

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)

2173/4

(Број захтева)

15.11.2018. 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:

KHALID AHMED ELDWAIB

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **KHALID AHMED ELDWAIB** уписан на Докторске студије 2014 године.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

ОПТИМИЗАЦИЈА ИНТЕГРАЛНЕ AI-2024 РАМЕЊАЧЕ КРИЛА НА БАЗИ ПРОЦЕНЕ ВЕКА ПОД ЗАМОРОМ
(OPTIMIZATION OF AI-2024 INTEGRAL WING SPAR BASED ON ESTIMATED FATIGUE LIFE)

Универзитет је дана 27.08.2018. год. својим актом под бр. 61206-3532/2-18 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ОПТИМИЗАЦИЈА ИНТЕГРАЛНЕ AI-2024 РАМЕЊАЧЕ КРИЛА НА БАЗИ ПРОЦЕНЕ ВЕКА ПОД ЗАМОРОМ
(OPTIMIZATION OF AI-2024 INTEGRAL WING SPAR BASED ON ESTIMATED FATIGUE LIFE)

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **KHALID AHMED ELDWAIB**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 11.10.2018. године, одлуком факултета под бр. 2173/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Александар Грбовић	Ванр. проф.	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
2. Др Александар Седмак	Ред. проф.	Тех. Материјала – Машински мат. заваривање	Машински факултет Београд
3. Др Драган Милковић	Ванр. проф.	Шинска возила	Машински факултет Београд
4. Др Данило Петрашиновић	Ванр. проф.	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
5. Др Гордана Кастратовић	Ред. проф.	Механика	Саобраћајни факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 15.11.2018. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

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: 2173/4
Датум: 15.11.2018. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и реферата Комисије у саставу: др Александар Грбовић, ванр. проф., др Александар Седмак, ред. проф., др Драган Милковић, ванр. проф., др Данило Петрашиновић, ванр. проф. и др Гордана Кастратовић, ред. проф., Саобраћајни факултет Београд о оцени докторске дисертације „Оптимизација интегралне АI-2024 рамењаче крила на бази процене века под замором (Optimization of AI-2024 Integral Wing Spar Based On Estimated Fatigue Life)“ студента докторских студија **Khalid Ahmed Eldwaib**, маг. инж. маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 15.11.2018. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ОПТИМИЗАЦИЈА ИНТЕГРАЛНЕ АI-2024 РАМЕЊАЧЕ КРИЛА НА БАЗИ ПРОЦЕНЕ ВЕКА ПОД ЗАМОРОМ (OPTIMIZATION OF AI-2024 INTEGRAL WING SPAR BASED ON ESTIMATED FATIGUE LIFE)“** студента **KHALID AHMED ELDWAIB**, маг. инж. маш.

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

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Машински факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Калида Ахмеда Елдвејба (Khalid Ahmed Eldwaib), маг. инж. маш.

Одлуком 2173/2 од 11.10.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Калида Ахмеда Елдвејба (Khalid Ahmed Eldwaib), маг. инж. маш. под насловом

ОПТИМИЗАЦИЈА ИНТЕГРАЛНЕ А1-2024 РАМЕЊАЧЕ КРИЛА НА БАЗИ ПРОЦЕНЕ ВЕКА ПОД ЗАМОРОМ

(Optimization of A1-2024 Integral Wing Spar Based On Estimated Fatigue Life)

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 Калид Ахмед Елдвејб (Khalid Ahmed Eldwaib), маг. инж. маш. је на Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписан школске 2014/2015. године. После положених испита и других стечених услова, кандидат је поднео захтев бр. 1507/1 од 13.06.2018. за одобравање израде докторске дисертације под насловом „Оптимизација интегралне А1-2024 рамењаче крила на бази процене века под замором“ („Optimization of A1-2024 Integral Wing Spar Based On Estimated Fatigue Life“). Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је Одлуку број 1507/2 од 28.06.2018. године којом именује Комисију за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу проф. др Александар Грбовић, проф. др

Александар Седмак, проф. др Драган Милковић, проф. др Данило Петрашиновић и проф. др Гордана Кастратовић (Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду), са задатком да оцени подобност теме и кандидата за израду докторске дисертације. Комисија је поднела позитиван Реферат бр. 1507/3 од 09.07.2018. Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду је Одлуком бр. 1507/4 од 12.07.2018. прихватило предлог Комисије о испуњености услова и о научној заснованости докторске теме „Оптимизација интегралне Al-2024 рамењаче крила на бази процене века под замором“ („Optimization of Al-2024 Integral Wing Spar Based On Estimated Fatigue Life“). Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је својом одлуком бр. 61206-3532/2-18 ЛД од 27.08.2018. дало сагласност на предлог теме докторске дисертације, а за ментора именovalo проф. др Александра Грбовића.

На предлог ментора проф. др Александра Грбовића и Комисије за докторске студије Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду, Одлуком бр. 2173/2 од 11.10.2018. године, именovalo је Комисију за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације са задатком да поднесе Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Калида Ахмеда Елдвејба (Khalid Ahmed Eldwaib) у саставу проф. др Александар Грбовић, проф. др Александар Седмак, проф. др Драган Милковић, проф. др Данило Петрашиновић и проф. др Гордана Кастратовић (Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду).

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација кандидата Калида Ахмеда Елдвејба (Khalid Ahmed Eldwaib), маг. инж. маш., под насловом „Оптимизација интегралне Al-2024 рамењаче крила на бази процене века под замором“ („Optimization of Al-2024 Integral Wing Spar Based On Estimated Fatigue Life“) припада области техничких наука – машинство, ужа научна област ваздухопловство, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

Израдом докторске дисертације руководио је др Александар Грбовић, ванредни професор групе ваздухопловних предмета на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду, аутор преко десет научних радова објављених у часописима са SCI листе, из научне области којој припада и ова дисертација.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Калид Ахмед Елдвејб (Khalid Ahmed Eldwaib) је рођен 01.09.1970. у Мисурати (Misurata) у Либији, где је завршио основну и средњу школу у периоду 1976-1988.

Школске 1988/89 уписао је, а 1993. године завршио основне академске студије на Техничком факултету Универзитета у Бенгазију, Либија (Faculty of Engineering, University of Benghazi). Мастер студије уписује 2004. на Табин институту за металуршке студије у Каиру,

Египат (Tabbin Institute For Metallurgical Studies - TIMS), које успешно завршава 2008. године.

Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписује школске 2014/2015. године где полаже све испите предвиђене Планом усавршавања. Као резултат научно-истраживачког рада током докторских студија кандидат објављује 2 рада: један рад у међународном часопису (катеорија M23) и један рад у часопису међународног значаја верификованом посебном одлуком (M24).

Калид Ахмед Елдвејб поседује вишегодишње радно искуство. У периоду од 2000. године до 2009. године био је запослен као машински инжењер у High Institute For Comprehensive Professions, Мисурата - Либија. Од 2009. запослен је као предавач на одсеку за материјале Техничког факултета Мисурата Универзитета у Либији (Engineering Faculty, Misurata University, Misurata, Libya), где и данас ради. Ожењен је и отац је петоро деце.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Калида Ахмеда Елдвејба (Khalid Ahmed Eldwaib), маг. инж. маш., под насловом „Оптимизација интегралне А1-2024 рамењаче крила на бази процене века под замором“ („Optimization of A1-2024 Integral Wing Spar Based On Estimated Fatigue Life“) написана је на енглеском језику. Дисертација има 159 страна формата А4, 100 слика, 14 табела, 55 нумерисаних израза и списак литературе на 10 страна.

Дисертација се састоји од следећих поглавља:

1. Увод
 2. Преглед литературе
 3. Теоретске основе проучавања замора структура
 4. Проширена метода коначних елемената (ПМКЕ) у израчунавању вредности фактора интензитета напона
 5. Оцена примењивости ПМКЕ у моделовању раста заморне прслине
 6. Процена заморног века оштећене интегралне рамењаче крила коришћењем ПМКЕ
 7. Оптимизација попречног пресека рамењаче крила на бази века под замором
 8. Закључна разматрања
- Литература

Осим наведеног, дисертација садржи проширени резиме на српском и енглеском језику, садржај, номенклатуру, биографију аутора, као и прилоге: изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Предмет проучавања ове дисертације је понашање заморних прслина на интегралној АI-2024 рамењачи као главном носећем елементу крила летелице применом експерименталних и нумеричких метода, пре свих проширене методе коначних елемената (ПМКЕ), са циљем оптимизације њене геометрије у сврху обезбеђивања максимално могућег заморног века оштећене рамењаче изложене цикличним радним оптерећењима.

У складу са предметом дисертације, а у сврху представљања проблематике понашања заморних прслина на главном носећем елементу крила – рамењачи, у **првом поглављу** су јасно изложени циљеви и истраживачке методе коришћене да би се до жељених резултата дошло. Навођењем најзначајнијих ваздухопловних инцидената који су били резултат појава прслина услед динамичких оптерећења, истакнута је важност проучавања замора и заморних оштећења ваздухопловних структура, при чему је дат и осврт на најзначајније методологије проучавања и моделирања замора, укључујући и данас најзаступљенију филозофију пројектовања – са толерисаним оштећењем (*eng. damage tolerance*). У уводу су представљене и интегралне ваздухопловне структуре и њихове компаративне предности у односу на конвенционалне диференцијалне структуре (где се спојеви остварују помоћу закивака), са посебним нагласком на интегралној рамењачи крила. Такође, на крају уводног дела дат је и кратак преглед дисертације по поглављима.

У **другом поглављу** дат је преглед литературе кроз који су детаљније представљене фазе у радном веку структура изложених замору, основни фактори који утичу на замор ваздухопловних структура и методе процене заморног века структура са заморним оштећењем, са освртом на оштећене интегралне структуре. Кроз бројне референце махом скорашњих датума праћене коментарима, наведена су најновија научна достигнућа у области проучавања замора и различити приступи и нумеричке методе (МКЕ, ПМКЕ) које се данас користе, уз истицање најактуелнијих тема, међу којима је и утицај типа и густине мреже коначних елемената на тачност процене века структуре под замором. На крају поглавља су укратко дате и основе оптималног пројектовања структура.

Треће поглавље доноси теоријски осврт на проблематику замора, утицај концентрације напона на иницијацију и раст заморне прслине, основне фазе у заморном веку структура, основе линеарне еластичне механике лома, дефинисање и израчунавање фактора интензитета напона, те коришћење фактора интензитета напона у сврху добијања процене експлоатационог века оштећене структуре. У том смислу је детаљно приказан и Парисов закон који повезује факторе интензитета напона са брзином раста заморних прслина, а који је у наставку дисертације коришћен за процену заморног века оштећених интегралних структура.

Комплетно **четврто поглавље** посвећено је детаљном представљању нумеричке методе која је у самој дисертацији коришћена за одређивање фактора интензитета напона. Реч је о проширеној методи коначних елемената (ПМКЕ) чија је имплементација спроведена кроз софтверске пакете *Abaqus* и *Morfeo/Crack for Abaqus*. Дате су теоријске основе ПМКЕ, са приказом *partition of unity* методе, функција побољшања (уз истицање асимптотских функција поља у близини врха прслине) и *level set* методе за моделовање дисконтинуитета. Истакнут је и значај ПМКЕ у евалуацији заморног века структура комплексних геометрија (што геометрија рамењаче крила јесте), али и да је за прихватање резултата које она даје и даље потребна експериментална верификација или потврда поређењем са вредностима које предвиђају „традиционалне“ методе, јер ПМКЕ још увек није широко прихваћена од стране истраживача.

Из поменутог разлога **пето поглавље** дисертације доноси валидацију и верификацију проширене методе коначних елемената кроз поређење фактора интензитета напона добијених за тзв. “*benchmark*” моделе (*CCT* узорак, *SENT* узорак) за два различита случаја оптерећења (униформни затезни напон и концентрисана сила), са вредностима фактора интензитета напона добијеним аналитичким путем или преко емпиријских формула (Tada, Feddersen, Brown), али и поређењем са решењима добијеним методом граничних елемената имплементираном у Насин (NASA) софтвер NASGRO. Посебна пажња је посвећена анализи утицаја густине мреже на тачност добијених вредности фактора интензитета напона која је спроведена на моделима са средњим вредностима величине коначних елемената 0,2 mm и 0,4 mm. У поглављу су извршена и поређења бројева циклуса раста прслина (одн. заморних векова) на *CCT* узорку процењених помоћу Парисове формуле за вредности фактора интензитета напона добијених коришћењем ПМКЕ, са бројевима циклуса добијеним на *CCT* узорку помоћу NASGRO софтвера (који у ту сврху користи оригиналну NASGRO формулу). Истакнуто је да су добијени резултати указали на висок степен тачности вредности фактора интензитета напона израчунатих на моделима узорака помоћу ПМКЕ.

У првом делу **шестог поглавља** представљена је експериментална конфигурација коришћена за тестирање на замор диференцијалних рамењача лаког авиона израђених од легуре Al 2024-T3 које су послужиле за валидацију резултата (пре свих процене заморног века) добијених касније симулацијама раста прслина помоћу ПМКЕ. У наставку поглавља је приказан развој нумеричког модела диференцијалне рамењаче у сврху верификације методологије неопходне за спровођење ПМКЕ. Поређени су нумерички резултати са резултатима добијеним експерименталним испитивањем оштећених диференцијалних рамењача и побољшаван је нумерички модел у сврху смањења разлике експерименталних и нумеричких резултата. Извлачени су закључци у вези тога како модел коначних елемената (број чворова, тип и величина коначног елемента који треба користити, итд.) треба да изгледа да би што верније симулирао стварну рамењачу. Модел диференцијалне рамењаче је потом искоришћен да се истражи вероватноћа појављивања и ширења прслина на другим местима сем појасева рамењача, али су прорачуни показали да је то мало вероватно (што је у

сагласју са оним што је из праксе и познато). Пошто је основна идеја била да се диференцијална рамењача замени интегралном чија би површина попречног пресека облика I-профила била идентична површини пресека диференцијалне рамењаче (како би маса рамењаче остала непромењена), развијен је нумерички модел интегралне рамењаче попречног пресека идентичног пресеку диференцијалне и на њему је симулиран истовремени раст две заморне прслине, из разлога што је и у експериментима често уочаван раст две прслине на појасевима рамењача. Прорачуни су показали да је заморни век вишеструко оштећене интегралне рамењаче изложене цикличном оптерећењу дужи него експериментални век диференцијалних рамењача, па је у циљу добијања што дужег заморног века следећи корак био оптимизација попречног пресека интегралне рамењаче.

Резултати добијени и представљени у шестом поглављу искоришћени су, стога, као полазна тачка за оптимизацију геометрије интегралне рамењаче путем оптимизације верификованог нумеричког модела коришћењем ПМКЕ, која је спроведена и описана у **седмом поглављу**. Оптимизација је изведена у циљу добијања оптималног облика и димензија попречног пресека интегралне рамењаче са аспекта максималног заморног века, при чему је површина попречног пресека држана непромењеном да би маса оптимизоване интегралне рамењаче била иста као постојеће диференцијалне рамењаче. У том циљу посматрана су три различита облика попречног пресека интегралне рамењаче и анализиране су добијене вредности фактора интензитета напона, брзине раста прслина и броја заморних циклуса под спољним динамичким оптерећењем еквивалентном оном коришћеном у експериментима. Први анализирани облик је основни облик интегралне рамењаче описан у претходном поглављу (случај А), други је интегрална рамењача са попречним пресеком облика U-профила (случај Б), док је трећи интегрална рамењача попречног пресека облика I-профила са додатним појасом (случај Ц). Случај Ц је разрађен кроз три подслучаја Ц₁, Ц₂ и Ц₃ који се међусобно разликују по позицији додатог појаса, и у складу с тим, и осталим димензијама попречног пресека, при чему подслучај Ц₃ има и различиту укупну висину попречног пресека. На крају седмог поглавља дато је и поређење вредности заморног века свих разматраних случајева, са дефинисањем оптималног попречног пресека интегралне рамењаче са аспекта процене века под замором.

Осмо поглавље даје кратак резиме, партикуларне закључке за све анализиране моделе, како валидационе и верификационе, тако и моделе анализиране у сврху оптимизације. У осмом поглављу је дат и општи закључак, смернице за даља истраживања, као и остварени допринос кандидата решавању предметне проблематике.

Након свих поглавља дат је **списак референтне литературе** коришћене током истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Оптимизација интегралне А1-2024 рамењаче крила на бази процене века под замором“ („Optimization of A1-2024 Integral Wing Spar Based On Estimated Fatigue Life“), кандидата Калида Ахмеда Елдвејба (Khalid Ahmed Eldwaib), маг. инж. маш., даје савремен и оригиналан приступ методологији оптимизације интегралних носећих ваздухопловних структура базираној на процени поузданог (енг. *fail safe*) заморног века који укључује и постојање и раст прелина. Савременост се огледа у афирмацији коришћења интегралних структура, које са развојем нових технологија израде постају све јефтиније, а због одсуства елемената за везу (закивака) лакше су и имају мање подручја са концентрацијама напона погодним за иницирање прелина. Оригиналност се огледа првенствено у коришћењу проширене методе коначних елемената у развоју методологије оптимизације базиране на процени поузданог заморног века. Предложена методологија, с обзиром на захтеве модерних ваздухопловних компанија које су окренуте смањењу материјалних трошкова и повећању ефикасности у свим фазама развоја, убрзава процесе пројектовања и производње и оптимизује саме методе одржавање летелица.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У изради дисертације коришћена је литература чији је списак дат после последњег, осмог поглавља. Литература обухвата укупно 97 референци које се углавном баве проблемима понашања конструкција под заморним оптерећењем, као и проценама радног века диференцијалних и интегралних структура коришћених у ваздухопловству. Такође, референце доносе и осврте на најактуелније проблеме из области примене ПМКЕ.

Анализом списка коришћене литературе може се закључити да је кандидат располагао већином доступне референтне литературе и да је исту проучио у току израде дисертације и адекватно наводио. Она је послужила као полазна основа за формирање прегледа досадашњих истраживања и релевантан приказ тренутног стања у предметној области.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су примењене савремене научноистраживачке методе у теоријском и експерименталном истраживању у домену анализе ширења заморних прелина и процене животног века ваздухопловних структура. Током реализације циљева истраживања коришћене су следеће методе и технике истраживања:

1. Преглед литературе и анализа постојећих метода процене века интегралних

конструкција, као и остварених резултата из предметне области дисертације.

2. Опис и поставка разматраног проблема (метод дескрипције).
3. Формирање меродавних нумеричких модела оштећених диференцијалних рамењача коришћењем проширене методе коначних елемената (ПМКЕ), чија се примена изводи у оквиру програмских пакета *Abaqus* и *Morfeo/Crack for Abaqus* (нумеричке методе).
4. Валидација и верификација ПМКЕ на тзв. “*benchmark*” моделима и потврђивање добијених резултата поређењем са вредностима добијених методом граничних елемената у програму NASGRO и преко емпиријских формула (метод компарације).
5. Оптимизација нумеричких модела интегралних рамењача (метод оптимизације).
6. Анализа података и давање предлога модификације развијених модела на основу претходно добијених резултата, коришћењем метода статистичке анализе и обраде података.

Изабране методе су адекватне за проблематику истраживања и правилно су коришћене за темељно представљање и анализирање проблема поуздане процене заморног века оштећених интегралних рамењача, а у циљу оптимизације облика истих.

3.4. Примењивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације примењиви су у научном смислу, али имају и широку практичну примену.

Резултати и спроведене анализе оригиналних нумеричких модела омогућавају, на основу дефинисаних параметара механике лома, добијање реалистичне процене брзине раста прелина и заморног века на реалним ваздухопловним интегралним носећим структурама. Кандидат је на једном конкретном примеру интегралне рамењаче у склопу дисертације демонстрирао методологију оптимизације базиране на процени поузданог заморног века. У приказаном случају постигнуто је значајно побољшање века оптимизоване конфигурације у односу на иницијалну конфигурацију, а развијена методологија оптимизације се са мањим прилагођавањима може применити и на друге интегралне структуре и у другим научно-истраживачким областима, истичући тиме своју универзалност и могућност имплементације у различитим фазама процеса развоја и производње носећих структура.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Чланови Комисије сматрају да је кандидат током израде докторске дисертације показао да је у стању да самостално решава научне проблеме и да влада научним и истраживачким методама, те да поседује потребна стручна, теоријска и практична знања потребна за самостални научни рад, што је показао реализацијом планираног истраживања од иницијалне идеје до завршетка докторске дисертације.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос ове дисертације је остварен у:

- Предлогу методологије оптимизације базиране на процени поузданог заморног века коришћењем нумеричких метода, пре свих проширене методе коначних елемената.
- Унапређењу конструктивних решења, тј. развоја интегралне рамењаче лаког авиона од алуминијумске легуре Al-2024 на којој је тестирана методологија оптимизације са циљем продужења поузданог радног века главне носеће ваздухопловне структуре.
- Унапређењу процеса пројектовања кроз експерименталну верификацију примене проширене методе коначних елемената у тродимензионалним симулацијама ширења прслина и заморног понашања оштећених структура, са акцентом на понашање интегралних рамењача лаког авиона, али и могућношћу адекватне примене на друге интегралне структуре које током експлоатације трпе динамичка оптерећења у циклусима.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постојећег стања из области докторске дисертације, као и циљева истраживања и добијених резултата, може се констатовати да су разрешена сва битна питања и дилеме које су се појавиле током истраживања.

Јасно су презентиране све предности коришћења ПМКЕ, јер је спроведеним истраживањем установљена методологија оптимизације интегралне носеће ваздухопловне структуре, базиране на процени поузданог заморног века управо овом методом.

На основу изведених закључака и консеквентних побољшања нумеричког модела диференцијалне рамењаче, постепено је развијен и поуздан нумерички модел интегралне рамењаче који је био коришћен за одређивање века вишеструко оштећене рамењаче изложене цикличном оптерећењу. Знатно дужи добијени век интегралне рамењаче је био полазна тачка за оптимизацију ове интегралне структуре. Коначно, кроз рад на тези дошло се до оптималног облика попречног пресека интегралне рамењаче чији је век под замором вишеструко дужи од диференцијалне рамењаче направљене од истог материјала и исте масе (без узимања у обзир масе закивака).

Такође, добијени резултати истраживања могу допринети даљем унапређењу пројектовања тродимензионалних интегралних структура генерално, у смислу да могу бити

добра полазна основа за оптимизације и других структура код којих је један од главних пројектних критеријума што дужи век под замором,

4.3. Верификација научних доприноса

Верификација добијених оригиналних резултата остварена је кроз рад објављен у међународном часопису и рад објављен у часопису међународног значаја верификованим посебном одлуком, а који су везани за истраживања спроведена у оквиру ове докторске дисертације:

Категорија M23 - Рад у међународном часопису

1. **Khalid Ahmed Eldwaib**, Aleksandar Grbović, Aleksandar Sedmak, Gordana Kastratović, Danilo Petrasinović, Simon Sedmak: FATIGUE LIFE ESTIMATION OF DAMAGED INTEGRAL WING SPAR USING XFEM, Technical Gazette, Vol. 25, No. 6, DOI Number 10.17559/TV-20171007105350.

Категорија M24 - Рад у часопису међународног значаја верификованим посебном одлуком

2. **Khalid Ahmed Eldwaib**, Aleksandar Grbović, Gordana Kastratović, Dorin Radu, Simon Sedmak: FATIGUE LIFE ESTIMATION OF CCT SPECIMEN USING XFEM, Structural Integrity and Life, Vol.17, No.2, 2017, pp.151–156, ISSN 1451-3749.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације под називом „Оптимизација интегралне А1-2024 рамењаче крила на бази процене века под замором“ (“Optimization of A1-2024 Integral Wing Spar Based On Estimated Fatigue Life”), кандидата Калида Ахмеда Елдвејба (Khalid Ahmed Eldwaib), маг. инж. маш., 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 два објављена научна рада, од којих је један публикован у међународним часопису категорије M23, а други у часопису међународног значаја верификованим посебном одлуком категорије M24.

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 „Оптимизација интегралне А1-2024 рамењаче крила на бази процене века под замором“ („Optimization of A1-2024 Integral Wing Spar Based On Estimated Fatigue Life“), кандидата Калида Ахмеда Елдвејба (Khalid Ahmed Eldwaib), маг. инж. маш., стави на увид јавности и да Реферат упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 10.11.2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Александар Грбовић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Александар Седмак, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Драган Милковић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

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

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 2173/4
Датум: 15.11.2018. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 15.11.2018. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ОПТИМИЗАЦИЈА ИНТЕГРАЛНЕ AL-2024 РАМЕЊАЧЕ КРИЛА НА БАЗИ ПРОЦЕНЕ БЕКА ПОД ЗАМОРОМ (OPTIMIZATION OF AL-2024 INTEGRAL WING SPAR BASED ON ESTIMATED FATIGUE LIFE)“** студента **KHALID AHMED ELDWAIB**, магист. инж. маш.

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

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-3532/2-18, од 27.08.2018. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

Категорија M23

1. **Khalid Ahmed Eldwaib**, Aleksandar Grbović, Aleksandar Sedmak, Gordana Kastratović, Danilo Petrasinović, Simon Sedmak: FATIGUE LIFE ESTIMATION OF DAMAGED INTEGRAL WING SPAR USING XFEM, Technical Gazette, Vol. 25, No. 6, DOI Number 10.17559/TV-20171007105350.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић