

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Драгана Чукановића, дипломираног машинског инжењера.

Одлуком Већа за техничко технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број IV-04-148/13 од 8.02.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Драгана Чукановића, дипломираног машинског инжењера под насловом:

СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПЛОЧА ОД ФУНКЦИОНАЛНО ГРАДИЈЕНТНО РАСПОРЕЂЕНИХ МАТЕРИЈАЛА

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештај комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата Драгана Чукановића, која је одобрена за израду одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу бр. IV-04-1183/9 од 14.12.2016. године и одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу бр. 01-1/4674-19 од 27.12.2016. године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидата Драгана Чукановића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Статичка и динамичка анализа плоча од функционално градијентно распоређених материјала“, представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области која се односи на анализу понашања функционално градијентно распоређених материјала. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, ова дисертација представља оригиналан научни рад.

Кандидат је извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата компетентних истраживача из области истраживања ове докторске дисертације. На основу спроведене анализе метода и модела, предности и недостатака до сада коришћених приступа у овој области, кандидат је дефинисао предмет и циљ сопствених истраживања.

Значај и допринос ове дисертације огледају се у чињеници да је кандидат развио аналитичке и нумеричке процедуре које могу да обезбеде предвиђање понашања

умерено дебелих и дебелих плоча од функционално градијентно распоређених материјала (ФГМ), изложених различитим врстама оптерећења.

Развијена је методологија примене смицајне деформационе теорије вишег реда, засноване на функцијама облика, на статичку и динамичку анализу плоча од ФГМ. Функцијама облика уведена је геометријска нелинеарност и тиме је избегнута компликована употреба корекционих фактора који узимају у обзир деформације смицањем. Једначине равнотеже и кретања, изведене применом смицајне деформационе теорије вишег реда и варијационим методама, искоришћене су за линеарну и нелинеарну статичку и линеарну динамичку анализу плоча од ФГМ. У циљу успостављања процедуре за анализу и предвиђање понашања плоча од ФГМ, усвојене теоријске поставке су имплементирани у развијен код написан у програмском пакету MATLAB. На основу добијених резултата и упоредном анализом за различите случајеве статичке и динамичке анализе, донесени су одговарајући закључци, као и могућности даљих истраживања у овој области.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Драгана Чукановића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „**Статичка и динамичка анализа плоча од функционално градијентно распоређених материјала**“, представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у области проучавања понашања функционално градијентно распоређених материјала. Кандидат је тему обрадио студиозно и детаљно, користећи при томе теоријске основе научних дисциплина релеватних за ову проблематику. Извршио је критичку анализу бројних научних радова из области истраживања, од чега је велики број новијег датума.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру дисертације огледа се, између осталог, у следећим елементима:

- Функционално градијентно распоређени материјали представљају класу композита који имају промену особина у жељеном правцу, најчешће у правцу дебљине плоче. Структура ФГМ може бити сачињена од различитих изотропних или анизотропних конституената. С обзиром да су најчешће коришћени ФГМ од изотропних компоненти, такви материјали су предмет анализе ове дисертације.
- Кандидат је препознао потребу примене ФГМ у конструкцијама умерено дебелих и дебелих зидова, па је у оквиру ове докторске дисертације извршена анализа управо дебелих и умерено дебелих плоча од ФГМ које чине два конституента, метал (Алуминијум - Al) и керамика (Алумина – Al₂O₃).
- Анализе су класификоване на статичку и динамичку, при чему су у оквиру статичке анализе проучени проблеми савијања, као и извијања услед утицаја температуре на плочу од ФГМ и плочу од ФГМ ослоњену на еластичну подлогу. Утицај температура је проучен за случајеве равномерне, градијентне линеарне и нелинеарне расподеле температуре по дебљини плоче.
- У оквиру динамичке анализе проучен је проблем слободних осцилација плоча од ФГМ, као и поменута интеракција плоча од ФГМ са еластичном

подлогом, а верификација резултата је извршена кроз поређење са резултатима из литературе добијених смицајном деформационом теоријом трећег реда и 3D теоријом еластичности.

- Утицај еластичне подлоге проучен је применом Винклер-Пастернаковог математичког модела еластичне подлоге. Извршена је упоредна анализа утицаја Винклеровог и Пастернаковог коефицијента на померања и напоне плоча од ФГМ.
- Развијена методологија у анализи ламинатних композитних материјала, је прилагођена теоријским поставкама функционално градијентних материјала и примењена на статичку и динамичку анализу плоча од ФГМ. Извршена је анализа оправданости проучавања плоча од ФГМ применом смицајних деформационих теорија вишег реда (HSDT) заснованих на функцијама облика.
- Увођењем 13 различитих функција облика, које су развили референтни аутори за анализу ламинатних композитних материјала, извршена је критичка анализа предложених функција облика према конкретној врсти оптерећења и конкретним статичким и динамичким проблемима.
- Да би успостављене теоријске поставке применио за симулацију конкретних проблема, кандидат је у оквиру програмског пакета MATLAB® развио модул за нелинеарну статичку и линеарну динамичку анализу плоча од ФГМ. Предности симболичког дела програмирања у MATLAB® програму искористио је за теоријску разраду модела, а након тога су добијена аналитичка решења за проучаване проблеме.
- Верификација резултата извршена је кроз поређење са резултатима из цитиране литературе. Критичком анализом добијених резултата кандидат је дао одговарајућа тумачења и извео закључке, који могу послужити као основа за даља истраживања у проучаваној области.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Драган Чукановић рођен је 19. фебруара 1982. године у Свилајнцу, Република Србија.

Основну школу „Јован Јовановић Змај” у Свилајнцу завршио је школске 1996/97. године као носилац дипломе „Вук Караџић”, а Гимназију у Свилајнцу, општи смер, школске 2000/01 године, такође, као носилац дипломе „Вук Караџић”.

Машински факултет у Крагујевцу уписао је школске 2001/02. године и дипломирао 2007. године са просечном оценом 9,06. У току студија награђиван је за остварену високу просечну оцену и освајао је награде из предмета Отпорност материјала и Механика флуида на такмичењима „Машинијада”.

Докторске студије уписао је школске 2007/08 на Машинском факултету у Крагујевцу, као стипендиста Министарства за науку и технолошки развоја. На основу одлуке број 01-1/3997 од 11.06.2012. Већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, 2012. године пребачен је на нови акредитован програм докторских студија Машинског инжењерства, научна област Примењена механика и положио је предвиђене испите са просечном оценом 10.00.

У звање сарадник у настави изабран је 2008. године на Машинском факултету у Крагујевцу за предмете Механика 1, Механика 2 и Механика 3. У периоду од 2010-2011. године радио је у “Фиат аутомобили Србија”, д.о.о., Крагујевац, као специјалиста

производног инжењеринга. У звање асистента, за ужу научну област Примењена механика, изабран је 2011. године на Факултету техничких наука у Косовској Митровици, Универзитета у Приштини. На поменутом факултету, 2014 . године је реизабран у звање асистента на период од 3 године, где је и тренутно у радном односу.

У претходном изборном периоду на Факултету техничких наука у Косовској Митровици, Универзитета у Приштини изводио је вежбе из предмета Отпорност материјала 1 и Отпорност материјала 2 на студијском програму Машинско инжењерство, Отпорност материјала на студијском програму рударско инжењерство, Механика и Отпорност материјала на студијском програму архитектура и Механика материјала на студијском програму индустријско инжењерство. Такође је учествовао у свим другим облицима наставе: колоквијуми, испити и др.

Од 2012. године ангажован је на основу Уговора о допунском раду на Високој техничкој школи струковних студија у Крагујевцу на предметима Механика 1, Механика 2 и Отпорност материјала.

У свом научно истраживачком раду служи се енглеским језиком.

Кандидат је учествовао у реализацији 3 научноистраживачка пројекта:

1. М. Живковић, Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема, Технолошки развој ТР-32036, Министарство просвете, науке и технолошког развоја, 2011-
2. М. Живковић, Развој софтвера за експлицитну нелинеарну динамичку анализу, Технолошки развој ТР-12005, Министарство за науку и технолошки развој, 2008-2010,
3. М. Живковић, Развој софтвера за анализу чврстоће и процену радног века конструкција, Технолошки развој ТР-6204, Министарство науке и животне средине, 2007-2008.

Кандидат је објавио 18 радова у научно-стручним часописима као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима.

Радови прихваћени за објављивање у међународним часописима категорије (M22)

1. Radaković A., Bogdanović G., Milosavljević D., Veljović Lj., Čukanović D., *Using high-order shear deformation theory in the analysis of Lamb's waves propagation in materials reinforced with two families of fibers*, Acta Mechanica, Vol. 228, No. 1, pp. 187–200, doi:10.1007/s00707-016-1707-1, ISSN: 0001-5970, 2017.
2. Čukanović D., Bogdanović G., Radaković A., Milosavljević D., Veljović Lj., Balać I. *Comparative thermal buckling analysis of functionally graded plate*, Thermal Science, doi:10.2298/TSCI160614182C, ISSN 0354-9836 (printed), ISSN 2334-7163 (online) 2016.

Радови објављени у часописима од националног значаја (M51):

3. Čukanović D., Živković M., Jakovljević A., Savić S., *Applying numerical method in the strength calculation of high pressure steamline*, Journal of Applied Engineering Science, 11(2), pp. 99-105, ISSN:1451-4117, 2013.

Радови на међународним скуповима штампани у целости (M33):

4. Bogdanović G., Čukanović D., Radaković A., Veljović Lj., *Impact of modern materials development on quality of life*, 1st International Conference on

Quality of Life, Kragujevac, pp.255-259, ISBN: 978-86-633-033-5, 9-10 June 2016.

5. G.Bogdanović, D. Milosavljević, A.Radaković, **D.Čukanović**, V.Geroski, *Acoustical Tensor and Elastic Wave Propagation in Anisotropic Materials Used in Automotive Industry*, 6th International Congress Motor Vehicles & Motors 2016, Proceedings, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, pp. 181-185, ISBN 978-86-6335-037-3, Kragujevac, 2016.
6. A.Radaković, D. Milosavljević, G.Bogdanović, **D.Čukanović**, V.Geroski, *Free Vibrations Analysis of Composite Laminate Plates Used in Automotive Industry*, 6th International Congress Motor Vehicles & Motors 2016, Proceedings, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, pp. 173-179, ISBN 978-86-6335-037-3, Kragujevac, 2016.
7. **Čukanović D.**, Blagojević M., Vulović S., Živković M., *Analysis of Pre-Stresses Caused by Wire Tension of Stone Cutting Machine*, 2nd International Scientific Conference COMETA 2014, Jahorina, B&H, Republika Srpska, pp. 459-462, ISBN 978-99976-623-1-6, 2-5 December 2014.
8. **Čukanović D.**, Živković M., Vulović S., Dišić A., *Static and fatigue strength assessment of a hob on the truck's left wheel*, International Congress Motor Vehicles & Motors, Kragujevac, MVM20080072 pp.1-12, ISBN: 978-86-86663-38-2, 8-10 October 2008.
9. Živković M., **Čukanović D.**, Milovanović V., *Fatigue strength assessment of vibration transporter's motor carrier*, 9th International Conference RaDMI 2009, Vrnjačka banja, pp.664-672, ISBN: 978-86-6075-007-7, 16-19 September 2009.
10. Živković M., **Čukanović D.**, Rakić D., *Numerical analysis of delamination zone due to high impact composite materials*, 2nd International Congress of Serbian Society of Mechanics (IConSSM 2009), Palić, pp. M2-29:1-11, 1-5 June 2009.

Радови на међународним скуповима штампани у изводу (M34):

11. Radaković A., **Čukanović D.**, Milosavljević D., Bogdanović G., Veljović Lj., *Propagation of Bulk Waves in a Transversal Isotropic Medium*, The Eleventh Young Researchers' Conference Materials Science and Engineering, Book of Abstracts, pp. 66, Materials Research Society of Serbia, Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, ISBN: 978-86-7306-122-1, 3-5 December 2012.
12. Radaković A., Milosavljević D., **Čukanović D.**, *Determination the laminate "safe" stress zone for different types of loading*, The Ninth Young Researchers' Conference Materials Science and Engineering, Book of Abstracts, pp. 29, Materials Research Society of Serbia, Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, ISBN: 978-86-80321-26-4, 20-22 December 2010.
13. **Čukanović D.**, Radaković A., Živković M., *Application of the progressive failure criteria in determining delamination of multilayer composite materials with an interlayer crack*, The Ninth Young Researchers' Conference Materials Science and Engineering, Book of Abstracts, pp. 28, Materials Research Society of Serbia, Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, ISBN: 978-86-80321-26-4, 20-22 December 2010.

Радови на домаћим скуповима штампани у целости (M63):

14. Čukanović D., Radaković A., Živković M., *Ispitivanje delaminacije laminatnih kompozitnih materijala primenom numeričkih metoda*, YUINFO 2010, Kopaonik, pp. 1-4, ISBN: 978-86-85525-05-6, 3-6 March 2010.
15. Čukanović D., Živković M., *Procena trajne dinamičke čvrstoće nosača motora u propisanim uslovima eksploatacije*, YUINFO 2009, Kopaonik, pp.1-5, ISBN: 978-86-85525-04-9, 8-11 March 2009.
16. Milovanović V., Čukanović D., Živković M., *Primena simboličkog programiranja u razvoju elasto-plastičnog materijalnog modela*, YUINFO 2008, Kopaonik, pp.1-5, ISBN: 978-86-85525-03-2, 9-12 March 2008.
17. Rakić D., Nikolić A., Čukanović D., *PAK-T interfejs za softver GID*, YUINFO 2008, Kopaonik, pp.1-4, ISBN: 978-86-85525-03-2, 9-12 March 2008.

Радови на домаћим скуповима штампани у изводу (M64):

18. Bogdanović G., Čukanović D., Radaković A., *Thermal buckling analysis of functionally graded plate according to high order shear deformation theory*, 70 godina rada Matematičkog instituta SANU Mini-symposium Non-Linear Dynamics, Book of Abstract, urednik Katica (Stevanović) Hedrih, Matematički institut SANU, Belgrade, pp. 25-26, ISBN 978-86-7746-603-9, 2016.

4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Драгана Чукановића, дипломираног машинског инжењера под називом „Статичка и динамичка анализа плоча од функционално градијентно распоређених материјала“, одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Резултати истраживања докторске дисертације изложени су на укупно 160 страна. Дисертација садржи 49 слика, 21 табелу, 180 библиографских јединица и један прилог. Излагање је сврстано у 8 поглавља којима претходе садржај, резиме рада на српском и енглеском језику, списак слика, списак табела. Наслови поглавља су:

1. Увод
2. Теоријске основе функционално градијентно распоређених материјала (ФГМ)
3. Основе механике непрекидних средина. Конститутивне релације еластичности и термоеластичности. Варијационе методе
4. Смицајно деформационе теорије у анализи плоча од ФГМ
5. Статичка анализа плоча од ФГМ применом смицајне деформационе теорије вишег реда
6. Динамичка анализа плоча од ФГМ применом смицајне деформационе теорије вишег реда
7. Нумерички резултати

8. Закључна разматрања

Литература

Додатак

У првом поглављу указано је на значај и актуелност истраживања савремених композитних материјала, са посебним освртом на функционално градијентно распоређене материјале. Извршена је детаљна и свеобухватна систематизација и преглед литературе према врсти проблема која је у њој разматрана везано за анализе плоча од ФГМ и плоча од ФГМ ослоњених на еластичну подлогу. Посебна пажња и акценат су стављени на различите деформационе теорије које су поједини аутори користили у својим анализама. Такође је дат опис сваког од поглавља дисертације.

У другом поглављу су описане основне карактеристике функционално градијентно распоређених материјала. Детаљно су објашњене основне предности ФГМ у односу на конвенционалне ламинатне композитне материјале. Приказана је основна класификација ФГМ у односу на различите критеријуме, описане су различите технике производње које омогућавају како контролу састава, тако и контролу структуре и указано је на широки спектар инжењерских области и индустријских грана где ФГМ налазе своју примену. С обзиром на градијентну структуру коју ФГМ имају у правцу дебљине плоче, посебна пажња је посвећена успостављању и дефинисању математичких функција, које на адекватан начин могу да опишу поменути градијентну структуру. Дат је преглед функција за опис градијентне промене материјалних карактеристика у ФГМ: степене функције, сигма функције, експоненцијалне функције и Мори-Танака шеме. Описане функције послужиле су као основа за развијање математичког модела ФГМ за напонско-деформациону анализу плоча која је урађена у оквиру ове дисертације.

У трећем поглављу су описане основне поставке и законитости механике непрекидних средина које представљају теоријску основу за математички модел плоче од ФГМ који је развијен у дисертацији. Како је предмет ове дисертације нелинеарна статичка и линеарна динамичка анализа плоча од ФГМ, дефинисани су појмови напона и деформације, као и кинематичке линеарне и нелинеарне везе померање-деформација, са посебним освртом на вон Карманов нелинеарни тензор деформације. С обзиром да је, поред плоча од ФГМ, предмет истраживања у овој дисертацији и интеракција плоча од ФГМ са еластичном подлогом, у оквиру овог поглавља су показане и основне релације које дефинишу интеракцију греда/еластична подлога и плоча/еластична подлога. Описани су Винклеровим и Винклер-Пастернаковим математичким моделима за потребе математичког описа поменуте интеракције.

У четвртном поглављу извршена је систематизација теорија плоча које се користе у анализи конвенционалних ламинатних композитних материјала. Дата је анализа предности и недостатака класичне теорије плоча, смицајно деформационе теорије првог реда и на крају су описане смицајне деформационе теорије вишег реда засноване на различитим претпостављеним облицима померања. Сходно томе, извршена је подела HSDT теорија, са једне стране, у зависности од степена полинома у претпостављеним облицима померања, на смицајне деформационе теорије другог, односно трећег реда и са друге стране на HSDT теорији заснованој на функцијама облика. Дат је преглед 13 различитих функција облика, које су развили различити аутори за анализу ламинатних композитних материјала, а које су у овој дисертацији прилагођене и имплементирани у теоријске поставке за анализу плоча од ФГМ.

У петом поглављу су успостављене нелинеарне везе померања и деформације у складу са вон Кармановим тензором деформације. Дефинисане су конститутивне

релације еластичности и термоеластичности за плочу од ФГМ, при чему је претпостављено да се модул еластичности и коефицијент термичког ширења мењају у складу са степеном функцијом. Применом принципа минималне укупне потенцијалне енергије, изведене су једначине равнотеже за плочу од ФГМ изложену савијању, као и извијању услед утицаја температуре. У случају анализе понашања ФГМ услед утицаја температуре дефинисана је и једначина стабилности. Применом Навијеових претпостављених облика решења, показана је процедура аналитичког решавања изведених једначина равнотеже. Код проблема извијања плоче услед утицаја температуре, одређивана је критична температура извијања за случај равномерне, градијентне линеарне и нелинеарне промене температуре по дебљини плоче.

У оквиру динамичке анализе у шестом поглављу су разматрани проблеми слободних непригушених осцилација плоча од ФГМ. Успостављена је линеарна веза померања и деформација, уз коришћење претпостављених облика померања заснованих на смицајној деформационој теорији вишег реда која укључује функције облика. Дефинисане су енергија деформације, потенцијална енергија и кинетичка енергија за случај плоче од ФГМ и случај плоче од ФГМ у интеракцији са еластичном подлогом. Применом Хамилтоновог принципа изведене су једначине кретања за два поменута динамичка проблема. Коришћењем Навијеових претпостављених облика померања, развијен је поступак аналитичког решавања постављених једначина кретања.

У седмом поглављу су приказани одговарајући резултати до којих се дошло на основу развијених теоријских поставки и имплементираних програмског кода. Приказани су резултати за умерено дебеле и дебеле плоче од ФГМ сачињене од два конституента – метала (Алуминијум - Al) и керамике (Алумина - Al_2O_3). У оквиру статичке анализе приказани су резултати за проблеме савијања, као и извијања услед утицаја температуре на плочу од ФГМ и плочу од ФГМ ослоњену на еластичну подлогу. Када је динамичка анализа у питању, разматрани су проблеми слободних осцилација плоча од ФГМ, као и поменуте интеракције плоча/еластична подлога. Резултати су представљени кроз табеларни приказ и у виду дијаграма где су анализирани одговарајуће законитости. Верификација добијених резултата извршена је поређењем са резултатима доступним у литератури.

У осмом поглављу дата су систематизована закључна разматрања и дефинисани су правци даљих истраживања.

На крају дисертације дат је преглед библиографских података коришћених у овој дисертацији.

У додатку су, због обимности, дати само репрезентативни MATLAB кодови креираног софтвера за статичку и динамичку анализу плоча од ФГМ.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат **Драган Чукановић**, дипломирани машински инжењер, је у оквиру дисертације извршио систематизацију постојећих знања и искустава у статичкој и динамичкој анализи плоча од ФГМ. У оквиру рада на дисертацији кандидат је дошао до нових резултата и закључака који имају своје место у научно-теоријском смислу.

Најважнији научни резултати ове дисертације су:

- Успостављена је комплетна прорачунска процедура за статичку и динамичку анализу плоча од функционално градијентно распоређених материјала.
- Показана је оправданост проучавања плоча од ФГМ применом смицајних деформационих теорија вишег реда (HSDT) заснованих на функцијама облика.
- У статичкој анализи савијања плоча од ФГМ и плоча од ФГМ ослоњених на еластичну подлогу, детаљно су проучене вредности вертикалног померања (угиба) и одговарајућих напона, добијених у овој дисертацији коришћењем HSDT теорије засноване на 13 различитих функција облика. Извршена је упоредна анализа истих величина, које су добијене у литератури применом TSDT теорије и квази 3D теорије еластичности.
- Због чињенице да ФГМ своју примарну примену налазе у конструкцијама које су изложене високој температурној разлици на спољашњем и унутрашњем зиду, разматрани су и проблеми плоча од ФГМ у овом окружењу.
- Детаљно је проучен утицај запреминског удела метала и удела керамике у ФГМ на критичне температуре извијања добијених за равномерну, градијентну линеарну и нелинеарну расподелу температуре по дебљини плоче. Такође је извршена анализа утицаја геометрије плоче на вредности критичне температуре извијања. Увођењем параметара еластичне подлоге, проучен је утицај Пастернаковог и Винклеровог коефицијента на критичну температуру извијања.
- У циљу добијања комплетне слике о понашању плоча од ФГМ и плоча од ФГМ ослоњених на еластичну подлогу, извршена је и динамичка анализа. Резултати динамичке анализе, добијени у оквиру ове дисертације, применом HSDT теорије засноване на функцијама облика, добро се поклапају са резултатима из литературе добијених коришћењем TSDT теорије и 3D теорије еластичности. Анализиран је утицај промене запреминског удела конституената у ФГМ на нормализоване вредности сопствених фреквенција осциловања.
- Извршена је анализа утицаја параметара Винклер-Пастернаковог модела еластичне подлоге као и утицаја геометрије плоче на вредности сопствених фреквенција осциловања.

6. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Драгана Чукановића, дипломираног машинског инжењера, под називом „**Статичка и динамичка анализа плоча од функционално градијентно распоређених материјала**“, примењиви су у теоријском развоју макромеханике плоча од ФГ материјала.

Сви проблеми разматрани у оквиру ове дисертације су од изузетног значаја при пројектовању нових и анализи постојећих теорија макромеханике функционално градијентних материјала. С обзиром на то да ФГМ имају велики потенцијал за примену у условима експлоатације који захтевају добру отпорност на повишену температуру и топлотне ударе, добру топлотну проводљивост, отпорност на оксидацију и корозију, трење, хабање и слично, унапређење теоријских поставки може у многоструку утицати на проширење поља употребе ових материјала. ФГМ чине класу атрактивних материјала у

којима је могуће креирати градијент особина који је немогуће постићи код било ког просторно хомогеног материјала. Данас је могуће креирати ФГМ са градијентом електричних и/или магнетних особина, са изузетним механичким и термичким карактеристикама и сл. Механичке особине као што су: модул еластичности, Поасонов коефицијент, модул смицања, као и густина материјала, мењају се континуално у препорученим правцима. Тако су, на пример, сазнања везана за механичке карактеристике ФГМ проширена и на енергетски и нуклеарни сектор, индустрију електронике, медицину, стоматологију, војну и аутомобилску индустрију и разне друге гране индустрије.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Део резултата из ове дисертације је презентован објављивањем радова у међународним научним часописима као и на међународним научним конференцијама.

Практични аспекти реализованог научно-истраживачког рада представљени су домаћој и стручној јавности и кроз реализацију пројекта Министарства просвете, науке, технолошког развоја Републике Србије „Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема”, Министарство просвете, науке и технолошког развоја, Технолошки развој ТР-32036.

Комисија сматра да истраживања и резултати докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље публикување у високо ранжираним међународним часописима и научним скуповима, који се баве проблемима статичке и динамичке анализе плоча од функционално градијентних материјала.

На основу свега изложеног, комисија доноси следећи:

ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација кандидата Драгана Чукановића, дипломираног машинског инжењера, у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, одлуком бр. 01-1/4674-19 од 27.12.2016. године од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је у приказу истраживања користио уобичајену и стандардизовану терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

У току израде докторске дисертације, кандидат Драган Чукановића је дошао до оригиналних научних резултата, приказаних у дисертацији, који представљају значајан допринос области развоја и проучавања понашања функционално градијентних материјала, приступом заснованим на примени смицајне деформационе теорије вишег реда засноване на функцијама облика. Део резултата је публикован у два рада у међународним часописима и три рада на међународним конференцијама.


Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способност систематског приступа и коришћења литературе. При томе је користећи своје професионално образовање и лично искуство показао способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу дефинисања суштинских закључака и добијању конкретних и примењивих резултата.

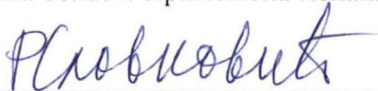
На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Драгана Чукановића, дипломираног машинског инжењера**, једногласно је закључила да докторска дисертација, под насловом


**СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ПЛОЧА ОД ФУНКЦИОНАЛНО
ГРАДИЈЕНТНО РАСПОРЕЂЕНИХ МАТЕРИЈАЛА**

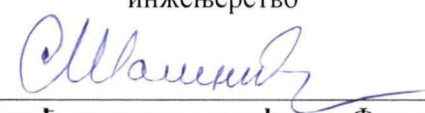
по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, да на основу овог Извештаја, докторску дисертацију прихвати као успешну и да кандидата позове на јавну, усмену одбрану.

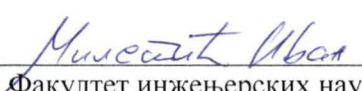
Чланови комисије:


Др **Златибор Васић, редовни професор**, Факултет техничких наука – Косовска Митровица, Универзитет у Приштини;
Ужа научна област: Примењена механика


Др **Радован Славковић, редовни професор, председник Комисије**, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу;
Уже научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство


Др **Мирослав Живковић, редовни професор**, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу;
Уже научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство


Др **Славиша Шалинић, ванредни професор**, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитет у Крагујевцу;
Ужа научна област: Механика


Др **Иван Милетић, доцент**, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу;
Ужа научна област: Машинске конструкције и механизација

У Крагујевцу, Косовској Митровици и Краљеву,

9.02.2017. године