

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

578/5  
(Број захтева)  
14.05.2026.  
(Датум)

Веће научних области техничких наука  
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

## ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**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**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: Машинство (ужа научна област: Ваздухопловство)

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: Hamad Khaled Alarfati
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):  
Универзитет у Београду - Машински факултет, Краљице Марије 16, 11120 Београд 35
3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2021.
4. Година уписа на докторске студије: 2022.
5. Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Александар Грбовић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Petrasinovic M., Grbovic A., Petrasinovic D., Petrovic M., Raicevic N.: Real Coded Mixed Integer Genetic Algorithm for Geometry Optimization of Flight Simulator Mechanism Based on Rotary Stewart Platform, - APPLIED SCIENCES-BASE, Vol 12, No 14, 2022, 7085, (ISSN 2076-3417, IF 2.921) <https://doi.org/10.3390/app12147085>
2. Milovanović, N., Sedmak, S., Grbović, A., Djordjević, B., and Kirin, S. "The role of numerical simulation of fatigue crack growth in failure analysis of a turbine shaft". In: Engineering Failure Analysis 167 (2025),p.109002. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2024.109002>
3. Raičević, N., Grbović, A., Kastratović, G., Vidanović, N., and Sedmak, A. "Fatigue life prediction of topologically optimized torque link adjusted for additive manufacturing". In: International Journal of Fatigue 176 (2023), p. 107907. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2023.107907>
4. Grbović, A., Kastratović, G., Božić, Ž., Božić, I., Obradović, A., Sedmak, A., and Sedmak, S. "Experimental and numerical evaluation of fracture characteristics of composite material used in the aircraft engine cover manufacturing". In: Engineering Failure Analysis 137 (2022), p. 106286. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106286>
5. Sedmak, A., Grbović, A., and Sedmak, S. "Structural integrity and life assessment of railway and aeronautical components—Review of four case studies". In: Theoretical and Applied Fracture Mechanics (2025), p. 105008. <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2025.105008>

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 14.05.2026. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

**ДЕКАН ФАКУЛТЕТА**

Прилог:

1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

**Напомена:**

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -  
Број: 578/5  
Датум: 14.05.2026. године  
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017, 73/2018, 27/2018 – др. закон 67/2019, 6/2020 – др. закони, 11/2021 – аутентично тумачење, 67/2021, 67/2021 – др. закон 76/2023 и 19/2025), члана 64. Статута Универзитета у Београду – Машинског факултета – пречишћен текст, арх. бр. 667/4 од 31.03.2026. године. и члана 38. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду - Машинском факултету – пречишћени текст, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 14.05.2026. године донело је:

### О Д Л У К У

**о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације**

Прихвата се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Hamad Khaled Alarfati**, магист. 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)“.

Извештај је поднела Комисија у саставу: др Мирко Динуловић, ред. проф., др Александар Грбовић, ред. проф. и др Ненад Видановић, ред. проф., Универзитет у Београду Саобраћајни факултет.

За **ментора** докторске дисертације именује се **др Александар Грбовић, ред. проф.**

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

---

проф. др Владимир Поповић

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Извештај о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата Хамада Каледа Аларфатија (**Hamad Khaled Alarfati**), маг. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Машинског факултета бр. 578/3 од 23.04.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме 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**”) кандидата Хамада Каледа Аларфатија (**Hamad Khaled Alarfati**), маг. инж. маш.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Подаци о кандидату

#### 1.1. Биографски подаци

Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati), мастер инжењер машинства, рођен је 6. јуна 1997. године у Абу Дабију, Уједињени Арапски Емирати. Мастер студије је завршио 2021.г. на Универзитету у Београду Машинском факултету.

Докторске академске студије на Универзитету у Београду Машинском факултету уписао је 2022. године и као потенцијалног ментора предложио је проф. др Александра Грбовића. Тренутно је запослен као инжењер у компанији *EDGE group* у Уједињеним Арапским Емиратима. Поред матерњег арапског језика, говори, чита и пише на енглеском језику.

#### 1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је уписао Докторске академске студије 2022. године и редовно је уписивао све године студија закључно са трећом годином.

Положио је следеће испите на Докторским студијама:

- Advanced Topics in Actuating Systems (5 ЕСПБ)
- Research and Publication 1 (10 ЕСПБ)

- Selected Topics in Structural Analysis of Flying Vehicles (5 ЕСПБ)
- Numerical Simulation of Welding Processes (5 ЕСПБ)
- Finite Element Methods in Applications (5 ЕСПБ)
- Selected Topics in Aeroelasticity (5 ЕСПБ)
- Research and Publication 2 (15 ЕСПБ)
- Application of Fracture Mechanics to Structural Integrity (5 ЕСПБ)
- Selected Topics in Fluid–Structure Interaction (5 ЕСПБ)
- Aircraft Production Technology (5 ЕСПБ)
- Thermoelasticity (5 ЕСПБ)
- Research and Publication 3 (20 ЕСПБ)
- Elaboration of Ph.D. Thesis Proposal (30 ЕСПБ)

Укупно ЕСПБ: 120; Просечна оцена: 10.00.

Кандидат се успешно бави научно-истраживачким радом што потврђује и следећи списак радова:

#### **Истакнути међународни часопис (M22)**

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.

<http://divk.inovacionicentar.rs/ivk/ivk23/147-IVK2-2023-MD-AG-VA-HA.pdf>

#### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини (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)

[https://doi.org/10.1007/978-3-031-42041-2\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42041-2_44)

#### **1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми**

Комисија сматра да је Хамад Калед Аларфати (Hamad Khaled Alarfati) испунио све потребне услове за пријаву теме докторске дисертације и да је способан за самостални рад на предложеној теми. Поред одслушаних предавања, положених испита и одбрањеног Пројекта идеје докторске дисертације, у протеклом периоду вршио је различита нумеричка и експериментална истраживања и објавио научне радове из области којој припада предложена тема, што га квалификује за пријаву докторске дисертације под наведеним насловом.

#### **2. Предмет и циљ истраживања**

Предмет предложеног истраживања односи се на анализу структурног и термомеханичког понашања летећег објекта током читавог профила мисије, са посебним освртом на фазу хиперсоничног уласка у атмосферу. Током ове фазе летећи објекат је изложен изузетно сложеним оптерећењима која обухватају аеродинамичке силе, значајна термичка оптерећења и интензивну интеракцију између струјања флуида и конструкције.

Савремени ваздухопловни системи, а посебно летећи објекти који се крећу хиперсоничним брзинама, захтевају интегрисан приступ анализи конструкције, јер изоловано посматрање појединих физичких феномена не може у потпуности да опише реално понашање система (Anderson, J. D. (2006). *Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics*. AIAA.). У условима високих Махових бројева долази до снажног аеро-термодинамичког загревања површине објекта, што доводи до значајних температурних градијената, деформација материјала и промене расподеле напона у конструкцији.

Посебно критичан део конструкције представља носни део који је директно изложен највећим термичким и аеродинамичким оптерећењима током уласка у атмосферу (Braun, R.D., Manning, R.M. "Mars exploration entry, descent and landing challenges." 2006 IEEE Aerospace Conference. IEEE, 2006.). Због тога је неопходно развити адекватне нумеричке моделе који омогућавају истовремену анализу структурног одзива, термичког поља и утицаја струјања флуида на конструкцију.

У оквиру предложеног истраживања биће развијен интегрисани нумерички модел који обухвата структурну анализу методом коначних елемената, термичку анализу загревања конструкције, као и анализу интеракције флуида и структуре (Fluid-Structure Interaction – FSI). Овакав приступ омогућава реалистичније предвиђање напонског стања и деформација конструкције у условима хиперсоничног лета.

Посебна пажња биће посвећена анализи материјала који се могу применити у конструкцији носног дела. Полазни модел засниваће се на алуминијумским легурама, након чега ће се извршити компаративна анализа са композитним материјалима који показују боље термичке карактеристике и већу отпорност на високе температуре.

У оквиру докторске тезе посебна пажња ће бити посвећена провери интегритета објекта који улази у атмосферу. Познато је да су оштећења на структури објекта изложених високим температурама доводила и до катастрофалних последица, као у случају свејер-шатла Колумбија 2003. г (Horvath, T. "Experimental aerothermodynamics in support of the Columbia accident investigation." 42nd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, p. 1387. 2004.). Микро или макро прслине на структури се могу, услед високих оптерећења, брзо ширити и достизати критичне дужине пре него што се објекат доведе у жељени положај након проласка кроз атмосферу и отпочне мисију. Евентуални лом делова структуре може у потпуности или делимично онемогућити извршење постављеног задатка, па је потребно проценити колико је оптимална геометрија „рањива“ на оштећења настала услед недовољно доброг производног процеса или излагања објекта екстремним оптерећењима током лета.

У ту сврху спроводиће се нумеричке симулације раста прслина у структури изложеној комбинованим оптерећењима која укључују притиске, инерцијалне силе и високе температуре. Прслине ће у симулацијама бити генерисане на различитим местима структуре да би се идентификовале критичне позиције појаве оштећења са аспекта интегритета објекта, тј. да би се проценио ризик појаве катастрофалног лома. Паралелно са спровођењем класичних симулација ширења прслина из унапред дефинисаних позиција на носећој структури, биће предложена и нова методологија идентификације позиција критичних оштећења заснована на самоиницирању прслине (без унапред претпостављеног положаја) на моделу коначних елемената, где се положај појаве оштећења одређује на основу заданог критеријума иницијације, односно дефинисане граничне вредности максималног главног напона у структури. Ако се на више места анализиране структуре појави гранични или виши напон може доћи до појаве вишеструких оштећења која се истовремено шире, што је феномен који се нумеричким симулацијама може предвидети и подробно проучити у сврху давања предлога решења за очување интегритета структуре. Дефинисани коначни облик

летећег објекта би требало да буде такав да и последице појаве оштећења и њиховог евентуалног ширења минимизује у највећој могућој мери.

С обзиром да у оквиру рада на докторској дисертацији неће бити могуће, из разумљивих разлога, спровести и експерименталну верификацију резултата нумеричких симулација изведених на проучаваном објекту, методологија одређивања највероватнијих положаја иницирања прслина биће проверена на структури изложеној притисцима и високим температурама за коју постоје експерименталне потврде појаве прслине на одређеним локацијама. За структуру на којој ће се вршити верификација методологије познати су сви подаци: геометрија, карактеристике материјала, радни услови (притисци, температура, инерцијална оптерећења) и – што је најважније – понашање оштећене структуре током времена. Објекат који улази у атмосферу изложен је скоро идентичним типовима оптерећења као напред поменути, па се може претпоставити да се након верификације методологије на доступном објекту иста може успешно применити и на летећем објекту који је предмет проучавања дисертације.

Потребно је нагласити и да у неким случајевима оштећења која су се појавила на носећим деловима структуре, која су резултат или дејства ранијих оптерећења или неочекиваних околности (недовољно добар производни процес или појава трења услед непредвиђених контаката елемената структуре), могу и да се не шире у претпостављеним радним условима или да њихов раст буде толико успорен да она не доведу до угрожавања интегритета структуре током извршења мисије. Међутим, претпостављени радни услови могу да доведу до појаве оштећења на потпуно другим местима структуре од оних где већ постоје прслине, при чему та нова оштећења могу да почну да се убрзано шире и угрозе целу структуру. Све су ово могући сценарији који ће у дисертацији бити разматрани у циљу оцене успешности дефинисања оптималног облика предметног летећег објекта који улази у атмосферу. Поред тога, истраживање има за циљ да идентификује критичне зоне конструкције које су највише изложене термомеханичким оптерећењима, као и да процени предности примене савремених композитних материјала у односу на класичне металне материјале.

Развијени модел и методологија могу имати значајну примену у области пројектовања ваздухопловних и свемирских система, посебно при анализи конструкција које су изложене екстремним аеро-термодинамичким условима. Осим тога, резултати истраживања могу допринети унапређењу нумеричких метода за анализу сложених мултифизичких проблема који обухватају интеракцију струјања флуида, топлотног преноса и механике конструкција.

### **3. Преглед литературе релевантне за предложену тему дисертације**

У наставку се наводи литература релевантна за предложену тему докторске дисертације:

1. Anderson, J. D. (2006). *Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics*. AIAA.
2. Blazek, J. (2015). *Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications*. Butterworth-Heinemann.
3. Dowell, E. H., et al. (2015). *A Modern Course in Aeroelasticity*. Springer.
4. Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., & Zhu, J. Z. (2013). *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*. Elsevier.
5. Fung, Y. C. (2008). *An Introduction to the Theory of Aeroelasticity*. Dover Publications.
6. Bertin, J. J., & Cummings, R. M. (2014). *Aerodynamics for Engineers*. Pearson.
7. Boyd, I. D., & Candler, G. V. (1995). *Numerical Modeling of Hypersonic Reentry Flows*. AIAA Journal.
8. Cook, R. D., et al. (2001). *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*. Wiley.
9. Sedmak, A., Grbović, A., & Sedmak, S. (2025). Structural integrity and life assessment of railway and aeronautical components—Review of four case studies. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 139, 105008.

10. Raičević, N., Grbović, A., Kastratović, G., Vidanović, N., & Sedmak, A. (2023). Fatigue life prediction of topologically optimized torque link adjusted for additive manufacturing. *International Journal of Fatigue*, 176, 107907.
11. Evans, A. G., & Marshall, D. B. (1989). The Mechanical Behavior of Ceramic Matrix Composites. *Acta Metallurgica*, vol. 37, no. 10, pp. 2567–2583.
12. Naslain, R. (2004). Design, preparation and properties of non-oxide CMCs for application in engines and nuclear reactors: an overview. *Composites Science and Technology*, 64(2), pp.155-170.

Проблеми анализе структурног понашања летелица изложених екстремним аеродинамичким и термичким оптерећењима представљају важну област савремених истраживања у ваздухопловном инжењерству. Посебно значајан изазов представљају летелице које се крећу хиперсоничним брзинама, где долази до појаве сложених оптерећења и понашања конструкције, а као последица струјања флуида високим брзинама, термичких процеса и структурног одзива конструкције.

Основе аеродинамике и понашања флуида при великим брзинама детаљно су изложене у класичним радовима из области аеро-термодинамике и хиперсоничног струјања [1]. У тим условима долази до изузетно високих температура услед компресије ваздуха и трења на површини летелице, што доводи до значајног загревања конструкције и промене механичких својстава материјала.

Савремени приступ анализи оваквих проблема подразумева примену нумеричких метода, пре свега методе коначних елемената за анализу конструкције и метода рачунарске динамике флуида за анализу струјања [2]. Интеграција ова два приступа омогућава формирање модела интеракције флуида и структуре (Fluid–Structure Interaction – FSI), који омогућава истовремено разматрање утицаја струјања на конструкцију и повратног утицаја деформације конструкције на струјање [3,5].

Метода коначних елемената представља један од најзначајнијих алата за анализу сложених конструкција у ваздухопловству. Она омогућава одређивање напона, деформација и динамичког понашања конструкција изложених различитим типовима оптерећења, као и проучавање термоеластичних појава које настају услед температурних градијената у материјалу [4, 8].

Посебна пажња у новијим истраживањима посвећена је развоју напредних материјала који могу издржати екстремне температуре и механичка оптерећења. Композитни материјали и карбонске структуре показују значајне предности у односу на класичне металне материјале, пре свега због високе специфичне чврстоће, отпорности на високе температуре и добре стабилности при великим термичким оптерећењима [11, 12].

Иако постоје бројни радови који се баве појединачним аспектима овог проблема, као што су аеродинамика хиперсоничног лета, структурна анализа или термичко оптерећење конструкције, интегрисане анализе које обухватају све ове физичке процесе и њихову међусобну интеракцију још увек представљају значајан изазов [6, 7]. Управо због тога постоји потреба за развојем свеобухватних нумеричких модела који омогућавају истовремену анализу аеродинамичких, термичких и структурних феномена.

Рад [9] пружа систематичан преглед приступа процени структурног интегритета и радног века кроз репрезентативне примере из железничке и ваздухопловне индустрије. Посебан акценат стављен је на примену механике лома и анализе замора у реалним експлоатационим условима, уз интеграцију нумеричких и експерименталних метода ради поуздане процене преосталог века конструкција. У раду [10] разматра се утицај тополошке оптимизације и адитивне производње на заморни век дела стајног органа летелице. Представљен је методолошки оквир за прилагођавање оптимизованог дизајна производним ограничењима, као и валидација нумеричких предикција кроз експериментална испитивања, чиме се потврђује применљивост и поузданост предложеног приступа.

#### 4. Полазне хипотезе

У докторској дисертацији се полази од следећих основних хипотеза:

- Интегрисани нумерички модел који обухвата структурну, термичку и аеродинамичку анализу може реалистично описати понашање летећег објекта током различитих фаза мисије.
- Термомеханичка спрега између температурног поља и структурног одзива има значајан утицај на расподелу напона и деформација у конструкцији током хиперсоничног лета.
- Примена интеракције флуида и структуре (FSI) омогућава прецизније одређивање оптерећења и структурног одзива у односу на класичне приступе у којима се аеродинамичка оптерећења уводе као спољашњи услови.
- Употреба композитних материјала у конструкцији носног дела летећег објекта може довести до побољшања термичке отпорности и смањења концентрације напона у критичним зонама конструкције.
- Нумерички приступ заснован на методи коначних елемената и прорачунској динамици флуида може се успешно применити за анализу сложених мултифизичких проблема који укључују интеракцију струјања, топлотног преноса и структурне механике.
- Присуство иницијалних или експлоатационих прелина у конструкцији има значајан утицај на локалну концентрацију напона и укупни структурни интегритет летећег објекта, посебно у условима сложених термомеханичких оптерећења.
- Развој и ширење прелина могу се поуздано описати применом принципа механике лома у оквиру нумеричких метода, при чему је неопходно узети у обзир утицај температуре, динамичких оптерећења и геометријских нелинеарности.
- Термомеханичка оптерећења током хиперсоничног лета убрзавају иницирање и раст прелина, што може довести до отказа конструкције.
- Интеграција анализе прелина у мултифизички модел омогућава прецизнију процену интегритета конструкције у реалним експлоатационим условима.

#### 5. Научне методе истраживања

Током реализације циљева истраживања примениће се следеће научне методе:

- Метода прегледа постојеће научне литературе и анализа досадашњих резултата истраживања у области аеродинамике, структурне механике и интеракције флуида и структуре.
- Аналитичке методе за формулисање математичких модела који описују структурно и термичко понашање конструкције.
- Нумеричке методе засноване на методу коначних елемената за анализу напона, деформација и динамичког понашања конструкције, као и анализу раста прелине у конструкцији
- Методе рачунарске динамике флуида за симулацију струјања гаса око повратног тела при хиперсоничним брзинама.
- Методе интеракције флуида и структуре (FSI) за анализу међусобног утицаја струјања и деформације конструкције.

- Термичка и термо-структурна анализа за одређивање температурног поља и његовог утицаја на механичка својства материјала.
- Метода компаративне анализе ради поређења резултата добијених за различите материјале и услове оптерећења.

## 6. Очекивани научни допринос

Током реализације предложене докторске дисертације очекује се да ће кандидат остварити следећи научни допринос:

- **Развој оригиналне нумеричке методологије за предвиђање иницирања и ширења оштећења у структури летећег објекта током хиперсоничног уласка у атмосферу.** Ова методологија представља централни научни допринос дисертације.

Очекује се да ће кандидат током рада на дисертацији оствареним резултатима допринети и:

- Развоју интегрисаног мултифизичког модела који обухвата интеракцију флуида и структуре (FSI), термичку анализу и структурни одзив, што је основа за реалистично одређивање услова у којима долази до иницирања оштећења.
- Унапређењу постојећих приступа анализи структурног интегритета кроз укључивање термомеханичке спреге и њеног утицаја на настанак и развој оштећења у конструкцији.
- Идентификацији критичних зона конструкције на основу нумерички добијених поља напона, температуре и деформација.
- Компаративној анализи понашања металних и композитних материјала у условима високих термомеханичких оптерећења.
- Дефинисању препорука за пројектовање геометрије и избор материјала у циљу минимизације ризика од настанка и развоја оштећења и повећања поузданости летећег објекта.

## 7. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације одвијаће се кроз следеће фазе:

- Преглед постојеће научне литературе и анализа досадашњих истраживања у области хиперсоничне аеродинамике, структурне анализе летелица, термоеластичности и интеракције флуида и структуре.
- Анализа нумеричких метода које се користе за моделовање аеродинамичких, термичких и структурних процеса код летелица које се крећу великим брзинама.
- Формирање иницијалног нумеричког модела летећег објекта и дефинисање геометрије, материјала и граничних услова.
- Имплементација методе коначних елемената за анализу структурног понашања конструкције при различитим типовима оптерећења, укључујући статичка, динамичка и инерцијална оптерећења.

- Спровођење термичке анализе конструкције у условима хиперсоничног уласка у атмосферу, са циљем одређивања температурног поља и температурних градијената у материјалу.
- Развој и примена нумеричког модела интеракције флуида и структуре (Fluid–Structure Interaction – FSI) ради анализе међусобног утицаја струјања ваздуха и деформације конструкције.
- Спровођење компаративне анализе различитих материјала који се могу применити у конструкцији носног дела летећег објекта, укључујући металне легуре и композитне материјале.
- Идентификација критичних зона конструкције са аспекта појаве оштећења услед високих оптерећења.
- Иницирање оштећења и анализа утицаја ширења прслина на структурни интегритет летећег објекта.
- Интерпретација и анализа добијених резултата и формулисање закључака.
- Извођење препорука за даља истраживања и могућа унапређења конструкције.

Предвиђено је да докторска дисертација има следећу структуру:

- Уводна разматрања;
- Преглед стања и приказ досадашњих истраживања;
- Дефинисање предмета и научног циља дисертације;
- Развој нумеричког модела и дефинисање параметара анализе;
- Термичка и термо-структурна анализа конструкције летећег објекта применом методе коначних елемената;
- Анализа интеракције флуида и структуре током хиперсоничног уласка у атмосферу;
- Нумеричке симулације појаве и ширења оштећења у анализираним варијантама конструкције летећег објекта;
- Компаративна анализа и дефинисање оптималног решења;
- Анализа и дискусија добијених резултата;
- Закључак и смернице за будућа истраживања;
- Литература;
- Прилози.

## 8. Закључак и предлог

На основу свега наведеног, пријаве за израду докторске дисертације архивирани под бројем бр. 578/1 од 19.03.2026. године и уз сагласност Катедре за ваздухопловство архивирани под бројем 578/2 од 17.04.2026. године, Комисија за писање извештаја о научној заснованости теме докторске дисертације сматра да је кандидат испунио потребне услове за пријаву теме докторске дисертације као и да је способан да реализује наведене предвиђене циљеве истраживања. Предложена тема докторске дисертације је иновативна, савремена и актуелна, мултидисциплинарана, амбициозна и погодна за израду докторске дисертације и њеним се изучавањем може остварити значајан научни и стручни допринос. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да се

**Хамаду Каледу Аларфатију (Hamad Khaled Alarfati), маг. инж. маш.**

одобри израда 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”)**

која припада научној области **машинство**, и ужој научној области **ваздухопловство**, а за коју је Универзитет у Београду Машински факултет матичан.

За ментора рада предлагемо **др Александра Грбовића**, редовног професора на Катедри за ваздухопловство Универзитета у Београду Машинског факултета.

#### **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

.....  
Проф. др Мирко Динуловић, редовни професор  
Универзитет у Београду Машински факултет

.....  
Проф. др Александар Грбовић, редовни професор  
Универзитет у Београду Машински факултет

.....  
Проф. др Ненад Видановић, редовни професор  
Универзитет у Београду Саобраћајни факултет