

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 20.10.2022. год. (број одлуке: 01-1/3648-10) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 16.11.2022. год. (број одлуке: IV-04-864/10) одређени смо за чланове Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације под називом:

**НУМЕРИЧКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА АНАЛИЗА ФАКТОРА КОЈИ УТИЧУ НА
ПРОБОЈНОСТ МУНИЦИЈЕ КОРИШЋЕЊЕМ ЏОНСОН-КУКОВОГ
МАТЕРИЈАЛНОГ МОДЕЛА**

у научној области Машинско инжењерство, ужа научна област Примењена механика кандидата **Предрага Пантовића**, 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 фактора који утичу на пробојност муниције.

Предмет ове дисертације представља анализа феномена пенетрације пројектила, као и експериментално-нумеричка анализа и утврђивање утицаја различитих фактора на његову пробојност.

Значај проучавања пенетрације огледа се у њеној примени која има два вида. Основно поље примене је војна техника, с обзиром да је пробијање један од важнијих механизма којим се баве конструкција пројектила, односно балистика на циљу. Разматрање процеса пробијања има фундаментални значај за оптимизацију пројектила пробојног дејства, као и за пројектовање панцирне заштите. Са друге стране, постоје и бројне цивилне примене процеса пробијања као што су заштита објеката (нпр. нуклеарних електрана), као и примене у аутоиндустрији, рударству и грађевинарству.

Циљ ове дисертације је експериментално-нумеричка анализа пробојности пројектила и утврђивање фактора који утичу на пробојност препреке коришћењем Џонсон-Куковог материјалног модела. Применом адекватних материјалних модела у нумеричким симулацијама, и коришћењем података о материјалима добијених експерименталним путем, добио би се ефикасан алат за прорачун и анализу феномена пенетрације, који је неопходан у фази развоја конструкције пројектила, а такође и развоја нових типова панцирних препрека.

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 анализе фактора који утичу на пенетрацију муниције.

Веа са досадашњим истраживањима

Увидом у објављене радове у научним часописима, досадашњи научно-истраживачки рад, као и досадашње радно искуство приликом рада у одбрамбеној индустрији на пословима развоја и конструкције муниције, може се закључити да се кандидат Предраг Пантовић бавио применом нумеричких и експерименталних метода у области балистике на циљу, што представља добру основу за реализацију ове докторске дисертације. Веома значајна за успешну реализацију планираних активности су и знања стечена кроз израду мастер рада са темом „Нумеричка симулација процеса пенетрације модела панцирног пројектила калибра 30 mm“.

Рад у оквиру ове дисертације омогућава кандидату да оствари континуитет у свом истраживачком раду, што поред стручног усавршавања кандидата има за циљ и могућност примене нових решења у инжењерској пракси. Планиране активности кандидата представљају наставак истраживања у областима у којима је кандидат радио до сад, области балистике на циљу, према листи наведених радова, као и радова других аутора, а ослањаће се на публиковане радове следећих аутора:

(Miloš Pešić, et al. P, 2022.¹) представља нумеричку симулацију процеса пенетрације пројектила калибра 12,7 mm коришћењем комерцијалног софтвера LS-DYNA. Упореджени су резултати и ефекти пенетрације пројектила и одређена гранична дебљина панцирне плоче за продор пројектила, као и потпуну балистичку заштиту.

(Emre Palta, et al. 2018.²) представља студију спроведену коришћењем нумеричких модела за испитивање балистичких перформанси монолитних челичних плоча, вишеслојних челичних плоча и хибридних плоча направљених од слојева челика и кевлара. У оквиру овог рада креирани су МКЕ модели припремљени за нелинеарну анализу од Weldox 700E и Kevlar 129/епоксидних плоча и валидирани на основу експерименталних података.

(M.A. Iqbal, et al. 2012.³) проучавају утицај облика пројектила и угла нагиба на границу балистичке пробојности, као и угао рикошета. Челична мета дебљине 12 mm изложена је удару панцирног пројектила калибра 20 mm при шест различитих нападних углова. Утврђено је да се балистичка граница повећава са повећањем угла нагиба мете и смањењем нападаног угла пројектила.

¹Miloš S. Pešić, Aleksandra B. Živković, Aleksa D. Aničić, Lazar J. Blagojević, Petko M. Bončev, Predrag R. Pantović: Numerical analysis of frontal impact of a projectile 12.7 mm on armor plate, Military Technical Courier, ISSN 0042-8469, Vol. 70, No. 4, 2022.

²Emre Palta, Matthew Gutowski, Hongbing Fang, “A numerical study of steel and hybrid armor plates under ballistic impacts”, International Journal of Solids and Structures, 136-137., pp. 279-294, 2018.

³M. A. Iqbal, A. Diwakara, A. Rajputa, N. K. Guptab, “Influence of projectile shape and incidence angle on the ballistic limit and failure mechanism of thick steel plates”, Theoretical and Applied Fracture Mechanics, Vol. 62, pp. 40-53, December 2012.

(Jun-Min Cheon et al. 2020.⁴) представљају утицај различитих услова удара на понашање пројектила. Публиковано истраживање је имало за циљ утврђивање структурних оштећења која су резултат удара пројектила велике брзине. Иако брзина пројектила и угао упада значајно утичу на понашање ударца, студије на ову тему су ограничене. Дакле, ова студија истражује утицај брзине пројектила и упадног угла на продор у челичну плочу. Утврђено је да брзина пројектила и упадни угао значајно утичу на угао, брзину и рад пројектила.

(X. Z. Kong et al. 2017.⁵) уводе хиперболички критеријум течења да би се описало пластично понашање бетонског материјала при продирању пројектила, а предложен је и проширени динамички модел експанзије шупљине. Затим је формулисана јединствена једнодимензионална отпорност бетонске мете на продирање пројектила, у којој су утицаји облика носа пројектила узети у обзир са три недимензионална коефицијента.

(S. Koubaa et al. 2017.⁶) представљају истраживање засновано на нумеричким прорачунима, како би се анализирао процес перфорације алуминијумске плоче када је подвргнута директном удару при малим брзинама (до 25 m/s) и средњим брзинама (између 25 и 50 m/s). Изведена је параметарска студија утицаја анизотропије, дебљине плоче и облика врха пенетратора на границу балистичког лимита. Нађена је добра сагласност између нумеричких и експерименталних резултата које су спровели други истраживачи.

Истраживање у оквиру теме докторске дисертације ослањаће се на истраживања представљена у следећој полазној литератури:

- [1] S. Choudhary, P. K. Singh, S. Khare, K. Kumar, P. Mahajan, R. K. Verma, "Ballistic impact behaviour of newly developed armour grade steel: An experimental and numerical study", *International Journal of Impact Engineering*, Vol. 140, June 2020.
- [2] QIN Yezhi, YAO Xiongliang, WANG Zhikai, WANG Ying, "Numerical simulation of projectile penetration into steel plate based on material point method", *Chinese journal of ship research*, Vol. 13, No. 3, June 2018.
- [3] Qi-Qing Liu, Shi-Ping Wang, Xin Lin, Pu Cui, Shuai Zhang, "Numerical simulation on the anti-penetration performance of polyurea-core Wieldox 460E steel sandwich plates", *Composite Structures*, Vol. 236, March 2020.
- [4] S. Gonçalves Nunes, R. Scazzosi, A. Manes, S. Campos Amico, W. Ferreira de Amorim Júnior, M. Giglio, "Influence of projectile and thickness on the ballistic behavior of aramid composites: Experimental and numerical study", *International Journal of Impact Engineering*, Vol. 132, October 2019.

⁴Jun-Min Cheon, Youngsik Choi, "Influence of Projectile Velocity on Penetration into a Steel Plate", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* volume 21, pages 137–144, 2020.

⁵X. Z. Kong, H. Wu, Q. Fang, Y. Peng, "Rigid and eroding projectile penetration into concrete targets based on an extended dynamic cavity expansion model", *International Journal of Impact Engineering* Volume 100, Pages 13–22, 2017.

- ⁶S. Koubaa, J. Mars, M. Wali, F. Dammak, "Numerical study of anisotropic behavior of Aluminum alloy subjected to dynamic perforation", *International Journal of Impact Engineering* Volume 101, Pages 105-114, March 2017.
- [5] T. Børvik, O. S. Hopperstad, T. Berstad, M. Langseth, "A computational model of viscoplasticity and ductile damage for impact and penetration", *European Journal of Mechanics - A/Solids*, Vol. 20, No.5, pp. 685-712, September-October 2001.
- [6] Wu Qiaoguo¹, Wen Heming, "Numerical Simulations on the Perforation of Metal Plates under Normal Impact by Conical-nosed Projectiles", 13th International Conference on Fracture, Beijing, China, June 16–21 2013.
- [7] Yan Liu, Aie Ma, Fenglei Huang, "Numerical simulations of oblique-angle penetration by deformable projectiles into concrete targets", *International Journal of Impact Engineering*, Volume 36, Issue 3, Pages 438-446, March 2009.
- [8] N.A. Nordendale, W.F. Heard, J.A. Sherburb, P.K. Basu, "A comparison of finite element analysis to smooth particle hydrodynamics for application to projectile impact on cementitious material", *Computational Particle Mechanics* 3, Pages 53-68, 2016.
- [9] Ming-ming Xu, Guang-yan Huang, Yong-xiang Dong, Shun-shan Feng, "An experimental investigation into the high velocity penetration resistance of CFRP and CFRP/aluminium laminates", *Composite Structures* Volume 188, Pages 450-460, March 2018.
- [10] K. Senthil, B. Arindam, R. Mittal, M. A. Iqbal, N. K. Gupta, "Numerical Investigations on the Impact of Hemi Spherically Tipped Projectiles on Thin Plates", *Procedia Engineering* 173, Pages 1926 – 1931, 2017.
- [11] Vishwas Mahesh, Sharnappa Joladarashi, Satyabodh M. Kulkarni, "Influence of thickness and projectile shape on penetration resistance of the compliant composite", *Defence Technology* 17, Pages 245-256, 2021.
- [12] P. Zochowski, M. Bajkowski, R. Grygoruk, M. Magier, W. Burian, D. Pyka, M. Bocian and K. Jamroziak, "Comparison of Numerical Simulation Techniques of Ballistic Ceramics under Projectile Impact Conditions", *Materials* 2022, 15, 2022.
- [13] Mamdoh E. Mohamed, Essam M. Eltehawy, Ismail M. Kamal, Ahmed A. Aggour, "Numerical Simulation of Projectile Penetration in Reinforced Concrete Panels", *AEROSPACE SCIENCES & AVIATION TECHNOLOGY*, ASAT- 13, May 26 – 28, 2009.
- [14] M.Omidvar, M. Iskander, S. Bless, "Soil–projectile interactions during low velocity penetration", *International Journal of Impact Engineering*, Volume 93, Pages 211-221, July 2016.

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 дисертације представља анализу феномена пенетрације пројектила, као и експериментално-нумеричка анализу и утврђивање утицаја различитих фактора на пробојност пројектила.

Циљ предложене дисертације је експериментално-нумеричка анализа пробојности пројектила и утврђивање фактора који утичу на пробојност препреке коришћењем Џонсон-Куковог материјалног модела. Као улазни подаци за нумеричке прорачуне биће коришћене карактеристике материјала добијене испитивањима на затезном Хопкинсоновом штапу, а резултати нумеричких прорачуна биће упоређивани и потврђени са резултатима експерименталних балистичких испитивања.

Приликом израде ове докторске дисертације полази се од основних хипотеза које су резултат анализе постојеће литературе, као и досадашњих теоријско-практичних истраживања аутора. Основне претпоставке од којих се полази:

- Процес пенетрације карактерише не само вредност деформације, већ вредност брзине деформације, па је из тог разлога потребно користити материјалне моделе који на адекватан начин описују овај процес,
- Највећи део кинетичке енергије пројектила приликом сусрета са препреком се претвара у користан рад,
- Изабрани материјални модели узимају у обзир велику вредност брзине деформације, коју је могуће остварити помоћу затезног Хопкинсоновог штапа,
- Изабрани материјали за израду епрувета поред повећане чврстоће, треба да имају и особину великог издужења због потребног услова великог деформационог рада при деловању ударног таласа,
- Простирање таласа у затезном Хопкинсоновом штапу се заснива на теорији једнодимензионалног простирања таласа.

Методe истраживања

Методe које ће се користити приликом истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

- Експерименталне и
- Нумеричке методe.

Експерименталне методe ће укључивати испитивање феномена пробојности (пенетрације) пројектила приликом сусрета са препреком, као и испитивање карактеристика материјала пројектила и препреке.

Испитивање феномена пробојности биће изведено балистичким тестовима који представљају процес заснован на стандардима који се примењују како би се утврдило да ли производ испуњава критеријуме заштите, безбедности и перформанси. Биће изведени различити видови експерименталних балистичких испитивања, као што су: утицај геометрије и брзине пројектила на циљу на његову пробојност, одређивање утицаја материјала пројектила и препреке на пробојност, а такође биће испитана пробојност

пројектила у критичним условима као што су препрека постављена под одређеним углом у односу на правац кретања пројектила, препрека израђена од разнородних материјала, препрека израђена у форми сендвич оклопа, итд.

За потребе одређивања динамичких карактеристика материјала користиће се затезни Хопкинсонов штап код кога ће се променом силе преднапрезања дефинисати различите брзине деформације. Добијени експериментални подаци биће коришћени као улазни параметри за дефинисање материјалног модела за нумеричку симулацију анализе судара пројектила и препреке применом методе коначних елемената. Одређивање динамичких карактеристика биће извршено за различите врста материјала: челик, месинг, алуминијум, и други, зависно од потреба истраживања.

У савременој инжењерској пракси ретки су случајеви да анализа одређеног проблема не захтева примену нумеричких метода. Нумеричке методе су приближне компјутерске методе за решавање математичких проблема за који често не постоје аналитичка решења. За потребе анализе феномена пробојности пројектила, услед веома кратког временског интервала трајања самог процеса, скоро да је немогуће користити само резултате експерименталних испитивања. Из тог разлога, нумеричке методе дају детаљнију слику процеса, која се може након тога анализирати и упоредити са резултатима експерименталних испитивања. Не треба умањити значај и предност нумеричких метода са економског становишта, јер се њиховом употребом у великој мери смањује укупан трошак испитивања. Употребом нумеричких метода се такође скраћује укупно време анализе, јер савремени софтвери имају могућност брзе израде и оптимизације модела, као и њихово прилагођавање услед појаве нових захтева испитивања.

Оквирни садржај докторске дисертације

План израде докторске дисертације је креиран на основу досадашњих теоријских и практичних искустава, као и анализе постојеће научне и стручне литературе.

1. Увод
2. Теоријске основе: фамилија панцирне муниције; теоријски осврт на проблематику пенетрације; нелинеарна динамичка анализа; теоријске поставке и дефинисање материјалних модела
3. Експериментална испитивања: испитивање материјалних карактеристика на Хопкинсоновом штапу; балистичка испитивања пробојности пројектила
4. Нумеричка анализа: дефинисање модела коришћењем методе коначних елемената; дефинисање почетних и граничних услова; анализа добијених резултата
5. Упоредна анализа резултата балистичких испитивања и нумеричких прорачуна
6. Закључна разматрања
7. Литература

Кратки опис поглавља

- **Увод** – У оквиру овог поглавља биће дефинисана проблематика изучавања процеса пенетрације, план и циљ докторске дисертације, а такође биће дат преглед литературе која се бави овом темом.
- **Теоријске основе: фамилија панцирне муниције; теоријски осврт на проблематику пенетрације; нелинеарна динамичка анализа; теоријске поставке и дефинисање материјалних модела** – У оквиру овог поглавља биће извршено анализирање постојећих литературних извора, описана фамилија панцирне муниције која је тема овог рада, а такође биће описан феномен пенетрације и његове карактеристичне појаве. У оквиру овог поглавља биће дефинисани материјални модели којима се описује процес балистичке пенетрације, односно удара/судара.
- **Експериментална испитивања: испитивање материјалних карактеристика на Хопкинсоновом штапу; балистичка испитивања пробојности пројектила** – У оквиру овог поглавља биће извршена експериментална испитивања и одређивање материјалних карактеристика на Хопкинсоновом штапу, које ће се користити за дефинисање материјалних модела, а за потребе нумеричких анализа. Такође ће бити изведена балистичка испитивања пробојности муниције са предефинисаним почетним условима, а све за потребе анализе и утврђивања утицаја различитих фактора на пробојност пројектила.
- **Нумеричка анализа: дефинисање модела коришћењем методе коначних елемената; дефинисање почетних и граничних услова; анализа добијених резултата** – Ово поглавље ће садржати дефинисање материјалног модела којим се описује процес пенетрације који се одликује високим вредностима деформације, а биће дефинисани и различити критични услови који утичу на крајњи ефекат пробојности. Такође у оквиру овог поглавља биће дефинисани почетни и гранични услови како би се на најбољи начин дефинисао модел за нумеричку анализу. Последњи део овог поглавља бавиће се анализом добијених резултата прорачуна.
- **Упоредна анализа резултата балистичких испитивања и нумеричких прорачуна** – У оквиру овог поглавља биће представљени резултати многобројних испитивања, експерименталних и нумеричких. Ово поглавље ће се бавити упоредном анализом добијених резултата како би се дошло до закључака да ли дефинисани материјални модели за нумеричке прорачуне имају потврду у пракси и да ли су и колико прецизни.
- **Закључна разматрања** – Ово поглавље ће садржати најважније закључке након изведених испитивања, прорачуна и анализа, који ће представљати научни допринос докторске дисертације.

- **Литература** – У оквиру овог поглавља биће наведени сви литературни извори који су коришћени приликом израде и писања 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 представљеног концепта, Комисија закључује да постоји потреба за детаљном анализом фактора који утичу на пробојност муниције, што ће омогућити ефикасно и поуздано дефинисање утицајних параметара пробојности, које ће допринети даљем развоју конструкције пројектила и препреке, као и балистике на циљу.

Докторска дисертација је усмерена на елементе у реалној индустријској примени, при чему ће примена нумеричких и експерименталних метода значајно утицати на смањење трошкова и времена при пројектовању пројектила и препреке, и анализи утицајних фактора.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације, са образложеним предметом и циљевима рада, научним доприносима и очекиваним резултатима, насталим 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 Предраг Пантовић ће у својој дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког 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 опреме, као и за селекцију и анализу литературних извора.

Циљеви истраживања су проистекли из запажене потребе за одређивањем фактора који утичу на пробојност муниције, са циљем будуће брже и квалитетније оптимизације конструкције пројектила и препреке.

Кандидат ће детаљно проверавати полазне хипотезе, теоријски – анализом обимне литературе и извора, и поређењем добијених резултата са експериментално добијеним вредностима.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

Кратка биографија кандидата

Предраг Пантовић је рођен 02.08.1992. год. у Сјеници, Република Србија. Основну школу „Милица Павловић“ у Чачку је завршио 2007. године са просечном оценом 5.00, као носилац дипломе „Вук Караџић“. Средње образовање је завршио 2011. године у Гимназији у Чачку, смер природно-математички, такође са просечном оценом 5.00 и као носилац дипломе „Вук Караџић“.

Основне академске студије на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу уписао је 2011. године, а завршио 2015. године, на смеру за војноиндустријско инжењерство, модул за пројектиле и упаљаче, са просечном оценом 10.00. Дипломски рад на тему „Анализа кретања и дејства на циљу модела панцирног пројектила 30 mm“ под менторством пуковника проф. др Дамира Јерковића одбранио је са највишом оценом. Након завршетка основних академских студија, 2015. године на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу уписао је мастер академске студије војноиндустријског инжењерства, које завршава 2016. године са просечном оценом 10.00. Мастер рад на тему „Нумеричка симулација процеса пенетрације модела панцирног пројектила калибра 30 mm“ под менторством проф. др Мирослава Живковића такође је одбранио са највишом оценом.

Током основних и мастер студија је четири године узастопно проглашаван најбољим студентом генерације, а све испите на факултету је положио из првог пута. Током основних и мастер студија био је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја за изузетно надарене ученике и студенте, затим Фонда за младе таленте „Доситеја“, као и стипендиста Универзитета у Крагујевцу за најбоље студенте завршних година.

Током студија био је учесник бројних пројеката на факултету као што је Студент формула, у студентској организацији био је председник ресора за науку задужен за припрему студената за такмичења у знању на машинијадама, а такође је био успешан учесник са одличјем са такмичења у Математици 2+3, као и капитен кошаркашке екипе факултета.

Докторске академске студије на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу уписује 2016. године на смеру за Примењену механику и све испите предвиђене планом и програмом студија полаже са просечном оценом 10.00.

Упоредо са докторским студијама, 2016. године започиње радни однос у фабрици наменске индустрије, Компанији Слобода А.Д. у Чачку, на позицији Конструктора авионске и против-авионске муниције, где је применио знања стечена на студијама, а такође и стекао ново, драгоцено искуство развоја, конструкције и производње муниције. Неке од истраживачких радова на студијама је радио у сарадњи војне индустрије и факултета. Током рада у Компанији Слобода А.Д. радио је на развоју различитих типова муниције, како за потребе иностраних купаца, тако и за потребе домаће војске. Био је члан делегације Министарства одбране Републике Србије у посети одбрамбеним снагама Републичке Грчке где су обављени стратешки разговори и приједи за потребе домаћег одбрамбеног система.

Након три године, крајем 2019. године започиње радни однос у фабрици шинских возила „Siemens mobility d.o.o.“ Собовица, на позицији Конструктор у развојном инжењеринг одељењу. На овој позицији је радио на развоју и подршци серијске производње унутрашњих система трамваја, брзих и метро возова.

Радни однос у интернационалној компанији аутомобилске индустрије „Brose d.o.o.“ Панчево започиње средином 2021. године на позицији Конструктора електричних клима компресора (енг. Electric climate / Scroll compressors), такође у развојном одељењу, где је позициониран на месту Конструктора нових концепата и техничких решења, а такође је задужен за прорачуне: нумеричке, термо-динамичке, балансирања ротора, итд.

У свом раду користи се великим бројем инжењерских програма као што су *CATIA*, *SolidWorks*, *PTC Creo*, *Autodesk Inventor*, *FEMAP*, *LS Dyna*, *Ansys* (основно знање), *SAP* и *Office 365*.

Научно-истраживачки рад

Као аутор или коаутор објавио је укупно 1 рад у научно-стручним часописима, као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима.

• Списак објављених радова

Рад у врхунском часопису националног значаја [M51]

1. Miloš S. Pešić, Aleksandra B. Živković, Aleksa D. Aničić, Lazar J. Blagojević, Petko M. Bončev, Predrag R. Pantović: Numerical analysis of frontal impact of a projectile 12.7 mm on armor plate, *Military Technical Courier*, ISSN 0042-8469, Vol. 70, No. 4, 2022. <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0042-8469/2022/0042-84692204897P.pdf>

• Страни језици

- енглески језик

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 70 научно-истраживачких радова у међународним и домаћим научним часописима, као и у зборницима међународних и домаћих научних скупова.

Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство:

- [1] 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, <https://doi.org/10.3390/met11111685>, 2021 **(M21)**
- [2] **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, <https://doi.org/10.3390/met12071199>, 2022 **(M21)**
- [3] 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, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104453>, 2020 **(M21)**
- [4] Nikola VUČETIĆ, Gordana JOVIČIĆ, Branimir KRSTIĆ, Miroslav ŽIVKOVIĆ, **Vladimir MILOVANOVIĆ**, Josip KAČMARČIK, Ranko ANTUNOVIĆ, Further investigation of the repetitive failure in an aircraft engine cylinder head - Mechanical properties of Aluminum alloy 242.0, *MECHANIKA*, Vol.26, No.4, pp. 285-292, ISSN 1392-1207, <https://doi.org/10.5755/j01.mech.26.4.24556>, 2020 **(M23)**
- [5] **Vladimir Milovanović**, Vladimir Dunić, Dragan Rakić, Miroslav Živković, Identification causes of cracking on the underframe of wagon for containers transportation - Fatigue strength assessment of wagon welded joints, *Engineering Failure Analysis*, Vol.31, No.-, pp. 118-131, ISSN 1350-6307, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.01.039>, 2013 **(M21)**

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

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Предраг Пантовић, 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 представљају оригинални научни приступ анализи фактора који утичу на пробојност муниције применом нумеричко-експерименталних метода.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да предложена тему докторске дисертације:

НУМЕРИЧКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА АНАЛИЗА ФАКТОРА КОЈИ УТИЧУ НА ПРОБОЈНОСТ МУНИЦИЈЕ КОРИШЋЕЊЕМ ЦОНСОН-КУКОВОГ МАТЕРИЈАЛНОГ МОДЕЛА

прихвати и одобри њену израду кандидату **Предрагу Пантовићу**, мастер инжењер индустријског инжењерства.

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

У Крагујевцу,
16.12.2022. 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. год. – 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. год. – члан

3. 

Пуковник др Дамир Јерковић, ванредни професор, Војна академија Универзитета одбране у Београду, ужа научна област: Системи наоружања, датум избора у звање: 24.05.2022. године – члан

4. 

Пуковник др Небојша Христов, доцент, Војна академија Универзитета одбране у Београду, ужа научна област: Системи наоружања, датум избора у звање: 24.05.2022. године – члан

5. 

Др Драган Ракић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Примењена механика, датум избора у звање: 09.09.2020. год. – члан