

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата  
мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш.

Одлуком бр. 970/1 од 12.04.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш., под насловом

„АНВЕЛОПЕ ЛЕТА ЛЕТЕЛИЦА У АТМОСФЕРИ МАРСА“

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 мр Марко Екмеџић, дипл. инж. маш, је поднео захтев за одобравање израде докторске дисертације Универзитету у Београду, Машинском факултету под бројем 875/1 од 24.04.2014. Кандидат је у захтеву предложио тему докторске дисертације под називом „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“, а за ментора је предложио проф. др Бошка Рашуа, редовног професора Машинског факултета.

На основу захтева кандидата и предлога Катедре, одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду од 22.05.2014. године, бр. 875/3, именована је Комисија за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме у саставу: проф. др Бошко Рашуа, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, проф. др Александар Бенгин, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду и проф. др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду.

Комисија је 02.06.2014. године поднела Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду извештај бр. 875/4, у којем је навела да кандидат испуњава све услове предвиђене законом и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду за израду докторске дисертације и да предложена тема, назива „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“, може бити предмет докторске дисертације.

На захтев мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш. и извештаја Комисије у саставу: проф. др Бошко Рашуо, проф. др Александар Бенгин и проф. др Слободан Гвозденовић, бр. 875/4 од 02.06.2014. године, а на основу чл. 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, на седници од 05.06.2014. године, донело је одлуку бр. 875/5 да се прихвата предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“ кандидата мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш. и да се за ментора именује проф. др Бошко Рашуо.

На основу одлуке Наставно-научног већа, Машински факултет подноси 05.06.2014. године Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду Захтев за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације, бр. 875/6.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је 07.07.2014. године дало сагласност на предлог теме докторске дисертације „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“ кандидата мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш, одлука бр. 61206-2065/2014.

На основу одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и именовању ментора и сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, декан Машинског факултета у Београду је 08. јула 2014. године донео закључак бр. 1546/1 да се одобри рад на теми докторске дисертације „Анвелопе лета летелица у атмосфери“ кандидату мр Марку Екмеџићу, дипл. инж. маш. под менторством редовног професора др Бошка Рашуа.

Проф. др Бошко Рашуо је 15.02.2017. године обавестио Катедру за ваздухопловство да је 30.09.2016. године истекао законом предвиђени период у којем може бити ментор докторских дисертација, па није више у могућности да буде ментор докторске дисертације са радним називом „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“, кандидата мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш. Предложио је да Катедра за ваздухопловство предложи Наставно-научном већу Машинског факултета да нови ментор буде проф. др Александар Бенгин, који је са предложеном темом и радом кандидата био упознат као члан Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме.

На основу предлога Катедре за ваздухопловство бр. 514/4 и члана 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета је на седници одржаној 30.03.2017. године донело Одлуку бр. 514/5 којом се за ментора докторске дисертације под називом „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“, кандидата мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш. именује проф. др Александар Бенгин, редовни професор Машинског факултета, уместо проф. др Бошка Рашуа, редовног професора Машинског факултета у пензији.

О завршетку докторске дисертације ментор проф. др Александар Бенгин обавестио је Катедру за ваздухопловство, дописом број 892/1 од 04.04.2018. године. На основу обавештења ментора, предлога Катедре за ваздухопловство и на основу члана 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета је на седници одржаној 12.04.2018. године донело Одлуку бр. 970/1 којом се за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“, кандидата мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш. именују ментор проф. др Александар Бенгин, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, проф. др Мирко Динуловић, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, др Данило Петрашиновић, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, др Горан Воротовић, доцент Машинског факултета Универзитета у Београду и проф. др Слободан Гвозденовић, редовни професор Саобраћајног факултета Универзитета у Београду.

