

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

767/5

(Број захтева)

20.06.2015. године

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06)“, дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

МИРКО (СТЕВАН) МАКСИМОВИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **МИРКО (СТЕВАН) МАКСИМОВИЋ** уписан на Докторске студије 2009. године.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊАУниверзитет је дана 09.06.2014. год. својим актом под бр. 61206-2540/2014 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:**ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА**Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **МИРКА (СТЕВАН) МАКСИМОВИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)Образована је на седници одржаној 30.04.2015. године, одлуком факултета под бр. 767/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Слободан Ступар	Ред.проф	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
2. Др Александар Симоновић	Ванр.проф.	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
3. Др Мирко Динуловић	Ванр.проф.	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
4. Др Александар Грбовић	Доцент	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
5. Др Слободан Гвозденовић	Ред.проф.	Ваздухопловство	Саобраћајни факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 14.05.2015. године.ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 767/4
Датум: 14.05.2015. године
Београд, Краљице Марије 16

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 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и реферата Комисије у саставу: проф. др Слободан Ступар, ментор, проф. др Александар Симоновић, проф. др Мирко Динуловић, доц. др Александар Грбовић и проф. др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет Београд, о оцени докторске дисертације „Процена века структуралних елемената ваздухоплова до појаве иницијалних оштећења“ студента докторских студија Мирка Максимовића, дипл. инж. маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 14.05.2015. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“** студента **МИРКА МАКСИМОВИЋА**, дипл. инж. маш..

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Милорад Милованчевић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

ПРЕДМЕТ: Извештај о завршеној докторској дисертацији **Мирка Максимовића**,
дипл.инж.маш., студента докторских студија

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 767/2 од 30.04.2015. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Мирка Максимовића, дипл. инж.маш., под насловом:

**ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА
ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Мирко Максимовић, дипл. инж. маш. поднео је захтев за пријаву теме докторске дисертације 13.03.2014. године под бројем 544/1 на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду. Кандидат је за ментора предложио проф. др Слободана Ступара. На основу сагласности Катедре за ваздухопловство бр.754/1 од 03.04.2014 године, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је 24.04.2014. Одлуку бр. 754/2 о формирању комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу проф. др Слободан Ступар (ментор), проф. др Александар Симоновић и проф. др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет, Београд.

Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације је 19.05.2014. године поднела Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду извештај бр. 754/3 о испуњености услова за одбрану тезе. Комисија у извештају предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“** наводећи да кандидат испуњава законске и друге услове за рад на докторској дисертацији, као и да је предложена тема адекватна да буде предмет докторске дисертације. Одлуком

Наставно-научног већа бр. 754/4 од 22.05.2014. год. прихваћена је тема докторске дисертације под називом: **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“**, кандидата Мирка Максимовића, дипл. инж. маш., а за ментора дисертације именован је проф. др Слободан Ступар.

На основу Захтева за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације, упућеног од стране Машинског факултета у Београду, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, донело је Одлуку број 61206-2540/2014 од 9.06.2014. године којом даје сагласност на предложену тему докторске дисертације. На основу добијене сагласности, Наставно-научно веће Машинског факултета доноси Закључак бр. 1327/1 од 19.06.2014. године, којим се одобрава рад на теми докторске дисертације **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“**, кандидата Мирка Максимовића, дипл. инж. маш., а за ментора дисертације именован је проф. др Слободан Ступар.

О завршетку докторске дисертације кандидата Мирка Максимовића, дипл. инж. маш. под називом: **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“** и предлогу Комисије за оцену и одбрану, ментор проф. др Слободан Ступар обавестио је Катедру за ваздухопловство, а Катедра дописом бр. 767/1 од 27.4.2015. год. Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: проф. др Слободан Ступар (ментор), проф. др Александар Симоновић, проф. др Мирко Динуловић, доц. др Александар Грбовић и проф. др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет, Београд.

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 30.04.2015. године донело одлуку бр. 767/2 којом је усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“** припада области техничких наука, машинство, ужој научној области Ваздухопловство, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Кандидат Мирко (Стеван) Максимовић рођен је 06. јуна 1981. године у Београду, Србија. Основну школу похађао је у Београду. Матурирао је на природно-математичком смеру Девете београдске гимназије. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је школске 2000/2001. године. На истом Факултету дипломирао је у јуну 2008. године на смеру за Ваздухопловство одбраном дипломског рада под називом „Анализа чврстоће носне ноге лаког школског авиона“. Школске 2009/10. године уписао је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду.

Од новембра 2008. године запослен је у ЈКП „Београдски водовод и канализација“ у Сектору електромашинских постројења.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Мирка Максимовића, дипл. инж. маш., под насловом „**ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА**“ је документ формата А4, штампан једнострано, са текстом на српском језику на 137 нумерисаних страна. Дисертација садржи укупно једанаест поглавља, при чему је списак коришћене литературе дат као последња целина. Дисертацију чине следећа поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Преглед литературе
3. Метод прорачунске процене века елемената структуре ваздухоплова до појаве иницијалних оштећења
4. Нумеричка процедура за процену века под дејством степенастог спектра оптерећења
5. Прорачунска процена века елемената конструкција са различитим геометријском дисконтинуитетима
6. Експериментално одређивање малоциклусних заморних карактеристика материјала
7. Испитивање на замор структуралног елемента равне епрувете са централним отвором под дејством спектра оптерећења
8. Нумеричка процена века до појаве иницијалног оштећења под дејством степенастог спектра оптерећења
9. Процена века везе крило-труп авиона оптерећене спектром оптерећења
10. Закључак
11. Литература

Текст дисертације је илустрован са 86 слика, садржи 27 табела и 47 једначина. У попису коришћене литературе кандидат је навео 78 референци.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу „Уводна разматрања“ дате су основне напомене о проблемима који се јављају код структура летелица као последица замора. Истакнуто је да је предмет истраживања у оквиру овог доктората усмерен на развој метода и одговарајућег софтвера за процену века елемената конструкција, оптерећених цикличним оптерећењима, до појаве иницијалних оштећења. Примена прорачунске процене века до појаве иницијалних оштећења, са своје стране, редукује веома скупа и дуготрајна експериментална испитивања. Пажња у дисертацији је управо усмерена на успостављање прорачунских метода/процедура и развоја одговарајућег софтвера за процену века до појаве иницијалних оштећења, примарно код структуралних елемената авионских конструкција – типа металне конструкције под дејством цикличних оптерећења константне амплитуде и спектра оптерећења. Презентоване

методе/процедуре за процену века елемената конструкција до појаве иницијалних оштећења су и верификоване и кроз сопствена експериментална истраживања која су саставни део ове дисертације. Такође је дат кратак преглед ломова структуре авиона који су последица замора. Примарно су поменути губици оних авиона, било цивилних или војних, са већим материјалним штетама и губитком људских живота.

У оквиру другог поглавља „Преглед литературе“ набројани су најзначајнији закључци и препоруке изведене по питању процене века структуралних елемената ваздухоплова до појаве иницијалних оштећења. Кандидат је кроз детаљан преглед литературе приказао узроке ломова елемената структуре ваздухоплова са катастрофалним последицама и истакао важност нумеричких и експерименталних метода у погледу анализе чврстоће са аспекта чврстоће на замор. Такође су приказане савремене прорачунске методе које се користе за процену века елемената конструкција до појаве иницијалних оштећења под дејством цикличних оптерећења константне амплитуде и спектра оптерећења. Дат је и преглед прорачунских модела најчешће коришћених за процене века до појаве иницијалних оштећења, анализиране су њихове могућности, предности и ограничења као и поређења са расположивим експерименталним резултатима.

Треће поглавље разматра методе процене века елемената конструкција до појаве иницијалних оштећења. Примарна пажња у овом поглављу је усмерена на метод анализе чврстоће елемената структуре авиона односно за процену века у подручју малоцикличног замора. У основи, проучавање замора се дели на нискоциклични (НЦЗ) и високоциклични (ВЦЗ) замор. Оквирна граница која дели подручја МЦЗ и ВЦЗ је око 50000 циклуса. Теоријски ВЦЗ подразумева понашање елемената чије је напонско стање елемената у линеарно-еластичном подручју а број циклуса које елемент издржава је преко 50000. МЦЗ укључује високе напоне у елементима конструкције који током оптерећења улазе у еласто-пластично подручје а број циклуса је ограничен на 50000 циклуса. Када се ради о елементима авионских конструкција они се не могу по овој подели прецизно сврстати само у МЦЗ нити у ВЦЗ. Будући да су најоптерећеније компоненте ваздухоплова у еластопластичном подручју, примарна пажња у раду посвећена је понашању и процени века елемената структуре изложених цикличним оптерећењима до појаве иницијалних оштећења.

Четврто поглавље разматра нумерички модел процене века структуралних елемената оптерећених спектром оптерећења. Спектар оптерећења је дефинисан у виду блокова који у основи репрезентују оптерећења која се јављају током експлоатације, односно одређеном часовном налету авиона. У раду је разматран „степенести“ спектар оптерећења.

У петом поглављу приказана је прорачунска процедура за процену века до појаве иницијалних оптерећења структуралних елемената са различитим геометријским дисконтинуитетима односно са различитим факторима концентрације напона (ФКН). Резултати прорачунске процене века су упоређени са расположивим експерименталним резултатима. За анализу напонских стања као и за одређивање ФКН, који представљају основ

при процени века, коришћен је Метод Коначних Елемената (МКЕ) у оквиру софтверског пакета MSC/NASTRAN.

За процену века структуралних елемената до појаве иницијалних оштећења се у основи користе малоциклусне заморне карактеристике (МЗК) материјала. Стога се у шестом поглављу разматра експериментално одређивање малоциклусних заморних карактеристика материјала. Израђене су и испитане стандардне епрувете од дуралуминијума (2024 T351). Експериментално су одређене малоциклусне заморне карактеристике материјала које су неопходне за процену века структуралних елемената оптерећених цикличним оптерећењима.

Испитивање на замор структуралног елемента типа плоче са отвором под дејством степенастог спектра оптерећења дата је у седмом поглављу. Испитивања на замор су извршена на серво-хидрауличном систему МТС у оквиру ВТИ.

Прорачунска процена века структуралног елемента дуралне плоче са отвором, до појаве иницијалног оштећења, дата је у поглављу осам. Поред прорачунске процене века дата су и поређења са експерименталним резултатима из седмог поглавља.

У деветом поглављу приказани су резултати испитивања на замор и прорачунске процене века до појаве иницијалног оштећења за структурални елемент везе крило-труп авиона под дејством спектра оптерећења. Испитивања на замор су извршена такође користећи серво-хидраулички МТС систем.

У десетом поглављу „Закључак“ истичу се стручни и научни доприноси формулисани у овој дисертацији, који се примарно односе на прорачунске методе/моделе за процену века до појаве иницијалних оштећења, базирани на коришћењу малоциклусних заморних карактеристика материјала у спрези са одговарајућим методама за анализу напонских стања у критичним зонама и који представљају ефикасне процедуре за предвиђање века (односно броја циклуса оптерећења до појаве иницијалног оштећења) елемената структура ваздухоплова при дејству цикличних оптерећења константне амплитуде и степенастог спектра оптерећења. Уствари, примена формулисаних и верификованих прорачунских модела и одговарајућег софтвера који је развијен у оквиру дисертације омогућава да се у фази пројектовања предвиде и избегну могући ломови елемената структура ваздухоплова који обављају одговарајуће функције, али и да се утврди колико елемент структуре који се ставља у експлоатацију може ефикасно радити тј. функционисати. Осим тога, развијени прорачунски модели пружају могућност откривања критичних зона у елементима структуре ваздухоплова и редукују на минимум веома скупа и дуготрајна експериментална истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертација **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“** кандидата Мирка Максимовића, дипл. инж. маш. представља савремен и оригиналан приступ и допринос савременим методама процене века структуралних елемената ваздухоплова под дејством цикличних оптерећења и спектра оптерећења. Оригиналност у приступу решавања проблема и добијених резултата у оквиру дисертације потврђују радови који су публиковани и саопштени на научним скуповима или објављени у часописима. Дисертација се може оценити веома успешном, узевши у обзир да су дискусију и добијене резултате у тези пратили зрели научни и инжењерски закључци.

