у коме се појављују, поред динамичких, и термичка оптерећења која би се морала узети у обзир при експерименталној и нумеричкој анализи у оквиру граничних услова и задатих оптерећења. Разматрање оваквог проблема би захтевало спровођење експерименталних испитивања легуре алуминијума 242.0, где би се, поред карактеристика на собној температури, одредиле и механичке карактеристике материјала на повишеној температури која представља радну температуру у току експлоатације. Експериментално одређене резултате би пратила нумеричка анализа у оквиру које би се моделирало сложено термомеханичко оптерећење. Стога, гранични услови би требали да се размотре пажљиво и да се симулирају реална ограничења и оптерећења. Веза тела и главе цилиндра се остварује тако што се глава цилиндра загрева до температуре од приближно  $350^{\circ}\text{C}$ , па се причвршћује на тело цилиндра навојном везом преко навоја на спољашњој страни тела цилиндра и унутрашњој страни главе цилиндра. Хлађењем главе цилиндра остварује се чврсто налегање у зони навоја, као и између глатких цилиндричних површина изнад навојног споја. Дакле, веза цилиндра и главе би била нумерички симулирана као крута веза. Постоље цилиндра би било фиксирано, што одговара и реалном случају, јер је у пракси тело цилиндра везано вијцима за кућиште мотора. Оптерећење би било моделирано као сложено механичко (притисак на главу цилиндра) и термичко које одговара температури којој је изложена глава цилиндра у току експлоатације. Претходни проблем би био симулиран у неком од програмских пакета заснованих на методи коначних елемената.

Овакви резултати би били од великог значаја, како при изради ове дисертације, тако и за даља истраживања у области механике лома и замора везана за проблематику пуцања конструктивних елемената израђених од поменутог материјала за који се, у тренутно доступној литератури, не може пронаћи довољан број експерименталних резултата утврђених на собној, а посебно на повишеној температури.

Основне хипотезе предложене дисертације настале су као резултат детаљног проучавања досадашњег истраживања и најновијих достигнућа и сазнања у области експерименталне и нумеричке анализе у механици лома и механици замора материјала. Анализа и решавање проблема за процену интегритета ваздушно хлађеног авионског клипног мотора изложеног високоцикличном механичком и термичком оптерећењу захтева увођење следећих хипотеза:

- Прслине на кућишту авионског мотора се, најчешће, јављају у критичним зонама, а то су, углавном, зоне које због свог сложеног облика доводе до појаве концентрације напона;
- Нумеричком анализом ваздушно хлађеног авионског клипног мотора, уз одговарајуће граничне услове, могуће је утврдити потенцијални узрок појаве прслине, односно установити узрок пуцања истог;
- Постојање разлике у механичким карактеристикама материјала легуре алуминијума 242.0 на собној и повишеној температури;

- Замор материјала представља процес постепеног разарања путем настанка и развоја оштећења до лома конструктивног дела у експлоатацији изложеног цикличним оптерећењима;
- Оштећење услед замора се јавља при променљивим оптерећењима која су знатно нижа од статичких оптерећења;
- Зоне замора се налазе на местима повећане концентрације напона;
- Експерименталним заморним испитивањем легуре алуминијума 242.0 на собној и на повишеној температури могуће је утврдити трајну динамичку издржљивост материјала;
- Експерименталним испитивањем жилавости лома легуре алуминијума 242.0 могуће је утврдити брзину ширења иницијалне прслине;
- Експерименталним испитивањима легуре алуминијума 242.0 могуће је одредити карактеристике материјала неопходне за израчунавање параметара механике лома;

Основни циљеви истраживања су:

- Одређивање механичких карактеристика материјала легуре алуминијума 242.0 на собној и повишеној температури;
- Одређивање основних параметара механике лома легуре алуминијума 242.0.
- Утврђивање потенцијалног узрока појаве прслине на глави цилиндра ваздушно хлађеног авионског клипног мотора и отказа истог;
- Развој методологије за процену интегритета ваздушно хлађеног авионског клипног мотора при високоцикличном механичком и термичком оптерећењу;
- Одређивање броја циклуса до отказа, односно радног века главе цилиндра мотора са иницијалном прслином;
- Утврђивање могућих даљих праваца истраживања;

Наведени циљеви су у складу са текућим стањем у области на основу којих је кандидат формулисао основне хипотезе и предложио научне методе рада на дисертацији.

#### Методe истраживања

За одређивање материјалних карактеристика легуре алуминијума 242.0 планира се извођење експерименталних истраживања на епруветама израђеним од наведеног материјала.

Планирана експериментална истраживања се изводе на сервохидрауличном пулзатору Shimadzu ENF-EV101K3-070-0A у Центру за инжењерски софтвер и динамичка испитивања Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Поменута опрема пружа могућност испитивања материјала на затезање и притисак при различитим брзинама деформације, различитим котролама (сила, напон, ход, деформација), на собним и повишеним температурама.



Поред тога, у циљу одређивања ударних карактеристика легуре алуминијума 242.0 на собној и повишеној температури, биће спроведен низ експерименталних истраживања на *Charpy*-јевом клатну произвођача Zwick/Roell у Лабораторији за материјале и заваривање на Машинском факултету у Бањалуци.

Добијене механичке карактеристике материјала представљаће основу за одређивање основних параметара механике лома при процени интегритета конструкције применом методе коначних елемената.

У току процене преосталог животног века, разматрање ширења прслине захтева квалитетну анализу напонског поља. Добијена напонска и деформациона поља, нумеричким МКЕ прорачунима, у околини врха прслине биће искоришћена за одређивање фактора интензитета напона, а самим тим и за процену преосталог животног века структуре са иницијалним прслинама.

На основу експериментално добијених података о испитиваном материјалу на сервохидрауличном пулзатору и МКЕ прорачунима и детаљном анализом добијених резултата у складу са одговарајућим стандардима, биће могуће извести закључак о узроку појаве прслине на глави цилиндра авионског мотора. На основу тога биће омогућена процена интегритета ваздушно хлађеног авионског клипног мотора, али и сличних конструктивних елемената изложених високоцикличним механичким и термичким оптерећењима.

#### Оквирни садржај докторске дисертације

1. Увод
2. Основе прорачунске механике лома и замора
3. Експериментална испитивања легуре алуминијума 242.0
4. МКЕ анализа ваздушно хлађеног авионског клипног мотора
5. Процена интегритета главе цилиндра ваздушно хлађеног авионског клипног мотора
6. Закључна разматрања
7. Литература

### **3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема**

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације **Развој методологије за процену интегритета ваздушно хлађеног авионског клипног мотора изложеног високоцикличном механичком и термичком оптерећењу кандидата Николе Вучетића** оригинална идеја.

### **4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације**

Кандидат Никола Вучетић ће у својој дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког начина рада поштујући основне критеријуме науке и научних циљева и метода анализе имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања. Кандидат ће детаљно проверавати полазне хипотезе анализом обимне литературе и извора, у већини случајева новијег датума. С обзиром на то да су циљеви истраживања проистекли из недовољне истражености материјалних карактеристика, односно недоступности резултата експерименталних термо-механичких испитивања материјала легуре алуминијума 242.0 на собној, а посебно на повишеној температури, као и из учесталости проблема отказа авионских клипних мотора (попут мотора Утва 75), добијени резултати и развој методологије за процену интегритета ваздушно хлађеног авионског мотора представљали би оригинални допринос кандидата истраживачкој области. На основу актуелности и апликативности теме, може се закључити да би ова дисертација имала значајан теоријски и практичан допринос у развоју области процене интегритета авионских мотора изложених комбинованом високоцикличном механичком и термичком оптерећењу.

### **5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата**

#### **а. Кратка биографија кандидата**

Рођен је 10.12.1989. године у Сарајеву. Основно образовање је завршио 2004. године у основној школи „П. П. Његош“ у Источној Илици као ученик генерације. Након тога је уписао гимназију коју је завршио 2008. године. Дипломирао је на Машинском факултету у Источном Сарајеву у јулу 2012. године као студент генерације са просечном оценом 9,70. Мастер студије са просечном оценом 10,00 је завршио у децембру 2013. године. Био је стипендиста Министарства просвјете и културе Републике Српске 6 година. Докторске студије из области Примењена механика на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу уписао је 2014. године. Запослен је на Машинском факултету у Источном Сарајеву на Катедри за примијењену механику као виши асистент.

Кандидат је објавио 29 научних и стручних радова у домаћим и међународним часописима, као и на међународним скуповима. Учествовао је у реализацији 7 научноистраживачких пројеката.

#### **б. Научно истраживачки рад**

#### **Рад у истакнутом међународном часопису [M22]:**

1. Lamine Rebhi, Branimir Krstić, Abdelwahid Boutemedjet, Ljubica Totovski, Nikola Vučetić, Miroslav Milutinović, Narimane Rezgui: Fatigue fracture analysis of an ADF antenna in a military aircraft, Engineering Failure Analysis, ISSN: 1350-6307, Vol. 90, pp. 476-488, 2018.



#### **Рад у међународном часопису [M23]:**

1. Ranko Antunović, Amir Halep, Mihael Bučko, Sreten Perić, Nikola Vučetić: Vibration and Temperature Measurement Based Indicator of Journal Bearing Malfunction, Technical Gazette, ISSN: 1330-3651, Vol. 25, No. 4, pp. 991-996, 2018.

#### **Саопштење са међународног скупа штампано у цјелини [M33]:**

1. Vučetić, N., Radić, N., Milutinović, M., Trifković, S., Košarac, A, CARBON NANOTUBES NATURAL FREQUENCIES RESULTS COMPARISON USING FEM AND ANALYTICAL METHOD, II Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications (COMETA 2014), Jahorina, 2014, 2<sup>nd</sup>-5<sup>th</sup> December, pp. 347-356, ISBN: 978-99976-623-1-6.
2. Vučetić, N., Adamović, D., Jovičić, G, MATERIAL SELECTION OF ELECTRICAL DEVICES USING QUANTITATIVE METHODS, XV International Symposium INFOTEH, Jahorina, 2016, 16<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> March, pp. 430-435, ISBN: 978-99955-763-9-4.
3. Vučetić, N, QUANTITATIVE METHODS FOR MATERIAL SELECTION-MATERIAL PROPERTIES CHART, VI International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2016 (IIZS 2016), Zrenjanin, 2016, 13<sup>th</sup>-14<sup>th</sup> October, pp. 50-55, ISBN: 978-86-7672-293-8.
4. Vučetić, N, STATIC ANALYSIS OF GEARBOX DRIVE SHAFT, VI International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2016 (IIZS 2016), Zrenjanin, 2016, 13<sup>th</sup>-14<sup>th</sup> October, pp. 284-289, ISBN: 978-86-7672-293-8.
5. Vučetić, N., Košarac, A., Blagojević, M., Antunović, R, ANALITIČKO ODREĐIVANJE SOPSTVENIH FREKVENCIJA POGONSKOG VRATILA, III Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications (COMETA 2016), Jahorina, 2016, 7<sup>th</sup>-9<sup>th</sup> December, pp. 55-62, ISBN: 978-99976-623-7-8.
6. Ranko Antunović, Nikola Vučetić, SELECTION OF RELIABLE VIBRODIAGNOSTIC MODEL ROTATION MACHINES, 8<sup>th</sup> International Scientific Conference IRMES 2017, Trebinje, 2017, 7<sup>th</sup>-9<sup>th</sup> September, pp. 385-391, ISBN: 978-9940-527-53-2.

#### **Рад у врхунском часопису националног значаја [M51]:**

1. Nikola Vučetić, Mirko BLAGOJEVIĆ, Aleksandar KOŠARAC, Ranko ANTUNOVIĆ: Experimental verification of numerical gearbox drive shaft modal analysis results, Machine Design, ISSN 1821-1259, Vol.8, No.2, pp. 57-62, 2016.

#### **Рад у научном часопису [M53]:**

1. Nikola Vučetić: Quantitative methods for material selection-material properties chart, Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering, ISSN: 2067-3809, Tome X (2017), Fascicule 1, pp. 43-46, 2017.
2. Nikola Vučetić: Static analysis of gearbox drive shaft, ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara-International Journal of Engineering, ISSN: 1584-2665, Tome XV, Fascicule 2, pp. 77-80, 2017.

- **Учешће у научноистраживачким пројектима**

Учествовао је у реализацији 7 научноистраживачких пројекта:

1. Имплементација и валидација надзорно-дијагностичког система са дијагностичком анализом стања хидроагрегата у ХЕ Вишеград, 2015, Машински факултет Источно Сарајево.
2. Анализа података са система за праћење вибрација у ХЕ Бочац, 2015, Машински факултет Источно Сарајево.
3. Анализа вибрација конструкције косог моста за допрему угља у ТЕ Угљевик, 2016, Машински факултет Источно Сарајево.
4. Термовизијско снимање изолације котловског агрегата са припадајућим пароводима свјеже и међупрегријане паре, 2017, Машински факултет Источно Сарајево.
5. Вибродијагностичко испитивање стања агрегата на погону ХЕ Требиње 1, 2017, Машински факултет Источно Сарајево.
6. Услуге термовизијског снимања и моделирања турбине LMZK-300-240 и турбине напојне пумпе ОР-12, 2017, Машински факултет Источно Сарајево.
7. TEMPUS-Improvement of Partnership with Enterprises by Enhancement of a Regional Quality Management Potentials in WB-EQIWBC, 2013-2016, University of Montenegro.

- **Страни језици**

У свом научноистраживачком раду, активно се служи енглеским језиком. Такође, има средње знање француског и основно знање њемачког језика.



На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

### ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Никола Вучетић, маг. инж. маш, испунио је све предвиђене услове за израду докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

#### РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА ПРОЦЕНУ ИНТЕГРИТЕТА ВАЗДУШНО ХЛАЂЕНОГ АВИОНСКОГ КЛИПНОГ МОТОРА ИЗЛОЖЕНОГ ВИСОКОЦИКЛИЧНОМ МЕХАНИЧКОМ И ТЕРМИЧКОМ ОПТЕРЕЂЕЊУ

прихвати и одобри њену израду кандидату Николи Вучетићу, маг. инж. маш.

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Гордана Јовичић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу,  
10.01.2019.

КОМИСИЈА:



Др Гордана Јовичић, редовни професор, председник комисије,  
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу,  
Ужа научна област: Примењена механика;



Др Мирослав Живковић, редовни професор, Факултет  
инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу,  
Уже научне области: Примењена механика, Примењена  
информатика и рачунарско инжењерство;



Др Владимир П. Миловановић, доцент,  
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу,  
Ужа научна област: Експериментална механика;



Др Драган Ракић, доцент,  
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу,  
Уже научне области: Примењена механика, Примењена  
информатика и рачунарско инжењерство;



Др Бранимир Крстић, доцент,  
Војна академија, Универзитет одбране у Београду,  
Ужа научна област: Ваздухопловно машинство;