

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)

1117/6

(Број захтева)

03.04.2015. 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:

ДРАГОЉУБ (МИЉОЈКО) СПАСИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ДРАГОЉУБ (МИЉОЈКО) СПАСИЋ** уписан на Докторске студије 2010. године.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Подноео је захтев за израду докторске дисертације:

НУМЕРИЧКО МОДЕЛОВАЊЕ УДАРНИХ ОШТЕЋЕЊА ВАЗДУХОПЛОВНИХ СТРУКТУРА

Универзитет је дана 12.05.2014. год. својим актом под бр. 61206-2063/2014 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

НУМЕРИЧКО МОДЕЛОВАЊЕ УДАРНИХ ОШТЕЋЕЊА ВАЗДУХОПЛОВНИХ СТРУКТУРА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ДРАГОЉУБА (МИЉОЈКО) СПАСИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 04.09.2014. године, одлуком факултета под бр. 1117/3, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Слободан Ступар</u>	Ред.проф.	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
2. <u>Др Александар Симоновић</u>	Ванр.проф.	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
3. <u>Др Слободан Гвозденовић</u>	Ред.проф.	Ваздухопловство	Саобраћајни факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 18.09.2014. 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: 1117/5
Датум: 18.09.2014. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 30. Закона о високом образовању (Сл.гласник 76/05, 100/07 и 44/10) и чл. 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и извештаја Комисије у саставу: проф.др Слободан Ступар, ментор, проф.др Александар Симоновић и проф.др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет Београд, о оцени докторске дисертације „Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура“ докторанта Драгољуба Спасића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 18.09.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„НУМЕРИЧКО МОДЕЛОВАЊЕ УДАРНИХ ОШТЕЋЕЊА ВАЗДУХОПЛОВНИХ СТРУКТУРА“** докторанта **ДРАГОЉУБА СПАСИЋА, дипл.инж.маш.**

Извештај о оцени и одбрани докторске дисертације, по истеку рока од 30 дана увида јавности, доставља се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Машински факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији **Драгољуба Спасића, дипл. инж. маш,** студента докторских студија

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 1117/3 од 04.09.2014. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Драгољуба Спасића, дипл. инж. маш. под насловом:

НУМЕРИЧКО МОДЕЛОВАЊЕ УДАРНИХ ОШТЕЋЕЊА ВАЗДУХОПЛОВНИХ СТРУКТУРА

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 Драгољуб Спасић, дипл. инж. маш, уписао је прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2010/2011. године. Кандидат је пријавио тему докторске дисертације 23.12.2013. године под бројем 2586/1 на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду. Кандидат је за ментора предложио др Слободана Ступара, редовног професора. На основу сагласности Катедре за ваздухопловство бр. 505/1 од 07.03.2014. године, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је 20.03.2014. године Одлуку бр. 505/2 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 17.04.2014. године поднела Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду извештај бр. 505/3 о испуњености услова за одобрење тезе. Комисија у извештају предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом **„Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура“** 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. 505/4 од 24.04.2014. године прихваћена је тема докторске дисертације под називом **„Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура“** кандидата

Драгољуба Спасића, дипл. инж. маш, и за ментора дисертације именован је проф. др Слободан Ступар.

На основу поменуте Одлуке Наставно-научног већа бр. 505/4 од 24.04.2014. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, донело је Одлуку бр. 61206-2063/2014 од 12.05.2014. године којом даје сагласност на предложену тему докторске дисертације. На основу добијене сагласности, Наставно-научно веће Машинског факултета доноси Закључак бр. 1117/1 од 27.05.2014. године, којим се одобрава рад на теми докторске дисертације **„Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура“**, докторанта Драгољуба Спасића, дипл. инж. маш, под менторством проф. др Слободана Ступара.

О завршетку докторске дисертације кандидата Драгољуба Спасића, дипл. инж. маш, под називом **„Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура“** и предлогу Комисије за оцену и одбрану, ментор проф. др Слободан Ступар обавестио је Катедру за ваздухопловство, а Катедра дописом бр. 1117/2 од 28.08.2014. године Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду. Предложена је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: проф. др Слободан Ступар, ментор, проф. др Александар Симоновић и проф. др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет, Београд.

