

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

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

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број IV-04-184/13 од 14.03.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Дишића, дипломираног машинског инжењера под насловом:

"Развој методологије и уређаја за динамичко испитивање материјала и заварених спојева са применом у нумеричким прорачунима конструкција при великим брзинама деформације"

На основу увида у приложени докторску дисертацију и Извештаја комисије за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације, која је одобрена за израду одлуком Факултета инжењерских наука у Крагујевцу бр. 01-1/3826-5 од 20.11.2014. године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

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

Докторска дисертација кандидата Александра Дишића, дипломираног машинског инжењера, под насловом **"Развој методологије и уређаја за динамичко испитивање материјала и заварених спојева са применом у нумеричким прорачунима конструкција при великим брзинама деформације"**, представља резултат мулти-дисциплинарног научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области која се односи на динамичко испитивање основног материјала и са завареним спојем за процену интегритета заварених конструкција изложених ударним динамичким оптерећењима применом експерименталних и нумеричких метода. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, ова дисертација представља јединствен научни рад.

Кандидат је извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата компетентних истраживача из области истраживања ове докторске дисертације. На основу спроведене анализе предности и недостатака до сада

коришћених приступа у овој области, метода и модела, кандидат је дефинисао предмет и циљ сопствених истраживања.

Суштински значај и допринос ове докторске дисертације базиран је на развоју методологије за динамичко испитивање материјала, што је подразумевало додатни напор у развоју специфичног уређаја за динамичко испитивање материјала при великим брзинама деформације, са посебним акцентом на примену у анализи противминске заштите оклопљених борбених возила.

За потребе одређивања материјалних карактеристика челика повишене јачине, који се користе за израду носеће конструкције оклопљених борбених возила, изведена су обимна експериментална истраживања изведена на узорцима од основног материјала и са завареним спојем. Добијени подаци представљају одговор на истраживачко питање о понашању материјала при ударним динамичким оптерећењима. Сложеност проблематике противминске заштите условљава употребу компликованијих материјалних модела, што укључује широк спектар експерименталних метода одређивања материјалних карактеристика. Одређиване су статичке и динамичке карактеристике материјала на собним и повишеним температурама и извршена је систематизација добијених резултата. Тако добијени резултати коришћени су за одређивање конкретних материјалних параметара изабраног материјалног модела, који уједно представља полазну основу за нумеричку процену интегритета основне конструкције и додатне заштите оклопљених борбених возила која су изложена деловању минскоексплозивних средстава, у складу са међународним војним стандардом из области противминске заштите.

Применом методе коначних елемената, као најопштије нумеричке методе, извршени су прорачуни и процене утицаја клиренса возила и облика плоча које чине додатну противминску заштиту за различите случајеве. Апроксимирани су реални услови полигонског испитивања носећих делова конструкције возила, где су за потребе прорачуна коришћени комерцијални програмски пакети који раде на бази коначних елемената.

Применом развијене методологије на конкретним примерима процене интегритета носеће конструкције оклопљеног борбеног возила, извршена је њена верификација, чија даља употреба у будућности може довести до знатне уштеде при испитивањима различитих прототипова возила или сличних конструкција.

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

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Александра Дишића, дипломираног машинског инжењера, под насловом "**Развој методологије и уређаја за динамичко испитивање материјала и заварених спојева са применом у нумеричким прорачунима конструкција при великим брзинама деформације**", представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и садржајно квалитетна и да даје конкретне научне резултате, посебно ако се има у виду да је извршен развој конкретног и оригиналног уређаја за испитивање динамичког понашања материјала при великим брзинама деформације. Кандидат је тему обрадио студиозно и детаљно, користећи при томе теоријске основе научних дисциплина

релевантних за ову проблематику. Критички је анализирао и вредновао бројне научне радове који се односе на проблематику разматрану у оквиру ове дисертације.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру докторске дисертације се огледају у следећим елементима:

- Развој јединственог уређаја на овим просторима, проистекао је на основу деценијског развоја динамичког испитивања материјала при великим брзинама деформације у научно истраживачким заједницама високо развијених друштава, уз имплементацију сопствених решења и побољшања. Анализирајући постојећа решења уређаја и доступну литературу која је непосредно повезана са разматраном облашћу ове дисертације, кандидат је уочио да постоји могућност пројектовања модуларне концепције уређаја и исту применио при изради. Спровођењем истовременог испитивања и истраживања на узорцима од основног материјала и на узорцима са завареним спојем, применом развијеног уређаја и стандардних метода испитивања метала, кандидат је развио и применио нову методологију која је базирана на обимном експерименталном испитивању и нумеричким прорачунима, а све са циљем да се на што тачнији начин изврши процена интегритета делова или целих заварених челичних конструкција која су изложена ударним динамичким оптерећењима.
- Кандидат је детаљно и студиозно, у складу са научним принципима, реализовао веома обимна експериментална испитивања на узорцима припремљеним од челика повишене јачине STRENGTH700, као најчешће коришћеног челика за израду одговорних носећих делова челичних конструкција, као што је то случај са оклопљеним борбеним возилима. Упоредо испитивање узорака од основног материјала и са завареним спојем, свакако представља велики искорак и допринос у практичној применљивости приказане методологије, с обзиром да овакав приступ до сада није било могуће пронаћи у доступној литератури.
- Стандардне методе испитивања метала су употребом оптичких мерних система, додатно унапређене у погледу одређивања стварне криве течења и деформације лома при испитивању разматраног челика повишене јачине на собним и повишеним температурама.
- Извршена је систематизација и анализа резултата добијених експерименталним испитивањима и на тај начин добијена основа за развој нумеричког дела методологије.
- Развијена методологија је примењена при процени интегритета заварене носеће конструкције оклопљеног борбеног возила. Верификацијом резултата развијене методологије, полигонским испитивањем у складу са међународним војним стандардом за испитивање противминске заштите, остварен је циљ докторске дисертације кандидата.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одговарајућој научној области

Александар Дишић је рођен 20. јула 1976. године у Крагујевцу, Република Србија. Основно образовање је завршио 1991. године у школи "Иво Лола Рибар" у Крагујевцу,

данас "Вук Караџић". Школовање је наставио у Другој техничкој школи, смер аутоматике, где је матурирао 1995. године.

Стручни назив дипломирани машински инжењер је стекао на Машинског факултета у Крагујевцу 2002. године, са просечном оценом 7.98 (седам и 98/100). Дипломски рад из предмета Пројектовање аутоматских система под насловом "*Синтеза и имплементација FUZZY контролера за управљање протоком ваздуха код СУС мотора*" на смеру за Примењену механику и аутоматско управљање, одбранио је са оценом 10 (десет). После дипломирања, 01.07.2003. године засновао је радни однос на неодређено време у Институту за аутомобиле, Застава Аутомобили Крагујевац, радећи на пословима инжењера испитивача у лабораторији за статичка и динамичка испитивања. Од 2008. до 2010. године радио је на пословима пројектанта конструкција, задужен за моделирање и нумеричке прорачуне. Докторске студије уписао је школске 2010/2011 године на Машинском факултету у Крагујевцу и положио је предвиђене испите са просечном оценом 10 (десет). На Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу је засновао радни однос 2011. године као истраживач-сарадник на одређено време у Лабораторији за инжењерски софтвер. Формирањем Центра за инжењерски софтвер и динамичка испитивања, прелази у исти са ангажовањем у области испитивања статичких и динамичких карактеристика материјала на сервохидрауличком пулзору и самостално развијеном уређају за динамичко испитивање при великим брзинама деформације.

Од заснивања радног односа је ангажован на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Активно је изводио или изводи аудиторне и лабораторијске вежбе на матичном факултету, из више предмета: Основи електротехнике, Основи конструисања, Експеримент у машинству, Механика саобраћајних незгода, Динамичке симулације и прорачуни возила. Тренутно је ангажован у реализацији научно истраживачког пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Кандидат је учествовао у реализацији три научноистраживачка пројекта:

1. Технолошки пројекат Министарства за науку и заштиту животне средине Републике Србије: *Истраживање и реконструкција возила Заставе у циљу задовољења прописа и захтева на тржишту*, TR-6301.B, 2005-2007. Руководилац пројекта др Милан Миловановић, научни саветник.
2. Технолошки пројекат Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије: *Истраживање безбедности возила као део кибернетског система: возач – возило -окружење*, TR35041, 2011-2012. Руководилац пројекта проф. др Мирослав Демић.
3. Технолошки пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: *Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема*, TR32036, 2012-. Руководилац пројекта проф. др Мирослав Живковић.

Израда докторске дисертације под називом "**Развој методологије и уређаја за динамичко испитивање материјала и заварених спојева са применом у нумеричким прорачунима конструкција при великим брзинама деформације**" му је одобрена 20.11.2014. године.

Као аутор или коаутор објавио је 29 научних радова (1 рад у међународном часопису изузетне вредности, 1 рад у врхунском међународном часопису, 2 рада у истакнутим међународним часописима, 1 рад у истакнутом националном часопису, 23 саопштења на међународним скуповима штампаних у целини, 1 рад са саопштења на скупу националног значаја штампаног у целини), учествовао је у реализацији 2 техничка решења, и то:

Рад у међународном часопису изузетне вредности [M_{21a}]:

1. A. Pavlović, C. Fraggasa, **A. Dišić**, *Comparative numerical and experimental study of projectile impact on reinforced concrete*, COMPOSITES PART B, PERGAMON (ELSEVIER), Vol.108, No. -, pp. 122-130, ISSN 1359-8368, 2017.

Рад у врхунском међународном часопису [M₂₁]:

2. M. Blagojević, N. Marjanović, Z. Đorđević, B. Stojanović, **A. Dišić**, *A New Design of a Two-Stage Cycloidal Speed Reducer*, Journal of Mechanical Design (ASME), ASME-AMER SOC MECHANICAL ENG, Vol. 133, No. 8, pp. 1-7, ISSN 1050-0472, DOI: 10.1115/1.4004540, 2011.

Рад у истакнутом међународном часопису [M₂₂]:

3. M. Blagojević, N. Marjanović, Z. Đorđević, B. Stojanović, V. Marjanović, R. Vujanac, **A. Dišić**, *Numerical and experimental analysis of the cycloid disc stress state*, Technical Gazette, Technical faculties of the Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vol. 21, No. 2, pp. 377-382, ISSN 1330-3651, 2014.
4. J. Tanasković, F. Franklin, **A. Dišić**, Ž. Mišković, *Numerical validation of the combined extrusion-splitting process of energy absorption through experimental study*, Experimental Techniques, The Society for Experimental Mechanics, Vol. 41, No. 4, pp. 421-431, ISSN 0732-8818, DOI: 10.1007/s40799-017-0185-2, 2017.

Рад у истакнутом националном часопису [M₅₂]:

5. V. Milovanović, M. Živković, **A. Dišić**, D. Rakić, J. Živković, *Experimental and Numerical Strength Analysis of Wagon for Transporting Bulk Material*, IMK-14 Istraživanje i razvoj, Vol. 20, No.2, pp. 61-66, ISSN 0345-6829, UDC 621, 2014.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини [M₃₃]:

6. **A. Dišić**, *Parallel analysis of mechanical behavior of motor space shield beam*, 5th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry", RaDMI 2005, pp. 1-5, CD ISBN-10 86-83803-20-1, Vrnjačka Banja, Serbia and Montenegro, 04.-07. September 2005.
7. **A. Dišić**, Z. Pantelić Milinković, *Stability analysis of semi-active suspension on 2d vehicle model using Lurige-Postnjikov method*, The 9th International Congress on Automotive, CAR 2005, Paper CAR20051008, pp. 1-10, CD ISBN 973-690-450-4. Pitesti, Romania, 02.-04. November 2005.
8. **A. Dišić**, *Modeling spot welding with cweld element*, 6th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry", RADMI 2006, pp. 1-6, CD ISBN-10 86-83803-21-X, Budva, Montenegro, 13.-17. September 2006.

9. Z. Pantelić Milinković, Z. Marković, **A. Dišić**, *Uticaj debljine slojeva sendvič-izolacije na prenošenje buke kroz pregradu*, XX Konferencija sa međunarodnim učešćem - Buka i Vibracije, pp. 1-5, COBISS.SR-ID 137832972, Zbornik radova, CD ID 20-35. Tara, Serbia, 11.-13. October 2006.
10. D. Obradović, S. Ristić, M. Stanojević, **A. Dišić**, *Assignment of working loadings and stress fields of wheel girder on MCpherson's vehicle suspension system*, XXI JUMV International Automotive Conference with Exhibition, pp. 1-6, ISBN-978-86-80941-31-8, Beograd, Serbia, 23.-25. April 2007.
11. D. Čukanović, M. Živković, S. Vulović, **A. Dišić**, *Static and fatigue strength assessment of a hob on the truck's left wheel*, International Congress Motor Vehicle & Motors, Paper MVM20080072, pp.1-12, ISBN 978-86-86663-39-9, Kragujevac, Serbia, 08.-10. October 2008.
12. M. Živković, **A. Dišić**, *Hopkinson bar as most usefully technique in material testing at high strain rate*, IConSSM 2011 - The 3rd International Congress of Serbian Society of Mechanics, Serbian Society of Mechanics, pp. 879-888, ISBN 978-86-909973-3-6, Vlasinsko jezero, Serbia, 05. - 08. Jul, 2011.
13. M. Blagojević, **A. Dišić**, M. Živković, R. Slavković, *Verification of Deformation Measurement Results Using Optical Measuring System TRITOP*, 29th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, The Danubia-Adria Society on Experimental Methods (DAS), pp. 290-293, ISBN 978-86-7083-762-1, Beograd, Serbia, 26. - 29. September, 2012.
14. **A. Dišić**, M. Živković, V. Milovanović, M. Blagojević, *Some Aspects in Design of Split Hopkinson Tension Bar*, 29th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, The Danubia-Adria Society on Experimental Methods (DAS), pp. 294-297, ISBN 978-86-7083-762-1, Beograd, Serbia, 26.-29. September 2012.
15. V. Milovanović, M. Živković, **A. Dišić**, D. Rakić, *Comparative results of wagon stresses obtained by measuring with strain gauges and stresses obtained by fem calculation*, 29th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, The Danubia-Adria Society on Experimental Methods (DAS), pp. 298-301, ISBN 978-86-7083-762-1, Beograd, Serbia, 26. - 29. September 2012.
16. M. Blagojević, **A. Dišić**, M. Živković, *Application of O3D Plug-In in Development of Educational Web Based Application for Interactive Exploration of 3D Digitized Data*, International Conference on Applied Internet and Information Technologies ICAIIT 2012, University of Novi Sad, Technical Faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Republic of Serbia, pp. 331-334, ISBN 978-86-7672-173-3, Zrenjanin, Serbia, 26.-26. October 2012.
17. V. Milovanović, G. Jovičić, M. Živković, D. Rakić, **A. Dišić**, *Analysis of Influence Choice Fatigue Criteria to Assess Integrity of Wagon Structure Parts*, PROCEEDINGS 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Serbian Society of Mechanics, pp. 509-515, ISBN 978-86-909973-5-0, Vrnjačka Banja, Serbia, 04.-07. Jun 2013.
18. **A. Dišić**, M. Živković, V. Milovanović, *Numerical Determination of Parameters of Johnson-Cook Material Model*, 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Serbian Society of Mechanics, pp. 491 - 496, ISBN 978-86-909973-5-0, Vrnjačka Banja, Serbia, 04.-07. Jun 2013.

19. M. Topalović, M. Ivanović, M. Živković, **A. Dišić**, *Comparison of FEM and SPH methods used for analysis of solid bodies*, 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Serbian Society of Mechanics, pp. 401-406, ISBN 978-86-909973-5-0, Vrnjačka Banja, Serbia, 04.-07. Jun 2013.
20. M. Topalović, V. Milovanović, M. Blagojević, **A. Dišić**, D. Rakić, M. Živković, *Freight Wagon Mass Reduction using Parametric Optimisation*, VIII Triennial International Conference „Heavy Machinery-HM 2014“, Faculty of Mechanical and Civil Engineering in Kraljevo, University of Kragujevac, pp. E.53-E.60, ISBN 978-86-82631-74-3, Zlatibor Serbia, 25.-28. Jun 2014.
21. R. Vujanac, **A. Dišić**, M. Đorđević, *Low Cost Automated System for Heavy Containers Handling*, XXI International Conference on „Material Handling, Constructions and Logistics“, Vienna University of Technology, pp. 189-192, ISBN 978-86-7083-863-5, Austria, 23.-25. September 2015.
22. V. Milovanović, N. Jovanović, J. Živković, **A. Dišić**, S. Vulović, M. Živković, *Thermo-mechanical Analysis of Tank Wagon for Transportation of Molten Sulfur*, 7th International Scientific and Expert Conference of the International TEAM Society, TEAM2015, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, pp. 485-488, ISBN 978-86-7083-877-2, Beograd, Serbia, 15.-16. October 2015.
23. M. Topalović, V. Milovanović, **A. Dišić**, A. Pavlović, M. Živković, *Numerical simulations for addressing flaws in the freight wagon design, achieving goal of increased exploitation functionality*, International Congress Motor Vehicles & Motors 2016 Vehicle as a key factor in transportation, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, pp. 241-246, ISBN 978-86-6335-037-3, Kragujevac, Serbia, 06.-08. October 2016.
24. V. Milovanović, **A. Dišić**, G. Jovičić, M. Živković, *Experimental determination of Tensile Strain-Hardening Exponent and Strength Coefficient of the S355J2+N steel grade*, TEAM 2016 8th International Scientific and Expert Conference, International TEAM Society and Slovak University of Technology, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, pp. 218-223, ISBN 978-80-8096-237-1, Trnava, Slovakia, 19.-21. October 2016.
25. V. Milovanović, M. Živković, G. Jovičić, **A. Dišić**, M. Milutinović, *Experimental and numerical strength analysis of wagon for containers transportation*, 3rd International Scientific Conference COMETA 2016, University of east Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering, pp. 17-22, ISBN 978-99976-623-7-8, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 07.-09. December 2016.
26. V. Milovanović, **A. Dišić**, N. Jovanović, G. Jovičić, M. Živković, *Experimental study of deformation behaviour and fatigue life of S355J2+N steel grade under cyclic loading*, The 6th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Serbian Society of Mechanics, Belgrade, pp. Paper code S2e 1 - Paper code S2e 8, ISBN 978-86-909973-6-7, Mountain Tara, Serbia, 19.-21. Jun 2017.
27. V. Slavković, N. Grujović, **A. Dišić**, A. Radovanović, *Influence of annealing and printing directions on mechanical properties of PLA shape memory polymer produced by fused deposition modeling*, The 6th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Serbian Society of Mechanics, Belgrade, pp. Paper code S2e 1 - Paper code S2e 8, ISBN 978-86-909973-6-7, Mountain Tara, Serbia, 19.-21. Jun 2017.

28. R. Vujanca, S. Vulović, N. Miloradović, A. **Dišić**, *Analytical, Experimental and Numerical Study of Semi-rigid Beam-to-Column Connections in the Steel Structure of Pallet Racks*, The Ninth International Triennial Conference Heavy Machinery HM 2017 Proceedings, Faculty of Mechanical and Civil Engineering, Kraljevo, pp. 65-70, ISBN 978-86-82631-89-7, Zlatibor, Serbia, 28. Jun - 01. Jul 2017.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини [M63]:

29. A. **Dišić**, *Identification of gasoline motor and design of conventional regulation low*, XI konferencija YUINFO 2005, pp. 1-5, ISBN 86-85525-00-4, Kopaonik, Serbia, 07.-11. mart 2005.

Ново лабораторијско постројење, ново експериментално постројење, нови технолошки поступак [M83]:

30. М. Живковић, А. **Дишић**, Р. Славковић, М. Равлић, Р. Вујанац, Д. Ракић, М. Благојевић, В. Миловановић, *Уређај за испитивање материјала при великим брзинама деформације - Затезни Хопкинсонов штап*, TR-70/2012, Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Србија, 2012.

<http://www.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2016/04/TEHNICKA-RESENJA-2011-2015-10-april.xls>

Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми [M85]:

31. М. Живковић, М. Благојевић, А. **Дишић**, Р. Славковић, *Софтвер за одређивање деформација на основу фотограметријских мерења - CMM2Deformation*, TR-72/2012, Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Србија, 2012.

<http://www.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2016/04/TEHNICKA-RESENJA-2011-2015-10-april.xls>

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

Докторска дисертација кандидата Александра Дишића, дипломираног машинског инжењера под насловом "**Развој методологије и уређаја за динамичко испитивање материјала и заварених спојева са применом у нумеричким прорачунима конструкција при великим брзинама деформације**", одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 246 стране. Дисертација садржи 195 графичких илустрација, 29 табела, 161 библиографских јединица и један прилог. Излагање је сврстано у 10 поглавља, којима претходе садржај, резиме рада на српском и енглеском језику, списак слика, списак табела. Наслови поглавља су:

1. Увод
2. Уређај за динамичко испитивање при великим брзинама деформације
3. Основе простирања таласа експлозије
4. Челик повишене јачине

5. Стандардне експерименталне методе испитивања
6. Пластичност растегљивих метала
7. Експериментална испитивања
8. Примена у МКЕ анализама – противминска заштита
9. Закључна разматрања
10. Прилог А

У поглављу 1 (Увод) су представљена уводна разматрања о значају познавања карактеристика материјала при великим брзинама деформације, као и о основним експерименталним техникама и условима испитивања при различитим брзинама деформације. Представљен је систематизован преглед литературе према врсти проблема који се разматра у погледу испитивања материјала и експерименталног одређивања параметара материјалног модела.

Поглавље 2 (Уређај за динамичко испитивање при великим брзинама деформације) садржи историјски преглед развоја уређаја за испитивање материјала при великим брзинама деформације. Овим прегледом су обухваћене сва битна решења у погледу испитивања на затезање или притисак, почев од основног решења које се појавило почетком XIX века, па све до данашњег дана. Детаљно је објашњена основна теорија простирања таласа кроз штап, као и теоријска основа која је употребљена при пројектовању конкретне затезне варијанте Хопкинсоновог штапа. Извршена је нумеричка верификација идејног решења, чиме је иста потврђена.

Поглавље 3 (Основе простирања таласа експлозије) садржи основне поставке у вези представљања деловања експлозивне материје, као и ударног таласа експлозије. Представљене су фазе простирања таласа, као и разлика рефлектованог таласа када се центар експлозије налази изнад тла или на површини. Изнете су основне поставке теорије скалирања експлозије, као и значај употребе TNT еквивалента

Поглавље 4 (Челик повишене јачине) се односи на представљање челика повишене јачине STRENGTH700 који је разматран у оквиру дисертације. У оквиру овог поглавља је приказан његов хемијски састав и основне механичке карактеристике. Представљене су и опште напомене у погледу технологије заваривања овог челика у погледу предгревања и интерпас температуре, уноса топлоте, додатног материјала, заштитног гаса, накнадне термичке обраде, мера за спречавање деформисања делова, контроле заварених спојева.

Поглавље 5 (Стандардне експерименталне методе испитивања) садржи основе стандардних метода испитивања материјала које се односе на растегљиве метале. Посебан осврт је посвећен разлици између инжењерске и стварне криве течења добијених током испитивања затезањем, као и настанку врата (некинга) на епрувети од тренутка достизања затезне чврстоће материјала до лома. Обухваћене су методологије испитивања затезањем, испитивања тврдоће и испитивања ударне жилавости. Испитивање затезањем при повишеним температурама је такође обухваћено у овом поглављу, са наведеним специфичностима у односу на испитивање затезањем при собној температури.

Поглавље 6 (Пластичност растегљивих метала) обухвата основе класичне теорије пластичности, са тежиштем на дефинисању еласто-пластичног конститутивног модела изотропног материјала. Обухваћена су два основна услова течења: Tresca и von Mises. Оштећење материјала у погледу настанка и даљег раста микро-прелина услед трајних пластичних деформација, је такође представљено у овом поглављу. На основу хипотезе еквивалентности деформације, дефинисан је параметар оштећења. Johnson-Cook-ов материјални модел је представљен у овом поглављу, у свом основном и

модификованом облику, а за који се експериментално одређују параметри ојачања и оштећења, при различитим температурама и брзинама деформације.

Поглавље 7 (Експериментална испитивања) садржи резултате приказаних експерименталних метода за одређивање параметара Johnson-Cook-ов материјалног модела који узима у обзир променљиву брзину деформације. Обухвата иницијална испитивања која укључују одређивање основних механичких карактеристика материјала и испитивања тврдоће и ударне жилавости. Ова група испитивања је потврдила декларисане карактеристике челика повишене јачине, чиме су се стекли услови за наставак испитивања у оквиру наменских испитивања. Овим испитивањима су се одредиле конкретне вредности параметара материјалног модела који се односе на течење материјала, утицај брзине деформације и променљиве температуре. Истовремено је извршено испитивање на узорцима од основног материјала и са завареним спојем. Верификација сваке подгрупе испитивање је обављена нумеричким прорачуном самог процеса испитивања узорака материјала. Реализована су испитивања на сервохидрауличној кидалици и јединственом уређају за испитивање при већим брзинама деформације који је развијен за потребе ове дисертације и будућа истраживања.

Поглавље 8 (Примена у МКЕ анализама – противминска заштита) је садржајно употпуњено практичном применом приказане методологије са конкретно одређеним параметрима материјалног модела. Приказана је анализа утицаја клиренса возила и облика додатне заштите на деформационо понашање дела носеће конструкције оклопљеног борбеног возила. Значај одређивања материјалних параметара модела којим се представља заварени спој је јасно уочљив код сложенијих конфигурација облика додатне заштите чија технолошка израда укључује спајање поступком заваривања.

Поглавље 9 (Закључна разматрања) садржи изведена закључна разматрања научног истраживања спроведеног у дисертацији. Такође, дефинисани су могући правци даљих истраживања. Ово поглавље, такође, садржи преглед библиографских јединица коришћених као основа за истраживање у оквиру ове дисертације.

Поглавље 10 (Прилог А) приказује детаљнији преглед резултата нумеричких прорачуна анализе облика плоча противминске заштите

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Александар Дишић, дипломирани машински инжењер, је у оквиру дисертације извршио систематизацију постојећих знања и искустава у области статичког и динамичког испитивања материјала на собној и повишеној температури. У оквиру рада на дисертацији кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу.

Најважнији научни резултати ове дисертације су:

- Развијена је методологија за динамично испитивање материјала и заварених спојева при великим брзинама деформације која укључује употребу јединственог уређаја за испитивање материјала.
- На бази теоријских разматрања и нумеричких прорачуна развијено је јединствено решење затезне варијанте Хопкинсоновог штапа за испитивање материјала при великим брзинама деформације, које се по конструкцији разликује у односу на друга постојећа решења. Конкретним испитивањем челика повишене јачине STREX700, извршена је практична потврда

претходних теоријских разматрања, што је на основу добијених резултата и дијаграма доказано.

- Изведен је обиман програм испитивања. Експериментално су одређене статичке и динамичке карактеристике основног материјала и са завареним спојем, при собној и повишеним температурама уз употребу одговарајућих екстензометара.
- Одређивање стварне криве течења је укључило употребу оптичких мерних уређаја који су обављали снимање деформационог стања епрувета током процеса испитивања на затезање при собној температури. Стварна деформација лома је одређивана, такође, помоћу оптичког мерног уређаја након реконструкције, спајањем раздвојених делова епрувета преко преломних површина.
- Извршена је систематизација добијених резултата који су коришћени као полазна основа за нумеричке прорачуне анализе утицаја облика додатне противминске заштите оклопљених борбених возила. Анализа утицаја клиренса возила и облика додатне заштите, уз примену одређеним материјалних параметара, указала је на правце и значај развоја противминске заштите оклопљених борбених возила.
- Установљена методологија се може применити и на друге метале који су изложени истом или сличном ударном динамичком оптерећењу.

6. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Александра Дишића, дипломираног машинског инжењера, под насловом **"Развој методологије и уређаја за динамичко испитивање материјала и заварених спојева са применом у нумеричким прорачунима конструкција при великим брзинама деформације"**, применљиви су и корисни, како у теоријском, тако и у практичном смислу. Развијена методологија даје низ значајних резултата који представљају нова сазнања у области испитивања метала и њиховој примени у нумеричким прорачунима код процене интегритета заварених конструкција које су изложене ударним динамичким оптерећењима.

Значај одређених параметара материјалног модела који се односе на основни материјал и на заварене спојеве се огледа у упоредном приказу нумеричких и експерименталних резултата полигонских испитивања према међународном војном стандарду о испитивањима противминске заштите. Овим је потврђена значајна индустријска примена развијене методологије.

Даља употреба развијене методологије у будућности би могла остварити позитиван утицај у области наменске и ауто индустрије.

7. Начин презентирања резултата научној јавности

Део научних резултата који су произашли у оквиру разматране тематике ове докторске дисертације је презентован објављивањем научних радова у међународним научним часописима, као и на међународним и националним научним скуповима.

Практични аспекти реализованог научно-истраживачког рада представљени су домаћој научној и стручној јавности једним делом кроз реализацију пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије под називом "Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема" – ТР32036.

Комисија сматра да истраживања и још необјављени резултати ове докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље објављивање у међународним и водећим националним часописима и скуповима, који се односе на област испитивања материјала и анализе процене интегритета заварених конструкција изложених ударним динамичким оптерећењима.

На основу свега изложеног комисија доноси следећи:

ЗАКЉУЧАК

Докторка дисертација кандидата Александра Дишића, дипломираног машинског инжењера у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, одлуком бр. 01-01/3826-5 од 20.11.2014. године од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

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

У току израде докторске дисертације, кандидат Александар Дишић је дошао до оригиналних научних истраживања, приказаних у дисертацији. Развијен је јединствени уређај за динамичко испитивање материјала при великим брзинама деформације уз примену сопствених решења. Обимним експерименталним истраживањима кандидат је дошао до оригиналних научних резултата, које је даље искористио за процену интегритета носеће конструкције оклопљеног борбеног возила када је у питању противминска заштита.

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

Докторска дисертација је резултат самосталног рада, а добијени резултати представљају веома значајан допринос знањима везаним за динамичко испитивање материјала при великим брзинама деформације.

На основу свега изнетог, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Александра Дишића, дипломираног машинског инжењера**, једногласно је закључила да докторска дисертација са насловом:

"Развој методологије и уређаја за динамичко испитивање материјала и заварених спојева са применом у нумеричким прорачунима конструкција при великим брзинама деформације"

по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности испуњава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Стога Комисија за задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, да овај Извештај у потпуности прихвати и закаже јавну усмену одбрану наведене дисертације.

Чланови комисије:



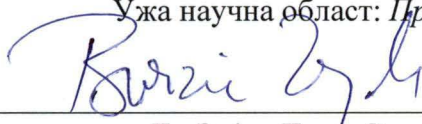
Др Радован Славковић, редовни професор, председник Комисије,
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Уже научне области: *Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство.*



Др Гордана Јовичић, редовни професор,
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Уже научна област: *Примењена механика.*



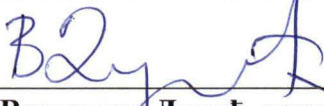
Др Зијах Бурзић, научни саветник,
Војно-технички институт, Београд.

Уже научне области: *Интегритет и век конструкција, Механика лома, Инжењерство материјала, Испитивање материјала.*



Др Александар Кари, доцент,
Војна академија Универзитета одбране у Београду.

Уже научна област: *Механика наоружања.*



Др Владимир Дунић, доцент,
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Уже научна област: *Примењена механика.*

У Крагујевцу и Београду,
10.04.2018. године.