У дисертацији је коришћен савремени приступ моделовања напонских стања и анализе структуралних елемената ваздухоплова применом методе коначних елемената (МКЕ) посебно у погледу дефинисања критичних зона у којима се по правилу јављају иницијална оштећења/прскотине услед замора. То су по правилу места концентрације напона у којима је код сложених елемената авионских конструкција, попут везе крило/труп, која је разматрана у дисертацији, неопходно користити МКЕ за прецизно одређивање напонских стања за различите нивое оптерећења какви се јављају у оквиру спектра оптерећења.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Међу укупно 78 цитираних публикација налази се 32 научна рада објављена у реномираним међународним часописима при чему је 37 референци млађе од 10 година. Ова литература је кандидату послужила као полазна основа за формирање прегледа тренутног стања у вези са постојећим истраживањима у области истраживања на коју се дисертација односи. На тај начин кандидат је дао критички осврт на најважније резултате релевантних аутора и приказ постојећег стања у областима којој припадају проблеми решени у докторској дисертацији. При томе, коришћена литература представља избор савремене и актуелне литературе која осим прегледа постигнутих резултата указује на могуће правце даљег научног рада у подручју анализе чврстоће елемената структуре ваздухоплова са аспекта замора и процене њиховог века до појаве иницијалних оштећења.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Примењене методе у овом раду одговарају методологији истраживања из области анализе чврстоће елемената структуре ваздухоплова са аспекта замора и процене њиховог века до појаве оштећења. Структурални елементи ваздухоплова, разматрани у оквиру дисертације, математички су моделовани на бази коришћења аналитичко/емпиријских релација за одређивање броја циклуса до појаве иницијалних оштећења односно броја блокова при оптерећењима у виду спектра оптерећења. Као критеријуми за појаву иницијалних оштећења у критичним зонама, које су по правилу зоне концентрације напона, коришћене су аналитичко/емпиријске релације попут Manson/Coffin-a, Manson-Halford-a, Smith-Watson-

Торрег-а. Ове релације/критеријуми базирају на коришћењу малоциклусних (ниско цикличних) експериментално одређених заморних карактеристика материјала с једне и прецизно одређених напонских стања с друге стране. Малоциклусне заморне карактеристике (МЗК) за дурал, који је коришћен за израду разматраних структуралних елемената попут везе крило-труп авиона, су у овом истраживању експериментално одређене. За нумеричко моделовање процене века структуралних елемената до појаве иницијалних оштећења како за циклична оптерећења константне амплитуде тако и за спектар оптерећења у дисертацији је развијен „in-house“ софтверски пакет.

3.4 Применљивост остварених резултата

Истраживања спроведена током израде дисертације представљају добру основу за даљи рад како при пројектовању структуре нових ваздухоплова с једне тако и при процени преосталог века структуре ваздухоплова у експлоатацији. Важно је истаћи да је код нас у земљи значајан број ваздухоплова у експлоатацији преко 25 година и да је за њих потребно продужење века употребе. Стога су нумеричко моделовање процене века до појаве иницијалних оштећења и развијени софтвер у оквиру дисертације, у спрези са НДТ методама испитивања, одлична основа за продужење века структуре ваздухоплова. Значи, комбиновањем Методе Коначних Елемената за прецизну анализу напонских стања у спрези са експериментално одређеним малоциклусним заморним карактеристикама, извршена је процена укупног века дела везе крило-труп код домаћег авиона ОРАО под дејством спектра оптерећења. Добијена су добра сагања између прорачунске процене века применом нумеричког моделовања и софтвера који је развијен у дисертацији са експерименталним резултатима. Ово, са своје стране, потврђује применљивост презентованог приступа и развијеног софтвера за процену века структуралних елемената ваздухоплова под дејством цикличних оптерећења константне амплитуде и спектра оптерећења. Такође, овај приступ је применљив и на друге конструкције попут термоенергетских постројења и низа других.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде докторске дисертације показао да је у стању да самостално решава научне проблеме и да влада научним и истраживачким методама. Поседује широко стручно и теоријско знање потребно за даљи научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни допринос докторске дисертације **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“** је вишеструк и огледа се у следећем:

- Резултати ових истраживања омогућавају да се прорачунским методама прецизније процени век структуралних елемената, изложених цикличним оптерећењима, до појаве иницијалних оштећења у критичним зонама конструкције под дејством степенастог спектра оптерећења репрезентативног за авионске конструкције, као и да се открију критичне зоне у елементима и редукују на минимум веома скупа експериментална истраживања, с друге стране.
- Успостављен је нумерички приступ за моделовање еластопластичног напонског стања у зонама концентрације напона на бази комбинације МКЕ и Нојберовог приступа.
- За прецизније моделирање еластопластичног понашања материјала су коришћене експериментално одређене, у оквиру овог рада, малоциклусне заморне карактеристике материјала.
- Развијен је „in-house“ софтвер за процену века до појаве иницијалног оштећења код структуралних елемената под дејством цикличних оптерећења константне амплитуде и степенастог спектра оптерећења.
- Верификација методе и апликативног софтвера за процену века до појаве иницијалног оштећења, развијеног у оквиру ове тезе, су извршене са расположивим и сопственим експерименталним резултатима. Сопствени експерименти су спроведени на структуралним елементима са геометријским дисконтинуитетима са извором концентрације напона типа: дуралних плоча са централним отвором под дејством спектра оптерећења репрезентативних за школско-борбене авионе.
- Експериментално су одређене малоциклусне карактеристике материјала (дурала) какве су неопходне за моделовање еластопластичног понашања материјала у критичним зонама елемената структуре авиона с једне и процене века до појаве иницијалног оштећења с друге стране.
- Експериментално је извршена процена века до појаве иницијалног оштећења за структурални елемент типа поља опште са отвором под дејством степенастог спектра оптерећења (у облику блокова типа “FALSTAF”) репрезентативних летовима авиона.
- Нумеричко моделовање процене века до појаве иницијалних оштећења везе крило/труп структуре авиона је реализовано применом МКЕ у спрези са цикличним карактеристикама материјала (дурала) за укључивање ефеката еластопластичног понашања. Ови нумерички резултати су такође верификовани кроз сопствена експериментална испитивања на замор.
- Кроз поређења резултата нумеричке симулације за процену века до појаве иницијалних оштећења и поређења са резултатима испитивања структуралних елемената на замор при степенастом спектру оптерећења је успостављена поуздана прорачунска процедура за процену века елемената структуре ваздухопловних конструкција.
- Сви формулисани, у овој дисертацији, прорачунски модели за процену века до појаве иницијалних оштећења базирани на коришћењу малоциклусних заморних карактеристика материјала у спрези са одговарајућим методама за анализу напонских стања у критичним зонама представљају ефикасне процедуре за предвиђање века (односно броја циклуса оптерећења до појаве иницијалног оштећења) елемената структура ваздухоплова при дејству цикличних оптерећења константне амплитуде и

степенастог спектра оптерећења. Уствари, примена формулисаних и верификованих прорачунских модела и одговарајућег софтвера омогућава да се у фази пројектовања предвиде и избегну могући ломови елемената структура ваздухоплова који обављају одговарајуће функције, али и да се утврди колико елемент структуре који се ставља у експлоатацију може ефикасно радити тј. функционисати. Осим тога, развијени прорачунски модели пружају могућност откривања критичних зона у елементима структуре ваздухоплова и редукују на минимум веома скупа и дуготрајна експериментална истраживања.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа литературе и сагледавања постојећих решења из научне области дисертације, констатујемо да су решења добијена у тези оригинална и значајна, те да су применљива у пракси. Такође, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у дисертацији, можемо закључити да су пружени одговори на сва битна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

4.3 Верификација научних доприноса

Научни допринос је верификован следећим публикацијама које су резултат истраживања у оквиру докторске дисертације:

Радови објављени у научним часописима међународног значаја:

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. Maksimovic S., M.Kozic, S.Stetic-Kozic, K. Maksimović, I. Vasović, **M. Maksimovic**, DETERMINATION OF LOAD DISTRIBUTIONS ON MAIN HELICOPTER ROTOR BLADES AND STRENGTH ANALYSIS OF ITS STRUCTURAL COMPONENTS, SJournal of aerospace engineering, J. Aerosp. Eng., 10.1061/(ASCE)AS.1943-5525.0000301 (Nov. 23, 2012).

Рад у водећем међународном часопису (M22)

1. Ivana Vasović, Stevan Maksimović, Katarina Maksimović, Slobodan Stupar, Gordana Bakić, and **Mirko Maksimović**; DETERMINATION OF STRESS INTENSITY FACTORS IN LOW PRESSURE TURBINE ROTOR DISCS; Mathematical Problems in Engineering;

Рад у међународном часопису (M23)

1. **Maksimović M.**, Nikolić V., Maksimović K., Stupar. S., J., Tehnički vjesnik/Technical Gazette, DAMAGE TOLERANCE ANALYSIS OF STRUCTURAL COMPONENTS UNDER GENERAL LOAD SPECTRUM, Vol. 19 No. 4, pp. 931-938, 2012. ISSN 1330-3651; UDK/UDC 62 (05)=163.42=111

2. Ilić I., Petrović Z., **Maksimović M.**, Stupar S., Stamenković D., Computation Method in Failure Analysis of Mechanical Fastened Joints at Layered Composites, *Strojniski vestnik- Journal of Mechanically Engineering*, Vol 58 Br 9 (2012), pp. 553-559. ISSN 0039-2480.
3. Ivana V. Vasovic, Stevan M. Maksimovic, Dragi P. Stamenkovic, Slobodan N. Stupar, **Mirko S. Maksimovic**, Gordana M. Bakic; FRACTURE MECHANICS ANALYSIS OF DAMAGED TURBINE ROTOR DISCS USING FINITE ELEMENT METHOD; *Journal - THERMAL SCIENCE*: Year 2013, Vol. 17, Suppl. 1, pp. S107 - S112; ISSN 2334-7163

Часопис међународног значаја верификован посебним одлукама (M24)

1. Milenko S. Stašević, Stevan Maksimovic, Katarina D. Geric, **Mirko S. Maksimovic**, Ivana Vasovic, METHODOLOGY FOR RESIDUAL LIFE ESTIMATION OF DAMAGED STRUCTURAL ELEMENTS OF THE TOWER INSTALLATIONS FOR OIL AND GAS EXPLORATION; *STRUCTURAL INTEGRITY AND LIFE* Vol. 14, No 2 (2014), pp. 125–132, <http://divk.inovacionicentar.rs/ivk/ivk14/125-132-IVK2-2014-MS-SM-KG-MM-IV.pdf>

Зборници међународних научних скупова:

Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини (M33)

1. Maksimović S., Vasović I., **Maksimović M.**, Đurić M.; RESIDUAL LIFE ESTIMATION OF DAMAGED STRUCTURAL COMPONENTS USING LOW-CYCLE FATIGUE PROPERTIES; Third Serbian (28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vlasina lake, Serbia, 5-8 July 2011; Serbian Society of Mechanics, Belgrade; ISBN: 978-86-909973-3-6; COBISS:SR-ID 187662860; 2011; pp 605 – 617.
2. Stevan Maksimović, Ivana Vasović, **Mirko Maksimović**; SOME ASPECTS TO DESIGN OF AIRCRAFT STRUCTURES WITH RESPECTS TO FATIGUE AND FRACTURE MECHANICS; 10 Anniversary International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology; Faculty of Mechanical Engineering Banja Luka; ISBN:978-99938-39-36-1; 2011; pp 191 – 201.
3. S. Maksimović, I. Vasovic, **M. Maksimovic**, M. Djuric; COMPUTATION METHODS AND SOFTWARE IN FATIGUE LIFE ESTIMATIONS OF STRUCTURAL COMPONENTS UNDER GENERAL LOAD SPECTRUM; ICDM - First International Conference on Damage Mechanics , Belgrade, Serbia; June 25- 27 2012. Pp 213- 216.

Радови објављени у научним часописима међународног значаја:

Рад у водећем часопису националног значаја (M51)

1. Marija Blažić, **Mirko Maksimović**, Ivana Vasović, Yasmina Assoul; Stress Intensity Factors for Elliptical Surface Cracks in Round Bars and Residual Life Estimation; *Scientific Technical Review*; Vojnotehnički institut Beograd; ISSN: 1820-0206; UDK: 539.42:620.191.3; 2011; pp 63 – 67.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“** кандидата Мирка С. Максимовића, дипл. инж. маш., Комисија за оцену и одбрану констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду.

На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана проблематика веома актуелна у научној јавности, констатује се да је кандидат Мирко Максимовић, дипл. инж. маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Кандидат је дошао до оригиналних резултата у погледу анализе чврстоће на замор и нумеричког моделовања процене века елемената структуре ваздухоплова који су верификовани и кроз сопствена експериментална истраживања, што им обезбеђује велику применљивост у овој атрактивној и важној области како за инжењерску праксу тако и за научна истраживања.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносом у области машинства, ужа научна област Ваздухопловство, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату Мирку Максимовићу, дипл. маш. инж. одобри одбрану докторске дисертације под називом **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“** када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

У Београду, 11.05.2015. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

Проф. др Мирко Динуловић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Доц. др Александар Грбовић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:767/5
Датум: 14.05.2015. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

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 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 14.05.2015. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ПРОЦЕНА ВЕКА СТРУКТУРАЛНИХ ЕЛЕМЕНАТА ВАЗДУХОПЛОВА ДО ПОЈАВЕ ИНИЦИЈАЛНИХ ОШТЕЋЕЊА“** студента **МИРКА МАКСИМОВИЋА**, дипл. инж. маш..

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својим Одлуком број 61206-2540/2014, од 09.06.2014. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

1. Maksimovic S., M.Kozic, S.Stetic-Kozic, K. Maksimović, I. Vasović, **M. Maksimovic**, DETERMINATION OF LOAD DISTRIBUTIONS ON MAIN HELICOPTER ROTOR BLADES AND STRENGTH ANALYSIS OF ITS STRUCTURAL COMPONENTS, SJournal of aerospace engineering, J. Aerosp. Eng., 10.1061/(ASCE)AS.1943-5525.0000301 (Nov. 23, 2012).
2. **Maksimović M.**, Nikolić V., Maksimović K., Stupar. S., J., Tehnički vjesnik/Technical Gazette, DAMAGE TOLERANCE ANALYSIS OF STRUCTURAL COMPONENTS UNDER GENERAL LOAD SPECTRUM, Vol. 19 No. 4, pp. 931-938, 2012. ISSN 1330-3651; UDK/UDC 62 (05)=163.42=111
3. Ilić I., Petrović Z., **Maksimović M.**, Stupar S., Stamenković D., Computation Method in Failure Analysis of Mechanical Fastened Joints at Layered Composites, Strojnicki vestnik- Journal of Mechanically Engineering, Vol 58 Br 9 (2012), pp. 553-559. ISSN 0039-2480.

Одлуку доставити: студенту, ментору, Катедри за ваздухопловство и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Милорад Милованчевић