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 04.09.2014. године донело одлуку бр. 1117/3 којом је усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом **„Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура“** припада области техничких наука, машинство, ужој научној области Ваздухопловство, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Драгољуб Спасић, дипл. маш. инж. рођен је у Лепосавићу 17.11.1964. године. Основну школу завршио је у Лешку, након које уписује Природно-математичку гимназију у Лепосавићу, коју са одличним успехом завршава. Уписује Ваздухопловну техничку војну академију у Сарајеву. Након дипломирања одлази на службу у Пулу где је у периоду од 1986. до 1990. године био командир вода за одржавање ваздухоплова у ваздухопловној чети на аеродрому. Као добар старешина послат је на додатно школовање у Београд где је успешно завршио Машински факултет 1993. године и стекао стручни назив дипломирани инжењер машинства. Последипломске студије у области логистике на Војној академији Београд завршио је 2002. године и одбранио специјалистички рад под називом „Испитивање ваздухопловно невођених ракета“. Конкурише и уписује докторске студије на Машинском факултету у Београду 2010. године као стипендиста Министарства одбране.

У периоду од 1993. до 2000. године ради на пословима референта за испитивање ваздухоплова, наоружања и војне опреме у Ваздухопловнотехничком опитном центру (ВОЦ-у) Војске Југославије у Батајници. У командира одељења и заменика начелника сектора за испитивање ваздухоплова, наоружања и војне опреме у ВОЦ-у у Батајници Војске Југославије унапређен је 2000. године. У периоду од 2003. до 2006. године ради на месту начелника сектора за испитивање ваздухоплова, наоружања и војне опреме у ВОЦ-у у Батајници Војске Југославије. Након обављања послова самосталног референта у

Управи за логистику (Г-4) Генералштаба Војске Србије надлежног за одржавање наоружања и војне опреме (НВО), 2007. године изабран је за начелника одсека за одржавање средстава Ваздухопловства и противваздухопловне одбране (ВиПВО) у Управи за логистику (Ј-4) Генералштаба Војске Србије, где је и данас запослен.

У Ваздухопловно опитном центру (ВОЦ-у), као начелник Сектора за испитивање ваздухоплова и НВО, командир одељења за испитивање НВО и референт за испитивање НВО, самостално је водио испитивања, извршио обраду резултата и написао 20 извештаја на основу којих су средства НВО уведена у наоружање. Самостално је израдио Упутство о употреби скупних носача за бомбе ФАБ-100 и ФАБ-250. Учествовао у изради иновација на вежбовним коченим и глатким авио-бомбама ради безбедног подвешавања на свим типовима ваздухоплова на употреби у ВС, израдио књижице за одржавање и праћење података мини беспилотних летилица ОРБИТЕР, које су на употреби у ВС и као члан комисије за набавку НВО учествовао у изради програма реализације и ТТЗ за преко 20 средстава (вишенаменски борбени авиони, модернизација авиона Г-4, набавка транспортних хеликоптера, набавка авиона за аерофото снимање и извиђање из ваздуха итд.). Учествовао у изради Правилника и Упутства за одржавање ваздухопловних средстава НВО у ВС.

Добро влада руским језиком, завршио је курс енглеског језика 2012. године.

Такође, добро влада и употребом рачунара, положио је испит ЕЦДП по четири модула.

У досадашњој каријери је у својој јединици, поред наведеног, био један од реализатора обуке војника, питомаца и официра и подофицира почетника у практичној обуци у јединицама ВиПВО из практичне примене ваздухопловног наоружања. Тренутно ради на изради Правила о одржавању средстава наоружања и војне опреме у Министарству одбране и Војсци Србије.

Повремено је држао наставу из предмета ваздухопловно ватрено наоружање у центру за обуку кадрова ВиПВО у Батајници.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Драгољуба Спасића, дипл. инж. маш, под насловом „**Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура**“ је документ формата А4, штампан једнострано, са текстом на српском језику на 110 нумерисаних страна. Дисертација садржи укупно осам глава, при чему је списак коришћене литературе дат као последња целина. Дисертација садржи следеће главе:

1. Увод
2. Теоријска истраживања ударних оштећења
3. Удар о сендвич структуру
4. Коси удар и његова симулација
5. Нумеричко моделовање динамичког удара
6. Експериментална анализа узрока ударног оштећења
7. Закључак
8. Литература

Текст дисертације илустрован је са 68 слика и дијаграма, садржи 8 табела и 96 једначина. У попису коришћене литературе кандидат је навео 112 референци.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У оквиру првог поглавља изложен је предмет истраживања дисертације и наведени су основни мотиви за извођење представљеног истраживања. Извршен је преглед релевантне литературе која се бави ударним оштећењима ваздухопловних и других структура у оквиру кога су приказани основни проблеми везани за моделирање удара, пенетрације пројектила и ширења оштећења које је последица удара. Идентификоване су могућности за усавршавање постојећих метода моделирања удара и ударних оштећења, као и могућности примене модела на ударна оштећења настала као последица случајног испаљења из ватреног наоружања којим је ваздухоплов наоружан.

У другом поглављу размотрени су проблеми динамике удара постављањем аналитичких модела. Описани су модели базирани на одржању количине кретања и коефицијенту реституције, затим су уведене релације којима се уводи утицај контактне силе, и на крају, комплетни модел за анализу динамике пројектила, структуре и њихове интеракције у контактної зони. Анализиране су могућности примене модела са једним и два степена слободе за еластични удар, при чему се структура моделира као опруга крутости k , уз разматрање утицаја контактне силе, масе пројектила, масе структуре, геометријских нелинеарности, ефекта испуштања и ефекта оштећења. За модел са два степена слободе введен је појам контактнoг закона и контактне крутости, те њена зависност за различите типове оптерећења и радијусе закривљености тела. Резултати примене поменутог модела су илустровани за удар пројектила о структуру за дефинисан однос маса и крутости пројектила и структуре.

У трећем поглављу извршена је анализа специфичности удара о сендвич структуру. При остваривању контакта пројектила са сендвич структуром долази до знатно веће локалне деформације имајући у виду да је материјал језгра обично много мекши. Приказани су различити приступи модификовању контактнoг закона који се примењују у доступној литератури, при чему је наглашено да се параметри најчешће одређују експериментално за различите типове структура и удара. У моделе удара введен је амортизер који може бити у паралелној или редној спрези са опругом. Такође је приказан модел са више редно и паралелно спрегнутих опруга којим се моделира утицај сендвич структуре при удару пројектила.

Предмет четвртог поглавља је коси удар и могућности његове симулације. Наведено је да је ово тип удара који је у пракси најчешћи, с обзиром на положај ваздухоплова у односу на раван нормалну на правац испаљивања гранате. Објашњен је утицај косог удара на оклоп и могућности заштите. Уведене су величине којима се дефинише отпорност на перфорацију оклопа. Извршена је анализа тачности модела заснованог на правилу балистичког еквивалента, при чему се проблем косог удара трансформише у нормални еквивалент серијом конверзија параметара који дефинишу проблем удара.

Пето поглавље дисертације бави се проблемима нумеричког моделовања динамичког удара. Метода коначних елемената и метода хидродинамике глатких честица (СПХ метода) су изабране као адекватне методе за моделирање. Дат је приказ метода које се користе за потребе симулирања удара са пенетрацијом пројектила у структуру, при чему је посебно наглашен проблем везан за прекид елемената при продирању пројектила што утиче на квалитет елемената и могућности спровођења квалитетне нумеричке

анализе. СПХ метод је изабран за симулацију с обзиром на могућности извођења анализе при великим деформацијама посматраних делова. Анализа је реализована спрезањем СПХ метода и метода коначних елемената ради повећања ефикасности и брзине извршавања. СПХ честице су коришћене у зонама очекиваних великих деформација и оштећења, док се остатак моделира методом коначних елемената користећи Лагранжев приступ. Описана метода је примењена за симулацију удара пројектила са различитим облицима врхова о више различитих плоча чије су карактеристике доступне у литератури. Извршена је студија осетљивости величине домена и удаљености СПХ честица. Ефекти трења су узети у обзир при анализи, при чему је коефицијент трења вариран у складу са резултатима из литературе. Резултати су приказани за перфорацију пројектилима са различитим врховима, при чему је остварено добро слагање са експерименталним подацима, како за ударе о челичну плочу, тако и за ударе о алуминијумску плочу, изузимајући случајеве удара тупим пројектилом при брзинама 170 m/s и мањим при перфорацији танких плоча.

У шестом поглављу описани су резултати експерименталне анализе узрока ударног оштећења. Анализа је изведена за звездасти сепаратор у оквиру механизма за довођење реденика, који представља витални део авионског топа и услед чијег отказа може доћи до неконтролисаног опаљења, оштећења делова топа и ударног оштећења конструкције ваздухоплова, посаде и послуге око ваздухоплова. Идентификоване су критичне зоне у којима може доћи до оштећења применом методе коначних елемената. Описана су лабораторијска испитивања која су обухватила макро и микрофрактографски преглед преломних површина, металографски преглед, испитивање хемијског састава и тврдоће материјала. Приказан је макроизглед лома са подручјем настанка прслине и извршена је анализа узрока настанка оштећења и отказа дела. Идентификовано је присуство нормалних гребена и јамичастог лома што указује на појаву лома услед нискоцикличног замора, те да су секундарне прслине последица деловања напона смицања. Металографским испитивањем уочена је појава љуштења површинских слојева карактеристична за контактни замор. Спектрометријом је утврђен хемијски састав основног материјала који је потврдио присуство елемената који потичу из брунираног слоја, као и из челика испод превлаке. Мерењем тврдоће по Викерсу и ударне енергије Шарпијевим клатном утврђено је да су измерене вредности тврдоће и ударна енергија у захтеваним границама. Испитивањем микроструктуре није уочена разлика у структури материјала уз преломну површину у односу на структуру по пресеку.

У закључку дисертације констатовано је да су аналитички модели у стању да дају довољно добре резултате под одређеним претпоставкама и да су применљиви у инжењерске сврхе. Комбиновањем нумеричке анализе и експерименталних испитивања остварен је шири увид у процесе који се дешавају у структурама ваздухоплова при удару. СПХ метода је успешно примењена за потребе нумеричког моделовања динамичког удара, при чему треба обратити пажњу на величину домена, удаљеност честица, ефекте трења и моделирање материјала. Експериментална испитивања указала су на узроке лома испитиваног дела и пружио могућности за потврду резултата нумеричких анализа. У завршном делу сублимирани су научни и стручни доприноси остварени у дисертацији и наведене су смернице за будући рад посебно у делу заштите од настанка ударних оштећења ваздухопловних структура од сопственог наоружања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација **„Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура“** кандидата Драгољуба Спасића, дипл. инж. маш, представља допринос развоју методологије нумеричког прорачуна и експерименталног испитивања ударних оштећења ваздухопловних структура. Настанак ударних оштећења и њихов утицај на ваздухопловну структуру разматран је на савремен и оригиналан начин.

Коришћене су савремене, еволутивне методе прорачуна ударних оштећења, метода коначних елемената и метода хидродинамике глатких честица. У научне доприносе убрајају се и оригинални експериментални резултати који су обухватили макро и микрофрактографски преглед преломних површина, металографски преглед помоћу скенирајућег електронског микроскопа, испитивање хемијског састава, испитивање тврдоће материјала и испитивање енергије удара звездастог сепаратора авионског топа. Оригиналност у приступу решавања проблема и добијених резултата у оквиру дисертације потврђују научни радови који су публиковани и саопштени на научним скуповима или објављени у часописима, као и примена резултата у пракси испитивања ваздухопловних структура.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Истраживањем је обухваћена доступна релевантна литература објављена у форми научно-истраживачких радова, докторских дисертација и других научних и стручних публикација. У дисертацији је дато 112 позива на литературу, при чему су најчешће цитирана савремена истраживања која се односе на теорију удара, прорачунске методе применљиве на моделирање удара и експерименталне резултате који су коришћени за поређење са сопственим нумеричким и експерименталним резултатима. Реферисана литература даје добар приказ развоја савремених научно-стручних метода које се примењују у области моделирања и анализе удара тела о различите типове конструкција које се срећу у ваздухопловству, те јасно указује на правце истраживања у току израде дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У оквиру истраживања примењене су опште и специфичне научне методе које се примењују у машинству, ваздухопловству и механици. У појединим фазама истраживања примењиване су методе анализе и синтезе постојећих знања систематизованих прегледом доступне литературе и досадашњих истраживања. У каснијим фазама истраживања, након реализације нумеричких и експерименталних анализа применом метода моделирања применом рачунара, метода коначних елемената, метода фрактографске и металографске анализе и метода одређивања ударних оштећења, извршена је верификација и валидација добијених резултата поређењем са објављеним експерименталним резултатима, те формулисање општих закључака.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације поред научне вредности имају и практичну примену, пре свега у развоју и одржавању ваздухоплова и употребе ваздухоплова при борбеним дејствима. Синтеза методе коначних елемената и СПХ метода, као и примена експерименталних метода за изналажење узрока настанка оштећења делова ваздухопловних структура која је приказана у оквиру ове дисертације пружају увид у сложене физичке механизме удара и развоја оштећења на ваздухопловним структурама. Истраживањем су постављени оквири за извођење сложених нумеричких симулација потребних за анализу и оптимизацију поменутих конструкција, при чему се узимају у обзир и експериментални резултати увођењем одговарајућих емпиријски одређених параметара. Стога је могуће предвидети узроке оштећења ваздухопловних структура са већом поузданошћу чиме се смањује и предупредује оштећење структуре и трошкови израде. Такође, развијена методологија може се применити и на реалне структуре као што су нпр. труп, крило ваздухоплова, лопатица ротора хеликоптера итд.

Утврђене чињенице представљене у дисертацији довеле су до унапређења постојећих метода анализе и испитивања ударних оштећења ваздухопловних структура у смислу настанка и ширења, што је веома битно са становишта извођења структурних анализа за инжењерске потребе. Остварени резултати истраживања имају значајну примену у области контроле и испитивања при експлоатацији и одржавању ваздухоплова и ваздухопловног ватреног наоружања.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде дисертације у потпуности овладао методологијом научно-истраживачког рада и стекао способности за самостални научни рад што је потврђено објављивањем научно-стручних радова у домаћим и међународним часописима и учешћем на научно-стручним конференцијама, као и успешном реализацијом планираног истраживања и израдом предметне докторске дисертације.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Дисертација садржи резултате везане за теоријска, нумеричка и експериментална разматрања ударних оштећења, њихових узрока и утицаја на интегритет ваздухопловних структура. Стога, поред основног научног доприноса који се односи на имплементацију, побољшања и валидацију метода моделирања ударних оштећења за специфичне ваздухопловне структуре треба поменути следеће научне доприносе:

- Развијен је и приказан теоријски приступ тј. методологија за моделирање оштећења ваздухопловних структура изложених дејству удара. На основу тога формиран су побољшани модели у погледу граница примене и тачности у односу на постојеће моделе.
- Испитани су и оцењени бројни нумерички модели и поставке који се могу користити при решавању наведених или сличних проблема.

- Моделирано је удубљење у сендвич структури употребом Мејеровог закона за сендвич структуре са језгрима од пене и алуминијума под ударом мале брзине са модификацијом постојећег емпиријски утврђеног параметра
- Моделиран је коси удар применом правила балистичког еквивалента (БЕР)
- Утврђено је да спрегнута СПХ метода и метода коначних елемената може предвидети облике лома и оштећења, природне брзине пројектила и балистичке граничне брзине са довољном поузданошћу у поређењу са онима запаженим у претходно објављеним тестовима, осим за случајеве удара тупим пројектилом при брзинама 170 m/s или мањим. Извршена је валидација поменутог модела, те је постигнута добра сагласност резултата у поређењу са доступним експерименталним подацима за ударе о челичне и алуминијумске плоче.
- Остварен је детаљан увид у понашање ваздухопловних структура које су изложене дејству удара комбиновањем и поређењем са резултатима сопствених и претходних експерименталних и нумеричких испитивања, те су приказане предности прогресивног моделирања оштећења при дејству удара.
- Нумеричком анализом утврђене су критичне зоне и установљен је узрок отказа дела двоцевног авионског топа који је одговоран за случајна ударна оштећења ваздухопловних конструкција.
- Приказани су резултати детаљних експерименталних испитивања оштећеног звездастог сепаратора и експериментално су установљени и потврђени узроци отказа претходно идентификовани применом методе коначних елемената.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Проблем ударних оштећења ваздухоплова случајног карактера, који је представљао један од полазних мотива за спроведено истраживање, релативно је неистражен имајући у виду доступну литературу из области теорије удара и ваздухопловства, односно машинства уопште. Кандидат је у докторској дисертацији приказао резултате обимног истраживања, које је поред нумеричког моделирања ударних оштећења ваздухопловних структура, обухватило детаљна теоријска разматрања, извођење експеримената, анализу и корелацију добијених резултата уз извођење одговарајућих закључака са конкретним применама у пракси експлоатације и одржавања ваздухоплова и ваздухопловног ватреног наоружања. Извршена су детаљна разматрања аналитичких модела и дати су оквири за примену поменутих модела, као основе за постављање сложенијих модела базираних на методи коначних елемената и СПХ методи. Извршена је валидација поменутог нумеричког модела као најприхватљивијег за потребе детаљне анализе ударних оштећења ваздухопловних структура. С обзиром да је истраживање оријентисано на решавање конкретних проблема са којим се суочава особље током експлоатације и одржавања ваздухоплова, извршена су обимна експериментална испитивања оштећених делова чиме је остварен јединствен научни допринос на пољу откривања узрока случајних ударних оштећења одговорних делова ваздухоплова, поред остваривања резултата који су потребни за валидацију нумеричких модела.

Дисертација представља битан допринос у области испитивања и откривања узрока ударних оштећења ваздухопловних структура на критичним елементима структуре, као и оцени њиховог стања након оштећења. Имајући у виду добијене резултате, очекује се имплементација добијених резултата у будућим процесима развоја, експлоатације и одржавања ваздухоплова са аспекта примене недеструктивних метода оцене стања елемената ваздухоплова, као и улазак у поље одржавања према стању, предиктивног и проактивног одржавања ваздухоплова.

4.3. Верификација научних доприноса

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

Радови објављени у научним часописима:

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

- [1] Đorđević M.; Đorić D.; Kadelburg Z.; Radenović S, **Spasić D.** „**Fixed point results under c-distance in tvs-cone metric spaces**“ Fixed Point Theory and Applications 2011, 2011:29, pp. 1-9, (IF=1.882) (ISSN 1687-1812)

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

- [2] **Spasić D.**; Stupar S.; Simonović A.; Trifković G, Ivanov T. „**The destruction analysis of the star-separator of an aircraft cannon**“ Engineering Failure Analyses (2014) vol. 42, pp.74-86, (IF=1.173) (ISSN 1350-6307)

Радови саопштени на скуповима међународног значаја (M33)

- [3] Đorđević M.; Petrović S.; Perić S.; **Spasić D.** „**Maintenance cost budgeting optimization**„ ОТЕН 2012, Proceedings, Military Technical Institute, Belgrade, ISBN 978-86-81123-58-4

Научни радови у водећим часописима националног значаја (M51)

- [4] Спасић Д., „Одређивање параметара лета ваздухоплова који утичу на прецизност погађања циља“ *Нови Гласник*, стр. 29-36, Министарство одбране Р. Србије. 1-4/2012.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом **„Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура“** кандидата Драгољуба Спасића, дипл. инж. маш, Комисија 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.

Докторска дисертација представља савремен и оригиналан приступ нумеричком моделовању ударних оштећења ваздухоплова, те се на основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији може констатовати да је кандидат Драгољуб Спасић, дипл. инж. маш, успешно завршио докторску дисертацију у складу са предметом и постављеним циљевима истраживања.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату Драгољубу Спасићу, дипл. инж. маш, одобри одбрану докторске дисертације под називом **„Нумеричко моделовање ударних оштећења ваздухопловних структура“** када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

Београд, 12. 09. 2014. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:1117/6
Датум: 18.09.2014. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 63. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1876/1 од 04.10.2013. године и члана 37. Правилника о докторским студијама, Наставно-научно веће на седници одржаној 18.09.2014. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео **ДРАГОЉУБ СПАСИЋ**, дипл.инж.маш. и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „**НУМЕРИЧКО МОДЕЛОВАЊЕ УДАРНИХ ОШТЕЋЕЊА ВАЗДУХОПЛОВНИХ СТРУКТУРА**“

II Универзитет је дана 12.05.2014. године, својим актом број 61206-2063/2014 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

- [1] Đorđević M.; Đorić D.; Kadelburg Z.; Radenović S, **Spasić D.** „**Fixed point results under c-distance in tvs-cone metric spaces**“ Fixed Point Theory and Applications 2011, 2011:29, pp. 1-9, (IF=1.882) (ISSN 1687-1812)
- [2] **Spasić D.**; Stupar S.; Simonović A.; Trifković G, Ivanov T. „**The destruction analysis of the star-separator of an aircraft cannon**“ Engineering Failure Analyses (2014) vol. 42, pp.74-86, (IF=1.173) (ISSN 1350-6307)

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за ваздухопловство и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић