

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 21.04.2022. (број одлуке: 01-1/1239-10) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 18.05.2022. (број одлуке: IV-04-350/11) одређени смо за чланове Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације:

ПРИМЕНА НУМЕРИЧКИХ МОДЕЛА И ОПТИМИЗАЦИОНИХ МЕТОДА У ДИЗАЈНУ ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА

у научној области Машинско инжењерство кандидата **Страхиње Миленковића, маг. инж. маш.** На основу података којима располажемо достављамо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

У предложеном нацрту докторске дисертације кандидат је образложио предмет истраживања наводећи актуелности и значај предложене теме у области моделирања и развоја пиезоелектричних композитних материјала.

Примена метода коначних елемената код моделирања зависности генерисања електричног напона од механичке побуде у композитном материјалу, омогућиће нумеричке симулације понашања материјала. Применом статистичких корелација и оптимизационих метода биће дат предлог оптимизације поступка израде пиезоелектричног композитног материјала, узимајући у обзир међусобне зависности механичких и електричних карактеристика материјала. У циљу верификације развијеног модела биће извршена и експериментална испитивања: израду узорка пиезоелектричних композита и њихово испитивање на доступној опреми Факултета инжењерских наука.

Основни циљ овог истраживачког рада је развој и примена нумеричких модела и оптимизационих метода код дизајна пиезоелектричних композитних материјала, узимајући у обзир релевантне материјалне карактеристике композита у целини, као и

матрице и ојачавача, које суштински одређују понашање композита с аспекта пиезоелектричног одзива и његових механичких карактеристика у функционалној примени. Нумерички материјални модели (постојећи конститутивни модели и модел – мрежа са припадајућим граничним условима) као основа за примену оптимизационих метода представљају ефикасан алат код дизајна композита који вишеструко скраћује време експерименталне израде композитног материјала и тиме штеди време и ресурсе. Анализа различитих утицаја, њихова систематизација и оптимизација применом нумеричког модела може да пружи најбоље решење за комбинацију материјала у композиту, учешће материјала матрице и ојачавача композита, као и њихов најбољи распоред унутар композита (тополошка оптимизација), с аспекта потребног пиезоелектричног одзива композита.

Кандидат је предложио програм истраживања у наведеним областима које су у складу са савременим научним методама истраживања. Истраживачки метод је заснован на прикупљању квантитативних и квалитативних података, кроз теоријске и експерименталне методе, кроз систематска посматрања, мерења и експерименте, као и формулације, тестирања и постављања хипотеза које се проверавају кроз све прикупљене податке. Имајући у виду приказ проблема истраживања, полазне хипотезе и предложене научне методе истраживања, приказани нацрт докторске дисертације садржи све елементе који су потребни, да би се у изради докторске дисертације дао научни допринос, значајан за даљи развој научних истраживања у области моделирања и развоја пиезоелектричних композитних материјала.

Веза са досадашњим истраживањима

Увидом у објављене радове у научним и стручним часописима, као и радове објављене на међународним конференцијама може се закључити да је кандидат Страхинија Миленковић био значајно укључен у истраживања из области развоја и моделирања композитних материјала. Веома значајна за успешну реализацију планираних активности, су и знања стечена кроз израду Мастер рада са темом "Влакнима ојачани материјали за 3Д штампу, израда, моделирање".

Рад у оквиру предложене дисертације омогућава кандидату да оствари континуитет у свом истраживачком раду, што поред стручног усавршавања кандидата има за циљ моделирање и развој пиезоелектричних композитних материјала узимајући у обзир релевантне материјалне карактеристике композита у целини, као и матрице и ојачавача, које суштински одређују понашање композита с аспекта пиезоелектричног одзива и његових механичких карактеристика у функционалној примени.

Предстојећа истраживања кандидата настављају истраживања у којима је кандидат учествовао до сада, према листи наведених радова, као и радове других аутора, а ослањао би се на публиковане радове следећих аутора.

(Milenković S., Slavković V., Fragassa C., Grujović N., Palić N., Živić F, 2021)¹ представља истраживање 3Д штампаних композитних узорака са матрицом од полилактичне киселине (PLA) ојачане дугим влакнима од поливиниделин флуорида (PVDF). Израђени су узорци различитим смеровима FDM штампе, испитивани на затезање и савијање. Резултати експеримента су упоређени са резултатима из нумеричке анализе, поредећи хомогенизоване узорке применом Мори – Танака хомогенизационог модела и узорака од „два материјала“.

(M. Anić, M. Prodanović, S. Milenković, N. Filipović, N. Grujović and F. Zivic, 2021.)² представља преглед материјала погодних за прикупљање енергије из околине (енг. *Energy Harvest*), пре свега електричне. Дат је преглед пиезоелектричних материјала у две велике групе: керамике и полимери, представљена је листа најчешће коришћених пиезоелектричних материјала са одговарајућим карактеристикама, уз дискусију могућих примена ових материјала укључујући наногенераторе, биосензоре и биомедицинске уређаје.

(Miloš Anić, Momčilo Prodanović, Strahinja Milenković, Nenad Filipović, Nenad Grujović, Fatima Živić)³ презентује електроспининг као технологију за израду композита за прикупљање енергије из околине, укључујући како композите на бази керамике тако и на бази полимера, са фокусом на њихове електричне карактеристике уз преглед метода за детекцију и мерење електричних излаза код оваквих материјала.

(Xi Y, Pan W, Xi D, Liu X, Yu J, Xue M 2020.)⁴ су серијама једнофакторских оптимизација испитивали утицај масеног удела чинилаца композита ZnO/PVDF на антибактеријска и пиезоелектрична својства за примену у биомедицини код лечења повреда коштаног ткива.

(Machu Z, Rubes O, Sevecek O, Hadas Z., 2021.)⁵ су у свом раду дали аналитички модел пиезоелектричне конзоле уз експерименталну верификацију и са употребом различитих пиезоелектричних материјала (PVDF, PZT-5A и PZZN-PLZT).

(Zappino E, Carrera E, Rowe S, Mangeot C, 2021.)⁶ су применили нумеричко моделирање и ABAQUS софтвер за пројектовање и предикцију понашања вишеслојног актуатора (енг. MLA – Multi-Layered Actuator), а затим су те резултате употребили за пројектовање појачаног пиезоелектричног актуатора (енг. APA – Amplified Piezoelectric Actuator) за примену у авионским моторима следеће генерације.

¹ Milenković S., Slavković V., Fragassa C., Grujović N., Palić N., Živić F., Effect of the Raster Orientation on Strength of the Continuous Fiber Reinforced PVDF/PLA Composites, Fabricated by Hand-Layup and Fused Deposition Modeling, Composite Structures, Vol.270, No.114063, pp. 1-12, ISSN 0263-8223, Doi 10.1016/j.compstruct.2021.114063, 2021

² M. Anić, M. Prodanović, S. Milenković, N. Filipović, N. Grujović and F. Zivic, "The Review of Materials for Energy Harvesting," 2021 IEEE 21st International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2021, pp. 1-6, ISBN 978-86-81037-69-0 doi: 10.1109/BIBE52308.2021.9635169

³ Miloš Anić, Momčilo Prodanović, Strahinja Milenković, Nenad Filipović, Nenad Grujović, Fatima Živić, Electrospinning As The Fabrication Technology For The Energy Harvesting Composites, 38th International Conference on Production Engineering of Serbia, ICPE-S 2021, Čačak, Serbia, 2021, October, pp. 14-15, ISBN 978-86-7776-252-0.

⁴ Xi Y, Pan W, Xi D, Liu X, Yu J, Xue M, et al. Optimization, characterization and evaluation of ZnO/polyvinylidene fluoride nanocomposites for orthopedic applications: improved antibacterial ability and promoted osteoblast growth. Drug Delivery 2020;27:1378–85. <https://doi.org/10.1080/10717544.2020.1827084>

⁵ Machu Z, Rubes O, Sevecek O, Hadas Z. Experimentally Verified Analytical Models of Piezoelectric Cantilevers in Different Design Configurations. Sensors 2021;21:6759. <https://doi.org/10.3390/s21206759>.

⁶ Zappino E, Carrera E, Rowe S, Mangeot C, Marques H. Numerical analyses of piezoceramic actuators for high temperature applications. Composite Structures 2016;151:36–46. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2016.01.084>.

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Предмет ове докторске дисертације је креирање методологије примене нумеричких модела за оптимизацију дизајна пиезоелектричног композитног материјала са аспекта најбољих механичких и пиезоелектричних својстава за практичну примену у биомедицини и сензорској техници. Материјали са пиезоелектричним карактеристикама представљају тренутно једну од најактуелнијих области истраживања у оквиру развоја паметних материјала. Пиезоелектрични материјали су показали низ предности у већем броју области практичне примене: биосензори, веома прецизни сензори, могућности примене као микро и нано-генератори енергије (енг. energy harvesting). Развој ових материјала пружиће веома значајан напредак у медицини, као и различитим другим областима где се користе веома прецизни сензори, али и код компонената које служе за генерисање и складиштење енергије. Посебно је значајна могућност примене ових материјала за генерисање енергије, чиме се омогућава развој већег броја напредних компоненти, као што су биомедицински имплантати којима не треба спољашње напајање енергијом. Нумерички модели и симулација понашања пиезоелектричних композита представљају веома значајан алат у развоју ових материјала, као и за предвиђање промена карактеристика материјала током времена и функције.

Истраживачки рад има за циљ да утврди корелације између процесних параметара производне технологије (улазних мерних величина) и финалних карактеристика добијеног материјала и структуре (излазне мерне величине), као и најутицајније параметре процеса за добијање жељених пиезоелектричних карактеристика финалног материјала. Систематска идентификација процесних параметара и њиховог утицаја на финалне карактеристике материјала омогућиће истраживање оптимизације процеса и релевантних параметара с аспекта ресурса и финалног квалитета произведеног елемента, применом нумеричких метода оптимизације. Оптимизација процеса и параметара ће бити усмерена на примену PVDF као матрице композита (реализовано електроспининг технологијом) и PVDF као ојачавач (влакна) у матрици од полимера (реализовано адитивном технологијом). Истраживачки рад има за циљ да проучи нумеричке моделе код две врсте адитивних технологија: 3Д штампа и електроспининг за полимерне материјале, односно могућности нумеричког моделирања процеса усмерено на добијање жељених карактеристика материјала.

Примена методе коначних елемената код моделирања зависности генерисања електричног напона од механичке побуде у композитном материјалу, омогућиће нумеричке симулације понашања материјала. Применом статистичких корелација и оптимизационих метода биће дат предлог оптимизације поступка израде пиезоелектричног композитног материјала. На основу утврђених међусобно повезаних зависности карактеристика материјала (на пример корелација између пиезоелектричне константе и Јанговог модула код композита) кроз истраживање нумеричких модела и симулација и на основу експерименталних истраживања, биће усвојене нумеричке методе оптимизације код развоја пиезоелектричних композита. У циљу верификације развијеног модела биће извршена и

експериментална испитивања, која подразумевају израду пиезоелектричних композита и њихово испитивање на доступној опреми Факултета инжењерских наука.

У циљу моделирања и развоја пиезоелектричних композитних материјала, постављене су следеће хипотезе:

- Различите врсте материјала матрице композита у комбинацији са ојачавачем од PVDF, њихови удели, начини постављања ојачавача, као и физичка структура и, запреминска топологија (порозност) имају суштински утицај на крајње пиезоелектричне и механичке карактеристике композита. Промена само једног од ових утицајних фактора има значајан утицај на финалне карактеристике композита, а њихово здружено дејство представља комплексан скуп утицајних параметара.
- Примена нумеричких метода оптимизације може, за значајно краће време, да симултано анализира више утицајних фактора и пружи оптималну комбинацију материјалних карактеристика. Правилним избором нумеричких материјалних модела, може се реализовати ефикасна оптимизација дизајна композитног материјала.
- Нумерички модели за пиезоелектричне материјале постоје делимично развијени и њихов даљи развој може да значајно допринесе развоју пиезоелектричних композита за различите практичне примене, кроз прилагођавање карактеристика композитног материјала специфичним областима примене.
- Пиезоелектрични композити су показали изузетне могућности у практичној примени, као вишефункционални паметни материјали који правилним дизајном могу да обезбеде више симултаних функција: у сензорима (детекција промене притиска, мониторинг здравствених параметара попут откуцаја срца), актуаторима (нпр. промена геометрије пиезоелектричног материјала електричном побудом), за прикупљање и складиштење енергије из околине. Правилним дизајном композита могу се значајно побољшати функционалне карактеристике компонената у којима су примењени пиезоелектрични материјали.

Методe истраживања

Истраживања планирана у оквиру докторске дисертације биће теоријска и експериментална. Методе које ће се у раду користити су:

- Нумеричко моделирање и софтверска оптимизација
- Експерименталне методе
- Квантитативна и квалитативна анализа података

Нумеричко моделирање ће бити реализовано применом методе коначних елемената, што ће омогућити нумеричку анализу механичких карактеристика и пиезоелектричних карактеристика композита, а нумерички резултати ће се упоређивати са експериментално добијеним механичким и пиезоелектричним карактеристикама композитних материјала, након чега ће се извршити анализа добијених резултата. Анализа експерименталних и нумеричких резултата ће обезбедити формирање мањег броја комбинација параметара који директно утичу на механичка и пиезоелектрична својства добијених композита.

Експерименталне методе ће укључивати израду композита са пиезоелектричном фазом (PVDF), планирање, пројектовање и повезивање мерног система за снимање

пиезоелектричних карактеристика. Примениће се различите адитивне технологије (ФДМ, електроспининг), за израду експерименталних узорака. Испитивање електричних и механичких карактеристика и структурна карактеризација ће се вршити на опреми у центрима Факултета.

Сви резултати пиезоелектричних, структурних и механичких испитивања биће анализирани са циљем одређивања утицаја одређених параметара на добијање најбољих пиезоелектричних и механичких карактеристика с аспекта области практичне примене. Експериментална студија ће омогућити валидацију и унапређење усвојеног нумеричког модела тестирањем структура произведених према параметрима процеса добијеним према нумеричком моделу и примењеном поступку оптимизације материјалних карактеристика. На основу нумеричких и експерименталних резултата проучаваће се методе оптимизације за специфичне примене. Анализа различитих утицаја, њихова систематизација и оптимизација применом нумеричког модела може да пружи најбоље решење за комбинацију материјала у композиту, учешће материјала матрице и ојачавача композита, као и њихов најбољи распоред унутар композита (тополошка оптимизација), с аспекта потребног пиезоелектричног одзива композита.

Оквирни садржај докторске дисертације

Планирано је да докторска дисертација буде реализована кроз осам поглавља:

1. Увод
2. Теоријска разматрања
3. Нумеричко моделирање и оптимизација
4. Експериментална истраживања
5. Резултати истраживања
6. Анализа резултата
7. Закључци
8. Литература

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

На основу пријаве теме докторске дисертације Комисија закључује да постоји потреба за оптимизацијом процеса развоја пиезоелектричних композитних материјала, применом нумеричких модела, што ће обезбедити ефикасно предвиђање карактеристика пиезоелектричних композитних материјала према различитим потребама практичне примене. Докторска дисертација је усмерена на елементе у реалној примени, при чему ће примена нумеричких модела и оптимизационих метода значајно убрзати процес дизајна пиезоелектричних материјала у смислу пиезоелектричног одзива и механичких карактеристика у функционалној примени композита у пре свега, биомедицини и сензорској техници, што чини значајан научни допринос.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације, са образложеним предметом као и циљевима рада, научним доприносима и очекиваним резултатима, насталим досадашњим самосталним истраживањима и детаљном анализом доступних научних радова у научном и стручном смислу, оригинална идеја.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидат Страхиња Миленковић ће у својој дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког начина рада поштујући основне критеријуме науке, научних циљева и метода анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања.

У достављеној пријави теме, кандидат се служио одговарајућом терминологијом из области, која је предмет рада. Дефиниција предмета истраживања је усклађена са основним појмовима, предложеним хипотезама и методама истраживања. Кандидат је показао способност да планира и реализује експерименте уз коришћење савремене мерне и производне опреме и селекцију и анализу литературних извора.

Циљеви истраживања су проистекли из запажене потребе за убрзањем и оптимизацијом процеса дизајнирања пиезоелектричних композитних материјала са аспекта најбољих пиезоелектричних и механичких карактеристика у функционалној примени.

Узимајући у обзир да ће кандидат користити савремену опрему за експериментална истраживања и креирати пиезоелектричне композитне материјале, добијени резултати ће представљати оригиналан допринос истраживачкој области.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

Кратка биографија кандидата

Страхиња Миленковић рођен је 27. децембра 1995. године у Крагујевцу. Завршио је основну школу „Јован Поповић“ у Крагујевцу, а након тога Прву крагујевачку гимназију у Крагујевцу.

Школске 2014/2015. године уписао је Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, студијски програм машинско инжењерство. Основне академске студије завршио је 2017. године на модулу примењена механика и аутоматско управљање са просечном оценом 8,93. Завршни рад из предмета Електроника, под називом „Електронско управљање радом гаражних врата“ је одбранио са оценом 10.

Мастер академске студије на студијском програму машинско инжењерство, модул примењена механика и аутоматско управљање уписао је школске 2017/2018. године на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, и дипломирао 2019. године са просечном оценом 9,67. Мастер рад из предмета Брза израда прототипова под називом „Материјали ојачани влакнима за 3Д штампу, израда, моделирање“ је одбранио са оценом 10.

Докторске академске студије (ДАС) уписао је школске 2019/20. године на студијском програму машинско инжењерство, научна област Примењена механика. Током прве две године ДАС успешно је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом. У склопу реализованих активности прикупљена је литература и реализовани су

експерименти из области теме докторске дисертације, на основу којих су публиковани радови.

Током мастер студија (две године), у оквиру компаније Technosector d.o.o. ангажован је на пословима пројектанта посебних система и мера заштите од пожара у складу са Законом о планирању и изградњи и Законом о заштити од пожара.

Запослен је на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, као истраживач–приправник, од јануара 2019. године, на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: ИИИ41007 „Примена биомедицинског инжењеринга у предклиничкој и клиничкој пракси“. Учесник је и међународног пројекта финансираном од стране ЕУ: SMART-2M project, Innovation Capacity Building for Higher Education in Industry 4.0 and Smart Manufacturing, HEI Initiative, European Institute of Innovation and Technology (EIT), EIT RawMaterials; носилац пројекта: Dublin City University.

Као истраживач–приправник ангажован је на организацији и реализацији лабораторијских и аудиторних вежби на предметима: Рачунарски алати (БМ1300, БАИ1300, БУИ1300, БИЖЗС1300), Мерење и управљање (БМ5200, БВИ5200-2, БАИ5201, Машински материјали (БВИ1400-2), Електротехника са електроником (БМ2300, БАИ2300, БУИ2300, БИЗЖС4200, БВИ2300-2), Мерење, контрола и квалитет (БМ6311, БВИ6200-2), Статистичка контрола квалитета (БАИ4502), Менаџмент комуникацијама (МИИ1400-2, МИМ1601-2), Брза израда прототипова (ММ3252, БВИ5502-2), Наноматеријали у биоинжењерству (МБИ2204), Микро и нанотехнологије (ДМП27) на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Научно-истраживачки рад

Као аутор или коаутор кандидат је објавио 8 радова у научно–стручним часописима, као и на међународним и домаћим научно–стручним скуповима.

Списак објављених радова

М21а (Рад у међународном часопису изузетних вредности)

1. **Milenković S.**, Slavković V., Fragassa C., Grujović N., Palić N., Živić F., Effect of the Raster Orientation on Strength of the Continuous Fiber Reinforced PVDF/PLA Composites, Fabricated by Hand-Layup and Fused Deposition Modeling, Composite Structures, Vol.270, No.114063, pp. 1-12, ISSN 0263-8223, Doi 10.1016/j.compstruct.2021.114063, 2021

М23 (Рад у међународном часопису)

1. F. Živić, S. Mitrović, N. Grujović, Ž. Jovanović, D. Džunić, and **S. Milenković**, The Influence of the 3D Printing Infill and Printing Direction on Friction and Wear of Polylactic Acid (PLA) under Rotational Sliding, Journal of Friction and Wear, Vol.42, No.2, pp. 106-111, ISSN 1068-3666, Doi 10.3103/S1068366621020124, 2021.

М24 (Рад у међународном часопису)

1. **S. Milenković**, F. Živić, Ž. Jovanović, A. Radovanović, P. Ljušić, N. Grujović, Review of Friction Stir Processing (FSP) Parameters and Materials for Surface Composites, Tribology in Industry, Vol.43, No.3, pp. 470-479, ISSN 0354-8996, Doi 10.24874/ti.1169.06.21.08, 2021

МЗЗ (Саопштење са међународног скупа штампано у целини)

1. L. Milanovic, **S. Milenkovic**, N. Petrovic, N. Grujovic, V. Slavkovic and F. Zivic, "Optical Coherence Tomography (OCT) Imaging Technology," 2021 IEEE 21st International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2021, pp. 1-5, ISBN 978-86-81037-69-0 doi: 10.1109/BIBE52308.2021.9635099.
2. M. Anic, M. Prodanovic, **S. Milenkovic**, N. Filipovic, N. Grujovic and F. Zivic, "The Review of Materials for Energy Harvesting," 2021 IEEE 21st International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2021, pp. 1-6, ISBN 978-86-81037-69-0 doi: 10.1109/BIBE52308.2021.9635169.
3. Miloš Anić, Momčilo Prodanović, **Strahinja Milenković**, Nenad Filipović, Nenad Grujović, Fatima Živić, Electrospinning As The Fabrication Technology For The Energy Harvesting Composites, 38th International Conference on Production Engineering of Serbia, ICPE-S 2021, Čačak, Serbia, 2021, October, pp. 14-15, ISBN 978-86-7776-252-0
4. Nina Busarac, Andreja Radovanović, Petar Ljušić, **Strahinja Milenković**, Nenad Grujović, Fatima Živić, Review of aluminium alloys and quality control standards in the railway industry, XIV International Scientific Conference - Contemporary Materials 2021, Banja Luka, 2021, 9-10 September

М51 (Рад у водећем часопису националног значаја)

1. Ognjanović I., **Milenković S.**, Ristić I., Mihajlović F., Martinović F., Ignjatović-Ristić D., Psychometric properties of dental fear survey in Serbian population, Engrami., Vol.41, No.1, pp. 4-18, ISSN 0351-2665, Doi 10.5937/engrami1901004O, 2019

ПОМОЋНИ УЏБЕНИК – ПРАКТИКУМ

1. Фатима Живић, Богдан Васиљевић, **Страхиња Миленковић**, ИЗАБРАНА ПОГЛАВЉА ИЗ МЕТРОЛОГИЈЕ, Практикум за лабораторијске вежбе, Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу, 2020, ISBN-978-86-6335-072-4

Учешће у научноистраживачким пројектима

Учествовао је у реализацији два научноистраживачка пројекта.

1. Интердисциплинарни пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: Примена биомедицинског инжењеринга у предклиничкој и клиничкој пракси, ИИИ41007, 2011-2019.
2. SMART-2M project, Innovation Capacity Building for Higher Education in Industry 4.0 and Smart Manufacturing, HEI Initiative, European Institute of Innovation and Technology (EIT), EIT RawMaterials; носилац пројекта: Dublin City University, Ирска; координатор за Универзитет у Крагујевцу: проф. др Фатима Живић; време трајања пројекта: 2021 – 2023

6. Предлог за ментора са његовим референцама којима се доказује испуњеност услова за менторство

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Ненад Грујовић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Редовни професор, др Ненад Грујовић је објавио укупно 24 рада категорије М20 и преко 100 радова на међународним научним скуповима, као и у националним научним часописима.

Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство

1. Sharma V., **Grujovic N.**, Zivic F., Slavkovic V., Influence of Porosity on the Mechanical Behavior during Uniaxial Compressive Testing on Voronoi-Based Open-Cell Aluminium Foam, *Materials*, Vol.12, No.1041, pp. -, ISSN 1996-1944, Doi: 10.3390/ma12071041, 2019. [M21]
2. Sharma V., Zivic F., **Grujovic N.**, Babcsan N., Babcsan J., Numerical Modeling and Experimental Behavior of Closed-Cell Aluminum Foam Fabricated by the Gas Blowing Method under Compressive Loading, , 2019, ; *Materials*, Vol.12, No.1582, pp. -, ISSN 1996-1944, Doi: 10.3390/ma12101582, 2019 [M21]
3. Milenkovic S, Slavkovic V, Fragassa C, **Grujovic N**, Palic N, Zivic F., Effect of the raster orientation on strength of the continuous fiber reinforced PVDF/PLA composites, fabricated by hand-layup and fused deposition modeling, *Composite Structures*, Vol.270, No.270, pp. 114063, ISSN 0263-8223, Doi: 10.1016/j.compstruct.2021.114063, 2021 [M21a]
4. Fatima Zivic, **Nenad Grujovic**, Slobodan Mitrovic, Jovan Tanaskovic, Petar Todorovic, Influence of the Ringer's solution on wear of vacuum mixed poly(methyl methacrylate) bone cement in reciprocating sliding contact with AISI 316L stainless steel, *Hemijska industrija*, Vol.75, No.2, pp. 77-92, ISSN 0367-598, Doi: 10.2298/HEMIND210105011Z, 2021 [M23]
5. F. Zivic, S. Mitrovic, **N. Grujovic**, Z. Jovanovic, D. Dzunic, S. Milenkovic, The Influence of the 3D Printing Infill and Printing Direction on Friction and Wear of Polylactic Acid (PLA) under Rotational Sliding, *Journal of Friction and Wear*, Vol.42, No.2, pp. 106–111, ISSN 1068-3666, Doi: 10.3103/S1068366621020124, 2021 [M23]

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Страхиња Миленковић, мастер инжењер машинства, испунио је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Предложена тема докторске дисертације је оригинална и има научну заснованост. Предложена методологија израде докторске дисертације је у складу са научним принципима. Очекивани резултати докторске дисертације требало би да представљају оригинални научни допринос развоју и дизајнирању пиезоелектричних композитних материјала.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

ПРИМЕНА НУМЕРИЧКИХ МОДЕЛА И ОПТИМИЗАЦИОНИХ МЕТОДА У ДИЗАЈНУ ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА

прихвати и одобри њену израду кандидату **Страхињи Миленковићу, маг. инж. маш.** Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Ненад Грујовић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу,
13. јун 2022. год.

КОМИСИЈА

1.



Др Ненад Грујовић, редовни професор - председник Комисије
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу
Уже научне области: Примењена механика, Примењена информатика и
рачунарско инжењерство

2.



Др Фатима Живић, ванредни професор - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Производно машинство

3.



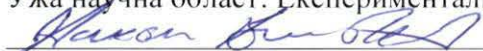
Др Владимир Душић, ванредни професор - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Примењена механика

4.



Др Владимир П. Миловановић, доцент - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Експериментална механика

5.



Др Никола Витковић, ванредни професор - члан
Машински факултет у Нишу, Универзитета у Нишу
Ужа научна област: Производни системи и технологије