

Образац 3.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

113/3

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

23.01.2020.

(Датум)

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:

**„НАПОНСКА АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИЈА СЛАГАЊА ЛАМИНА КОМПОЗИТНЕ
КОНСТРУКЦИЈЕ ДЕФИНИСАНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ЗА ЗАДАТЕ УСЛОВЕ ОПТЕРЕЂЕЊА (STRESS
ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF LAMINATE LAYUP OF DEFINED COMPOSITE STRUCTURE
GEOMETRY UNDER GIVEN LOADING CONDITIONS)“**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Отпорност конструкција

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:
ABDULRAZAG ABDALLAH ELMILADI

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Tupolev Kazan State Technical University, Kazan –
Russia, M.Sc.

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2005.

4. Година уписа на докторске студије: 2016.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: _____ Игор Балаћ _____

Звање: _____ редовни професор _____

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Stojanovic D.B., Orlovic A., Zrilic M., Balac I., Tang C.Y., Uskokovic P.S., Aleksic R., The effects of functionalization on the thermal and tribo-mechanical behaviors of neat and grafted polyethylene nanocomposites, Polymer Composites, ISSN: 0272-8397 (IF=1,455 за 2013) Vol 34, No 10, 2013, pp. 1710-1719. (M21)
2. Grbović A., Kastratović G., Sedmak A., Balać I., Popović M. D., Fatigue crack paths in light aircraft wing spars International Journal of Fatigue, ISSN: 0142-1123 (IF=3,673 за 2018), Vol 123, 2019, Pp 96-104. (M21)
3. Obradović N., Fahrenholtz W.G., Filipović S., Kosanović D., Dapčević A., Đorđević A., Balać I., Pavlović V., The effect of mechanical activation on synthesis and properties of MgAl₂O₄ ceramics, Ceramics International, ISSN: 0272-8842 (IF= 3,45 за 2018.) Volume 45, Iss 9, No 15, 2019, Pp 12015-12021. (M21)
4. Sedmak A., Čolić K., Grbović A., Balać I., Burzić M., Numerical analysis of fatigue crack growth of hip implant, Engineering fracture mechanics, ISSN: 0013-7944 (IF=2,908 за 2018.), Vol 123, 2019, Pp 96-104. (M21)
5. Filipović S., Obradović N., Marković S., Mitrić M., Balać I., Đorđević A., Pavlović V., The effect of ball milling on properties of sintered manganese-doped alumina, Advanced powder technology, ISSN: 0921-8831 (IF=3,25 за 2018.), Vol 30, Iss 11, 2019, Pp 2533-2540. (M21)

Наставно – научно веће

Обавештавамо вас да је

_____ (назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 23.01.2020. 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 у једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 113/2
Датум: 23.01.2020. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Abdulrazag Abdallah Elmiladi**, магст. инж. маш., бр. 2354/1 од 11.12.2019. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Милорад Милованчевић, ред. проф., др Александар Грбовић, ванр. проф. и др Нина Обрадовић, научни саветник, Институт техничких наука САНУ, број 113/1 од 21.01.2020. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 64. Статута Машинског факултета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 23.01.2020. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **Abdulrazag Abdallah Elmiladi**, магст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«НАПОНСКА АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИЈА СЛАГАЊА ЛАМИНА КОМПОЗИТНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ДЕФИНИСАНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ЗА ЗАДАТЕ УСЛОВЕ ОПТЕРЕЋЕЊА (STRESS ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF LAMINATE LAYUP OF DEFINED COMPOSITE STRUCTURE GEOMETRY UNDER GIVEN LOADING CONDITIONS) »**.

Одлуком ННВ број 2354/2, од 26.12.2019. године за ментора докторске дисертације **Abdulrazag Abdallah Elmiladi**, магст. инж. маш. именован је др Игор Балаћ, ред. проф.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата **Абдулразага Абдалаха Елмиладија** (Abdulrazag Abdallah Elmiladi), маг. инж. маш. за израду докторске дисертације

Одлуком Научно-наставног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 2354/3 од 26.12.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Абдулразага Абдалаха Елмиладија (Abdulrazag Abdallah Elmiladi), маг. инж. маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: **НАПОНСКА АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИЈА СЛАГАЊА ЛАМИНА КОМПОЗИТНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ДЕФИНИСАНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ЗА ЗАДАТЕ УСЛОВЕ ОПТЕРЕЋЕЊА (STRESS ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF LAMINATE LAYUP OF DEFINED COMPOSITE STRUCTURE GEOMETRY UNDER GIVEN LOADING CONDITIONS).**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Абдулразаг Абдалах Елмилади (Abdulrazag Abdallah Elmiladi) је рођен 09.11.1964. у Триполију (Либија) где је завршио основну и средњу школу у периоду 1970-1983. Школске 1983/84 уписао је, а 1988. године завршио основне студије на машинском одсеку Техничког факултета у Триполију, Либија (Faculty of Engineering, Mechanical and Industrial Engineering department, University of Tripoli), да би магистарске студије уписао 2003. и исте завршио 2005. на Tupolev Kazan State Technical University у Казању, Русија. Абдулразаг Абдалах Елмилади поседује вишегодишње радно искуство. У периоду од 1988. године до 2008. године био је запослен као машински инжењер у Техничком истраживачком центру (Technical Research center) са седиштем у Триполију, да би од 2008. до данас био ангажован као предавач на машинском одсеку Високог техничког института (High Technical Institute) у граду Сукалкамису, Либија.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат Абдулразаг Абдалах Елмилади уписао је прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2016/17. године, да би наредне школске године уписао другу годину студија. У складу са Планом усавршавања положио је следеће испите:

Р- бр.	Назив предмета	Предметни наставник	Оцена
1	Напредни курс из нумеричких метода	Проф. Др Златко Петровић	10 (десет)
2	Методологија истраживања и развоја	Проф. Др Златко Петровић	10 (десет)
3	Одабрана поглавља из композитних конструкција	Проф. Др. Мирко Динуловић	9 (девет)
4	Мерење напона и деформација	Проф. Др Милорад Милованчевић	10 (десет)
5	Основе механике композитних материјала	Проф. Др Игор Балаћ	10 (десет)
6	Планирање, извођење и управљање пројектима	Проф. Др Бојан Бабић	10 (десет)
7	Напредно коришћење компјутера у пројектовању	Проф. Др Александар Грбовић	10 (десет)
8	Примена механике лома на интегритет структура	Проф. Др Александар Седмак	10 (десет)
9	Примене методе коначних елемената	Проф. Др Александар Грбовић	10 (десет)
10	Истраживање и публикавање 1	Проф. Др Александар Грбовић	10 (десет)
11	Истраживање и публикавање 2	Проф. Др Александар Грбовић	10 (десет)
12	Истраживање и публикавање 3	Проф. Др Игор Балаћ	10 (десет)
13	Истраживање и публикавање 4	Проф. Др Игор Балаћ	10 (десет)
14	Пројекат идеје докторске дисертације	Проф. Др Милорад Милованчевић	10 (десет)

Током похађања докторских студија Абдулразаг Абдалах Елмилади је положио 9 изборних предмета од којих сваки вреди по 5 ЕСПБ, чиме је стекао **45 ЕСПБ**. Пројекат идеје докторске дисертације одбранио је пред Комисијом у саставу: професор др Александар Грбовић, професор др Милорад Милованчевић и научни саветник др Нина Обрадовић, Институт техничких наука САНУ, чиме је стекао још **22 ЕСПБ**. Поред тога, истраживачким радом евалуираним кроз предмете Истраживање и публикавање 1-4 кандидат је стекао још **53 ЕСПБ**, тако да је – у складу са правилником о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду – Абдулразаг Абдалах Елмилади остварио укупно **120 ЕСПБ** уз просечну оцену 9,93.

Као резултат истраживања кандидат је написао рад који је објављен у међународном часопису са SCI листе:

Elmiladi A., Balać I., Čolić K., Grbović A., Milovančević M., Jelić M., *Numerical Modeling of the Porosity Influence on the Elastic Properties of Sintered Materials*, Science of Sintering, Vol 51, No 2, (2019), pp. 153-161.

<http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0350-820X/2019/0350-820X1902153A.pdf>

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током својих досадашњих активности Абдулпазаг Абдалах Елмилади, маст. инж. маш. је испољио нарочиту склоност и велико интересовање за научно истраживачки рад. Целокупним својим ангажовањем и научним радом публикованим у међународном часопису са SCI листе доказао је своју способност за успешно бављење теоријским и експерименталним истраживањима.

Истраживања кандидата и радови које је написао припадају ужој научној области Отпорност конструкција, и то проблематици структуралних анализа ламинатних композитних конструкција које су у потпуности повезане са научном облашћу којој припада предложена тема докторске дисертације.

Досадашње активности и истраживања, као и исказани смисао за научно истраживачки рад, квалификују кандидата Абдулпазага Абдалаха Елмиладија за успешан и ефикасан самосталан рад на предложеној докторској дисертацији.

2. Предмет и циљ истраживања

Последњих година дошло је до значајног глобалног пораста потреба за новим материјалима који поседују високу чврстоћу и крутост а малу масу као у ваздухопловној тако и у осталим индустријама. Као материјали који су се на неки начин наметнули као материјали који задовољавају дефинисане услове у смислу високе чврстоће и крутости а мале масе су композитни материјали ојачани дугим континуалним влакнима. Они се обично добијају слагањем ламина различите оријентације а са циљем да се обезбеди довољно висока чврстоћа и крутост у различитим правцима. Пошто је ламина, чијим се слагањем у ламинат добија коначна геометрија композита, у принципу ортотропна (ортогонално изотропна), јасно је да се слагањем таквих ламина под различитим угловима добија као коначни производ ламинат који у општем случају показује у потпуности анизотропне особине.

Пројектовање ламината када је у питању израда носећих делова конструкције овог типа, а за задате услове оптерећења генерално подразумева да је неопходно спровести следеће кораке: 1) усвојити оптималну врсту композитног материјала у смислу избора влакана као ојачавача и матрице као везивног материјала влакана, и одредити очекиване вредности чврстоће и крутости одабраног материјала за главне материјалне правце, 2) дефинисати нумерички модел геометрије ламината за унапред усвојени начин слагања и анализирати га за задате услове оптерећења, 3) на основу напонске анализе спровести оптимизацију начина слагања ламина различитих оријентација са циљем остваривања максималне чврстоће, 4) са тако усвојеном геометријом ламината урадити оптимизацију у циљу евентуалног смањења масе композитне конструкције не нарушавајући при томе њену чврстоћу и крутост и 5) верификовати прорачун у смислу експерименталног испитивања.

Као што је већ наведено, композитни материјали су значајно лакши од стандардних хомогених материјала (метала), али је структура композита далеко сложенија и услед изражене анизотропије захтева потпуно другачији приступ пројектовању делова и склопова.

Код пројектовања носећих делова који су израђени од композитних материјала, потребно је имати детаљан увид у везе између процеса пројектовања геометрије носеће структуре, дефинисања особина композитних материјала и испитивања пројектованог материјала, да би се изабрала најефикаснија методологија пројектовања композитне конструкције за задате услове оптерећења. Грешке и недостаци у пројектовању ових конструкција, најлакше се идентификују применом нумеричких метода - *Методом коначних елемената*. Метода коначних елемената се већ дуги низ година успешно користи за процену чврстоће и крутости композитних ламината ојачаних дугим влакнима. Током вишедеценијске употребе ових материјала предложени су бројни модели засновани на микромеханици композита за симулирање њиховог очекиваног понашања у смислу чврстоће и крутости.

Оптимизација у смислу начина слагања ламината један од најважнијих задатака приликом дефинисања коначне геометрије композитне конструкције која носи задато оптерећење. Прегледом доступне литературе је уочено да тренутно коришћене методологије пројектовања и анализе ових композита изузетно ретко укључује како утицај интерламинарних напона тако и утицај несавршености израде композита у виду заосталог порозитета. Даље, дефинисана геометрија добијена на основу нумеричког прорачуна доводи до материјала који је релативно високе дебљине компоненти а тиме и масе носећег дела, што доводи до допунског повећања оптерећења услед инерцијалних сила. Стога, дефинисање методологије структурне оптимизације ових материјала са циљем остваривања максималне чврстоће укључујући и утицаје интерламинарних напона и заосталог порозитета представља важно питање вредно истраживања.

На основу претходно изложеног, а заснованог увидом у доступној литератури, може се закључити да потреба за оптимизованим композитним конструкцијама – дугим влакнима ојачаним композитима, постоји и да су истраживачима интересантне. Зато је за **предмет проучавања** ове дисертације изабрана **напонска анализа и оптимизација слагања ламина композитне конструкције дефинисане геометрије за задате услове оптерећења**, у сврху добијања методологије прорачуна и оптимизације самог слагања ламина а све у циљу добијања композитног материјала максималне могуће чврстоће и крутости а што са друге стране директно доводи и до смањења саме масе.

У циљу остварења овако дефинисаног задатка, прво ће у докторској тези бити усвојена врста композитног материјала у смислу избора валакана као ојачавача и матрице као везивног материјала влакана. Метода коначних елемената заједно са одговарајућим моделима микромеханике композита, биће потом искоришћена за израчунавање очекиваних вредности чврстоће и крутости одабраног материјала за главне материјалне правце. Карактеристике ламината добијене помоћу Методе коначних елемената биће упоређене са подацима из литературе и/или вредностима добијеним експериментално у сврху верификације самог нумеричког прорачуна односно добијених механичких карактеристика. Потом, ће бити спроведена нумеричка анализе напонског стања композитне конструкције дефинисане геометрије за задате услове оптерећења. Ова анализа подразумева идентификацију наоптерећенијег слоја композита где се очекује губитак носивости као и анализу утицаја интерламинарних напона тог слоја који такође додатно доприносе смањењу чврстоће саме ламине. Такође, анализираће се и утисај несавршености производње у смислу утицаја заосталог порозитета на смањење чврстоће и крутости композитне конструкције. У наредној фази у раду тезе приступило би се оптимизацији начина слагања ламина различитих оријентација са циљем да се за исте услове оптерећења и непромењену геометрију композитне структуре мењањем начина слагања ламина под различитим угловима оријентисаних влакана пронађе оптималан редослед који би резултовао максимално могућом чврстоћом композитне структуре за задате услове оптерећења. По усвојеном начину слагања ламина под различитим угловима оријентисаних влакана који сачињавају ламинат коначне геометрије приступило би се завршној фази тезе тј. идентификацији слојева слабог искоришћења у смислу носивости. По уклањању ових слојева би се спровела допунска анализа која би требало да доведе до **главног циља тезе: добијања**

оптимизоване композитне конструкције дефинисане геометрије максималне могуће крутости а минималне масе за задате услове оптерећења. У сврху верификације спроведених прорачуна израдиће се модел размери 1:1 који ће потом бити испитан у лабораторији у смислу напонско-деформационе анализе.

2.1 Полазне хипотезе

Полазне хипотезе, до којих се дошло на основу прегледа литературе и досадашњег искуства, јесу:

1. У овој тези се полази од претпоставке да се процена чврстоће композитне ламине може одредити на основу Хипотезе *Tsai-Wu*. По овој хипотези, у случају равног стања напона, до губитка носивости ламине долази ако се у било којој тачки напрегнутог тела наруши следећа неједнакост:

$$F_1\sigma_1 + F_2\sigma_2 + F_{11}\sigma_1^2 + F_{22}\sigma_2^2 + F_{66}\tau_{12}^2 + 2F_{12}\sigma_1\sigma_2 < 1 \quad \dots (1)$$

коэффициенти: $F_1, F_{11}, F_2, F_{22}, F_{66}, F_{12}$ се одређују на основу експериментално добијених вредности за следеће чврстоће: чврстоћа у правцу пружања влакана (подужна чврстоћа) која може бити затезна - $\sigma_{1\max}^{(+)}$ или притисна - $\sigma_{1\max}^{(-)}$, чврстоћа у правцу управном на правац пружања влакана (попречна чврстоћа) која такође може бити затезна - $\sigma_{2\max}^{(+)}$ или притисна - $\sigma_{2\max}^{(-)}$, и чврстоћа на смицање у равни ламине (смицајна чврстоћа) - $\tau_{12\max}$. Уколико ова експериментална испитивања није могуће извести, онда се очекиване вредности ових чврстоћа могу иницијално одредити преко познатих образаца из *Микромеханике композитних материјала*.

2. Нумеричке методе се могу успешно искористити за тачно израчунавање релевантних напона: σ_1, σ_2 и τ_{12} у анализираној ламини. Овако добијене вредности се користе, преко неједначине (1), за процену чврстоће и крутости композитне ламине ојачане дугим влакнима. Као што је познато, Метода коначних елемената се већ дуги низ година успешно користи за процену чврстоће и крутости композитних ламината ојачаних дугим влакнима. Ова метода ће се у овој тези користити управо за добијање вредности тражених напона.

2.2. Преглед литературе релевантне за предложену тему дисертације

У наставку су наведене референце које описују основе предложене дисертација, и које опредељују даљи рад кандидата на предложеној теми:

- [1] A. K. Miri and A. Nosier, "Interlaminar stresses in Antisymmetric Angle-Ply Cylindrical Shell Panels," *Composite Structures*, Vol. 93, No. 2, 2011, p. 419-429.
- [2] A. Nosier and M. Maleki, "Free-Edge Stresses in General Composite Plates," *International Journal of Mechanical Sciences*, Vol. 50. No. 10-11, 2008, p. 1435-1447.
- [3] Chuijin Yang, Jubing Chen, Shexu Zhao, "The Interlaminar Stress of Laminated Composite under Uniform Axial Deformation," *Modeling and Numerical Simulation of Material Science*, Vol. 3, 2013, p. 49-60.
- [4] Cai, Xin, et al., "Structural optimization design of horizontal-axis wind turbine blades using a particle swarm optimization algorithm and finite element method." *Energies* Vol. 5, No. 11, 2012, p. 4683-4696.
- [5] T. Seshaiyah, K. V. K. Reddy, "Effect of Fiber Orientation on the Mechanical Behavior of E-glass Fibre Reinforced Epoxy Composite Materials", *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, Vol. 8, Iss. 4, 2018, p. 379-396.
- [6] "The influence of number and orientation of ply on tensile properties of hybrid composites", *Journal of Physics: Materials*, Vol. 93, No. 2, 2019, <https://doi.org/10.1088/2515-7639/aaff7a>.

У [1] и [2] је анализиран утицај слободних ивица на појаву интерламинарних напона код цилиндричних панела плоча изграђених од угаонослојних несиметричних ламината при једноосном затезању. Појава ових напона директо доводи до пада чврстоће композитног материјала. У [3] је приказана нумеричка анализа утицаја различитих углова различите оријентације на појаву додатних интерламинарних напона. Конкретан пример структуралне оптимизације је дат приказом структуралне оптимизације постојеће комерцијалне ветротурбине са хоризонталном осом је приказана у [4]. Утицај начина слагања угаонослојног ламината на чврстоћу композитног материјала је анализиран је у [5] и [6].

У доступној литератури, може се приметити да недостаје анализа синергетског утицаја комплексне геометрије и начина слагања угаонослојног ламината на чврстоћу композитног материјала са додатном анализом како утицаја интерламинарних напона тако и напона услед несавршености при изради самог ламината тј. појаве поризитета. Генерисање ових додатних напона може довести до знатног пада чврстоће композита.

3. Научне методе истраживања

За потребе овог истраживања предлажу се следеће методе и приступи:

- **Анализа** постојећих научних и стручних сазнања у вези са предметом истраживања. Ово подразумева преглед доступне литературе релевантне за тему докторске дисертације и идентификацију постојећих приступа одређивања чврстоће композитних материјала.

- **Аналитичке и нумеричке методе** ће бити коришћене како за израчунавање чврстоће и крутости одабраног дугим континуалним влакнима ојачаног композитног материјала тако и за напонско-деформациону анализу геометрије ламината за усвојени начин слагања ламина.

- **Експерименталне методе** у сврху верификације спроведених прорачуна.

4. Очекивани научни допринос

Током рада на тези очекује се следећи научни допринос:

Методологија пројектовања композитних конструкција комплексних геометрија и различитих начина слагања ламина за задате услове оптерећења која подразумева спрегнут прорачун чврстоће композитних конструкција који укључује како напоне који су последица примењеног оптерећења тако и интерламинарне напоне који су последица слеplених ламина различитих оријентација. Ова методологија укључује синергетски утицај комплексне геометрије и начина слагања угаонослојног ламината на чврстоћу композитног материјала са додатном анализом како утицаја интерламинарних напона тако и напона услед несавршености при изради самог ламината тј. појаве поризитета.

Као резултат предложене методологије призилазе остали научни доприноси: добијање ламинатне композитне конструкције дефинисане геометрије која има максималну могућу чврстоћу и крутост а минималну масу за задате услове оптерећења као и сагледавање утицаја несавршености израде, у виду заосталог поризитета, на чврстоћу и карактеристике еластичности ламината.

1. План истраживања и структура рада

Истраживање ће се спровести по следећем плану:

1. Прво ће бити дат детаљан преглед литературе везане за претходна истраживања у предметној области.

2. Потом ће се изабрати врста композитног материјала у смислу избора валакана као ојачавача и матрице као везивног материјала влакана. За изабрани композитни материјал ће се аналитички и нумерички израчунати очекиване вредности чврстоће и крутости за главне материјалне правце.

3. Затим ће бити дефинисан нумерички модел геометрије ламината за унапред усвојени начин слагања који ће бити анализиран применом методе коначних елемената за задате услове оптерећења.

4. Потом ће се на основу напонске анализе спровести оптимизација начина слагања ламина различитих оријентација са циљем остваривања максималне могуће чврстоће укључујући и утицај заостале порозности као последице несавршености израде. Са тако усвојеном геометријом ламината урадиће се даља оптимизација у циљу евентуалног допунског смањења масе композитне конструкције не нарушавајући при томе њену чврстоћу и крутост.

5. Верификација прорачуна у смислу потврде нумерички добијених вредности напона и деформација ће се обавити на основу експерименталног испитивања.

Структура тезе је конципирана на следећи начин:

Поглавље један садржи основне појмове о композитним материјалима ојачаним дугим континуалним влакнима као и преглед релевантне литературе у којој је разматран проблем одређивања чврстоће ових материјала који укључује како утицај интерламинарних напона тако и утицај несавршености израде композита у виду заосталог порозитета. У овом поглављу ће бити изабран материјал у смислу избора валакана као ојачавача и матрице као везивног материјала влакана. **Поглавље два** описује аналитичке и нумеричке методе које ће бити коришћене за израчунавање чврстоће и крутости одабраног композитног материјала. У оквиру овог поглавља ће се аналитички и нумерички израчунати очекиване вредности чврстоће и крутости за главне материјалне правце. У **трећем поглављу** ће бити дефинисан нумерички модел геометрије ламината за унапред усвојени начин слагања који ће у смислу напонско-деформационе анализе бити анализиран применом методе коначних елемената за задате услове оптерећења. Ова анализа укључује како идентификацију наоптерећенијег слоја композита где се очекује губитак носивости тако и анализу утицаја интерламинарних напона тог слоја који такође доприносе смањењу чврстоће. Такође, у оквиру овог поглавља анализираће се и утицај несавршености производње у смислу утицаја заосталог порозитета на смањење чврстоће и крутости. У **четвртном поглављу** приступило би се оптимизацији начина слагања ламина различитих оријентација са циљем да се за исте услове оптерећења и непромењену геометрију мењањем начина слагања ламина под различитим угловима оријентисаних влакана пронађе оптималан редослед који би довео до максимално могуће чврстоће композитне структуре за исте услове оптерећења. По усвојеном начину слагања ламина под различитим угловима оријентисаних влакана који сачињавају ламинат коначне геометрије у **поглављу пет** приступиће се идентификацији слојева слабог искоришћења у смислу носивости. По уклањању ових слојева би се спровела допунска анализа која би требало да доведе до добијања оптимизоване композитне конструкције дефинисане геометрије максималне могуће крутости а минималне масе за задате услове оптерећења. Такође, у оквиру овог поглавља, у сврху верификације спроведених прорачуна израдиће се модел размери 1:1 који ће потом бити испитан у лабораторији у смислу напонско-деформационе анализе. У **поглављу шест** би била представљена дискусија добијених резултата као и закључци до који се дошло у тези.

6. Закључак и предлог

На основу изложене анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата **Абдулразага Абдалаха Елмиладија** (Abdulrazag Abdallah Elmiladi) маг. инж. маш., Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме закључује да је предложена тема

актуелна и научно заснована. Кандидат **Абдулразаг Абдалах Елмилади** (Abdulrazag Abdallah Elmiladi) испуњава све Законом и Статутом Машинског факултета предвиђене услове и има способности за рад на докторској дисертацији.

На основу свега претходно наведеног Комисија предлаже Научно-наставном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату **Абдалаху Абдулразагу Елмиладију** (Abdallah Abdulrazag Elmiladi) одобри израда докторске дисертације са темом: **НАПОНСКА АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИЈА СЛАГАЊА ЛАМИНА КОМПОЗИТНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ДЕФИНИСАНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ЗА ЗАДАТЕ УСЛОВЕ ОПТЕРЕЋЕЊА (STRESS ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF LAMINATE LAYUP OF DEFINED COMPOSITE STRUCTURE GEOMETRY UNDER GIVEN LOADING CONDITIONS)** у научној области Машинство – ужа научна област Отпорност конструкција, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора током израде предметне дисертације предлаже се др Игор Балаћ, редовни професор на Катедри за Отпорност конструкција Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд, 10.01.2020.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Милорад Милованчевић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

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

.....
др Нина Обрадовић, научни саветник
Институт техничких наука САНУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 2354/2
Датум: 26.12.2019.
Београд, Краљице Марије бр.16

На основу члана 64. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1450/4 од 14.06.2018. године и члана 20. а сагласно члану 29. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду од 24.05.2016.г., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној дана 26.12.2019. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Именује се **др Игор Балаћ**, редовни професор за ментора докторске дисертације **„НАПОНСКА АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИЈА СЛАГАЊА ЛАМИНА КОМПОЗИТНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ДЕФИНИСАНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ЗА ЗАДАТЕ УСЛОВЕ ОПТЕРЕЋЕЊА (STRESS ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF LAMINATE LAYUP OF DEFINED COMPOSITE STRUCTURE GEOMETRY UNDER GIVEN LOADING CONDITIONS)“** кандидата **ABDULRAZAG ABDALLAH ELMILADI**, **маст.инж.маш.**, студента докторских студија.

Одлуку доставити: ментору, докторанту и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић