

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

2044/4

(Број захтева)

09.12.2021.

(Датум)

Већу научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ ДАНИЕЛА (ЛАЗАР) ЂУКИЋ

:

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

пријавио је докторску дисертацију под називом:

ИСТРАЖИВАЊЕ МОДАЛИТЕТА ДЕГРАДАЦИОНИХ ПРОЦЕСА ЉУСКЕ ТРУПА ПУТНИЧКЕ ЛЕТЕЛИЦЕ И МОГУЋНОСТИ ПРОДУЖЕЊА ЗАМОРНОГ БЕКА (RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS)

из научне области: Ваздухопловство

Универзитет је 28.09. својим актом под 61206-3319/2-
дана 2021. бр. 21

дао сагласност на предлог теме докторске
дисертације

која је гласила:

ИСТРАЖИВАЊЕ МОДАЛИТЕТА ДЕГРАДАЦИОНИХ ПРОЦЕСА ЉУСКЕ ТРУПА ПУТНИЧКЕ ЛЕТЕЛИЦЕ И МОГУЋНОСТИ ПРОДУЖЕЊА ЗАМОРНОГ БЕКА (RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS)

Име и презиме ментора др Александар Грбовић, ред. проф.

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној
18.11.2021.

одлуком факултета под бр. 2044/2, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Небојша Петровић	Ред. проф.	Ваздухопловство	Машински факултет
2.	Др Мирко Динуловић	Ред. проф.	Ваздухопловство	Машински факултет
3.	Др Данило Петрашиновић	Ванр. проф.	Ваздухопловство	Машински факултет
4.	Др Радослав Радуловић	Доцент	Механика	Машински факултет

5. Др Гордана Кастратовић Ред. проф. Механика Саобраћајни факултет
Београд

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности __14.12.2021.____.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана __09.12.2021.____

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној __18.11.2021.____

одлуком факултета под бр. 2044/2 , у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Небојша Петровић	Ред. проф.	Ваздухопловство	Машински факултет
2.	Др Мирко Динуловић	Ред. проф.	Ваздухопловство	Машински факултет
3.	Др Данило Петрашиновић	Ванр. проф.	Ваздухопловство	Машински факултет
4.	Др Радослав Радуловић	Доцент	Механика	Машински факултет
5.	Др Гордана Кастратовић	Ред. проф.	Механика	Саобраћајни факултет Београд

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилози:
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 2044/4
Датум: 09.12.2021. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017 и 27/2018-др. закон), члана 48. Статута Универзитета у Београду, члана 42. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду и чланова 38. и 39. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и реферата Комисије у саставу: др Небојша Петровић, ред. проф., др Мирко Динуловић, ред. проф., др Данило Петрашиновић, ванр. проф., др Радослав Радуловић, доц. и др Гордана Кастратовић, ред. проф., Саобраћајни факултет Београд о оцени докторске дисертације **„Истраживање модалитета деградационих процеса љуске трупа путничке летелице и могућности продужења заморног века (Research of the modalities of degradation processes of a fuselage shell of passenger aircraft and possibilities of fatigue life extensions)“** студента докторских студија **мр Даниеле Ђукић, дипл. инж. маш.**, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 09.12.2021. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ИСТРАЖИВАЊЕ МОДАЛИТЕТА ДЕГРАДАЦИОНИХ ПРОЦЕСА ЉУСКЕ ТРУПА ПУТНИЧКЕ ЛЕТЕЛИЦЕ И МОГУЋНОСТИ ПРОДУЖЕЊА ЗАМОРНОГ ВЕКА (RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS)“** студента **мр ДАНИЕЛЕ ЂУКИЋ, 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 проф. др Александру Грбовићу и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Даниеле Ђукић, магистра машинства.

Одлуком Научно-наставног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 2044/2 од 18.11.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Даниеле Ђукић**, магистра машинства, под насловом **„Истраживање модалитета деградационих процеса љуске трупа путничке летелице и могућности продужења заморног века“** (*RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS*).

На основу увида у завршену дисертацију, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Даниела Ђукић, магистар машинства, уписала је прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2017/18 године. По положеним испитима докторских студија кандидаткиња је поднела захтев за одобрење теме докторске дисертације број 1046/1 дана 09.06.2021. на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду. Кандидаткиња је за ментора предложила Проф. Др Александра Грбовића, редовног професора Машинског факултета у Београду.

Одлуком Наставно-научног већа број 1046/5 од 26.08.2021. године прихваћена је тема докторске дисертације под насловом „Истраживање модалитета деградационих процеса љуске трупа путничке летелице и могућности продужења заморног века“ (*RESEARCH OF*

THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS) кандидаткиње Даниеле Ђукић и за ментора је именован др Александар Грбовић, редовни професор Машинског факултета у Београду.

На основу обавештења проф. др Александра Грбовића да је кандидаткиња Даниела Ђукић завршила докторску дисертацију под насловом „Истраживање модалитета деградационих процеса љуске трупа путничке летелице и могућности продужења заморног века“ (*RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS*), Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је 18.11.2021. године Одлуку број 2044/2 о именовању Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Небојша Петровић, редовни професор Машинског факултета у Београду,
- др Мирко Динуловић, редовни професор Машинског факултета у Београду,
- др Данило Петрашиновић, ванредни професор Машинског факултета у Београду,
- др Радослав Радуловић, доцент Машинског факултета у Београду,
- др Гордана Кастратовић, редовни професор Саобраћајног факултета у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом „Истраживање модалитета деградационих процеса љуске трупа путничке летелице и могућности продужења заморног века“ (*RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS*) припада области техничких наука – машинство, тј. ужој научној области – ваздухопловство, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан. Ментор др Александар Грбовић је редовни професор на Машинском факултету Универзитета у Београду. Као аутор или коаутор до сада је публиковао 40 радова на SCI листи.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Даниела Ђукић је рођена 22.03.1974. у Новом Саду, где је завршила основну школу и Природно-математичку гимназију 'Јован Јовановић Змај' (смер: математичко-програмерски сарадник).

Школске 1993/1994. је уписала, а почетком 2000. године завршила студије на Машинском факултету (ваздухопловни смер), Универзитета у Београду. Магистарске студије уписује 2000. такође на Машинском факултету (ваздухопловни смер), Универзитета у Београду, које успешно завршава 2006. године. Докторске студије на истом факултету и смеру уписује школске 2017/2018 године, након вишегодишње паузе у формалном студирању направљене ради самосталног усавршавања и достизања нивоа теоријског знања и практичне примене софтверских алата неопходних за креативан рад који докторске студије захтевају.

Даниела Ђукић поседује двадесетогодишње радно искуство које је градила у оквиру ИТ позиција (најдуже са звањима главног пројектанта и сениор девелопера), док тренутно ради, такође у ИТ Сектору, на позицији помоћника Начелника унутар Одељења савремених ИТ технологија и електронске размене података. У периоду од 2019. године, запослена је и у приватној новосадској компанији SDO-Corp.doo, на позицији предавача теоријске обуке за добијање дозволе за пилота беспилотних ваздухоплова.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Даниеле Ђукић, магистра машинства, под насловом „Истраживање модалитета деградационих процеса љуске трупа путничке летелице и могућности продужења заморног века“ (*RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS*) је формата А4, има укупно 270 страна штампаних двострано и написана је на српском језику. Илустрована је са 211 слика, садржи 88 нумерисаних израза, 8 табела и литературу са 230 референци.

Докторска дисертација се састоји од следећих поглавља:

1. Основне карактеристике структуре трупа савремених путничких летелица;
2. Типови деградационих процеса којима је изложена структура љуске трупа;
3. Фактори који у највећој мери одређују степен деградације љуске трупа;
4. Развој пројектних концепата, прописи и случајеви који су означени као њихови директни покретачи. Концепт *Fatigue and Damage tolerance (F&DT)*, тј. *замор и толеранција оштећења*;
5. Дисциплине које су у функцији обезбеђења циљева *F&DT* -а;
6. Теорија аналитичког приступа у процени *F&DT* параметара;
7. Нумерички приступ у процени *F&DT* параметара;
8. Модели трупова летелица *A320* и *B737* и анализа њихових *F&DT* параметара применом софтверског пакета *ANSYS*;
9. Закључна разматрања;
10. Литература.

Осим наведеног, докторска дисертација садржи резиме на српском и енглеском језику, садржај, биографију аутора, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље дисертације се бави основним карактеристикама структуре трупа савремених путничких летелица, тј. концептом љуске полумонокот трупа, њеним саставним елементима и међусобним везама, као и елементарном структуралном анализом оваквог решења.

У оквиру **другог поглавља** исте, детаљно су разрађени типови деградационих процеса чијем је развоју склона структура трупа, уз значајније акцентовање групе постепених и одложених форми девастација металних структура, али уз неизбежан осврт и на изненадне форме истих. Поменути типови су овде разматрани како теоријски, тако и кроз анализу значајног броја случајева из праксе. Такође, у циљу адекватне анализе деградационих процеса трупа, изузетно важан корак представља и дефинисање најкритичнијих тачака, и то по питању дејствовања корозивних, заморних (и вишеструких заморних) оштећења, уз свакако незаобилазно одређивање зона трупа које су најугроженије по питању појаве изненадних типова деградације (у смислу њихове позиције и типа оштећења).

Наравно, јасно је да ће на степен и вид потенцијалне деградације значајног утицаја имати и карактеристике саме летелице, које подразумевају врсту примењених материјала, конструктивно решење, изабране технолошке поступке, квалитет израде и одржавања.... стога **треће поглавље** истражује како се у случајевима оваквих околности понашају различити материјали, одн. пројектна решења, као и са којим од ових деградационих процеса тренутно имамо потешкоће у тумачењу обима истих и зашто је појединим структурама тешко адекватно вратити њихову почетну носивост. Ово поглавље такође укључује и анализу значајног броја случајева из праксе.

Наредно, **четврто поглавље**, се бави развојем пројектних концепата, прописа и случајева који су означени као њихови директни покретачи, као и концептом *F&DT*-а (Замор и толеранција оштећења), *LOV*-а (Лимит валидности) и *full scale test*-а. Конкретно, проучавање поменутих појмова се у оквиру ове тачке своди углавном на питања обезбеђења пловидбености летелица које су означене као старе (што првенствено значи да је њихов почетни програм одржавања модификован), затим, на развој филозофије *толеранције оштећења* (на којој су базирани данашњи концепти и пројектовања и одржавања), као и при анализи централних ваздухопловних несрећа, где су упоредо уз анализе истих дати и прописи који су важили у датом тренутку, као и на који начин су њихове мањкавости допринеле поменутих несрећама или биле директан узрок насталог акцидента.

Пето поглавље разматра предности и мане приступа који су у директној функцији обезбеђења циљева (горе поменутог) *F&DT* концепта, што подразумева анализу примене напредних легура и нових форми материјала, затим, иновативних концепата пројектовања (одн. технологија производње и техника репарације), као и истраживање сврсисходности потпуно нових концепата праћења стања структуре (*SHM*), као и концепта старих (*aging*) летелица. Наравно, ни ово поглавље није прошло без студије конкретних случајева из праксе, који се односе управо на проблеме које су у оперативном раду показале поменуте иновативне технологије. Наравно, овде се мора нагласити да предмет процене нису биле само постојеће ваздухопловне структуре, већ и потенцијал оних које тек улазе у употребу, затим, оне које су делимично заступљене, као и оне које тренутно постоје само у експерименталној форми или као идеја.

Наставак ове анализе, који се на неки начин може сматрати и централним, започиње унутар **шестог поглавља** кроз теорију аналитичког приступа у процени $F&DT$ параметара. У том смислу, прво су анализирани приступи који су карактеристични за фазу формирања прслине и фазу ширења прслине (*Механика лома*), након чега је унутар поменуте фазе ширења направљена даља дистинкција између поступака који се примењују унутар механике линеарно-еластичног и еластично-пластичног лома, затим, разлике које постоје у случају анализе металних и композитних структура, као и прорачуна који се односи на процену параметара лома одн. степена ширења прслине. Свакако, овде не треба ни занемарити да у процени $F&DT$ параметара, поред аналитичких, данас имамо и (далеко заступљеније) нумеричке методе, као и да процену истих можемо вршити на детерминистички и пробабилистички начин.

Наредно, **седмо поглавље**, се такође бави проценом $F&DT$ параметара, али кроз нумерички приступ. Поглавље започиње са почетним разјашњавањем шта представљају исте, затим, на који начин су оне имплементиране унутар софтверских пакета (тзв. *FEA*), као и какву поделу вршимо унутар њих када је у питању анализа $F&DT$ параметара. Такође, мања пажња је поклоњена и прегледу оних које се унутар поменуте проблематике тренутно сматрају водећим, с тим да је ипак значајно више простора резервисано за пакет који је коришћен у прорачунском делу ове дисертације (*ANSYS Workbench*).

Поглавље које се директно наслања на поменуту теоријску анализу је **осмо поглавље**, и оно је посвећено практичној примени нумеричке анализе модела реалних структура горњег сегмента трупова који су изложени оптерећењу пресуризационог типа. Поменута анализа разматра процену напонско-деформационог стања, заморног века и понашања у присуству вишеструких заморних прслина тестираних модела, пореди их са закључцима донетим унутар поглавља која су се бавила анализом деградација трупа из праксе, примењује поступак параметризације уз предлог идеје о продужењу заморног века љуске модела која је показала најлошији напонско-деформациони и заморни статус.

Последње, **девето поглавље**, врши синтезу закључака донетих у оквиру теоријског разматрања, као и резултата добијених применом нумеричке анализе, што је представљено унутар тачака које: тумаче експлицитно добијене резултате у оквиру нумеричке анализе, дефинишу непознанице и слабе тачке у оквиру проблематике предупредјења деградационих процеса љуске трупа и врше процену даљих праваца развоја.

У поглављу **Литература**, дат је списак свих извора коришћених у писању дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Истраживање модалитета деградационих процеса љуске трупа путничке летелице и могућности продужења заморног века“ (*RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS*), кандидаткиње Даниеле Ђукић, магистра машинства, пружа оригиналан допринос тумачењу деградационих процеса применом синтезе теоријских закључака и експлицитне нумеричке анализе горњих сегмената

трупa летелица *A320* и *B737*, који су несумњиво потврдили да између пројектних концепата на којима су заснована ова два решења постоје битне разлике, како по питању њиховог понашања у оквиру оперативне употребе, тако и у правилности напонско-деформационе расподеле и заморних одлика. Свакако, поменута анализа није заустављена на овом закључку, већ је даљом експертизом уз помоћ примене нумеричких алата потражен разлог лошијих карактеристика модела *B737*, што је као резултат дало јасно изоловање дела структуре који, како је утврђено, уместо што делује као вид мере заштите трупa од његовог потенцијалног отказа, он генерише слику неправилне деформације и подиже напон унутар целокупне структуре, чиме битно утиче на смањење његовог заморног века.

Такође, обзиром на трендове који су тренутно на снази унутар ваздухопловне индустрије, а који се данас базирају на питањима унапређења ефикасности и штедње ресурса (у домену трупa путничких летелица), као прва мера се налаже висока заступљеност поступака који имају за циљ продужење његовог радног века, што је управо успешно и истражено унутар ове дисертације кроз испитивање могућности унапређења његових заморних одлика.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У изради дисертације је коришћена литература чији је списак дат у последњем поглављу и поменута листа обухвата укупно 230 референци. Свеукупно гледано, цитирани извори припадају широком домену тема које као обједињене унутар ове дисертације омогућавају дубље разумевање високосложене проблематике замора трупa путничких летелица. У том смислу, највећи број извора (33) се односи на званичне извештаје ваздухопловних несрећа, затим, на серију изузетно обимних и значајних истраживања која су спровођена од стране *NASA*-е, *FAA*, одн. од стране релевантних агенција основаних од стране *САД* или стручњака из *Boeing*-а, у циљу решавања неког конкретног проблема унутар ваздухопловне индустрије.

Докуменат који је овде цитиран највећи број пута се бави тренутно важећим процесима у оквиру сегмента одржавања, и представља припремни материјал за сертификавање техничког особља унутар ремонтних станица који је издат од стране *FAA*. Такође, без обзира што наше подручје потпада под јурисдикцију европских законодавних тела, америчка литература је овде била заступљена у много већем обиму не само зато што су европска законодавна тела пуну функционалност доживела тек пре нешто више од 10 година, већ и због уочене далеко веће осетљивости трупова летелица америчког произвођача *Boeing*-а у оквиру оперативне употребе, чија литература се стога у много значајнијој мери бавила техничким решењима која припадају поменутом произвођачу. Овде свакако треба поменути и да се одређени обим цитиране литературе односи на домен примене методе коначних елемената.

Анализом списка коришћене литературе може се закључити да је кандидаткиња располагала изворима који су релевантни и актуелни у оквиру обрађене проблематике и да је исту разумела и адекватно применила у току израде дисертације. Поменута литература је махом коришћена у оквиру теоријске анализе модалитета деградационих процеса, као и при разјашњењу аналитичких и нумеричких приступа који су касније и експлицитно изведени.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Процес израде ове докторске дисертације је подразумевао примену следећих научних метода у домену теоријског истраживања и спровођења експлицитних нумеричких прорачуна:

1. Метода предвиђања и процене: Избор тематике ове дисертације је извршен на основу претпоставке да ће питања продужетка заморног века ваздухопловних структура са временом све више добијати на актуелности, што је закључено на основу процене трендова који су тренутно на снази не само унутар авио индустрије, него и по питању глобалних друштвено-економских кретања. Такође, ова метода је експлицитно примењена и унутар последње тачке дисертације, где је дата процена даљих праваца развоја унутар проблематике која је у ужем или ширем смислу везана за тему дисертације.

2. Метода коначних елемената, моделирања и симулације: Спровођење централног сегмента ове дисертације је изведен применом ове три методе кроз њихову и симултану и наизменичну примену.

3. Метода компарације: Примена ове методе је вршена првенствено унутар дела дисертације који се тиче примене методе коначних елемената. Наиме, поред тога што је коришћење верификационих/компаративних поступака саставни део примене исте, она је овде примењена и у циљу давања експертског мишљења поређењем резултата добијених након анализе модела два тупа.

4. Метода анализе и синтезе: Главна примена поступка анализе је спроведена кроз рашчлањење проблема деградационих (заморних) процеса на теоријски део и нумеричку симулацију, који су тек након примене метода синтезе могли дати комплетну слику читаве проблематике.

5. Метода експертског мишљења: Примена ове методе прожима свако поглавље ове дисертације, и иста је примењивана на више начина и са различитим нивоом експертности, обзиром да је проблематика која је проучавана унутар исте по својој природи врло сложена и вишедимензионална.

Изабране методе су, на начин на који су примењене, довољне да дају стручну и објективну слику у домену теоријског истраживања деградационих процеса љуске тупа и нумеричког прорачуна могућности продужења заморног века и правилно су коришћене за темељно представљање и анализирање поменутог проблема.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати истраживања који су спроведени унутар ове дисертације имају научни значај, али и практични смисао, обзиром да се односе на анализу пројектних концепата љуски тупа које су већ заступљене у пракси. У том смислу, овде су понуђени експлицитно дефинисани и јасни разлози успешности анализираних решења кроз процену њихових стандардних прорачунских параметара као што су: напонско-деформациона расподела, заморне одлике, понашање у условима присуства вишеструких прелина, процена заморних карактеристика у условима промене геометријских параметара и њихових одлика везаних за толеранцију оштећења... На основу свега наведеног, предложен је парцијални редизајн (као боље решење), одн. постављање елемента за ојачање (код већ затечене структуре), како би се заморни век модела, који је овде процењен као најпроблематичнији, побољшао.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Чланови Комисије сматрају да је кандидаткиња показала смисао за адекватно препознавање инжењерских проблема, њихово исправно тумачење и самостално решавање применом већег опсега научних метода. Такође, способна је да смислено систематизује велики број информација, исправно користи научну литературу и поседује дубоко разумевање материје коју је обрадила. Уз то, показала је темељност и стабилност у раду и жељу за даљим научним усавршавањем.

Кандидаткиња је кроз ову докторску дисертацију у потпуности потврдила своју способност да се самостално бави научно-истраживачким радом.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове дисертације је остварен следећи научни допринос:

Тумачењем случајева отказа из праксе, теоријска анализа која је спроведена у оквиру првог дела ове дисертације је недвосмислено показала да модели летелица *A320* и *B737* показују драстично различито понашање по питању уочених структуралних проблема током експлоатације. Тачније, модел *B737* показује наглашенију осетљивост у смислу склоности ка већем броју и типу заморних оштећења, што је потврђено и експлицитном применом нумеричке анализе, где је такође јасно примећен различит квалитет и заморних одлика и напонско-деформационе расподеле истих, у корист *Airbus*-овог решења. Наиме, утврђено је да пројектни принцип на ком је базиран *Airbus*-ов модел (*shear tie*), представља боље конструктивно решење, него *Boeing*-ов *floating* приступ, из разлога што веза која је присутна код модела *B737* нема нарочито добру способност дистрибуције оптерећења на суседне структуре у мери у којој је има *shear tie* веза, што је квалификује као структуру битно лошијих карактеристика толеранције оштећења.

Руководећи се добијеним резултатима, извршена је детаљнија процена саставних сегмената структуре, након чега је утврђено да елеменат оплате *Boeing*-ових модела, познат као *вафл даблер*, узрокује врло неправилну напонско-деформациону расподелу коју преноси на читаву структуру, делујући тиме као свеопшти подизач напона који уз то даје и неправилну расподелу деформације, при чему њене највише вредности поставља управо у зону у којој је структура заморно најосетљивија. Накнадним уклањањем вафл даблера из даље анализе уочен је драстичан пораст квалитета добијене напонско-деформационе слике на свим деловима структуре, уз битан свеукупни пад напона, што је аутоматски значило и значајно побољшање заморних одлика сваког сегмента структуре.

Међутим, како је приступ ове дисертације ипак био базиран на нешто ширем посматрању феномена деградационих процеса тупа и могућности да се њихов заморни век продужи (кроз разматрање случајева из праксе, одн. нумеричке процене њиховог напонско-деформационог и заморног стања, као и понашања у условима присуства вишеструких заморних прслина), овде је на основу донешених закључака *понуђено двојако решење*. Тачније речено, *научни допринос ове дисертације је презентован, са једне стране, кроз*

предложен редизајн експлицитно означених делова структуре који битно смањују њен заморни век, (као технички оправданији поступак), док је са друге стране предложена нова методологија оцењивања изведених решења у виду идентификације заморно најслабијих тачака коришћењем нумеричких метода и предлога постављања одговарајућих ојачања у идентификованим зонама појављивања вишеструких прслина. Поменути допринос (методологија оцењивања изведених решења) је презентована **унутар тачке 8. Модели трупова летелица A320 и B737 и анализа њихових F&DT параметара применом софтверског пакета ANSYS** (страница: **149-262**), кроз већ поменути нумеричку калкулацију статичких/заморних/ломних одлика, уз напомену да је код модела B737 извршено тестирање његова два дериватива (Classic/Next Generation). Допринос је презентован раду категорије M21 наведеном у тачки 4.3 овог реферата, а који је доступан на следећој е-адреси:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630719317273?via%3Dihub>

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем предочене литературе као и постојећих истраживања из области докторске дисертације, констатујемо да су резултати приказани у тези значајни како са аспекта теоријских истраживања, тако и са становишта практичне примене. Такође, током истраживања је уочено да нумеричка анализа која је спроведена уклањањем тзв. вафл даблера, представља донекле половично решење обзиром да је структура трупа у оперативној употреби изложена далеко сложенијим видовима оптерећења, где је пресуризациони спектар само један од њих. Стога би елиминисани даблер требало заменити неким другим видом ојачања, чије би се адекватно решење могло утврдити тек након спроведене комплетне анализе оптерећења. Ипак, ова констатација не оспорава закључак да је улога и уопште сврсисходност вафл даблера у доброј мери упитна, што је поткрепљено и цитатима извора унутар којих су се и сами *Boeing*-ови стручњаци изјашњавали. Истоветни цитати се односе и на стварну ефикасност *floating* концепта, из разлога који је већ навођен унутар претходне тачке. Дакле, иако се овде може као смерница даљег развоја дати предлог да се структура са уклоњеним вафл даблером испита у случају излагања оптерећењима који у што већој мери имитирају оперативне услове (а не само пресуризационо оптерећење), као један од закључака се пре намеће мишљење да ова структура нема нарочито оправдане чисто техничке разлоге за даље задржавање у оперативној употреби (што очигледно није случај са питањем њене економске оправданости).

Такође, међу закључним претпоставкама ове дисертације, које се без експлицитних објашњења од стране самог произвођача не може у потпуности потврдити, а које је донешено на основу темељних тумачења добијених резултата, је и мишљење да је *Boeing* у потпуности био свестан мана постојећег решења (присутних код серије B737 *Classic*), али да се ипак одлучио за мању интервенцију на следећем деривату B737 (*Next Generation*), који је такође унутар ове дисертације тестиран, желећи да њом само ублажи тачке највеће и најнеправилније деформације, док истовремено експресивно оптерећене елементе везе (тзв. *clip*-ове), делимично растеређује преношењем „вишка“ оптерећења на (у овом случају) стрингере, без упуштања у развијање потпуно новог структуралног решења, што би представљало неминовност у случају уклањања читавог вафл даблера.

4.3. Верификација научних доприноса

Верификација добијених оригиналних резултата остварена је кроз рад објављен у међународном часопису категорије M21, а који је везан за истраживања спроведена у оквиру ове докторске дисертације:

[1] **D.Đukić**, A.Grbović, G.Kastratović, N.Vidanović, A.Sedmak, *Stress intensity factors numerical calculations for two penny shaped cracks in the elastic solid*, Engineering Failure Analysis, Vol.112(7), 2020, Elsevier, ISSN 1350-6307, DOI: 10.1016/j.engfailanal.2020.104507

Део дисертације који је везан за поменути рад је презентован у поглављу 8. *Модели трупова летелица А320 и Б737 и анализа њихових F&DT параметара применом софтверског пакета ANSYS*, потпоглавље: 8.1. *Поступак избора пројектних вредности и верификациони модели (страница: 149-151)*, и односи се на део нумеричке калкулације која припада процени ломних одлика, тј. одређивању понашања структура у случају присуства вишеструких заморних прелина.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације под називом „Истраживање модалитета деградационих процеса љуске трупа путничке летелице и могућности продужења заморног века“ (*RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS*) Даниеле Ђукић, магистра машинства, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације 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. Комисија такође сматра да дисертација представља оригиналан и веома успешан научно-истраживачки рад, са којим је научна и стручна јавност упозната кроз научни рад објављен у врхунском међународним часопису категорије M21.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносом у области техничких наука, ужа научна област ваздухопловство, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да прихвати Реферат Комисије, да дисертацију под називом називом „Истраживање модалитета деградационих процеса љуске трупа путничке летелице и могућности продужења заморног века“ (*RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS*) Даниеле Ђукић, магистра

машинства, стави на увид јавности и да Реферат упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 29.11.2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Небојша Петровић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Мирко Динуловић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Данило Петрашиновић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Радослав Радуловић, доцент,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Гордана Кастратовић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 2044/5
Датум: 09.12.2021. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017 и 27/2018-др. закон), члана 41. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду, члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 09.12.2021. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ИСТРАЖИВАЊЕ МОДАЛИТЕТА ДЕГРАДАЦИОНИХ ПРОЦЕСА ЉУСКЕ ТРУПА ПУТНИЧКЕ ЛЕТЕЛИЦЕ И МОГУЋНОСТИ ПРОДУЖЕЊА ЗАМОРНОГ БЕКА (RESEARCH OF THE MODALITIES OF DEGRADATION PROCESSES OF A FUSELAGE SHELL OF PASSENGER AIRCRAFT AND POSSIBILITIES OF FATIGUE LIFE EXTENSIONS)“** студента **мр ДАНИЕЛЕ ЂУКИЋ**, дипл. инж. маш.

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

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-3319/2-21, од 28.09.2021. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

[1] **D.Đukić**, A.Grbović, G.Kastratović, N.Vidanović, A.Sedmak, *Stress intensity factors numerical calculations for two penny shaped cracks in the elastic solid*, Engineering Failure Analysis, Vol.112(7), 2020, Elsevier, ISSN 1350-6307, DOI: 10.1016/j.engfailanal.2020.104507

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић