

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ
НАУКА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА
У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу одржаној 20.04.2023. (број одлуке: 01-1/1240-5) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 17.05.2023. (број одлуке: IV-04-309/12) одређени смо за чланове Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације под називом:

**РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МАТЕРИЈАЛНОГ МОДЕЛА ЗА УДАРНА
ОПТЕРЕЋЕЊА И ЊЕГОВА ПРИМЕНА У ОБЛАСТИ ДИНАМИКЕ
КОНСТРУКЦИЈА**

у научној области Машинско инжењерство, ужа научна област Експериментална механика кандидата **Милоша Пешића**, мастер инжењера индустријског инжењерства. 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 анализе динамичког понашања конструкција при великим брзинама деформације применом експерименталних и нумеричких метода.

Предмет ове докторске дисертације је имплементација *Johnson-Cook*-овог материјалног модела у софтверски пакет ПАК (Програм за анализу конструкција) за нумеричку процену деформације конструкције применом методе коначних елемената (МКЕ). Имплементација *Johnson-Cook*-овог материјалног модела у ПАК (Програм за анализу конструкција) ће омогућити нумеричке анализе ударног оптерећења у области динамике конструкција. Истраживања у области великих деформација су од виталног значаја за сигурност и безбедност у војној, авио и ауто индустрији. Стога је тестирање конструкција које су изложене динамичким оптерећењима кључна фаза у потврђивању дизајна истих које се користе у наведеним гранама индустрије. Међутим, висока цена експерименталног тестирања ограничава број спроведених тестова удара, знатно отежава развој и оптимизацију оваквих типова челичних конструкција. Због ове чињенице, нумеричке симулације представљају крајње оправдан поступак у анализама динамичког понашања конструкција при великим брзинама деформације.

Циљ ове дисертације је имплементација *Johnson-Cook*-овог материјалног модела, чиме би се пружила могућност да се помоћу некомерцијалног софтвера нумеричким путем анализира динамичко понашање конструкција које су изложене великим брзинама деформације. Материјалне карактеристике које дефинишу имплементирани *Johnson-Cook*

ов материјални модел одређују се експерименталним путем применом *Hopkinson*-овог штапа. Имплементацијом и применом *Johnson-Cook*-овог материјалног модела у нумеричким симулацијама, добио би се ефикасан алат за прорачун ударних оптерећења у области динамике конструкција. Примена *Johnson-Cook*-овог материјалног модела за нумеричке симулације би знатно утицала на смањење трошкова и времена приликом дизајна и експерименталних испитивања великог броја конструкција које су изложене ударним оптерећењима.

Кандидат је предложио програм истраживања у наведеној области, који је у складу са савременим научним методама истраживања. 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 динамике конструкција које су изложене ударним оптерећењима.

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 Милош Пешић био укључен у истраживања из области експерименталне механике и примене методе коначних елемената. Веома значајна за успешну реализацију планираних активности су и знања стечена кроз израду мастер рада са темом "Решавање контактних проблема коришћењем софтверског пакета *Simcenter Femap with Nastran*".

Рад у оквиру предложене дисертације омогућава кандидату да оствари континуитет у свом истраживачком раду. Планиране активности кандидата представљају наставак истраживања у областима у којима је кандидат радио до сада. На основу листе наведених радова кандидата, као и радова других аутора, израда докторске дисертације ће се ослањати на следеће публикације:

(Pešić et al. 2022)¹ представља нумеричку симулацију удара пројектила 12,7 mm у балистичку плочу брзином од 500 m/s на удаљености од 900 m. Приликом нумеричких симулација испитиване су балистичке плоче различитих дебљина, конкретно балистичке плоче дебљине 10 mm, 17 mm, 18 mm и 23 mm, са циљем одређивања критичне балистичке дебљине плоча за границу задора пројектила, као и за потпуну балистичку заштиту.

(Pešić et al. 2022)² представља нумеричку симулацију утицаја густине мреже коначних елемената на резултате испитивања ударног таласа експлозије у борбено оклопно возило. За нумеричку симулацију ударног таласа експлозије коришћен је произвољни Лагранж-Ојлеров (MM-ALE) алгоритам. Експлицитна динамичка анализа урађена је у софтверском пакету LS-DYNA. За моделирање заштитних плоча на оклопном возилу коришћене су

¹ Pešić et al. (2022) "NUMERICAL ANALYSIS OF A FRONTAL IMPACT OF A 12.7 mm PROJECTILE ON AN ARMOR PLATE", *Vojnotehnički glasnik*, Vol.70, Issue 4, pp. 897-923, ISSN 0042-8469, doi.org/10.5937/vojtehg70-38412

² Pešić et al. (2022) "FE MESH DENSITY INFLUENCE ON BLAST LOADING ANALYSIS" 9th International Congress Motor Vehicles & Motors, Ecology – Vehicle and Road Safety – Efficiency, Kragujevac, Serbia, 2022, 13th – 14th October, ISBN 978-86-6335-096-0.

материјалне карактеристике челика повишене чврстоће. Заштитне плоче су моделиране у облику слова V. За потребе моделирања коришћени су различити типови коначних елемената. Под возила је моделиран 3D хексаедарским осмочворним коначним елементима, а заштитне плоче су моделиране четворочворним коначним елементима љуске. Као параметри за упоређивање добијених резултата изабрани су максимална вредност пластичне деформације и максимална вредност померања централног чвора на заштитној плочи.

(Pešić et al., 2022)³ У овом раду испитиване су заштитне плоче различитих геометрија како би се утврдило која геометрија даје најбољу заштиту оклопног возила од ударног таласа експлозије. Заштитна плоча борбеног оклопног возила моделирана је четворочворним коначним елементима љуске. У раду је коришћен *Johnson-Cook*-ов материјални модел за нумеричке симулације ударних оптерећења који узима у обзир ефективну пластичну деформацију, брзину ефективне пластичне деформације, као и утицај температуре.

(Gordon R. Johnson and William H. Cook, 1985)⁴ Овај рад разматра карактеристике лома три различита метала. Испитивани материјали су подвргнути торзионим тестовима при различитим брзинама деформација, тестирању на Хопкинсоновом штапу на различитим температурама и квазистатичким тестовима затезања. Уводи се материјални модел лома који изражава деформацију до лома као функцију брзине деформације, температуре и притиска. Верификација материјалног модела је извршена поређењем добијених резултата нумеричким симулацијама са резултатима добијеним испитивањем удара цилиндра и двоосним (торзионо-затезним) испитивањима.

(Holmquist T. J. and Johnson G. R., 1991)⁵ У овом раду представљена је метода за одређивање константи које дефинишу материјалне моделе. Подаци добијени експерименталним путем коришћени су као база података за одређивање константи различитих материјалних модела. Користећи ову процедуру, одређене су константе за четири материјална модела: *Johnson-Cook*, *Modified Johnson-Cook*, *Zerilli-Armstrong*, и *Combined Model* (комбинација *Johnson-Cook* и *Zerilli-Armstrong*) користећи два материјала: *OFHC* бакар и *Armco* гвожђе високе чистоће.

(Roshan Rai et al., 2021)⁶ У овом раду испитиван је удар челичног пројектила у балистичку плочу од алуминијума (AA5083-H116). Симулација је извршена у софтверском пакету LS-DYNA. За дефинисање материјалних карактеристика коришћен је *Johnson-Cook*-ов материјални модел. Овај материјални модел се користи приликом нумеричких симулација јер може детектовати велике деформације, брзину очвршћавања и лом који настају након

³ Pešić et al., (2022) "FEM ANALYSIS OF ANTI-MINING PROTECTION OF ARMORED VEHICLES" Applied Engineering Letters, Vol.7, No.3/4, pp. 89-99, ISSN 2466-4847, doi.org/10.18485/aeletters.2022.7.3.1

⁴ Gordon R. Johnson and William H. Cook (1985) "FRACTURE CHARACTERISTICS OF THREE METALS SUBJECTED TO VARIOUS STRAINS, STRAIN RATES, TEMPERATURES AND PRESSURES" Engineering Fracture Mechanics Vol. 21, No. 1, pp. 31-48.

⁵ Holmquist T. J. and Johnson G. R (1991) "DETERMINATION OF CONSTANTS AND COMPARISON OF RESULTS FOR VARIOUS CONSTITUTIVE MODELS" J. Phys. IV France 01 C3-853-C3-860.

⁶ Roshan Rai et al. (2021) "Numerical simulation of ballistic impact on aluminium 5083-H116 plate with Johnson Cook plasticity model" Materials Today: Proceedings 46 10619–27.

удара при великим брзинама. Резултати добијени овим истраживањем могу се користити за разумевање понашања отказа алуминијумских легура, које се могу користити у пројектовању и производњи лаких непробојних возила.

(S. Sharma, et al. 2014)⁷ изведена су испитивања карактеристика материјала при великим брзинама деформације на *Hopkinson*-овом штапу у режимима затезања и притиска. Извршено је поређење резултата испитивања за два нивоа оптерећења како би се показао утицај брзине деформације на понашање материјала до лома.

(R. Smerd, et al. 2005)⁸ овај рад представља експериментално испитивање алуминијумских лимова који се користе за израду каросерија у аутомобилској индустрији. Експериментална испитивања извршена су на собној и повишеној температури коришћењем затезног *Hopkinson*-овог штапа. Подаци добијени експерименталним испитивањима коришћени су као улазни параметри за *Johnson-Cook*-ов материјални модел за нумеричке симулације судара.

Поред наведених радова, истраживање у оквиру теме докторске дисертације ослањаће се такође на истраживања представљена у следећој полазној литератури:

- [1]Kuroda M. (2022) “Plastic flow localization resulting from yield surface vertices: crystal plasticity and corner theories of plasticity” *Int J Mater Form* 15 43
- [2]Trusov P. V. and Gribov D. S. (2022) “Three-level model based on physical theories of plasticity: Formulation, implementation algorithms, results of application to the study of cyclic loading” *Comp. Contin. Mech.* 15 274–87
- [3]Chen W., Zhang B. and Forrestal M. J. (1999) “A split Hopkinson bar technique for low-impedance materials” *Experimental Mechanics* 39 81–5
- [4]Gama B A, Lopatnikov S L and Gillespie J W 2004 Hopkinson bar experimental technique: A critical review *Applied Mechanics Reviews* 57 223–50
- [5]Weinberg K., Khosravani M. R., Thimm B., Reppel T., Bogunia L., Aghayan S. and Nötzel R. (2018) “Hopkinson bar experiments as a method to determine impact properties of brittle and ductile materials” WEINBERG et al. *GAMM-Mitteilungen* 41 e201800008
- [6]Adorna M., Brodner S., Falta J., Zlámá P. and Fíla T. (2019) “Evaluation of Hopkinson bar experiments using multiple digital image correlation software tools” *APP* 25 1–5
- [7]Burgoyne H. A. and Daraio C. (2014) “Strain-rate-dependent model for the dynamic compression of elastoplastic spheres” *Phys. Rev. E* 89 032203
- [8]Adorna M., Falta J., Fíla T. and Zlámá P. (2018) Preprocessing of Hopkinson bar experiment data” *Filter Analysis App* 18 77
- [9]He A., Xie G., Zhang H. and Wang X. (2013) “A comparative study on Johnson–Cook, modified Johnson–Cook and Arrhenius-type constitutive models to predict the high temperature flow stress in 20CrMo alloy steel” *Materials & Design (1980-2015)* 52 677–85

⁷ S. Sharma, et al. (2014) “Evaluation of Material Properties of SA 516, Gr. 70 Using Split Hopkinson Bar Technique under Tensile and Compressive High Strain-Rate Loading.” *Procedia Engineering*, vol. 86, pp. 123–30.

⁸ R. Smerd, et al. (2005) “High strain rate tensile testing of automotive aluminum alloy sheet” *International Journal of Impact Engineering* 32 541–60.

- [10] Tan J. Q., Zhan M., Liu S., Huang T., Guo J. and Yang H. (2015) "A modified Johnson–Cook model for tensile flow behaviors of 7050-T7451 aluminum alloy at high strain rates" *Materials Science and Engineering: A* 631 214–9
- [11] Kılıç N., Bedir S., Erdik A., Ekici B., Taşdemirci A. and Güden M. (2014) "Ballistic behavior of high hardness perforated armor plates against 7.62mm armor piercing projectile" *Materials & Design* 63 427–38
- [12] Kurtaran H., Buyuk M. and Eskandarian A. (2003) "Ballistic impact simulation of GT model vehicle door using finite element method" *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* 40 113–21
- [13] Wang X. and Shi J. (2013) "Validation of Johnson-Cook plasticity and damage model using impact experiment" *International Journal of Impact Engineering* 60 67–75
- [14] Wierzbicki T., Bao Y., Lee Y-W and Bai Y. (2005) "Calibration and evaluation of seven fracture models" *International Journal of Mechanical Sciences* 47 719–43
- [15] Shrot A. and Bäker M. (2012) "Determination of Johnson–Cook parameters from machining simulations" *Computational Materials Science* 52 298–304
- [16] Kartikeya Prasad S. and Bhatnagar N. (2019) "Finite Element Simulation of Armor Steel used for Blast Protection" *Procedia Structural Integrity* 14 514–20
- [17] Korkmaz M. E. (2020) "Verification of Johnson-Cook parameters of ferritic stainless steel by drilling process: experimental and finite element simulations" *Journal of Materials Research and Technology* 9 6322–30
- [18] Wang J., Yuan X., Jin P., Ma H., Shi B., Zheng H., Chen T. and Xia W. (2020) "Study on modified Johnson-Cook constitutive material model to predict the dynamic behavior Mg-1Al-4Y alloy" *Mater. Res. Express* 7 026522
- [19] Kumar Sah A., Kumar Pathak R. and Patel S. (2023) "Design and analysis of hybrid composite panels under ballistic impact" *Materials Today: Proceedings* S2214785323005497
- [20] Ramasamy A., Hill A., Hepper A., Bull A. and Clasper J. (2009) "Blast Mines: Physics, Injury Mechanisms and Vehicle Protection" *Journal of the Royal Army Medical Corps* 155 258–64
- [21] Cong M., Zhou Y., Zhang M., Sun X., Chen C. and Ji C. (2021) "Design and optimization of multi-V hulls of light armoured vehicles under blast loads" *Thin-Walled Structures* 168 108311
- [22] Rigby S. E., Tyas A. and Bennett T. (2014) "Elastic–plastic response of plates subjected to cleared blast loads" *International Journal of Impact Engineering* 66 37–47
- [23] Makwana D. R., Thakur D. G. and Senthilkumar K. (2019) "Numerical Analysis and Effects on Rigidity of Combat Vehicle Structure Due to Blast Load" *Procedia Structural Integrity* 14 44–52
- [24] Hu Q., Yu H. and Yuan Y. (2008) "Numerical simulation of dynamic response of an existing subway station subjected to internal blast loading" *Trans. Tianjin Univ.* 14 563–8
- [25] Bruski Dawid, et al. (2019) "Experimental and Numerical Analysis of the Modified TB32 Crash Tests of the Cable Barrier System" *Engineering Failure Analysis*, vol. 104, pp. 227–46.

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 развој и имплементација *Johnson-Cook*-овог материјалног модела у софтверски пакет ПАК (Програм за анализу конструкција). На тај начин, применом имплементiranог материјалног модела у софтверски пакет ПАК, пружила би се могућност да се нумеричким путем симулирају ударна оптерећења која се јављају у области динамике конструкција.

Први циљ предложене докторске дисертације је да се применом *Hopkinson*-овог штапа одреде динамичке карактеристике металних материјала при великим брзинама деформације. Други циљ је да се на основу експериментално добијених материјалних карактеристика дефинишу улазни параметри за имплементирани материјални модел и на тај начин анализирају конструкције изложене динамичким и ударним оптерећењима. Трећи циљ докторске дисертације је примена имплементiranог *Johnson-Cook*-овог материјалног модела за нумеричке симулације, ради смањења трошкова и времена неопходног за пројектовање и експериментално испитивање конструкција изложених импулсним оптерећењима која изазивају велике брзине деформације.

Основне хипотезе докторске дисертације, од којих се пошло на основу постављеног циља истраживања, досадашњих истраживачких активности кандидата и резултата других аутора у подручју истраживања су:

- Развојем нумеричког алгоритма за експлицитну интеграцију напона омогућиће се имплементација *Johnson-Cook*-овог материјалног модела у некомерцијални софтверски пакет ПАК;
- Имплементацијом *Johnson-Cook*-овог материјалног модела у некомерцијални софтверски пакет ПАК биће омогућена нумеричка истраживања у области великих деформација;
- Експерименталним одређивањем карактеристика материјала на *Hopkinson*-овом штапу дефинисаће се материјални параметри *Johnson-Cook*-овог материјалног модела, који ће се користити као улазни параметри за нумеричке симулације;
- Анализом резултата испитивања на *Hopkinson*-овом штапу, епрувета од челика, који поред повишене чврстоће, треба да имају и својство великог издужења, показаће се утицај брзине деформације на материјалне карактеристике изабраних материјала;
- Употребом имплементiranог материјалног модела могуће је симулирати понашање различитих врста конструкција изложених динамичким и ударним оптерећењима за опсег брзина деформације од 10^2 до 10^4 s^{-1} ;

Методe истраживања

У научно-истраживачком раду биће коришћене савремене научно истраживачке методе. Методе које ће се у раду користити су:

- Експерименталне методе и
- Нумеричке методе

Експерименталне методе ће укључивати испитивање и одређивање материјалних карактеристика епрувета различитих врста челика намењених за разне примене у војној, авио и аутоиндустрији. За одређивање динамичких карактеристика материјала користи се *Hopkinson*-ов штап код кога ће се променом силе преднапрезања дефинисати различите брзине деформације. Добијени експериментални подаци биће коришћени као улазни параметри за дефинисање имплементираниог *Johnson-Cook*-овог материјалног модела за нумеричку процену деформације конструкције приликом ударних оптерећења применом методе коначних елемената (МКЕ).

У савременој инжењерској пракси је реткост пронаћи пројекат који не захтева неку врсту нумеричке симулације за анализу понашања модела под одређеним условима. Тестирање прототипова све се више замењује нумеричким симулацијама, применом методе коначних елемената (МКЕ), јер то омогућава бржи и јефтинији начин за процену дизајнерских концепата и детаља дизајна модела. МКЕ се користи за проблеме који имају комплексну геометрију, комплексна оптерећења и комплексно понашање материјала, где се решења не могу одредити аналитичким приступом. Ова метода омогућава анализирање комплексних случајева оптерећења појединачно и истовремено.

На основу експериментално добијених података о материјалима при великим брзинама деформације на *Hopkinson*-овом штапу, уз примену МКЕ, могуће је једноставно и брзо извршити оцену о капацитетима изабраних материјала код конструкција које су изложене ударним оптерећењима.

Оквирни садржај докторске дисертације

План израде дисертације креиран је на основу досадашњих искустава, истраживачких активности као и анализе постојеће научне и стручне литературе. Планирано је да докторска дисертација буде реализована кроз осам поглавља:

1. Увод
2. Опис проблема
3. Основи теорије пластичности и теорије простирања таласа
4. Експериментално испитивање материјала на *Hopkinson*-овом штапу
5. Нумеричка имплементација *Johnson-Cook*-овог материјалног модела
6. Верификација имплементираниог *Johnson-Cook*-овог материјалног модела
7. Закључна разматрања
8. Литература

- **Увод** – У овом поглављу биће анализирани теоријски и литературни подаци који се односе на експериментална испитивања материјала при великим брзинама деформације на *Hopkinson*-овом штапу; *Johnson-Cook*-ов материјални модел, мотивација и циљ докторске дисертације.
- **Опис проблема** – Правилно дефинисање конститутивних модела који на најбољи могући начин дефинишу материјал или групу материјала, представља један од највећих изазова у нумеричким симулацијама. Сложеност материјалног модела зависи од његове примене, тако да је за неке моделе као улазни параметар довољан само напон на граници течења, док је за неке сложеније потребно навести

карактеристике које скоро у потпуности описују криву течења неког материјала. С обзиром да *Johnson-Cook*-ов материјални модел припада овој другој групи, његова нумеричка имплементација представља изазов.

- **Основи теорије пластичности и теорије простирања таласа** – У овом поглављу биће представљене основе теорије пластичности на којима се заснива *Johnson-Cook*-ов материјални модел. Поред тога, биће дат преглед најзаступљенијих врста таласа код континуума као и простирање таласа према теорији осцилација, на основу којих је заснован рад *Hopkinson*-овог штапа.
- **Експериментално испитивање материјала на *Hopkinson*-овом штапу** – У овом поглављу ће бити приказан поступак одређивања материјалних карактеристика при великим брзинама деформације на *Hopkinson*-овом штапу, које ће се користити као улазни подаци за имплементирани материјални модел за нумеричке симулације удара у области динамике конструкција.
- **Нумеричка имплементација *Johnson-Cook*-овог материјалног модела** – Ово поглавље представља централни део докторске дисертације. На основу представљеног и развијеног концепта, извршиће се имплементација *Johnson-Cook*-овог материјалног модела у софтверски пакет ПАК (Програм за Анализу Конструкција). Уградњом овог материјалног модела у софтверски пакет ПАК, пружају се могућности да се путем нумеричких симулација и на основу добијених резултата анализирају конструкције које су изложене различитим врстама ударних оптерећења.
- **Верификација имплементираног *Johnson-Cook*-овог материјалног модела** – У овом поглављу ће бити представљена верификација имплементираног *Johnson-Cook*-ог материјалног модела на два начина: Упоредном анализом добијених резултата нумеричких симулација у ПАК-у и резултатима нумеричких симулација употребом других комерцијалних софтвера; као и кроз упоредну анализу нумеричких и експерименталних резултата.
- **Закључак** – У овом поглављу ће бити представљени најважнији закључци и научни доприноси докторске дисертације.
- **Литература** – Овај део ће обухватити све литературне наводе који су коришћени у току израде ове докторске дисертације.

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 и постављеног концепта Комисија закључује да постоји потреба за развојем, имплементацијом и применом материјалног модела за ударна оптерећења у области динамике конструкција, што ће обезбедити ефикасно и поуздано предвиђање динамичког понашања конструкција које су изложене великим брзинама деформације.

Докторска дисертација је усмерена на развој и уградњу материјалног модела у софтверски пакет ПАК и експериментално одређивање материјалних карактеристика материјала при великим брзинама деформације, који ће заједно омогућити широк спектар нумеричких симулација за анализу конструкција изложених ударним оптерећењима у области динамике конструкција.

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 Милош Пешић 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 докторске дисертације, кандидат се служио одговарајућом терминологијом из научне области, којој је предмет рада припада. 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 опреме, као и да изврши селекцију и анализира одговарајуће литературне изворе.

Узимајући у обзир да ће кандидат за експериментална истраживања користити оригинално решење *Hopkinson*-овог штапа дизајнираног и конструисаног у Центру за инжењерски софтвер и динамичка испитивања Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, као и да ће на основу измерених материјалних параметара калибрисати и имплементирати материјални модел за експлицитну динамичку анализу при великим брзинама деформација у у софтверски пакет ПАК (развијен на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу), добијени резултати ће представљати оригиналан допринос у истраживачкој области.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

Кратка биографија кандидата

Милош Пешић рођен је 26.01.1982. године у Лесковцу. Основну школу "Синиша Јанић" завршио је у Власотинцу. Затим је уписао гимназију "Стеван Јаковљевић" у Власотинцу и завршио је као носилац дипломе Вук Караџић.

Школовање је наставио 2015. године. Завршио је Факултет политехничких наука Универзитета у Травнику, одсек машинство, смер Мотори и возила 2019. године са просечном оценом 9.86. Дипломски рад под називом "Алтернативна течна горива за погон дизел мотора" одбранио је са оценом 10.

Након завршених основних академских студија, уписао је Мастер академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, смер Војноиндустријско

инжењерство. Све испите предвиђене наставним планом положио је са просечном оценом 9.71. Мастер рад под називом "Решавање контактних проблема коришћењем софтверског пакета Simcenter Femap with Nastran" одбранио је са оценом 10.

Докторске студије је уписао октобра 2020. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, студијски програм Машинско инжењерство – Примењена механика. Током прве две године ДАС успешно је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом са просечном оценом 10.00. У склопу реализованих активности прикупљена је литература и реализовани су експерименти из области теме докторске дисертације, на основу којих су публиковани радови.

Досадашњи научно-истраживачки рад и интересовања кандидата су усмерена на област експерименталне механике, примењене механике и примене методе коначних елемената. Запослен је на Институту за информационе технологије Универзитета у Крагујевцу, као истраживач приправник од фебруара 2022. године.

Као истраживач-приправник ангажован је на организацији и реализацији аудиторних вежби на предмету: Механика 1 (БМ1200) на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Даљи рад биће фокусиран у области експерименталне механике.

Говори енглески језик.

Научно-истраживачки рад

Као аутор или коаутор кандидат је објавио 10 радова у научно–стручним часописима, као и на међународним и домаћим научно–стручним скуповима.

• Списак објављених радова:

M33 (Саопштење са међународног скупа штампано у целини)

1. **Miloš Pešić**, Marko Miljaković, Vladimir Kočović, Živana Jovanović Pešić, Nikola Jović, Jasmina Miljojković, Aleksandar Bodić, OPTIMIZATION AND EFFICIENCY ANALYSIS OF MUZZLE BRAKE FOR SNIPER RIFLE, 6th International Scientific Conference COMETA 2022 - "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications", East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2022, 17 – 17 November, pp. 518 – 526, ISBN 978-99976-947-6-8
2. Milan Bojović, **Miloš Pešić**, Nikola Jović, Aleksandar Bodić, Vladimir Milovanović, IMPROVED PROCEDURE FOR NUMERICAL ANALYSIS OF VEHICLE TRANSPORT PLATFORM, 6th International Scientific Conference COMETA 2022 - "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications", East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2022, 17 – 17 November, pp. 351 – 356, ISBN 978-99976-947-6-8
3. Nada Ratković, Živana Jovanović Pešić, Dušan Arsić, **Miloš Pešić**, Dragan Džunić, TOOL GEOMETRY EFFECT ON MATERIAL FLOW AND MIXTURE IN FSW, 6th International Scientific Conference COMETA 2022 - "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications", East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2022, 17 – 17 November, pp. 254 – 260, ISBN 978-99976-947-6-8
4. **Miloš Pešić**, Nikola Jović, Vladimir Milovanović, Mladen Pantić, Miroslav Živković, FE MESH DENSITY INFLUENCE ON BLAST LOADING ANALYSIS, 9th International Congress Motor Vehicles & Motors, Ecology – Vehicle and Road Safety – Efficiency, Kragujevac, Serbia, 2022, 13th – 14th October, ISBN 978-86-6335-096-0
5. Miroslav Živković, Nikola Jović, **Miloš Pešić**, Dragan Rakić, Nikola Milivojević, USING OF GAP ELEMENT FOR CONTRACTION JOINTS MODELING IN SEISMIC ANALYSIS OF CONCRETE ARCH DAMS, 8th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Kragujevac, Serbia, June 28-30, 2021, pp. 162-171, ISBN 978-86-909973-8-1
6. **Miloš Pešić**, Vladimir Milovanović, Lidija Jelić, Nikola Jović, A COMPARATIVE STUDY OF LINEAR CONTACT PROBLEMS IN SOFTWARE SIMCENTER FEMAP WITH NASTRAN, 5th International Scientific Conference COMETA 2020 - "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications", East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2020, 26 – 28 November, pp. 156 – 163, ISBN 978-99976-719-8-1

M34 (Саопштење са међународног скупа штампано у изводу)

1. **Miloš Pešić**, Aleksandra Mitrović, Vladimir Milovanović, EXPERIMENTAL ANALYSIS OF WELDED JOINTS OBTAINED BY FSW, International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies - CNN TECH 2020, Zlatibor, Serbia, 2020, 29 June – 02 July, pp. 19, ISBN 978-86-6060-042-6

M51 (Рад у врхунском часопису националног значаја)

1. **Miloš Pešić**, Nikola Jović, Vladimir Milovanović, Danilo Savić, Aleksa Aničić, Miroslav Živković, Slobodan Savić, FEM ANALYSIS OF ANTI-MINING PROTECTION OF ARMORED VEHICLES, Applied Engineering Letters, Vol.7, No.3/4, pp. 89-99, ISSN 2466-4847, doi.org/10.18485/aeletters.2022.7.3.1, 2022

2. **Miloš S. Pešić**, Aleksandra B. Živković, Aleksa D. Aničić, Lazar J. Blagojević, Petko M. Bonchev, Predrag R. Pantović, NUMERICAL ANALYSIS OF A FRONTAL IMPACT OF A 12.7 mm PROJECTILE ON AN ARMOR PLATE, Vojnotehnički glasnik, Vol.70, Issue 4, pp. 897-923, ISSN 0042-8469, doi.org/10.5937/vojtehg70-38412, 2022

M53 (Рад у националном часопису)

1. Jović, N., **Pešić, M.**, Savić, S., Numerička analiza interakcije između fluida i vagona cisterne u testu naletanja, Traktori i pogonske mašine, Vol.26, No.3/4, pp. 82-91, ISSN 0354-9496, 2021

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

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Владимир П. Миловановић, ванредни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Др Владимир П. Миловановић, ванредни професор је као аутор и коаутор објавио више од 80 научно-истраживачких радова у међународним и домаћим научним часописима, као и у зборницима међународних и домаћих научних скупова, од којих је 14 научних радова у часописима са СЦИ листе.

Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство:

1. **Vladimir Milovanović**, Dušan Arsić, Miroslav Milutinović, Miroslav Živković, Marko Topalović, A Comparison Study of Fatigue Behavior of 355J2+N, S690QL and X37CrMoV5-1 Steel, Metals, Vol.12, No.7, pp. 1199, ISSN 2075-4701, Doi <https://doi.org/10.3390/met12071199>, 2022 (**M21**)
2. Jelena Živković, Vladimir Dunić, **Vladimir Milovanović**, Ana Pavlović, Miroslav Živković, A Modified Phase-Field Damage Model for Metal Plasticity at Finite Strains: Numerical Development and Experimental Validation, Metals, Vol.11, No.1, pp. 47, ISSN 2075-4701, Doi <https://doi.org/10.3390/met11010047>, 2021 (**M21**)
3. Vladimir Dunić, Jelena Živković, **Vladimir Milovanović**, Ana Pavlović, Andreja Radovanović, Miroslav Živković, Two-Intervals Hardening Function in a Phase-Field Damage Model for the Simulation of Aluminum Alloy Ductile Behavior, Metals, Vol.11, No.11, pp. 1685, ISSN 2075-4701, Doi <https://doi.org/10.3390/met11111685>, 2021 (**M21**)
4. Nikola Vučetić, Gordana Jovičić, Branimir Krstić, Miroslav Živković, **Vladimir Milovanović**, Josip Kačmarčik, Ranko Antunović, Research of an aircraft engine cylinder assembly integrity assessment – Thermomechanical FEM analysis, Engineering Failure Analysis, Vol.111, No.-, pp. 104453, ISSN 1350-6307, Doi <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104453>, 2020 (**M21**)
5. Ljiljana BRZAKOVIC, **Vladimir MILOVANOVIC**, Vladimir KOCOVIC, Goran SIMUNOVIC, Djordje VUKELIC, Branko TADIC, Relation between Kinetic Friction Coefficient and Angular Acceleration during Motion Initiated by Dynamic Impact Force, Tehnički vjesnik - Technical Gazette, Vol.29, No.5, pp. 1622-1628, ISSN 1330-3651, Doi <https://doi.org/10.17559/TV-20220408155435>, 2022 (**M23**)

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

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Милош Пешић, мастер инжењер индустријског инжењерства, 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 материјалног модела за анализу динамичког понашања конструкција при великим брзинама деформације.

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:

РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МАТЕРИЈАЛНОГ МОДЕЛА ЗА УДАРНА ОПТЕРЕЂЕЊА И ЊЕГОВА ПРИМЕНА У ОБЛАСТИ ДИНАМИКЕ КОНСТРУКЦИЈА




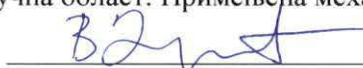

прихвати и одобри њену израду кандидату **Милошу Пешићу**, мастер инжењеру индустријског инжењерства.

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Владимир П. Миловановић, ванредни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу и Лондону,

јун 2023. год.

КОМИСИЈА

1. 
Др Владимир П. Миловановић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Експериментална механика, датум избора у звање: 12.07.2022. године – председник комисије, Ментор
2. 
Др Мирослав Живковић, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, уже научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство, датум избора у звање: 25.01.2007. - члан
3. 
Др Драган Ракић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Примењена механика, датум избора у звање: 09.09.2020. године – члан
4. 
Др Владимир Дунјић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Примењена механика, датум избора у звање: 14.07.2021. године – члан
5. 
Др Ненад Борђевић, ванредни професор (Senior Lecturer), Brunel University London UK, ужа научна област: Примењена механика, датум избора у звање: 01.02.2020. год. – члан