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“, припада области Техничких наука, научна област Машинство, ужа научна област Ваздухопловство, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат мр Марко Екмеџић, дипл. инж. маш. је рођен 7.12.1976. године у Београду. Основну и средњу школу (гимназију) је завршио у Београду. Основне студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписао је школске 1998./1999. године, где је и дипломирао на катедри за Ваздухопловство са просечном оценом 9,26/10. Дипломски рад са темом „Утицај спреченог витоперења попречног пресека на расподелу напона“ одбранио је 2. марта 2004. године са оценом 10. Након дипломирања је уписао последипломске, магистарске студије на Одсеку за ваздухопловство Машинског факултета у Београду, студијска група Аеродинамика. Магистарски рад са темом „Лет на Марс – студија о могућностима обављања интерпланетарног лета на релацији Земља-Марс“ је одбранио 9. јуна 2010. године под менторством проф. Др Бошка Рашуа. Од марта 2004. до септембра 2005. године био је запослен као асистент у истраживању у оквиру Иновационог центра Машинског и Електротехничког факултета у Београду (ИЦИТМЕ-Бг), на пословима везаним за анализу помоћу методе коначних елемената, а као стипендиста Министарства науке Републике Србије. Паралелно са тим ангажовањем је радио и као асистент у настави на Саобраћајном факултету у Београду, на предметима Техничка механика 1 и Техничка механика 2, до септембра 2006. године.

Од децембра 2005. до фебруара 2006. године је стажирао у Лабораторији за термотехнику и термоенергетику Института за нуклеарне науке „Винча“.

Од фебруара 2006. до октобра 2008. године је радио у предузећу „Морсон“ д.о.о. Београд на пословима ваздухопловног машинског инжењера, задуженог за пројектовање, прорачун ваздухопловних конструкција и аеродинамику, као и на низу стручних пројеката за реномиране светске компаније из области ваздухопловне индустрије, попут „Ербаса“ (AIRBUS) и „Бомбардијеа“ (BOMBARDIER).

У свом делокругу рада, руководио је пројектима везаним за пројектовање летелица, прорачуне аеродинамике летелица, чврстоће конструкција, као и у развојним пројектима везаним за прототипски вишенаменски лаки авион четворосед. У опису задужења је била и припрема и руковођење пословима у оквиру извођења конкретних статичких и динамичких испитивања конструкција и површина, уз испитивање, односно прорачун аеродинамичких својстава појединих конструкционих решења.

Након тога, од октобра 2008. до јуна 2009. године, радио је у предузећу „Неимар пројект“ д.о.о. из Новог Сада, на пословима машинског инжењера, задуженог за пројектовање, прорачун и постављање термотехничких и термоенергетских система у стамбеним, пословним и индустријским објектима.

Од јуна 2009. па до јануара 2011. године, био је запослен у предузећу „Елитас“ д.о.о. из Београда, на месту дипломираног машинског инжењера-пројектанта, где је изводио и/или руководио пројектима везаним за прорачун носећих инсталација и конструкционих елемената, уз припрему и руковођење пословима у оквиру извођења конкретних статичких и динамичких испитивања, као и испитивања својстава разноврсних, алуминијумских и челичних конструкција.

Од јануара 2011. до фебруара 2013. године је био део српског тима при експерименту ЦМС (CMS) у ЦЕРН-у (CERN), а у оквиру ангажовања у Лабораторији за физику при Институту за нуклеарне науке „Винча“. У оквиру тог ангажовања провео је више месеци у самом ЦЕРН-у, где је у Инжењерско-развојној групи радио на усавршавању система подршке детектора ЦМС и унапређењу система позиционирања извора и детектора самом језгру збирне инсталације. Паралелно са тим активностима, радио је на студијама исплативости конструкционих решења, као и на прорачунима везаним за организацију рада, управљање људским и материјалним ресурсима и прибављање стандардне и нестандардне опреме и материјала.

Од фебруара 2013. године је ангажован у оквиру предузећа European XFEL GmbH, у Хамбургу, у Савезној Републици Немачкој, на пословима дипломираног машинског инжењера-пројектанта, задуженог за развој разноврсних прототипских система детектора у оквиру области од интереса за ласерску и честичну физику. На тим пословима се бави пројектовањем и прорачуном носивости вакуумски-компатибилних и амбијенталних инсталација, као и пројектовањем пратећих, помоћних и инфраструктурних елемената, неопходних за успешно обављање експеримената. Уз те послове, бави се и прорачуном људских и материјалних ресурса и набавком неопходних материјала и инструмената за инсталације.

У оквиру својих специфичних интересовања, прати и проучава развој свемирске технике и технологије, методе механике космичког лета, савремене приступе пропулзији, напредак космичких оптичких инструмената и сателитске технологије, као и нова открића из астрофизике и небеске механике. Обавља самостално елементарне симулације и прорачуне коришћењем софтвера за пројектовање (претежно Solid Edge, SolidWorks, и CATIA) и нумеричку анализу (ANSYS), уз накнадну анализу резултата и разматрање конкретних начина примене истих.

У досадашњој каријери имао је више објављених научних и стручних радова, интерних извештаја, као и учешћа на већем броју семинара и научно-стручних скупова, како у Србији, тако и у иностранству. Аутор је и коаутор више десетина интерних стручних извештаја у оквиру компанија у којима је радио или ради, а има и неколико стотина ауторских/коауторских радова објављених у оквиру експеримента ЦМС (CMS) у ЦЕРН-у (CERN), као и у оквиру предузећа European XFEL GmbH, а аутор/коаутор је и неколико радова објављених у домаћем инжењерском часопису „Техника“. Један рад је прихваћен за објављивање у часопису Technical Gazette (на SCI listi; IF 0.723).

Течно говори, чита и пише енглески језик (ILR Level 5, CEFR level C2), полупрофесионално се служи француским језиком (ILR Level 2, CEFR level B1) као и немачким језиком (ILR Level 2, CEFR level B1/B2).

У слободно време се бави писањем, слободноручним цртањем, графичким дизајном и фотографијом.

Кандидат мр Марко Екмецић, дипл. инж. маш. се након израде магистарског рада, задржао у истраживању појава везних за космички лет, уз нарочити осврт на услове лета потенцијалне летелице у самој атмосфери Марса. У оквиру тих интересовања, кандидат је показао посебно интересовање за могућности унапређења досадашњих, махом теоретских концепата лаких летелица намењених лету у атмосфери Марса, разматрајући ту и могућности за вишенаменске летелице, како према носивости, тако и према погонским групама, врстама енергената и специфичностима геометрија, условљених посебностима атмосфере Марса.

Активности којима се кандидат бавио, суштински су наставак истраживања која су представљена у магистарском раду а највећи део резултата теоретских разматрања и симулираних истраживања биће и део докторске дисертације.

Основни правац рада кандидата мр Марка Екмецића, дипл. инж. маш., током израде докторског рада је физичко и математичко, аеродинамички одрживо и оптимално одређивање анvelope лета лаке летелице у атмосфери Марса, узимањем у обзир свих релевантних параметара средине, геометрије летелице и њене изабране погонске групе.

Након испуњених свих неопходних обавеза предвиђених Планом и програмом докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, кандидат мр Марко Екмецић, дипл. инж. маш. је 24.04.2014. године поднео Комисији за докторске студије Машинског факултета Универзитета у Београду захтев за пријаву докторске дисертације под радним називом „Анvelope лета летелица у атмосфери Марса“.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“, кандидата мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш. изложена је на 215 страна.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод,
2. Атмосфера Марса,
3. Аеродинамичке карактеристике летелица у атмосфери Марса,
4. Перформансе лета у атмосфери Марса,
5. Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса,
6. Закључак

Дисертација садржи списак од 110 коришћених референци и цитиране литературе на 13 страна и 2 прилога на укупно 7 страна.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу увода дисертације, који се тиче претелскопске ере, дат је кратак и прецизан преглед раних посматрања Марса, претежно у старогрчко и староримско доба, са освртом на сазнања тадашњих раних астронома о понашању планете, односно њеном положају у односу на Земљу и природи њеног космичког кретања. Наглашене су кључне особине астрономије тог доба и окренутост ове науке, тада у зачетку, геоцентричном свемиру.

Приказан је еволутивни пут астрономије и астрофизике ка средњем веку и научницима који су са више знања и прецизности били у стању да објасне планетарно кретање и одређени, ограничени број особина саме планете које су биле уочљиве или у извесној мери исправно претпостављене.

У наставку увода, у поглављу о телескопској ери, објашњен је значај овог открића и револуција у откривању особина Марса која је уследила. Дат је јасан, напредујући низ догађаја који су од посматрања са Земље, кроз неколико векова довели до телескопског посматрања Марса из свемира, било да је у питању орбита наше планете, или сонде које долазе до орбите самог Марса.

Потом је изнесен и преглед дешавања и открића у космичкој ери истраживања Марса, која је од посебног значаја због тога што су у последњих пар деценија, напослетку обезбеђени концизни подаци о природи и саставу атмосфере Марса, као и о климатским приликама од значаја за лет кроз атмосферу планете. Посебан осврт је дат на конвергирање информација и њихову све апсолутнију тачност, са порастом броја мисија, из више светских космонаутичких центара, које су упућене ка Марсу.

У наредном поглављу је на детаљан начин обрађена атмосфера Марса и дат преглед и пресек најзначајнијих орбиталних карактеристика. Обрађен је састав атмосфере и значај тог састава на могућности обављања успешног лета. Приказане су сличности и разлике са Земљом, као једином средином у којој познајемо све параметре неопходне за успешан лет лаке летелице.

У наставку је описана позната природа присуства метана у атмосфери Марса, као и научне спекулације о настанку и задржавању овог гаса, као и о потенцијалном значају за будуће мисије.

Наредно потпоглавље приказује атмосферске моделе на Марсу, са посебним освртом на најважније одлике атмосфере, од значаја за аеродинамичке параметре лета. Конкретно,

детаљно су анализирани модели прорачуна температуре, притиска и густине атмосфере Марса, као и природа и начини прорачуна брзине звука у атмосфери, на оптималном распону висина за обезбеђивање конкретних, прецизних и релевантних резултата.

На посебан начин је обрађена вискозност атмосфере Марса, као изузетно битно својство, од великог значаја за кључне бездимензионалне параметре у аеродинамичком прорачуну.

Надаље је објашњен појам скалирања, односно скалирајућег прорачуна најважнијих атмосферских параметара, као метода која комбинује позната својства атмосфере и орбиталних карактеристика Марса, са упоредивим величинама на Земљи, а ради добијања сразмерно тачних величина у атмосфери Марса. Објашњен је значај овог приступа у ситуацији где наша знања о бројним планетарним и атмосферским особинама Марса нису комплетна и коначна.

У издвојеном потпоглављу је обрађена област Хелас Планиције, подручје на Марсу чија за ту планету радикална својства, дају прилично добре, штавише повољне могућности за атмосферски лет лаке летелице, па стога може бити од посебног интереса за неке мисије разматране лаке летелице.

Као коначна потпоглавља увода, а у директној вези са претходно обрађеним темама, анализирана је природа Рејнолдсовог броја, као и природа Маховог броја у атмосфери Марса. Ове две бездимензионе величине, на критичан начин детерминишу способност летелице да у атмосфери, или у њеном најприближнијем, оптималном моделу, лети стабилно и управљиво, задовољавајући природу и циљеве задате мисије.

У наредном поглављу налази се суштинска анализа и објашњавају се циљеви и остварени домети рада. Обрађене су на детаљан начин све значајне и од њих зависне аеродинамичке карактеристике летелице АЛПЕМА, као и перформансе које достиже током лета кроз атмосферу Марса, пратећи неколико значајних висина, на ширем опсегу скалирајућих висина атмосфере планете.

Уз уводне претпоставке, које се баве основним усвојеним својствима летелице АЛПЕМА, представљене су и сличне летелице које су коришћене као упоредни модели, за детаљну анализу својстава и способности летелице АЛПЕМА и њене практичне примене.

Потпоглавље које се бави поларом и геометријом, концизно и врло детаљно објашњава предности поларе летелице АЛПЕМА у поређењу са угледним моделима, тј. Другим посматраним летелицама. Такође, обрађена је геометрија, таква да задовољава и потребе стабилности и управљивости, као и носивости мотора и евентуалне додатне опреме. Као занимљива и корисна, а такође и честа одлика пројеката лаких летелица убачених у атмосферу, анализира се и модел аерољуске. Представљене су од поларе зависне и изведене величине, везане за узгон и отпор, као основне аеродинамичке параметре од интереса за анализу лета летелице и значајне улазне податке из којих следи остваривање циља самог рада, а то је одређивање анвелопа лета летелице АЛПЕМА за задату конфигурацију.

Потом је представљен начин избора елисе, ако области која је у великом броју референтних радова или занемарена или представљена тривијално или паушално. Свест о изузетном значају избора елисе, као предетерминишућем чиниоцу оптималног коришћења, или максимизације доступне снаге мотора, искоришћена је за детаљну, нумеричко-графичку анализу и низ практичних дијаграма који показују способност летелице АЛПЕМА да на максималан начин искористи издашне могућности свог мотора.

Након овог потпоглавља, следи део у ком је обављена пуна и широка анализа свих чинилаца снаге мотора, односно њене промене са променом висине лета, односно атмосферских околности, а дат је и опсежан преглед могућих брзина лета, на разним висинама и при разноврсним режимима рада мотора, односно могућностима искоришћења снаге мотора. Као и у претходном поглављу, нумеричка и графичка анализа, односно подаци, дају јасну слику о версатилности летелице АЛПЕМА и њеној способности да испуни велики број мисија различите природе и коначних циљева.

У наредном поглављу се систематично анализирају коефицијенти оптерећења, на основу њих и претходно одређених параметара формирају анvelope и потом анализирају и максимуми ширине анvelope, као укупни податак који на одлучујући начин дефинише летелицу АЛПЕМА као не само способну за лет у атмосфери Марса, већ и као лаку летелицу која показује значајне компаративне предности у односу на референтне летелице.

У последњем поглављу дисертације изнет је детаљан закључак са критичком анализом остварених резултата формирања анvelope али и комплетне аеродинамичке слике летелице АЛПЕМА и услова лета у атмосфери Марса. Остављен је научно заснован простор за даља истраживања и унапређења постојећег модела летелице из ове дисертације. Приказан је научни допринос дисертације као и могућност примене добијених резултата за израду обрађиване летелице.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Анvelope лета летелица у атмосфери Марса“ даје савремен и оригиналан приступ истраживању лета лаких летелица у сложеним условима атмосфере Марса, кроз детаљан аеродинамички прорачун, нумеричку и графичку анализу и објашњава на прецизан начин ограничења средине и начине оптимизације геометрије, погона и других особина лаке летелице. Научни допринос ове дисертације се пре свега огледа у примени новог, јединственог и детаљног приступа анализи, где се скрутинизују сви детаљи пројектовања и анализе летелица, даље од уобичајених оквира сличних радова. У дисертацији се разматрају како сам модел, тако и његова погонска група, перформансе у лету, стабилност, управљивост, аеродинамичке особине и наравно, анvelope као круна анализе и најсвеобухватнији показатељ квалитета приступа у анализи. Презентована детаљна методологија анализе је искоришћена и да се из референтних примера сличних летелица, изведу упоредне величине, чак и уколико нису биле присутне у самим радовима из којих потичу. На тај начин је извршена и извесна допуна референтног материјала и потпомогнут квалитет и прецизност анализе представљене у дисертацији. Због величине пратеће анализе (симулације кроз модуле за коначне елементе CAD/CAM софтвера и кроз MS Excel алате), уложен је значајан напор да се велика количина добијених аналитичких података, табела и дијаграма систематизује до мере употребљивости и прегледности за ову дисертацију.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је коришћена обимна литература из аеродинамичких карактеристика и перформанси лаких летелица, модела летелица у атмосфери Марса и физичко-хемијских и орбиталних карактеристика Марса. Коришћена литература се може поделити на три значајније групе: радови који се баве физичко-хемијским и орбиталним својствима Марса, радови који се баве аеродинамичким карактеристикама и перформансама лаких летелица и радови који се баве пројектима и моделима летелица намењеним лету у атмосфери Марса. Литература је кандидату послужила као полазна основа за формирање прегледа досадашњих истраживања из истраживања Марса, чинилаца атмосфере Марса и путева развоја летелица намењених лету у атмосфери Марса. На тај начин је дат и релевантан приказ тренутног стања у области којој припадају проблеми разматрани у докторској дисертацији и приказани су релевантни и референтни пројекти из поменутих области, значајни за поређење способности, односно перформанси са моделом летелице разматране у дисертацији. Коришћена научна литература је служила као почетна основа за конципирање прорачунског дела, односно нумеричке анализе аеродинамичких карактеристика и специјалних перформанси, нарочито у делу везаном за елисе. Такође је указала и на могуће

правце побољшања постојећих прорачунских модела и пројектних решења, у циљу омогућавања напреднијег и софистициранијег приступа решавању проблема лета лаких летелица у атмосфери Марса.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Научне методе које су примењене у поступку реализације научних резултата могу се поделити на три групе: физичко-математичко моделирање, нумеричке методе и симулација аеродинамичких услова. Физичко-математичко моделирање подразумева преглед математичке теорије као и дефинисање теорема и дефиниција које задати модели летелице и атмосфере треба да испуне да би задовољавали одређене услове који би осигурали постојање и одрживост задатих циљева дисертације, тј. одређења анVELOпа лета.

Нумеричко моделирање даје могућност да се карактеристике лета лаке летелице у атмосфери Марса моделирају чисто нумерички. Тиме се даје могућност независне анализе и симулације проблема, односно то да се помоћу варирања нумеричких података тј. аргумената, опише и покрије велики дијапазон практичних проблема од интереса како за тему ове дисертације, тако и за могуће сличне анализе других феномена ове врсте атмосферског лета. Битно је напоменути то да је прорачун јединствен, односно то да аналитички приступ и нумеричка симулација одговарају свакој летелици намењеној лету у атмосфери Марса, где су параметри атмосферских услова универзално применљиви, а начин измене података везаних за геометрију и аеродинамичке карактеристике саме летелице, лако измењиви у прорачуну, односно симулацији. Уз то, ваља напоменути и то да се овим прорачуном обезбеђује сразмерно значајна количина излазних информација, често већа од почетног или ужег циља анализе. Тиме је могуће једном методом, односно начином прорачуна, покривати већи број тема и задовољити више научних циљева.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Кандидат мр Марко Екмецић је радом на докторској дисертацији остварио значајне научно-истраживачке резултате са трајном научном вредношћу и практичном применљивошћу у области аеродинамике и специјалних перформанси лаких летелица намењених лету у атмосфери Марса.

Добијени резултати су упоређени са у пракси коришћеном методом скалирања и показују напредне особине, односно способност да дају већи број и прецизније резултате, са истим бројем улазних података. Такође, значајна надоградња је присутна на пољу имплементације података везаних за елисе, где је приступ коришћен у дисертацији или битно детаљнији у односу на референтне приступе, или у референтним приступима није ни присутан прорачун ове врсте.

На тај начин се закључује да је презентовани метод прорачуна и симулирања, бољи од постојећих у више аспеката компарације.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде ове дисертације показао способност самосталног извођења научно-истраживачких пројеката, као и способност решавања сложених техничких проблема применом савремених научно-истраживачких метода. Велико радно искуство у области CAD/CAM моделирања, симулирања и анализе, пружају основу за даљи и квалитетан самосталан научно-истраживачки рад.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос ове дисертације је остварен у:

- Унапређењу прорачунске методе скалирања за случајеве лета у атмосфери Марса, у виду дефинисања нове методе која на шири и свеобухватнији начин узима у обзир физичко-хемијске особине средине и њихов утицај на аеродинамичке карактеристике и специјалне перформансе летелице.
- Увођење детаљног аналитичког приступа проблематици избора оптималне елисе, као и последичне анализе утицаја тако изабране елисе на перформансе летелице. Значајно унапређење квалитета излазних података из такве анализе, коришћењем већег спектра улазних података, који су често занемарени или потпуно непостојећи у другим, постојећим прорачунима. Укупно, добија се реална слика елисе и њених ефеката на перформансе летелице, за разлику од већине сличних пројеката, где је проблематика елисе занемарена, а сама елиса представљена само паушално.
- Дефинисање геометрије летелице тако да у потпуности одговара физичким карактеристикама, као и габаритима засебно изабраног мотора, односно погонске групе. На тај начин се пројектовање и анализа базирају на реалним подацима и њихова прецизност је самим тим значајно већа у односу на сличне пројекте који геометрију посматрају симплификовано, а погонску групу рудиментарно.
- Избор погонске групе, такав да по својим физичким карактеристикама и погонској снази одговара задатом пројекту и његовим циљевима. Кроз анализу се потом добијају релевантни подаци за долет и трајање лета, засновани на стварним вредностима снаге мотора. На тај начин се постиже битна предност у односу на већину сличних пројеката, који податке о снази мотора узимају инверзно, према својим потребама, а не према моделу мотора, који најчешће и није наведен.
- Примена приступа варирања расположиве снаге, као одлика савремених погонских група, користи се на оптималан начин, да прикаже могућности летелице у различитим режимима лета, а према тој, расположивој снази. На тај начин се представља реални приступ, примењив у пракси познатих лаких летелица и избегава се сужено посматрање промене снаге погонске групе, као једног од најважнијих чинилаца за успешан лет.
- Посебно је потребно напоменути да се на овај начин основни циљ пројекта и дисертације, а то је одређивање анVELOпа летелице, испуњава на један далеко конкретнији начин. Тако се омогућава увид у шири спектар анVELOпа једне исте летелице, али у различитим енергетским режимима лета и приказују могућности за обављање више разноврсних али и разнородних мисија са једном геометријом крила, односно летелице, што није случај са референтним пројектима.
- Примена класичних, уобичајених и лако доступних алата за анализу, прорачун, табличну и графичку интерпретацију добијених података, омогућава олакшан приступ решавању задатих, као и њима сличних теоретских и практичних проблема. На тај начин се компликовани и детаљни аналитички приступи чине доступнијим широј научној јавности и релативно нова и инспиративна проблематика стабилног и управљивог лета у атмосфери Марса, чини пријемљивијом и доступнијом већем броју заинтересованих корисника из академске и научне заједнице.

## 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне научне литературе и сагледавања постојећих решења из области докторске дисертације, констатујемо да су резултати истраживања у тези значајни и да су применљиви у пракси. Истовремено, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у докторској дисертацији, можемо закључити да су пружени одговори на сва релевантна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

Установљене чињенице истраживања су корак напред и воде ка унапређењу постојећих података о могућности спровођења стабилног и управљивог лета лаке летелице у атмосфери Марса, као и ка унапређењу постојећих и развоју нових пројеката сличних летелица.

Приказани комплексни приступ и прорачунски модел поседује велику применљивост с обзиром да је конципиран на познатим и лако доступним подацима из познатих физичко-математичких модела атмосфере, материјала, погонских група, елиса и геометрија. На тај начин није завистан у директној мери од проблематике решавања, односно има широк спектар примене и излазних података. Примењив је у академским, студентским истраживањима, научним радовима, као и пројектима већих аерокосмонаутичких центара и институција.

## 4.3. Верификација научних доприноса

### Радови објављени у научним часописима међународног значаја

Радови у међународним часописима (M23):

1. Ekmedžić, M., Bengin, A, Rašuo, B., *Conceptual Design and Flight Envelopes of a Light Aircraft for Mars Atmosphere*, Technical Gazette, Vol. 25, Suppl. 2, September 2018., DOI: 10.17559/TV-20170908130808, ISSN: 1330-3651, (прихваћен за штампу), на SCI listi; IF 0.723.

### Радови објављени у научним часописима националног значаја

Радови у часописима националног значаја (M52):

1. Ekmedžić, M., Rašuo, B., *Istraživanje Marsa – Istorijat i perspektive*, Tehnika, Godina LXV, No. 4, ISSN 0040-2176, Beograd, 2010, (strane M9-M18).
2. Ekmedžić, M., Rašuo, B., *Voda na Marsu*, Tehnika, Godina LXVI, No. 1, ISSN 0040-2176, Beograd, 2011, (strane 55-66). M52 .
3. Ekmedžić, M., Rašuo, B., *Srbija i CERN – zagrljaj moćnog diva*, Tehnika, Godina LXVII, No. 5, ISSN 0040-2176, Beograd, 2012, (strane 743-749).
4. Ekmedžić, M., Rašuo, B., *Srbija i XFEL – Moćni pogled u mikrosvet*, Tehnika, Godina LXIX, No. 3, ISSN 0040-2176, Beograd, 2014, (strane 429-437).

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под називом „Анвелопе лета летелица у атмосфери Марса“, кандидата мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш., садржи савремен и оригиналан научни допринос, који омогућава целовиту анализу разматраних проблема у вези са одређивањем аеродинамичких карактеристика лета лаке летелице у атмосфери Марса и као таква има значајан утицај на одређивање анвелопе лета таквих летелица као и на унапређење пројектних приступа на овом пољу. На основу онога што је приказано у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана проблематика изузетно актуелна, са задовољством се констатује да је кандидат мр Марко Екмеџић, дипл. инж. маш., студент докторских студија успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима. Кандидат је дошао до оригиналних научних резултата, који су и верификовани, што им обезбеђује широку примену у области аеродинамике, аерокосмонаутике и одређивања специјалних перформанси лаких летелица и примене резултата на лет у атмосфери Марса.

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске тезе под називом „Анвелопе лета летелица у атмосфери марса“, кандидата мр Марка Екмеџића, дипл. инж. маш., са задовољством се констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упуту извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду, 20.04.2018. године

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

---

др Александар Бенгин, редовни професор  
Универзитет у Београду, Машински факултет

---

др Мирко Динуловић, ванредни професор  
Универзитет у Београду, Машински факултет

---

др Данило Петрашиновић, ванредни професор  
Универзитет у Београду, Машински факултет

---

др Горан Воротовић, доцент  
Универзитет у Београду, Машински факултет

---

др Слободан Гвозденовић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет