

Образац 2.

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)

741/3
(Број захтева)

20.05.2013.године
(Датум)

З А Х Т Е В
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:

ДРАГАНА (ДУШАН) КРЕЦУЉА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ДРАГАН (ДУШАН) КРЕЦУЉ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА

Универзитет је дана 25.12.2009. год. својим актом под бр. 612-25/223/09 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ДРАГАНА (ДУШАН) КРЕЦУЉА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 04.04.2013. године, одлуком факултета под бр. 741/1, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Бошко Рашуо	Редовни професор	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
2. Др Слободан Гвозденовић	Редовни професор	Ваздухопловство	Саобраћајни факултет Београд
3. Др Мирко Динуловић	Доцент	Ваздухопловство	Машински факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 18.04.2013. 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: 741/4
Датум: 18.04.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Бошко Рашуо, ментор, проф.др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет Београд и доц.др Мирко Динуловић о оцени докторске дисертације „Моделирање ударног оштећења у ламинираним композитним структурама“ докторанта мр Драгана Крецуља, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 18.04.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“** докторанта **МР ДРАГАНА КРЕЦУЉА**, 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

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У
БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата
мр Драгана Крецуља, дипл. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 741/1 од 04. 04. 2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **мр Драгана Крецуља**, дипл. инж. машинства, под називом: **„МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“**, о чему подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

1.1. Наслов и обим докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Драгана Крецуља, дипл. инж. маш., под насловом „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ изложена је на 190 страна. Теза садржи списак коришћене и цитиране литературе (укупно 102) на 9 страна.

1.2. Хронологија одобравања израде дисертације

Кандидат мр Драган Крецуљ дипломирани инжењер машинства, пријавио је израду докторске дисертације 26. 02. 2009. год., под бројем 224/1 Катедри за ваздухопловство Машинског факултета у Београду. Кандидат је за ментора предложио редовног професора др Бошка Рашуо. Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације је 24.10.2009. год. поднела извештај бр. 224/2 Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду. На основу пријаве кандидата и предлога Катедре, одлуком ННВ бр. 224/2 од 24.10.2009. год., прихваћен је предлог Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме у саставу: ментор, проф. др Бошко Рашуо, проф. др Златко Петровић и проф. др Слободан Гвозденовић, са Саобраћајног факултета у Београду.

Комисија је поднела извештај у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ наводећи да кандидат испуњава законске услове за израду докторске дисертације, и да предложена тема као актуелна, атрактивна и значајна, може бити тема докторске дисертације. У вези са захтевом докторанда мр Драгана Крецуља дипл. инж. маш. бр. 224/1 од 26. 02. 2009. год. да се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета од 01. 10. 2009. год. о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност којом се одобрава рад на теми докторске дисертације „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“, под менторством редовног професора др Бошка Рашуо (одлука бр. 612-25/223/09). На основу одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и именовању ментора, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, декан Машинског факултета у Београду је 28.01.2010. год. донео закључак бр. 148/1 да се одобри рад на теми докторске дисертације „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ кандидату мр Драгану Крецуљу, дипл. инж. машинства.

О завршетку докторске дисертације „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“, ментор др Бошко Рашуо, ред. проф. обавестио је Катедру за ваздухопловство, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, дописом број 741/2 од 04. 04. 2013. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: ментор др Бошко Рашуо ред. проф., др Слободан Гвозденовић ред. проф. са Саобраћајног факултета у Београду и др Мирко Динуловић доцент.

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 04. 04. 2013. године једногласно усвојило обавештење о завршетку дисертације кандидата мр Драгана Крецуља, дипл. инж. маш. под називом „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ и усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (одлука бр. 741/2 од 04.04.2013. године).

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ припада области техничких наука, односно машинству, и ужој научној области Ваздухопловство.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Драган Крецуљ рођен је 07. 07. 1975. год. у Београду. Завршио је Пету београдску гимназију природно-математичког смера.

1995. год. уписао је Машински факултет у Београду, а дипломирао је 11. 09. 2000. год. на групи за ваздухопловство са средњом оценом 8.19 и дипломским радом из предмета Аеродинамика са темом „Примена методе карактеристика у проучавању суперсоничних струјних поља“ оцењеном оценом 10.

2000. год. уписује магистарске студије на Машинском факултету у Београду, одсек Ваздухопловство, група Чврстоћа летелица. Дана 14. 05. 2008. год. одбранио је магистарски рад „Анализа оштећења ваздухопловних конструкција од композитних материјала“ и стекао академску титулу – магистар техничких наука у области машинства.

2003. год. уписује Технички факултет у Чачку, смер Техника и информатика, на ком дипломира 30. септембра 2004. год. и стиче звање професор технике и информатике.

У периоду од 01.03.2009 - 05.04.2009. био је на стручном усавршавању у области Structural Design by Experiments (Methods and Tools of Experimental Aided Design) у организацији Машинског факултета Универзитета у Болоњи и боравком у Бертинору (Италија).

Од октобра 2000. - октобра 2001. год. радио је у ГСП Београд, као инжењер сарадник на одржавању возила.

У времену од марта 2004. - августа 2007. год. био је запослен у основној школи "Лаза Костић" Нови Београд, као професор техничког образовања.

Од септембра 2007. год. ради у основној школи "Јован Стерија Поповић" Нови Београд, као професор техничког и информатичког образовања.

2. Опис дисертације

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Драгана Крецуља, дипл. инж. машинства, под насловом „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ изложена је на 190 страна, а списак коришћене и цитиране литературе садржи 102 одреднице и изложен је на 9 страна.

Дисертација садржи следећих осам поглавља:

1. Увод
2. Основна разматрања удара
3. Оштећења у композитним ламинатима
4. Удари великих брзина у композитне структуре
5. Анализа композитних ламината коришћењем MATLAB-а
6. Нумеричко моделирање динамичких догађаја
7. Моделирање удара пројектила у ојачану плочу од карбонског влакна у програму ABAQUS
8. Закључак

Докторска дисертација има укупно 65 слика и 131 једначину.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ састоји се из осам поглавља.

У **првом поглављу**, које је уједно и уводно, укратко су наведене ставке о феномену настанка ударних оштећења у структурама од композитних ламината. Истакнуто је да је удар динамички проблем, чија је карактеризација изузетно захтевна и сложена. Стога је моделирање ударних оштећења есенцијално важно у процесу пројектовања ламинатних композитних структура за различите техничке намене. Генерално, постоје три приступа за изучавање удара: аналитички, нумерички и експериментални. Најбоља техничка решења настају обједињавањем сва три приступа, тј. коришћењем на тај начин добијених решења. До данас је развијено доста модела за карактеризацију ударног оштећења у некој структури. Ипак, они су углавном резултат апроксимација, тј. имају одређена ограничења и сходно томе примену.

У оквиру **другог поглавља** дисертације представљене су основне једначине динамике удара. Наведене су врсте удара (према брзини): удари ниске и удари високе брзине. Такође приказане су врсте могућих ударних оштећења и модови отказа услед удара. У оквиру овог дела, уведена је и хипотеза прага критичне ударне силе, а дати су и општи стандарди ударних тестова у композитима од стране релевантних институција. Истовремено, ово поглавље представља увод у адекватне методе анализе удара. У начелу је објашњена метода коначних елемената (МКЕ), која је погодна за нумеричке прорачуне на рачунарима. Истакнуто је да постоје две главне технике за решавање МКЕ: експлицитна и имплицитна.

Треће поглавље детаљно анализира композитне ламинате, који су савремени материјали данас доста коришћени у различитим техничким областима, као и карактеристике истих. Анализиран је опширно механизам и акумулација оштећења услед удара, као и развој и процена оштећења при једном таквом догађају. У овом поглављу објашњено је предвиђање преостале чврстоће композитних ламината са оштећењима услед удара, јер чврстоћа и стабилност тих структура може бити јако угрожена при дејству удара. Истакнуто је да се цео проблем проучавања и утврђивања ефеката ударног оштећења дели на два дела: отпор ударном оштећењу и толеранција већ насталог ударног оштећења. Преостала чврстоћа структуре након оштећења један је од најзначајнијих критеријума при избору материјала за исте, јер је оштећење које настаје услед удара често једва видљиво, те се јавља проблем његовог детектовања. Разматрана су најважнија ударна оштећења; тј. прскање матрица, лом влакана и деламинације. У овом поглављу посебна пажња дата је моделирању ударних оштећења у општим цртама и представљени су одређени примери већ развијених модела. То је енормно комплексан задатак, који проистиче из саме природе тако насталог оштећења, а модерни симулациони алати су делом и ограничени у предвиђању истих. Такође, детаљно је приказано и “multiscale” моделирање оштећења неке композитне структуре (при коме су повезани нивои „microscale” и “macroscale” разматрања проблема). Дефинисани су најважнији критеријуми лома који се јављају код композитних материјала. Ово поглавље садржи и основе моделирања оштећења коначним елементима (2D и 3D модели), као и моделе отказа ламинираних композита. Исто тако наведени су и највише коришћени софтвери за спровођење таквих специфичних анализа.

Четврто поглавље анализира удар велике брзине (балистички удар) у композитне структурне елементе. Комплетно су дати и механизми оштећења при удару високе брзине у одређени композитни материјал и сликовито су представљена тако настала оштећења. Присутни механизми су прилично сложени, а одвијају се и у више фаза. Међу њима најзначајнији су: механизам пенетрације и механизам апсорпције енергије. У оквиру тога разматрана је и преостала чврстоћа и отпорност на даља оштећења код таквих материјала. Ово поглавље детаљно приказује и нумеричко моделирање балистичког удара, које је објашњено и детаљно анализирано. Такође, оно садржи и пример моделирања удара високе брзине у композите од карбонских влакана, тј. представљен је удар сфере у плочу (модел и дистрибуција оштећења).

У оквиру **петог поглавља** разматрана је анализа композитних ламината коришћењем програма MATLAB, изузетно погодног за ефикасно решавање оваквих проблема. Конститутивне једначине ламината (2D приступ) и анализа отказа истих, приказана је такође у овом поглављу. Изведене су релације за силе и моменте, али и напоне и деформације у различитим ламинатним конструктивним структурама. Матрице крутости A, B и D ламинираних композита, такође, су дефинисане одговарајућим изразима. Развојем одговарајућег програмског кода, уз дефинисане параметре композитног ламината AS/3501, добијене су вредности за претходно наведене матрице (Прилог 1). Осим тога дат је и један приказ (графички) дијаграма тока анализе отказа ламината са одговарајућим програмским корацима.

У **шестом поглављу** детаљно је приказано моделирање нумеричких догађаја, као што је то удар. Експлицитно су наведене једначине два приступа: Eulerian (просторни) и Lagrangian (материјални), као и комбиновани, тј. Lagrangian-Eulerian приступ. Разматрани су тестирање динамичког удара и карактеристике динамичке структуре услед удара. Овде су истраживани и транзијентна динамичка анализа, која је у основним ставкама и представљена. У овом поглављу дати су и комплетни модели удара по Abrate-у, они са једним и два степена слободе, а који иначе имају и највећу практичну примену уопште. Наведени су и постојећи модели композита из софтвера LS-DYNA, као и моделирање удара преко параметара и функције оштећења. „Mesoscale“ теорије оштећења композита која је детаљно анализирана са моделом оштећења слојева, као и моделом интерламинарног

оштећења. Овај део рада садржи и комплетно нумеричко моделирање удара у текстилне композите, а посебно су објашњени најчешће коришћени алати-софтвери за испитивање дејства удара на носеће структуре. Међу њима највећу примену свакако имају ABAQUS и LS-DYNA. Истакнуто је да су они незамењиви и да смањују потребу за експерименталним испитивањима одређених структура чиме се знатно смањују трошкови у току њиховог развоја. Поред тога, за симулацију удара приказана је употреба ефикасног програмског пакета Pro/Engineer. У Прилозима 2 и 3 дате су и детаљне нумеричке анализе удара у плочу и аеропрофил од композитног ламината T300/914. Графички су приказани резултати за напоне, померања, деформације и енергије деформације.

У **седмом поглављу** дати су резултати симулације удара пројектила у плочу од најсавременијих карбонских влакна. За ту сврху коришћен је већ поменути специјализовани програм ABAQUS. Детаљно је описан је и дефинисан модел и наведене су механичке карактеристике испитиване плоче (ламине). Дати су поступци генерисања и формирања мрежа коначних елемената модела која је потребна за прорачун. У овире овог поглавља приказани су и резултати симулационог испитивања, поступно по фазама, удара челичне кугле у носећу ламинирану композитну плочу.

Докторска теза завршава **осмим поглављем**, тј. закључком у коме су дати најважнији остварени научни резултати истраживања који су добијени у овој докторској дисертацији. Указано је и на могуће правце даљег истраживања на тему ударних оштећења присутних у структурама од композитних ламината.

3. Оцена дисертације

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ даје савремен и оригиналан приступ разматрању проблематици удара у структуре од композитних ламината. Кандидат је у анализи користио аналитички и нумерички прилаз, а упоређени су са експерименталним резултатима који су доступни у литератури из тог поља структуралне анализе.

Жеља да се тезом да пуни допринос верификацији савремених метода симулације удара у носеће композитне ламинатне структуре довела је до тога да је морао да се упозна и са одређеним специјализованим софтверским алатима, те да користи већ добијене резултате експерименталних истраживања, помоћу којих је једино било могуће проверити вредности добијене нумеричким приступом.

У научне доприносе можемо убројати и резултате оригиналних нумеричких симулација, као и развијени програмски код, а који су представљени у делу Прилози. Садржај комплетне тезе прате зрели научни и инжењерски закључци, што доприноси томе да се ова докторска дисертација може оценити врло успешном.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна литература из области моделирања оштећења у савременим ламинираним композитним структурама, али и нумеричких метода и инжењерских симулација. Ова обимна литература је кандидату послужила као полазна основа за формирање прегледа постојећих аналитичких и нумеричких истраживања везаних за област ударних оштећења. На тај начин, дат је релевантан приказ постојећег стања у домену коме припадају проблеми разматрани у докторској дисертацији. Коришћена литература има карактер научног, савременог и актуелног извора информација, а осим прегледа постигнутих резултата, указује на могуће правце даљег научно-истраживачког рада у тој области.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

У докторској дисертацији је, у циљу истраживања ударног оштећења носећих структура од ламинираних композита, коришћен већи број савремених научно-истраживачких метода, које су примењиване сходно типу проблема који је решаван. У њих можемо убројати следеће: методе моделирања и симулације (које су омогућиле анализу реалних проблема у виртуелном окружењу), методу коначних елемената (која је обезбедила прорачуном одређивање напонско-деформационог стања ламинатних композитних структура), методу верификације (засновану на поређењу експерименталних и нумеричких вредности) и методу експертског мишљења.

Адекватност примењених метода оправдана је потврдом тачности добијених резултата, њиховим поређењем са експерименталним резултатима или вредностима доступним у литератури.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Резултати докторске дисертације поред научне вредности имају и практичну примену, пре свега у пројектовању, али и одржавању носећих ламинираних композитних структура изложених удару. Остварени резултати омогућавају одређивање приближног места настанка критичних оштећења на сложеним носећим структурама још у фази пројектовања, као и током процеса експлоатације тих структура. Резултати нумеричких симулација испитиваних структура верификовани су поређењем са резултатима доступним у савременој литератури. При томе је остварено врло добро слагање вредности разматраних параметара.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде дисертације показао да је у стању да самостално изводи научне пројекте и решава техничке проблеме, као и да успешно влада научним и истраживачким методама. Поседује одређено радно искуство (наставно и инжењерско) и теоријско знање потребно за даљи квалитетан научно-истраживачки рад, што ће надамо се и учинити.

4. Остварен научни допринос

4.1. Приказ оствареног научног допринос

Основни научни допринос дисертације огледа се у нумеричком и аналитичком приступу анализи моделирања ударних оштећења у носећим структурама од композитних ламината, што знатно побољшава и унапређује процесе пројектовања, али и одржавања таквих структура. Остварени научни допринос докторске дисертације „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ је вишеструк:

- врло прегледно је приказана сама проблематика ударних оштећења у носећим композитним ламинатима, чиме је јасно указано на актуелност проблема који су разматрани у тези;
- наведене су постојеће и предложене нове методе моделирања ударних оштећења у структурама од композитних ламината;

- развијен је оригиналан програмски код за одређивање матрице крутости А, В и D ламинираних композита, који ће и другим истраживачима послужити за анализу истих;
- извршена је симулација динамичког оптерећења (удара) у плоче и аеропрофиле од композитног ламината T300/914 у програмском пакету Pro/Engineer и детаљно су приказани добијени резултати (напони, померања, деформације и енергије деформације).

4.2. Верификовани научни доприноси

Кључни резултати и научни допринос докторске дисертације су верификовани у научном часопису са SCI листе:

D. Kreculj, B. Rasuo: Review of Impact Damages Modeling in Laminated Composite Aircraft Structures, **Tehnički vjestnik/Technical Gazette**, (2013), Vol. 20, No. 3, p.p. 1-11, (Прихваћено за штампу). **SCI - IF: 0.347.**

Такође, научни допринос докторске дисертације, делом, је верификован и у радовима објављеним у саопштењима на конференцијама и у научним часописима током вишегодишњег истраживања, а од којих су најзначајнији:

Списак објављених радова мр Драгана Крецуља

=====

Часописи:

1. **D. Kreculj:** Stress Analysis in an Unidirectional Carbon/Epoxy Composite Material, FME Transactions, Volume 36 No. 3, p.p. 127-132, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2008.
2. **D. Kreculj, B. Rašuo:** Problem udara u vazduhoplovne konstrukcije od kompozitnih lamina, Pregledni rad, Tehnika, Godina LXIV, No. 6, Beograd, 2009, strane M 1-M 8., 2009.

Конференције, конгреси, симпозијуми:

1. **D. Kreculj:** Analiza napona u kompozitnom unidirekcionom materijalu T300/976 Carbon/Epoxy pri naprezanju na zatezanje u programima Patran i Nastran, Jupiter konferencija, p.p. 1-4, (CD-Rom), Mašinski fakultet Beograd, 2008.
2. **D. Kreculj, B. Rasuo:** Fatigue in Aircraft Structures, New Trends in Fatigue and Fracture, p.p. 1-9, (CD-Rom), Belgrade, 2009.
3. **D. Kreculj, B. Rasuo:** Numerical Modelling of Laminated Composite Structures under Impact Loads, 2nd International Congress of the Serbian Society of Mechanics, 1-5 June, Palic (Serbia), p.p. 1-6, (CD-Rom), 2009.
4. **D. Kreculj, B. Rasuo:** Fatigue and Fracture Analysis of Laminated Composite Structures, 26th Danubia-Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Leoben (Austria), p.p. 1-4, (CD-Rom), 2009.
5. **D. Kreculj:** Analiza i poboljšanje poslovnih aktivnosti upotrebom informacionih tehnologija, Konferencija TIO, Čačak, p.p. 1-8, (CD-Rom), 2010.
6. **D. Kreculj:** Upotreba i značaj WLAN i mobilnih tehnologija u nastavi, Šesti međunarodni simpozijum Tehnologija, informatika i obrazovanje za društvo učenja i znanja, Tehnički fakultet Čačak, p.p. 1-7, (CD-Rom), 2011.

7. **D. Kreculj:** The Role of Information Technologies in Education Management, Međunarodna konferencija ITRO, Tehnički fakultet Zrenjanin, p.p. 1-4, (CD-Rom), 2011.
8. **D. Kreculj:** Upotreba inovacija u reinženjeringu obrazovanja, Nacionalna konferencija sa međunarodnim učešćem RPPO, Čačak, p.p. 1-8, (CD-Rom), 2011.

4.3. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа литературе и сагледавања постојећих решења из области докторске дисертације, констатујемо да су решења добијена у тези значајна, те да су применљива у пракси. Истовремено, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у дисертацији, можемо закључити да су пружени одговори на сва релевантна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања. С обзиром на значај истраживања у областима важним за успешно пројектовање отпорности на оштећења и толеранције већ насталих оштећења у структурама од композитних ламината, дисертација представља важан допринос у тој области истраживања. Имајући у виду експлицитност добијених решења, што их и издваја у односу на захтевна и скупа експериментална истраживања, очекује се имплементација добијених резултата у будућим истраживањима, као и при пројектовању и одржавању ламинираних композитних структура отпорних на удар.

4.4. Очекивана примена резултата у пракси

У литератури још увек не постоји велики број адекватних решења проблема удара у структуре од композитних ламината, па се очекује значајна примена резултата и метода датих у докторској тези.

Применом нумеричких метода приказаних у тези, знатно се поједностављује и убрзава процес пројектовања структура отпорних на ударна оштећења и омогућава њихова примена у фази пројектовања таквих структура.

Како је у тези развијена и образложена методологија настанка и развоја ударних оштећења, очекује се широка примена таквог приступа у утврђивању степена оштећења и у предвиђању века трајања елемената одређене композитне ламинатне структуре.

Укупно, установљене чињенице корак су напред и воде ка унапређењу постојећих метода испитивања ударних оштећења у смислу настанка и даљег ширења оштећења, а што је изузетно важно са инжењерске тачке гледишта структуралне анализе.

Добијени резултати истраживања су од велике користи за испитивања и контролу при пројектовању, производњи, експлоатацији и процедурама одржавања ламинираних композитних структура.

5. Закључак и предлог

Докторска дисертација под називом „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ кандидата мр Драгана Крецуља дипл. инж. машинства, представља савремен и оригиналан научни допринос, који омогућује потпуну анализу разматраних проблема ударних оштећења у структурама од композитних ламината. На основу онога што је приказано у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана проблематика веома актуелна, са задовољством се констатује да је кандидат мр Драган Крецуљ дипл. инж. маш. успешно завршио докторску дисертацију, у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима докторске дисертације. Кандидат је дошао до оригиналних резултата, који су и верификовани, што им обезбеђује велику применљивост у овој области.

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске тезе под називом „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“ кандидата мр Драгана Крецуља дипл. инж. маш., Комисија за оцену и одбрану са задовољством 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 и Статутом Машинског факултета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности, и упути извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду 11. 04. 2013. год.

Чланови Комисије за оцену и одбрану:

др Бошко Рашуо, ментор,
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Слободан Гвозденовић,
ред. проф. Саобраћајног факултета у
Београду

др Мирко Динуловић,
доц. Машинског факултета у Београду

To:

Your ref.:

Our ref.: AA-2003-17-290313

Slavonski Brod, 29-03-2013

Subject: **Acceptance of Article**

Article No. **2003-18**

Title: **REVIEW OF IMPACT DAMAGES MODELLING IN LAMINATED COMPOSITE AIRCRAFT STRUCTURES**

Author/s: **Dragan Kreculj, Boško Rašuo**

Dear authors!

Your article (mentioned above) has been accepted for publication in the journal Tehnički vjesnik/Technical Gazette (ISSN 1330-3651), **Vol. 20 No. 3** to be published towards the end of **June 2013**. The article is classified as **preliminary notes**.

Attached is the Copyright Transfer Agreement with Payment Data. Please read carefully the enclosed Copyright Transfer Agreement with Payment Data and if you agree with the given terms fill in the necessary data, sign the form, keep a copy for yourself and send the original to our address by regular mail (also e-mail a copy to tehnvj@sfsb.hr or send a fax to +385 35 446 446).

When we have received the Copyright Transfer Agreement your article will be published in the Journal.

Yours sincerely,

Editor-in-Chief:

Prof.dr. Pero Raos



Enclosed documents:

- Copyright Transfer Agreement and Payment Data

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 741/5
Датум: 18.04.2013. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 12.2 Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 18.04.2013. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео мр ДРАГАН КРЕЦУЉ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „МОДЕЛИРАЊЕ УДАРНОГ ОШТЕЋЕЊА У ЛАМИНИРАНИМ КОМПОЗИТНИМ СТРУКТУРАМА“

II Универзитет је дана 25.12.2009. године, својим актом број 612-25/223/09 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. **D. Kreculj**, B. Rasuo: Review of Impact Damages Modeling in Laminated Composite Aircraft Structures, **Tehnički vjesnik/Technical Gazette**, (2013), Vol. 20, No. 3, p.p. 1-11, (Прихваћено за штампу). **SCI - IF: 0.347.**

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић