

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Машински факултет
Краљице Марије 16
11120 Београд 35

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Хамада Каледа Аларфатија (**Hamad Khaled Alarfati**), маг. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Машинског факултета бр. 1283/2 од 9. јула 2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Хамада Каледа Аларфатија (**Hamad Khaled Alarfati**), маг. инж. маш. под насловом

„Оптимални облик летећег објекта за улазак у атмосферу на основу анализе интеракције флуида и структуре”
(„The optimal shape of a flying object for atmospheric entry based on fluid-structure interaction analysis”)

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала, као и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati) уписао је Докторске студије на Универзитету у Београду - Машинском факултету школске 2022. године. У складу са дефинисаним планом студија и програмом стручног усавршавања, кандидат је положио све предмете са просечном оценом 10,00 (десет) и успешно одбранио пројекат истраживања докторске дисертације.

На основу захтева кандидата бр. 578/1 од 19.03.2026. за одобрење израде докторске дисертације, Наставно-научно веће Универзитета у Београду - Машинског факултета, на седници одржаној 14.05.2026.г. донело је Одлуку бр. 578/5 којом је потврђена валидност теме и испуњеност услова за израду дисертације Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati) под називом: „Оптимални облик летећег објекта за улазак у атмосферу на основу анализе интеракције флуида и структуре” („The optimal shape of a flying object for atmospheric entry based on fluid-structure interaction analysis”). Истом одлуком проф. др Александар Грбовић именован је за ментора дисертације.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је 20.05.2026.г. донело Одлуку бр. 61206-1751/2-26 којом је дата сагласност на предложену тему докторске дисертације Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati) под називом „Оптимални

облик летећег објекта за улазак у атмосферу на основу анализе интеракције флуида и структуре” („The optimal shape of a flying object for atmospheric entry based on fluid-structure interaction analysis”).

На основу обавештења ментора да је кандидат завршио дисертацију и предлога Катедре за ваздухопловство бр. 1283/1 од 01.07.2026.г., Наставно-научно веће Универзитета у Београду - Машинског факултета, на седници одржаној 09.07.2026. године, донело је Одлуку бр. 1283/2, којом су именовани чланови Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati), у саставу:

- др Александар Симоновић, ред.проф., Универзитет у Београду – Машински факултет
- др Александар Грбовић, ред.проф., Универзитет у Београду – Машински факултет
- др Гордана Кастратовић, ред.проф., Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati) под називом „Оптимални облик летећег објекта за улазак у атмосферу на основу анализе интеракције флуида и структуре” („The optimal shape of a flying object for atmospheric entry based on fluid-structure interaction analysis”) припада научној области техничке науке - машинство, а ужој научној области ваздухопловство, за коју је матичан Универзитет у Београду - Машински факултет.

За ментора докторске дисертације одређен је проф. др Александар Грбовић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду. Проф. Грбовић има 67 објављених радова у часописима са SCI листе, 1641 цитат и h-индекс 22 (извор: база Scopus).

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati) рођен је [REDACTED] у [REDACTED], [REDACTED]. Основно и средње образовање завршио је у Уједињеним Арапским Емиратима.

Године 2014. уписао је студије машинства на Khalifa University of Science and Technology у Абу Дабију, Уједињени Арапски Емирати. Четворогодишње основне студије завршио је 2018. године. Током основних студија стекао је основна знања из машинства, као и знања из механике, термодинамике, преноса топлоте и масе, динамичких система, методе коначних елемената, анализе конструкција, аеродинамике и производног машинства. Завршни пројекат реализовао је у оквиру такмичења SAE Supermileage Competition, са циљем пројектовања и развоја лаког и енергетски ефикасног возила са аспекта економичности потрошње горива.

Током основних студија обавио је и стручну праксу у ADNOC Technical Institute (ADMA Pilot Plant) 2017. године, где је стекао практично искуство у областима инжењерске безбедности, прераде нафте, третмана гаса, као и машинских и електричних система. Учествовао је и у више самосталних техничких и инжењерских студија, у оквиру којих се бавио термичком спрегом и анализом пиезоелектричних материјала.

Након дипломирања 2018. године, Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati) започео је професионалну каријеру као машински инжењер у Абу Дабију, у компанији Halcon Systems. Професионални рад кандидата првенствено је био усмерен на истраживачко-развојне активности у области машинских система, пројектовања и анализе конструкција

наоружања, нумеричких симулација и сродних инжењерских примена. Кандидат Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati) има искуство у пројектовању и анализи машинских система и конструкција, као и примени нумеричких инжењерских метода у решавању сложених мултидисциплинарних проблема.

Кандидат Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati) наставио је академско усавршавање уписом мастер студија на Универзитету у Београду - Машинском факултету 2019 године. Мастер студије завршио је 2021. године са просечном оценом 10,00. Студије су биле усмерене на ваздухопловно машинство, са посебним нагласком на анализу носећих конструкција, методу коначних елемената, аеродинамику, погонске системе, ваздухопловне конструкције и ракетне системе.

Истраживање у оквиру мастер рада под називом „Анализа спреге флуида и структуре суперсоничне ракете” (ментор проф. др Александар Грбовић) обухватило је пројектовање и анализу конфигурације суперсоничне ракете, прорачунску динамику флуида, анализу оптерећења конструкције и примену методологије интеракције флуида и структуре (ИФС) за спрезање аеродинамичких и структуралних анализа. Посебна пажња посвећена је утицају аеродинамичких и термичких оптерећења на конструкцију ракете и процени разлика резултата добијених конвенционалним методама и спрегнутим аеро-структурним анализама.

Искуство стечено током рада на мастер тези, заједно са професионалним инжењерским активностима и интересовањем за мултидисциплинарне ваздухопловне анализе, мотивисало је кандидата Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati) да академско усавршавање настави кроз Докторске студије које је на Универзитету у Београду - Машинском факултету уписао 2022. године. Током докторских студија стекао је напредна знања из методе коначних елемената, аероеластичности, термоеластичности, механике лома, интегритета конструкција и интеракције флуида и структуре.

Током Докторских студија био је укључен у научноистраживачки рад у области моделирања композитних конструкција, аероеластичне стабилности и интегритета ваздухопловних конструкција. Истраживачке активности кандидата обухватају рад на моделирању композитних плоча са саћастих језгром од Nomex-а ради анализе динамичког интегритета на мезоскалном нивоу, као и анализу торзионе дивергенције крилаца ракете засновану на Галеркиновој методи. Истраживања кандидата Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati) током студија представљена су јавности и у оквиру међународних научних конференција.

Садашња истраживачка интересовања кандидата Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati) усмерена су на хиперсонични лет, интеракцију флуида и структуре, аеро-термодинамику, термо-механичко понашање структура, методу коначних елемената, интегритет конструкција и нумеричку симулацију ваздухопловних конструкција. Његово докторско истраживање интегрише ове области ради испитивања структуралног и термичког одговора летећег објекта при повратку у атмосферу у захтевним условима хиперсоничног лета.

Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati) тренутно је запослен као инжењер у компанији EDGE Group у Абу Дабију, Уједињени Арапски Емирати.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati) под називом „Оптимални облик летећег објекта за улазак у атмосферу на основу анализе

интеракције флуида и структуре” („The optimal shape of a flying object for atmospheric entry based on fluid-structure interaction analysis”) написана је на енглеском језику и има укупно 269 страна, 189 слика, 26 табела, 139 референци и прилог.

Докторска дисертација састоји се од следећих поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Теоријске основе
4. Процес пројектовања - развој нумеричког модела и дефинисање параметара анализе
5. Методологија - термичка и термо-структурна анализа конструкције летећег објекта применом методе коначних елемената
6. Резултати анализе ИФС и дискусија
7. Нумеричка симулација раста прслине у конструкцији летећег објекта
8. Закључци и будући рад
9. Литература
10. Прилог А

Поред наведеног, докторска дисертација садржи детаљан садржај, списак слика, списак табела, апстракт, номенклатуру и захвалницу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље *Увод* приказује мотивацију и разлоге за истраживање летећег објекта за повратак у атмосферу (ЛОПА) који функционише у условима великих брзина, тј. хиперсоничног лета. Представљени су основни изазови повезани са аеродинамичким, термичким и инерцијалним оптерећењима током лета објекта, са посебним нагласком на захтевне услове којима је изложен при поновном уласку у атмосферу. Разматра се значај тачне процене интеракције аеродинамичких оптерећења, термичких ефеката и одзива конструкције. Представљени су и разлози за примену метода интеракције флуида и структуре (ИФС) у одређивању оптималног облика и процени интегритета конструкције ЛОПА, након чега су дефинисани циљеви истраживања и општи методолошки приступ примењен у дисертацији.

Друго поглавље *Преглед литературе* даје свеобухватан преглед досадашњих истраживања у вези са системима ЛОПА, ваздухопловним конструкцијама за велике брзине и мултидисциплинарним нумеричким анализама. Поглавље разматра историјски и технолошки развој оваквих објеката, њихове главне конструкционе компоненте и пројектне изазове. Посебна пажња посвећена је досадашњим истраживањима интеракције флуида и структуре у ваздухопловним применама, интегритету конструкције под аеродинамичким оптерећењима при великим брзинама, аероеластичним појавама, термичким ефектима и потенцијалним механизмима отказа конструкције. Разматрани су и рачунарски приступи који се користе за моделирање ИФС, као и утицај атмосферских услова на конструкције анализираних летећих објеката. Поред тога, приказани су материјали погодни за примене на високим температурама и у хиперсоничним условима. На основу анализираних литературе идентификовани су главни истраживачки правци дисертације.

Треће поглавље *Теоријске основе* представља теоријске моделе неопходне за нумеричке анализе спроведене у дисертацији. Описани су основни принципи механике конструкција, динамике флуида, преноса топлоте и интеракције флуида и структуре. Поглавље уводи основне једначине и нумеричке приступе који се користе за процену аеродинамичког притиска, термичког оптерећења, деформација конструкције, напона и спрегнутог термомеханичког одзива. Посебна пажња посвећена је принципима ИФС и преносу аеродинамичких и термичких оптерећења између домена флуида и структуралног

домена. Теоријска основа представља полазиште за методологију која је потом примењена у нумеричким симулацијама.

Четврто поглавље *Процес пројектовања - развој нумеричког модела и дефинисање параметара анализе* описује развој оптималне конфигурације ЛОПА и одређивање главних параметара неопходних за нумеричко истраживање. Као референтна конфигурација усвојен је тростепени систем класе Minuteman. Поглавље обухвата дефинисање геометрије летећег објекта, погонских карактеристика, расподеле масе и других релевантних пројектних параметара. Развијен је нумерички модел трајекторије ради одређивања услова лета и одговарајућег аеродинамичког и инерцијалног оптерећења током мисије. Размотрена су и геометријска скалирања и сличност, а припремљен је и тродимензионални модел потребан за рачунарске анализе. Добијени параметри трајекторије коришћени су за идентификацију критичних услова лета који су потом изабрани за детаљно нумеричко истраживање.

Пето поглавље *Методологија - термичка и термо-структурна анализа конструкције летећег објекта применом методе коначних елемената* описује целокупан поступак (методологију) развијен за конструктивне, аеродинамичке, термичке и спрегнуте анализе. Развијена методологија интегрише модел трајекторије са прорачунском динамиком флуида, термичком анализом, методом коначних елемената (МКЕ) и поступцима проучавања интеракције флуида и структуре. Поглавље приказује припрему рачунарске геометрије и мрежа, дефинисање својстава материјала и граничних услова, подешавања солвера за прорачунску динамику флуида, као и узимање у обзир инерцијалних ефеката. Описани су поступци преноса аеродинамичког притиска и термичких оптерећења из домена флуида на конструкциони модел. Разматране су различите модификације облика референтне структуре, различити модели материјала (легури алуминијума, челика, титанијума и композитни материјали), критеријуми структуралног интегритета, параметри мреже коначних елемената, као и ограничења модела. Детаљна, корак-по-корак анализа прве изабране тачке лета за проучавање приказана је у поглављу ради демонстрације целокупног нумеричког поступка.

Шесто поглавље *Резултати анализе ИФС и дискусија* доноси анализу нумеричких резултата добијених за изабране услове лета и структурне конфигурације. Истраживање у дисертацији обухвата више репрезентативних тачака које покривају делове мисије ЛОПА при великим брзинама и у хиперсоничном режиму. Прва симулација разматра лет на висини од 40 km са приближним Маховим бројем 6 и користи се за процену аеродинамичког и термичког оптерећења и почетну селекцију конструкционих материјала. Друга симулација разматра екстремни услов великог Маховог броја, који износи приближно 13, на висини од 300 km. Затим се оцењују критични атмосферски услови поновног уласка на висинама од приближно 70 km и 60 km. Анализирани су и упоређени добијени аеродинамички притисци, расподеле температуре, напони на структури, деформације и термо-механички одзиви. Поређења вредности добијених симулацијама, пре свега максималних динамичких притисака, коришћена су за идентификацију најкритичнијих услова лета и оптерећења делова конструкције, на основу чега је изабран оптимални облик најоптерећенијег дела – носа ЛОПА. Добијени резултати показују изузетан значај коришћења комбинованог аеродинамичког, термичког и инерцијалног приступа у проучавању утицаја хиперсоничног лета на понашање носеће структуре.

Седмо поглавље *Нумеричка симулација раста прслине у конструкцији летећег објекта* проширује истраживање на процену интегритета конструкције разматрањем њеног понашања (одзива) у присуству вишеструких оштећења. У поглављу су укратко приказане теоријске и нумеричке основе механике лома, а потом су примењене нумеричке методе за одређивање понашања прслина под комбинованим механичким и термичким оптерећењем. Метода коначних елемената и приступи моделирању прслина примењују се ради процене утицаја настанка и ширења прслина на интегритет конструкције, са посебном пажњом посвећеном оптималном носном делу изложеном динамичким притисцима и високој температури. Нумеричко истраживање даје процену одговора оштећене конструкције и

допуњује глобалне конструкционе и термомеханичке анализе приказане у претходним поглављима. Истраживање представљено у овом поглављу објављено је у научном часопису, што додатно потврђује релевантност и допринос дисертације.

Осмо поглавље *Закључци и будући рад* даје сажет приказ спроведеног истраживања и представља главне налазе и научне доприносе докторске дисертације. Закључци су изведени на основу резултата добијених моделирањем трајекторије, аеродинамичким симулацијама, термичким и структурним анализама, истраживањима ИФС, поређењем различитих материјала и симулацијама ширења оштећења. Поглавље истиче значај развијене интегрисане мултидисциплинарне методологије за анализу конструкција летећих објеката при поновном уласку у атмосферу у хиперсоничним условима. На крају су дате препоруке и правци за будућа истраживања, укључујући даљи развој методологија ИФС, напредно моделирање материјала, аеро-термичке *high-fidelity* симулације и истраживање оштећења и отказа конструкције у екстремним условима лета.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидата Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati) под називом „Оптимални облик летећег објекта за улазак у атмосферу на основу анализе интеракције флуида и структуре” („The optimal shape of a flying object for atmospheric entry based on fluid-structure interaction analysis”) представља савремен и оригиналан научни допринос у области анализе ваздухопловних структура, интегритета конструкција и интеракције флуида и структуре.

Екстремна аеродинамичка, термичка и инерцијална оптерећења која се јављају током хиперсоничног лета захтевају интегрисан мултидисциплинарни приступ ради тачне процене понашања конструкције. У том контексту кандидат је развио нумеричку методологију која комбинује анализу трајекторије лета, прорачунску динамику флуида, термичку анализу, методу коначних елемената и ИФС ради испитивања одзива конструкције ЛОПА при његовом повратном лету у репрезентативним спољашњим условима.

Оригиналност истраживања додатно је показана кроз интеграцију механике лома и анализе раста прслине под комбинованим механичким и термичким оптерећењем, чиме се истраживање проширује изван домена конвенционалне анализе напона и деформација.

Научна релевантност и оригиналност истраживања потврђене су публикованим научним радом који обухвата истраживање раста прслине представљено у дисертацији.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације кандидат је темељно прегледао релевантну литературу у вези са хиперсоничном аеродинамиком, интеракцијом флуида и структуре, механиком конструкција, интегритетом конструкције, механиком лома, аеротермичком анализом и ваздухопловним материјалима, што је резултирало са 139 библиографских јединица наведених у дисертацији.

Део литературе коришћен је за постављање теоријских основа истраживања у дисертацији и преглед релевантних истраживања у разматраним областима, док су друге референце послужиле као основа за развој нумеричке методологије и тумачење добијених резултата. Посебна пажња посвећена је студијама које се односе на ИФС, термо-механичко оптерећење, ваздухопловне конструкције за велике брзине и анализу раста прслине.

На основу обима и разноврсности коришћене литературе може се закључити да је кандидат стекао свеобухватно разумевање постојећих истраживања и поставио одговарајућу научну основу за оригиналне доприносе представљене у дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији примењене су следеће научноистраживачке методе:

- Преглед литературе и систематизација досадашњих истраживања у вези са хиперсоничним летом, ваздухопловним конструкцијама, ИФС, аеротермичким оптерећењем, интегритетом конструкције и механиком лома.
- Нумеричко моделирање трајекторије лета ради одређивања репрезентативних услова лета, брзина, висина, аеродинамичких оптерећења и инерцијалног оптерећења током мисије ЛОПА.
- Прорачунска динамика флуида у сврху одређивања аеродинамичког притиска и термичких услова у изабраним условима лета великих брзина и хиперсоничног лета.
- Метода коначних елемената у сврху процене конструкционих напона, деформација и интегритета конструкције под аеродинамичким, термичким и инерцијалним оптерећењима.
- Термичка и термо-механичка анализа ради процене утицаја екстремних аеротермичких услова на одзив конструкције.
- Интеракција флуида и структуре ради преноса и спрезања аеродинамичких и структуралних оптерећења између домена флуида и структуралног домена.
- Механика лома и нумеричко моделирање прслина ради процене интегритета конструкције у присуству прслина под комбинованим механичким и термичким оптерећењем.
- Упоредне анализе и анализе осетљивости ради оцено различитих услова лета, материјала, нумеричких параметара и претпоставки нумеричког моделирања.

Наведене методе су адекватно примењене током истраживања и обједињене у интегрисану мултидисциплинарну нумеричку методологију. Њихова примена омогућила је процену аеродинамичког, термичког, структуралног и ломно-механичког понашања разматраног система у репрезентативним условима хиперсоничног лета.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати добијени у оквиру ове докторске дисертације имају научни, инжењерски и практични значај у областима хиперсоничних ваздухопловних конструкција, интеракције флуида и структуре и процене интегритета конструкције.

Предложени приступ омогућава идентификацију критичних аеродинамичких, термичких и инерцијалних услова оптерећења, као и идентификацију делова конструкције изложених високим напонима, деформацијама и/или оштећењу. Поред тога, интеграција механике лома и анализе прслина проширује примењивост методологије на процену интегритета оштећених компоненти носеће структуре.

Развијени нумерички оквир може се прилагодити различитим ваздухопловним конфигурацијама, конструкционим материјалима и условима лета, пружајући практичну основу за процену интегритета конструкције и вредновање ваздухопловних конструкција при екстремним оперативним хиперсоничним условима.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Израдом ове докторске дисертације кандидат Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati) показао је способност за самостални научноистраживачки рад. Током истраживања кандидат је показао систематичан приступ прегледу релевантне научне литературе, дефинисању циљева истраживања, развоју нумеричких модела и примени напредних рачунарских метода.

Кандидат је успешно интегрисао анализу трајекторије лета, прорачунску динамику флуида, термичку и структуралну анализу, ИФС и механику лома у оквиру мултидисциплинарног истраживачког окружења. Добијени резултати су систематично анализирани и упоређени, што је омогућило извођење релевантних научних и инжењерских закључака.

Поред тога, кандидат је успешно представио и објавио научно истраживање, укључујући рад у вези са истраживањем представљеним у дисертацији. Ова постигнућа показују способност кандидата да самостално спроводи и саопштава научноистраживачки рад у области анализе ваздухопловних конструкција и интегритета конструкције.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Оригинални научни допринос кандидата Хамада Каледа Аларфатија (Hamad Khaled Alarfati) и његове докторске дисертације под називом „Оптимални облик летећег објекта за улазак у атмосферу на основу анализе интеракције флуида и структуре” („The optimal shape of a flying object for atmospheric entry based on fluid-structure interaction analysis”) огледа се у развоју интегрисане мултидисциплинарне нумеричке методологије за процену интегритета оптималне конструкције ЛОПА током лета у хиперсоничним условима.

Развијени приступ интегрише моделирање трајекторије лета, прорачунску динамику флуида, термичку анализу, методу коначних елемената и интеракцију флуида и структуре ради одређивања оптималног аеродинамичког облика који ће успешно одговорити на оптерећења у референтним тачкама трајекторије лета. Ова методологија омогућава идентификацију критичних услова лета и области носеће структуре изложене високим комбинованим оптерећењима, на основу којих се успешно дефинише оптимални облик ЛОПА за задовољење пројектованих техничко-тактичких захтева мисије.

Додатни научни допринос представља интеграција механике лома и нумеричке анализе прслина у процени интегритета конструкције. Овом је интеграцијом омогућена процена понашања критичних конструкционих компоненти, а посебно оптималног носног дела, у присуству оштећења под комбинованим механичким и термичким оптерећењем.

Научни допринос који се односи на нумеричко испитивање понашања прслина под комбинованим механичким и термичким оптерећењем приказан је у Поглављу 7 (стр. 200-230) дисертације и објављен је у научном часопису [1], што пружа додатну потврду научне релевантности и оригиналности спроведеног истраживања.

Поред тога, важан инжењерски допринос дисертације јесте успостављање свеобухватног рачунарског окружења које се може прилагодити за анализу различитих услова лета, ваздухопловних конфигурација, конструкционих материјала и оптерећења у екстремним условима хиперсоничног лета.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Након анализе релевантне научне литературе и постојећих истраживања у области, Комисија закључује да су резултати добијени у оквиру докторске дисертације научно утемељени и значајни. Имајући у виду дефинисане циљеве истраживања, почетне хипотезе, примењену нумеричку методологију и добијене резултате, може се закључити да је кандидат успешно спровео планирано мултидисциплинарно истраживање.

Истраживање показује да тачна процена интегритета оптималне конструкције у условима хиперсоничног лета захтева разматрање комбинованих ефеката аеродинамичког притиска, термичког оптерећења и инерцијалних сила. Интеграција анализе трајекторије са прорачунском динамиком флуида, термичким, структуралним и ИФС симулацијама обезбеђује систематичан приступ за идентификацију критичних услова оптерећења и процену одзива конструкције.

Анализе изведене у репрезентативним условима лета показују значајне промене аеродинамичког и термомеханичког окружења током мисије. Посебан утицај на носни део објекта има фаза поновног уласка у атмосферу, где екстремни термички и аеродинамички услови могу значајно утицати на перформансе конструкције.

Поред тога, укључивање механике лома и моделирања прслина проширује истраживање са процене носивости иницијално неоштећене оптималне конструкције на процену њеног понашања у присуству оштећења. То обезбеђује свеобухватнију процену интегритета у екстремним радним условима.

Резултати истраживања заједно са представљеном компаративном анализом понашања металних и композитних материјала омогућавају дефинисање препорука за пројектовање геометрије и избор материјала у циљу минимизације ризика од настанка и развоја оштећења и повећања поузданости летећег објекта у екстремним условима хиперсоничног лета.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси докторске дисертације верификовани су кроз следеће научне публикације:

Категорија M22:

1. **Alarfati, H.**, Kastratović, G., Grbović, A., Balać, M., Vidanović, N. „Fatigue Crack Propagation in a High-Pressure Turbine Blade Slot Damaged by Fretting“. *Metals* 2026, 16, 564. (IF=3.1) (ISSN: 2075-4701) <https://doi.org/10.3390/met16060564/>
2. Dinulović, M., Grbović, A., Adžić, V., and **Alarfati, H.**: „Composite plates with nomex honeycomb core modelling for dynamic integrity at the mesoscale level. Struct Integr“. In: *Life* 23.2 (2023), pp. 147–53 (IF=0.9) (ISSN: 1451-3749) <http://divk.inovacionicentar.rs/ivk/ivk23/OF2302-8.html>

Категорија M33:

1. Dinulović, M., Grbović, A., **Alarfati, H.**, Trninić, M.. Torsional Divergence Analysis of Missile Fins Based on Galerkin's Method. In: Karakoc, T.H., et al. *Novel Techniques in Maintenance, Repair, and Overhaul. ISATECH 2022. Sustainable Aviation*. Springer, Cham. (2024) (ISSN: 2730-7778)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације под називом „Оптимални облик летећег објекта за улазак у атмосферу на основу анализе интеракције флуида и структуре” („The optimal shape of a flying object for atmospheric entry based on fluid-structure interaction analysis”), коју је поднео кандидат Хамада Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati), маг. инж. маш., студент Докторских студија, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације закључује:

- да урађена докторска дисертација представља оригиналан научни рад са научним доприносом у области техничких наука - машинства, посебно у областима анализе ваздухопловних структура, интегритета конструкција и интеракције флуида и структуре;
- да је дисертација израђена у складу са стандардима који се примењују на научноистраживачки рад, и
- да испуњава услове прописане Законом о високом образовању, те да је у складу са Статутом и Правилником о Докторским студијама Универзитета у Београду - Машинског факултета.

На основу резултата и закључака представљених у докторској дисертацији, Комисија закључује да је кандидат Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati) успешно завршио докторску дисертацију у складу са дефинисаним предметом и циљевима истраживања.

Имајући у виду наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Машинског факултета да се докторска дисертација под називом „Оптимални облик летећег објекта за улазак у атмосферу на основу анализе интеракције флуида и структуре” („The optimal shape of a flying object for atmospheric entry based on fluid-structure interaction analysis”), коју је поднео кандидат Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati), маг. инж. маш., прихвати, стави на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Београд, 20.08. 2026.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Александар Симоновић, ред.проф.,
Универзитет у Београду – Машински факултет

.....
Проф. др Александар Грбовић, ред.проф.,
Универзитет у Београду – Машински факултет

.....
Проф. др Гордана Кастратовић, ред.проф.,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет