

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

209/5
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)14.03.2019.
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

СПРЕГНУТЕ ПОПРЕЧНЕ И УЗДУЖНЕ ОСЦИЛАЦИЈЕ ОЈЛЕР-БЕРНУЛИЈЕВИХ И
ТИМОШЕНКОВИХ ГРЕДА ОД ФУНКЦИОНАЛНО ГРАДИЈЕНТНИХ МАТЕРИЈАЛА
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Механика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: АЛЕКСАНДАР (МИЛАН) ТОМОВИЋ
2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
3. Година дипломирања: 2012.
4. Назив магистарске тезе кандидата: _____
5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____
6. Година одбране магистарске тезе: _____
7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2012.Обавештавамо Вас да је _____ Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 14.03.2019
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -

Број: 209/5

Датум: 14.03.2019. године

Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Александра Томовића**, маг. инж. маш., бр. 209/1 од 01.02.2019. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Немања Зорић, ванр. проф., ментор, др Александар Обрадовић, ред. проф., ментор, др Зоран Митровић, ред. проф., др Никола Младеновић, ред. проф. и др Славиша Шалинић, ванр. проф., Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, број 209/4 од 07.03.2019. 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 14.03.2019. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **АЛЕКСАНДАР ТОМОВИЋ**, маг. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«СПРЕГНУТЕ ПОПРЕЧНЕ И УЗДУЖНЕ ОСЦИЛАЦИЈЕ ОЈЛЕР-БЕРНУЛИЈЕВИХ И ТИМОШЕНКОВИХ ГРЕДА ОД ФУНКЦИОНАЛНО ГРАДИЈЕНТНИХ МАТЕРИЈАЛА»**.

За менторе студенту **Александру Томовићу**, именују се **др Немања Зорић, ванр. проф. и др Александар Обрадовић, 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 **Александра М. Томовића** за израду докторске дисертације

На основу Захтева за одобрење теме докторске дисертације број 209/1 од 1. фебруара 2019. године који је поднео кандидат **Александар М. Томовић, маг. инж. маш.** студент Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, сагласности Катедре за механику број 209/2 од 14. фебруара 2019. године и Одлуке Наставно научног већа Машинског факултета у Београду број 209/3 од 21. фебруара 2019. Године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме

„Спрегнуте попречне и уздужне осцилације Ојлер-Бернулијевих и Тимошенкових греда од функционално градијентних материјала“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат, Александар Томовић, мастер инжењер машинства и студент Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, рођен је 7. септембра 1988. у Горњем Милановцу, где је завршио основну и средњу школу. Средњи ниво образовања стекао је у Техничкој школи *Јован Жујовић*, где је похађао смер *машински техничар за компјутерско конструисање* и завршио као ученик генерације, са просечном оценом 5,00, при чему је стекао диплому Вук Стефановић Караџић. Године 2007. награђен је наградом *Таковски устанак* од стране Општине Горњи Милановац за изузетан успех у школовању. Основне академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписао је школске 2007/2008. године. Након завршетка Основних академских студија, септембра 2010, уписује Мастер академске студије студије на истој установи, на којој брани мастер рад јула 2012. године. Похваљен је, од стране Машинског факултета Универзитета у Београду, као најбољи студент на Основним и Мастер студијама Машинског факултета у Београду у својој генерацији, који је студије завршио са просечном оценом 10,00 током свих нивоа студија. Током студија, кандидат је радио летње праксе у компанијама: *Eurolion d.o.o* у Горњем Милановцу у одсеку машинског одржавањаи *Рафинерији нафте Панчево* на одељењу за инструментацију. Учествовао је у различитим волонтерским омладинским акцијама и омладинској размени у Чешкој.

Током студија кандидат је награђиван бројним наградама и то:

- Награда „Растко Стојановић“ Српског друштва за механику, за самостални научни рад под насловом „*A Novel Approach to the Free Axial-Bending Vibration Problem of Inhomogeneous Elastic Beams With Variable Cross-Sectional Profiles*“, презентован на конференцији *Sixth International Congress of Serbian Society of Mechanics*, која је одржана јуна 2017;
- Похвала за најбољег студента на Мастер академским студијама генерације уписане 2010/11, са просечном оценом 10,00;
- Похвала за изванредан успех на првој и другој години Мастер академских студија, са просечном оценом 10,00 и свим положеним испитима (2010/2011. и 2011/2012);
- Похвала за најбољег студента на Основним академским студијама генерације уписане 2007/08, са просечном оценом 10,00;
- Похвала за изванредан успех на првој, другој и трећој години Основних академских студија (2007/2008, 2008/2009. и 2009/2010);
- Стипендија Фонда за младе таленте Министарства омладине и спорта Републике Србије – „Доситеја“ (2011/2012);
- Стипендија СПК Привредник, компанија *MK Group* (2010/2011);
- Стипендија Републичке фондације за развој научног и уметничког подмлатка (2010/2011);
- Стипендија Фонда за младе таленте Министарства омладине и спорта Републике Србије (2009/2010);
- Стипендија Општине Горњи Милановац (2008-2012);
- Стипендија Министарства просвете и спорта Републике Србије (2008-2009);
- Награда „Таковски устанак“, Општине Горњи Милановац, 2007;
- Похвалница Њ. К. В. Александра II Карађорђевића за изузетан успех постигнут у школовању, 2007;
- Трећа награда за постигнут успех на Републичком такмичењу из математике од стране Друштва математичара Србије, 2007.

Уписао је Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду 2012. године. Био је ангажован на Техничком факултету "Михајло Пупин" Универзитета у Новом Саду до заснивања радног односа на Машинском факултету Универзитета у Београду. У јануару 2015. године изабран је у звање асистента на Катедри за Механику на Машинском факултету Универзитета у Београду, где је, до сада, држао вежбе на предметима Механика 1, Механика 2 и Механика 3 на Основним академским студијама, као и на предметима Механика континуума и Механика М на Мастер академским студијама. Члан је Српског друштва за механику.

Кандидат течно говори енглески језик, што потврђује положеним сертификатом о напредном знању енглеског језика („C1“) са оценом „А“ и поседује основна знања немачког језика. Кандидат користи следеће компјутерске програме: MicrosoftOffice (Word, Excel, PowerPoint, Outlook), AutoCAD, ProDesktop, SolidWorks, Matlab, Wolfram Mathematica, LaTeX, ADMS 5, ADMSUrban, PHOENICS.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

1.2.1. Преглед положених испита

У оквиру Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду кандидат Александар Томовић положио је све испите предвиђене Програмом усавршавања са просечном оценом 10,00.

У складу са Правилником за Докторске студије Машинског факултета Универзитета у Београду кандидат је успешно урадио и одбранио Пројекат идеје докторске дисертације. Преглед свих положених испита дат је у наредној табели.

Број	Назив предмета	Предметни наставник	Семестар /ЕСПБ	Оцена
Обавезни предмети				
1	Виши курс математике	проф. др Слободан Радојевић	1/5	10(десет)
2	Нумеричке методе	проф. др Миодраг Спалевић	1/5	10(десет)
3	ОМНИРи комуникација	проф. др Милош Недељковић	1/5	10 (десет)
4	Истраживање и публикување 1	проф. др Немања Зорић	1/10	10 (десет)
5	Истраживање и публикување 2	проф. др Немања Зорић	2/15	10 (десет)
6	Истраживање и публикување 3	проф. др Немања Зорић	3/20	10 (десет)
7	Истраживање и публикување 4	проф. др Немања Зорић	4/8	10 (десет)
8	Пројекат идеје докторске дисертације	проф. др Немања Зорић	4/22	10 (десет)
Изборни предмети				
9	Одабрана поглавља из механике флуида	проф. др Светислав Чантрак	2/5	10 (десет)
10	Аналитичка механика	проф. др Оливера Јеремић	1/5	10 (десет)
11	Динамика система крутих тела	проф. др Михаило Лазаревић	2/5	10 (десет)
12	Стабилност кретања система	проф. др Зоран Митровић	2/5	10 (десет)
13	Механика континуума	проф. др Никола Младеновић	3/5	10 (десет)
14	Механика удара	проф. др Мирко Павишић	3/5	10 (десет)
Додатни изборни предмети				
15	Принципи моделирања у процесној техници	проф. др Бранислав Јахимовић	1/5	10 (десет)
16	Тензорски рачун	проф. др Драгомир Зековић	1/5	10 (десет)
17	Епистемологија науке и технике	проф. др Зоран Стокић	1/5	10 (десет)
18	Теорија еластичности	проф. др Весна Милошевић-Митић	1/5	10 (десет)
19	Осцилације механичких система	проф. др Зоран Митровић	1/5	10 (десет)

Полагањем обавезних, изборних и додатних изборних предмета кандидат је стекао 145 ЕСП бодова.

1.2.2. Учешће у извођењу наставе

Од избора у звање асистента (14. јануар 2015. год.) кандидат активно учествује у извођењу аудиторних вежби из групе предмета Катедре за механику на Основним академским студијама: Механика 1, Механика 2 и Механика 3, Мастер академским студијама: Механика М и Механика континуума. Кандидат активно учествује у комисијама за избор и припрему испитних задатака на писменим испитима Катедре за механику. Педагошки рад кандидата је од стране студената оцењен високом оценом.

1.2.3. Списак објављених радова

1.2.3.1. Научни рад у међународном часопису изузетних вредности, категорија М21а

- [1*] Šalinić, S., Obradović, A., Tomović, A.: *Free vibration analysis of axially functionally graded tapered, stepped, and continuously segmented rods and beams*, - Composites Part B, No 150, 2018, pp. 135–143, ISSN:1359-8368 (IF 4.920 за 2017)

1.2.3.2. Научни радови у часописима међународног значаја верификованих посебном одлуком, категорија М24

- [2*] Radovanović N., Zorić N., Trišović N., Tomović A.: *Free Planar Vibration of Structures Composed of Rigid Bodies and Elastic Beam Segments*, - FME Transactions, VOL. 45, No 1, 2017, pp. 97-102.
- [3*] Šalinić S., Vranić A., Nešić N., Tomović A.: *On the Torque Transmission by a Cardan-Hooke Joint*, - FME Transactions, VOL. 45, No 1, 2017, pp. 117-121.

1.2.3.3. Научни радови саопштени на скупу међународног значаја, штампани у целини, категорија М33

- [4*] Tomović, A.: *A Novel Approach to the Free Axial-Bending Vibration Problem of Inhomogeneous Elastic Beams With Variable Cross-Sectional Profiles* - Proceedings of the 6th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Tara, 2017. (S3c)
- [5*] Zorić, N., Tomović, A., Jovanović, M., Lukić, N., Stokić Z.: *Effect of Piezoelectric Fiber-Reinforced Composite (PFRC) Actuator Orientation on Controllability of Antisymmetric Composite Plates for Active Vibration Control* - Proceedings of the 6th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Tara, 2017. (C1a)
- [6*] Zorić, N., Tomović, A., Mitrović, Z., Lazarević, M., Pavišić, M.: *Comparison of Various Optimization Criteria for Actuator Placement for Active Vibration Control of Smart Composite Beam* - Proceedings of the 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Arandelovac, 2015. (C2b)

1.2.4. Учешће у научним пројектима

Кандидат је тренутно учесник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије: ТР 35006, под називом: „Одрживост и унапређење машинских система у енергетици и транспорту применом форензичког инжењерства, еко и робуст дизајна“, чији је руководилац проф. др Срђан Бошњак, а у претходном периоду (2012-2017) кандидат је био учесник на пројекту: ТР35033, под називом: „Одрживи развој технологија и опреме за рециклажу моторних возила“, чији је руководилац проф. др Милан Павловић.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током научноистраживачког рада на Катедри за механику Машинског факултета Универитета у Београду кандидат Александар Томовић остварио је изузетне резултате, како кроз положене испите, тако и кроз публиковане радове. Својим досадашњим истраживачким активностима кандидат је испољио квалитете, заинтересованост и способност за научноистраживачки рад у области машинства–механике, којој припада предложена тема докторске дисертације.

Досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата суштински су повезани са научном облашћу којој припада предложена тема докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан и ефикасан рад на предложеној теми.

На основу биографских података кандидата, положених испита и одбрањеног Пројекта о идеји докторске дисертације на Докторским студијама, његових научних активности, као и објављених радова, Комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања у оквиру докторске дисертације са предложеном темом јесте понашање еластичних греда од функционално градијентних материјала, којима се дизајнери окрећу како би се превазишли изазови савременог инжењерства при пројектовању што лакших, а што чвршћих и компактних структура. Функционално градијентни материјали нашли су своју примену у бројним гранама инжењерства од ваздухопловства преко енергетике и грађевинарства па све до биоинжењерства. Изузетно значајно за разумевање понашања сложених механичких система јесте испитивање динамичких карактеристика греда као једног од основних елемената сваке конструкције. У предложеном раду врши се анализа спрегнутих попречних и уздужних осцилација еластичних греда променљивог попречног пресека од функционално градијентних материјала, као и случајева када осцилације нису међусобно спрегнуте. Приликом анализе узима се у обзир промена густине и модула еластичности материјала дуж подужне осе греде. У литератури су позната два приступа предложеној проблематици и то, када се греда посматра као механички систем са бесконачно много степени слободе и приступ када се греда дискретизује и анализира као систем са коначно много степени слободе. Овај рад посматра еластичну греду као непрекидну средину са бесконачно много степени слободе, чије се динамичко понашање описује парцијалним диференцијалним једначинама. Приликом формирања модела примењују се две теорије и то: Ојлер-Бернулијева и Тимошенкова. Врши се формирање парцијалних диференцијалних једначина којима се описује кретање непрекидних средина и дефинисање општих начина ослањања греде на основу чега се креирају одговарајући математички записи

контурних услова. Анализира се утицај контурних услова на спрезање уздужних и попречних осцилација еластичних греда. Користећи метод раздвајања променљивих формира се систем обичних диференцијалних једначина којима се описује кретање еластичне греде. У циљу смањења обима израчунавања ове једначине могу се посматрати у бездимензионом облику. Приликом формирања једначина у бездимензионом облику уводе се и бездимензионе крутости еластичних ослонаца, чије се вредности своде на јединични интервал применом одговарајућих алгебарских трансформација. Тиме се додатно поједностављују потребна израчунавања. Користећи матрични запис система обичних линеарних диференцијалних једначина са одговарајућим контурним условима проблем се своди на двотачкасти гранични проблем. Овај проблем се решава применом модификованог симболичко-нумеричког метода почетних параметара (модификованог Бидермановог метода). Уз то се дискутује могућност примене метода гађања при решавању двотачкастих граничних проблема. Тиме се добија решење проблема осциловања линијских гредних носача променљивог попречног пресека од аксијално функционално градијентних материјала. Користећи граничне услове изводе се услови ортогоналности модова осциловања, чијом се применом могу одредити интеграционе константе у временским функцијама, чиме се долази до решења проблема у затвореном облику. На примеру еластичне греде, врши се поређење Ојлер-Бернулијевог и Тимошенковог модела и утврђује граница валидности модела као и поређење са резултатима добијеним применом метода коначних елемената. Поређењем нумерички израчунатих вредности са егзакним резултатима врши се провера тачности модела. Применом изложеног метода могуће је правилним одабиром масених карактеристика материјала, односно геометрије попречног пресека дуж подужне осе еластичне греде, па и самих контурних услова одредити жељену сопствену фреквенцију.

2.1. Осврт на релевантне библиографске изворе

У наставку су приказани неки од разматраних релевантних библиографских извора који дефинишу предмет истраживања:

- [1] Chen, W.R., Chang, H.: *Closed-form solutions for free vibration frequencies of functionally graded Euler-Bernoulli beams*, Mechanics of Composite Materials, 2017, 53(1), 79–98.
- [2] Trinh, L.C., Vo, T.P., Thai, H-T., Nguyen, T-K.: *An analytical method for the vibration and buckling of functionally graded beams under mechanical and thermal loads*, Composites Part B Engineering 2016, 100, 152–63.
- [3] Alshorbagy, A.E., Eltaher, M.A., Mahmoud, F.F.: *Free vibration characteristics of a functionally graded beam by finite element method*, Applied Mathematical Modelling, 2011, 35, 412–25.
- [4] Viola, E., Dilena, M., Tornabene, F.: *Analytical and numerical results for vibration analysis of multi-stepped and multi-damaged circular arches*, Journal of Sound Vibration, 2007, 299, 143–163.
- [5] Elishakoff, I., Candan, S.: *Apparently first closed-form solution for vibrating: inhomogeneous beams*, International Journal of Solids and Structures, 2001; 38(19), 3411–3441.
- [6] Shahba A, Rajasekaran S. *Free vibration and stability of tapered Euler-Bernoulli beams made of axially functionally graded materials*, Appl Math Model 2012;36:3094–111.
- [7] Biderman, V.L.: *Theory of mechanical vibration*, Moscow, VysshayaShkola; 1980. (на руском).
- [8] Wang, C.Y.: *Vibration of a tapered cantilever of constant thickness and linearly tapered width*, Archive of Applied Mechanics, 2013; 83(1), 171–176.
- [9] Shvartsman, B., Majak, J.: *Free vibration analysis of axially functionally graded beams using method of initial parameters in differential form*, Advances in Pure and Applied Mathematics 2016; 9(1), 31–42.
- [10] Naguleswaran, S.: *Vibration and stability of an Euler–Bernoulli beam with up to three-step changes in cross-section and in axial force*, International Journal of Mechanical Sciences, 2003, 45(9), 1563–1579.
- [11] Palancz, B., Popper, G.: *Symbolic solution of boundary value problem via Mathematica*, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 2000; 44(1): 89–97.
- [12] Nikolić, A.: *Free vibration analysis of a non-uniform axially functionally graded cantilever beam*, Archive of Applied Mechanics, 2017; 87, 1227–1241.

Решавању проблема осцилација еластичних греда може се приступити тако што ће се греду посматрати као механички систем са бесконачно много степени слободе, односно систем са коначним бројем степени слободе. Када се греду посматра као непрекидна еластична средина, њено понашање се описује парцијалним диференцијалним једначинама, чијим се решавањем долази до жељених величина. Посматрајући греду као дискретан систем, полазним непрекидним еластичним објектом моделира се коначним бројем крутих сегмената међусобно еластично повезаних. У предложеној дисертацији проблем осцилација еластичних греда од функционално градијентних материјала, чије се механичке карактеристике мењају по уздужној оси греде

решава се користећи први приступ, при чему се врше поређења резултата са примерима решеним дискретизацијом гредних носача. У референцама [1-3] анализирају се осцилације ламинарних греда, где се механичке карактеристике материјала мењају управно у односу на правац подужне осе греде. Овај тип греда не разматра се у предложеној дисертацији. Такође се не анализирају носачи облика лука, као што је разматрано у [4] већ само греде чија је еластична линија права. У раду [5] посматрају се греде од материјала чија се промена густине и модула еластичности описује функцијом облика полинома. Одређује се решење у затвореном облику за посматрану класу проблема и три типа анализираних контурних услова. Рад у предложеној дисертацији се не ограничава на полиномни распоред механичких карактеристика материјала и разматрају се општи контурни услови, због чега представља својеврсно уопштење претходне анализе. У раду [6] решавају се нумерички тачне диференцијалне једначине осциловања греда са предефинисаном променом попречног пресека, густине и модула еластичности материјала. Како се у дисертацији не ограничава промена претходних параметара тиме се врши надоградња извршене анализе уз примену другог нумеричког приступа израчунавању. Метод почетних параметара у диференцијалном облику, који је приказан у референци [7] представља основу, чијом се модификацијом долази до нумеричког метода који се користи за решавање проблема осцилација које се посматрају у дисертацији. Метод почетних вредности коришћен у [8] заснива се на сличном принципу као метод изложен у [7], при чему се једначине кретања не свде на систем обичних линеарних диференцијалних једначина. Предложеном изменом у дисертацији није потребно вршити итеративни поступак приликом одређивања сопствених фреквенција. Аутори у раду [9] користе метод почетних параметара у диференцијалном облику за решавање проблема попречних осцилација еластичних греда, док се у дисертацији примена метода проширује на одређивање сопствених фреквенција уздужних и спрегнутих уздужних и попречних осцилација греда од функционално градијентних материјала. У раду [10] аутори се ограничавају на три степенасте промене попречног пресека, док у дисертацији овог ограничења нема. Компјутерска реализација примене модификованог метода почетних параметара у диференцијалном облику заснива се на анализи извршеној у раду [11]. Аутор у раду [12] одређује сопствене фреквенције осциловања конзоле од функционално градијентног материјала са крутим телом ексцентрично постављеном на крају конзоле користећи нумерички ефикасан метод дискретизације конзоле на круте сегменте. У предложеној дисертацији врши се поређење резултата модификованог метода почетних параметара у диференцијалном облику са резултатима приказаним у раду [12] и пратећим радовима.

3. Полазне хипотезе

У истраживању се полази од основних начела механике непрекидних средина, Ојлер-Бернулијевог и Тимошенковог приступа решавању проблема осцилација еластичних греда. Посматрају се греде којима је у недеформисаном стању подужна оса права линија, при чему материјалне карактеристике греде дуж подужне осе одговарају карактеристикама функционално градијентних материјала, док су геометријске карактеристике попречног пресека греде, такође променљиве по подужној оси греде. Примењује се метод раздвајања променљивих приликом аналитичког решавања парцијалних диференцијалних једначина кретања у циљу добијања система обичних линеарних диференцијалних једначина, који се решава модификованим симболичко-нумеричким методом почетних параметара.

4. Научне методе истраживања

Током реализације циљева истраживања користеће се следеће научне методе (теорије):

- Механика непрекидних средина;
- Теорија еластичности;
- Теорија осцилација линијских носача;
- Парцијалне диференцијалне једначине;
- Елементи линеарне алгебре;
- Нумерички поступци интеграције система обичних линеарних диференцијалних једначина.

5. Очекивани научни допринос

Успешном реализацијом циљева истраживања и применом поменутих научних метода и поступака, могу се очекивати следећи научни доприноси:

- Одређивање сопствених фреквенција слободних уздужних и попречних осцилација, еластичних греда променљивог попречног пресека, од функционално градијентних материјала чије се механичке карактеристике произвољно мењају дуж подужне осе греде;
- Формирање поступка у коме се правилним одабиром масених карактеристика материјала, односно геометрије попречног пресека дуж подужне осе еластичне греде, па и самих контурних услова може одредити жељена сопствена фреквенција;
- Проналажење решења у затвореном облику за спрегнуте уздужне и попречне осцилације еластичних греда.

6. План истраживања и структура рада

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

- Систематизација досадашњих резултата у предложеној научној области;
- Дефинисање проблема еластичне греде са општим контурним условима;
- Формирање система тачних парцијалних диференцијалних једначина кретања еластичне греде од аксијално функционално градијентних материјала;
- Увођење поступка којим се нумерички решава аналитички формиран систем тачних обичних диференцијалних једначина у циљу одређивања сопствене фреквенције спрегнутих уздужних и попречних осцилација Ојлер-Бернулијевих и Тимошенкових греда променљивог попречног пресека од аксијално функционално градијентних материјала;
- Испитивање утицаја контурних услова на спрезање уздужних и попречних модова осциловања греде;
- Извођење одговарајућих услова ортогоналности модова осциловања;
- Одређивање интеграционих константи у временским функцијама на основу изведених услова ортогоналности;
- Провера конвергенције решења на конкретном нумеричком примеру;
- Испитивање границе применљивости Ојлер-Бернулијеве теорије;
- Дефинисање поступка којим се за задату сопствену фреквенцију могу одредити масене и геометријске карактеристике које греда треба да задовољи;
- Закључна разматрања.

7. Закључак и предлог

На основу детаљне анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата **Александра М. Томовића, маг. инж. маш.** Комисија за подношење извештаја закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације високог ранга, као и да пружа могућност остваривања значајних научних доприноса. Кандидат, који је студент Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду и има научноистраживачке способности за рад на предметној докторској дисертацији.

Имајући у виду све наведено, Комисија за подношење извештаја предлаже Већу Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Александру М. Томовићу, маг. инж. маш.

одобри израду докторске дисертације под називом

„Спрегнуте попречне и уздужне осцилације Ојлер-Бернулијевих и Тимошенкових греда од функционално градијентних материјала“

у научној области машинство, ужа научна област - механика, за који је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

Предлажемо да ментори докторске дисертације буду др Немања Зорић, ванредни професор на Катедри за механику Машинског факултета Универзитета у Београду и др Александар Обрадовић, редовни професор на Катедри за механику Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 7. март 2019.год.

Чланови Комисије:

др Немања Зорић, ванредни професор, ментор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Александар Обрадовић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Зоран Митровић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Никола Младеновић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Славиша Шалинић, ванредни професор
Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: _____Немања Д. Зорић_____

Звање: _____редовни професор_____

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Zorić N., Simonović A., Mitrović Z. Stupar S.: Optimal vibration control of smart composite beams with optimal size and location of piezoelectric sensing and actuation, -Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 24, No. 4, 2013, pp. 499-526. (ISSN: 1045-389X, IF2013=2.172)
2. Zorić N., Simonović A., Mitrović Z. Stupar S.: Active vibration control of smart composite beams using PSO-optimized self-tuning fuzzy logic controller, - Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 51, No. 2, 2013, pp. 275-286. (ISSN: 1429-2955, IF2013=0.62)
3. Jovanović M., Simonović A., Zorić N., Lukić N., Stupar S., Ilić S.: Experimental studies on active vibration control of a smart composite beam using a PID controller, - Smart Materials and Structures, Vol 22, No. 11, 2014. (ISSN: 0964-1726, IF2014=2.502)
4. Zorić N., Simonović A., Mitrović Z., Stupar S., Obradović A., Lukić N.: Free vibration control of smart composite beams using particle swarm optimized self-tuning fuzzy logic controller, - Journal of Sound and Vibration, Vol 333, No 21, 2014, pp. 5244–5268. (ISSN: 0022-460X, IF2014=1.813)
5. Obradović A., Šalinić A., Trifković D., Zorić N., Stokić Z.: Free vibration of structures composed of rigid bodies and elastic beam segments, - Journal of Sound and Vibration, Vol 347, No 14, 2015, pp. 126–138. (ISSN: 0022-460X, IF2015=2.107)

6. Simonović A., Jovanović M., Lukić N., Zorić N., Stupar S., Ilić S.:
Experimental studies on active vibration control of smart plate using a
modified PID controller with optimal orientation of piezoelectric actuator, -
Journal of Vibration and Control, Vol 22, No 11, 2016, pp. 2619–2631.
(ISSN: 1077-5463, IF2016=2.101)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: _____Александар М. Обрадовић_____

Звање: _____редовни професор_____

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Čović V., Vesković M., Obradović A., On the Instability of Equilibrium of nonholonomic systems with Nonhomogeneous Constraints, Mathematical and Computer Modelling, ISSN 0895-7177, (2010) vol. 51 No. 9-10, 1097-1106 (IF 1.066 for 2010)
2. Obradović A., Čović V., Vesković M., Dražić M., Brachistochronic Motion of a Nonholonomic Rheonomic Mechanical System, Acta Mechanica, ISSN 0001-5970, 214, 291–304 (2010) (IF 1.297 for 2008)
3. Bošnjak S., Petković Z., Zrnić N., Pantelić M., Obradović A., Failure analysis and redesign of the bucket wheel excavator two-wheel bogie, Engineering Failure Analysis, ISSN 1350-6307, 17, 2010, 473-485 (IF 0.945 for 2009)
4. Čović V., Vesković M., Đurić D., Obradović A., On the stability of equilibria of nonholonomic systems with nonlinear constraints, Applied Mathematics and Mechanics. English Edition, ISSN 0253-4827 (2010), vol. 31 No. 6, 751-760 (IF 0.517 for 2010)
5. Obradović A., Vuković J., Mladenović N., Mitrović Z., Time optimal motions of mechanical system with a prescribed trajectory, Meccanica, ISSN 0025-6455, (2011) 46, 803–816 (IF 1.558 for 2011)
6. Čović V., Vesković M., Obradović A., On the Instability of steady motion, Meccanica, ISSN 0025-6455 (2011) 46, 855–863 (IF 1.558 for 2011)

7. Vesković M., Čović V., Obradović A., Instability of equilibrium of nonholonomic systems with dissipation and circulatory forces, *Applied Mathematics and Mechanics*. English Edition, ISSN 0253-4827 (2011), vol. 32 No. 2, 211-222 (IF 0.558 for 2011)
8. Jeremić O., Šalinić S., Obradović A., Mitrović Z., On the brachistochrone of a variable mass particle in general force fields, *Mathematical and Computer Modelling*, ISSN 0895-7177, (2011) vol. 54 No. 11-12, 2900-2912 (IF 1.346 for 2011)
9. Čović V., Đurić D., Vesković M., Obradović A., Lyapunov-Kozlov method for singular cases, *Applied Mathematics and Mechanics*. English Edition, ISSN 0253-4827 (2011), vol. 32 No. 9, 1207-1220 (IF 0.558 for 2011)
10. Šalinić S., Obradović A., Mitrović Z., Rusov S., Brachistochrone with limited reaction of constraint in an arbitrary force field, *Nonlinear Dynamics*, ISSN 0924-090X, Volume 69, No 1-2 (2012), 211-222 (IF 3.009 for 2012)
11. Šalinić S., Obradović A., Mitrović Z., On the brachistochronic motion of mechanical systems with unilateral constraints, *Mechanics Research Communications*, ISSN 0093-6413, Volume 45, (2012), 1-6 (IF 1.307 for 2010)
12. Đukić M., Rusov S., Mitrović Z., Obradović A., Šalinić S., Fuzzy Model for Braking Force Minimization, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, ISSN 1429-2955, (2012), Vol. 50, No. 4, 1037-1048 (IF 0.452 for 2012)
13. Obradović A., Šalinić S., Jeremić O., Mitrović Z., On the brachistochronic motion of a variable-mass mechanical system in general force fields, *Mathematics and Mechanics of Solids*, ISSN: 1081-2865, 2014, Vol. 19(4) 398–410 (IF 1.298 for 2014)
14. Čović V., Mitrović Z., Rusov S., Obradović A., On the instability of equilibrium position of a mechanical system with singular constraints, *ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, ISSN: 0044-2267, (2013), vol. 93 br. 12, 928-936 (IF 1.008 for 2013)

15. Sekulić D., Dedović V., Rusov S., Šalinić S., Obradović A., Analysis of vibration effects on the comfort of intercity bus users by oscillatory model with ten degrees of freedom, *Applied Mathematical Modelling*, ISSN: 0307-904X, Volume 37, Issues 18–19, 1 October 2013, Pages 8629–8644 (IF 2.158 for 2013)
16. Šalinić S., Obradović A., Mitrović Z., Rusov S., On the brachistochronic motion of the Chaplygin sleigh, *Acta Mechanica*, ISSN 0001-5970, (2013), vol. 224 br. 9, 2127-2141 (IF 1.292 for 2011)
17. Zorić N., Simonović A., Mitrović Z., Stupar S., Obradović A., Lukić N., Free vibration control of smart composite beams using particle swarm optimized self-tuning fuzzy logic controller, *Journal of Sound and Vibration*, ISSN: 0022-460X, Volume 333, Issue 21, 13 October 2014, Pages 5244–5268 (IF 1.857 for 2013)
18. Gašić V., Šalinić S., Obradović A., Milovančević M., Application of the lumped mass technique in dynamic analysis of a flexible L-shaped structure under moving loads, *Engineering Structures*, ISSN: 0141-0296, Volume 76, 1 October 2014, Pages 383–392 (IF 1.838 for 2014)
19. Šalinić S., Obradović A., Rusov S., Mitrović Z., Stokić Z., Optimization of gravity flow discharge chutes under the speed dependent resisting forces: Maximizing exit velocity, *Powder Technology*, ISSN: 0032-5910, Volume 273, March 2015, Pages 203–209 (IF 2.759 2015)
20. Obradović A., Šalinić S., Trifković D., Zorić N., Stokić Z., Free vibration of structures composed of rigid bodies and elastic beam segments, *Journal of Sound and Vibration*, ISSN: 0022-460X, Volume 347, 7 July 2015, Pages 126–138 (IF 2.107 for 2015)
21. Radulović R., Obradović A., Šalinić S., Contribution to the determination of the global minimum time for the brachistochronic motion of a holonomic mechanical system, *Meccanica*, ISSN: 0025-6455, vol.52, no.4, pp.795-805, 2017 (IF 2.196 for 2016)
22. Radulović R., Šalinić S., Obradović A., Rusov S., A new approach for the determination of the global minimum time for the Chaplygin sleigh

brachistochrone problem, Mathematics and Mechanics of Solids, ISSN:1081-2865 , (2017), vol. 22 br. 6, pp 1462-1482 (IF 2.953 for 2016)

23. Sekulić D., Dedović V., Rusov S., Obradović A., Šalinić S., Definition and determination of the bus oscillatory comfort zones, International Journal of Industrial Ergonomics, ISSN: 0169-8141, (2016), vol. 53 , pp. 328-339 (IF 1.415 for 2016)
24. Radulović R., Obradović A., Šalinić S., Mitrović Z., The brachistochronic motion of a wheeled vehicle, Nonlinear Dynamics, ISSN 0924-0X, vol. 87, no. 1, pp. 191-205, 2017. (IF 4.339 for 2017)
25. Šalinić S., Obradović A., Dunjić M., Sekulić D., Lazarević Ž., Contribution to the free vibration problem of a free-free beam with large end masses, ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics, ISSN: 0044-2267, Vol. 98 no. 5, (2018) pp 840-847 (IF 1.332 for 2016)
26. Jeremić B., Radulović R., Obradović A., Šalinić S., Dražić M., Brachistochronic motion of a nonholonomic variable-mass mechanical system in general force fields, Mathematics and Mechanics of Solids, ISSN:1081-2865 , Vol. 24 no. 1 (2019) pp. 281-298 (IF 2.545 for 2017)
27. Radulović R., Jeremić B., Šalinić S., Obradović A., Dražić M., A new approach for the determination of the global minimum time for the brachistochrone with preselected interval for the normal reaction force value, International Journal of Non-Linear Mechanics (2018), ISSN 0020-7462, vol. 101, pp. 26-35 (IF 2.163 for 2017)
28. Šalinić S., Obradović A., Tomović A., Free vibration analysis of axially functionally graded tapered, stepped, and continuously segmented rods and beams, Composites Part B, ISSN:1359-8368, Vol 150, pp. 135 - 143, 2018. (IF 4.920 for 2017)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
