

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ПРИМЉЕНО			
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
	Р-10/2014		
01-1/	3268		

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Предмет: Извештај Комисије за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације кандидата Александра Дишића.

Одлуком Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број **IV-04-505/8** од **10.09.2014.** именовани смо за чланове Комисије за оцену испуњености услова за пријаву докторске дисертације **Александра Дишића**, дипломираног машинског инжењера, као и оцену теме докторске дисертације 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 приложену документацију и личног познавања кандидата, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

а) Лични подаци

Рођен је 20. јула 1976. године у Крагујевцу, Република Србија. У браку са Тијаном има двоје деце, ћерку Милицу и сина Арсенија. Основно образовање је стекао у Основној школи "Иво Лола Рибар" у Крагујевцу, данас "Вук Караџић". Школовање је наставио у Другој техничкој школи, коју је завршио 1995. године. Исте године је уписао Машински факултет у Крагујевцу, на коме је дипломирао 2002. године са просечном оценом 7,98 (седам 98/100). Дипломски рад 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). Докторске студије уписао је 2010. године на Машинском факултету у Крагујевцу. Положио је све испите на докторским студијама са просечном оценом 10 (десет).

б) Научно-истраживачки рад

Научно-истраживачка активност кандидата припада областима примењене механике и испитивања материјала, а уско је везана за нумеричку методу као што је Метода коначних елемената (МКЕ) и динамичко испитивање материјала при великим брзинама деформације. Кандидат је објавио 16 научних и стручних радова у домаћим и међународним часописима, као и на међународним скуповима. Учествовао је у реализацији два техничка решења. Ангажован је у реализацији више пројеката Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Кандидат поседује практично искуство у раду са домаћом и страном привредом у областима војног и аутомобилског инжењерства.

б.1) Објављени радови

Рад у истакнутом међународном часопису [M21]

1. M. Blagojević, N. Marjanović, Z. Đorđević, B. Stojanović and A. Dišić: *A New Design of a Two-Stage Cycloidal Speed Reducer*, Journal of Mechanical Design, August 2011, Vol. 133, No. 8, ISSN 1050-0472, pp. 085001-1 – 085001-7.

Рад у истакнутом међународном часопису [M23]

1. M. Blagojević, N. Marjanović, Z. Đorđević, B. Stojanović, V. Marjanović, R. Vujanac and **A. Dišić**: *Numerical and experimental analysis of the cycloid disc stress state*, Tehnički vjesnik 21, 2 (2014), ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), pp. 377-382.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини [M33]

1. **A. Dišić**: *Identification of gasoline motor and desing of conventional regulation low*, YUINFO 2005, Kopaonik, Proceedings, ISBN 86-85525-00-4.
2. **A. Dišić**: *Parallel analysis of mechanical behavior of motor space shield beam*, 5th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry", Vrnjačka Banja, RaDMI 2005, Proceedings, ISBN 86-83803-20-1.
3. **A. Dišić** and Z. Pantelić Milinković: *Stability analysis of semi-active suspension on 2d vehicle model using lurige-postnjikov method*, The International Congress on Automotive, Pitesti, Romania, CAR 2005, Proceedings, ISBN 973-690-450-4.
4. **A. Dišić**: *Modeling spot welding with cweld element*, 6th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry", Budva, RADMI 2006, Proceedings, ISBN 86-83803-21-X.
5. Z. Pantelić Milinković, Z. Marković and **A. Dišić**: *Uticaj debljine slojeva sendvič-izolacije na prenošenje buke kroz pregradu*, XX Konferencija sa međunarodnim učešćem, Buka i Vibracije, Tara 2006, COBISS.SR-ID 137832972, Zbornik radova, ID 20-35.
6. D. Obradović, S. Ristić, M. Stanojević and **A. Dišić**: *Assignment of working loadings and stress flds of wheel girder on MCpherson's vehicle suspension sistem*, XXI JUMV International Automotive Conference with Exhibition, Beograd, 2007, Proceedings, ISBN-978-86-80941-31-8.
7. D. Čukanović, M. Živković, S. Vulović and **A. Dišić**: *Static and fatigue strength assessment of a hob on the truck's left wheel*, International Congress Motor Vehicle & Motors, Kragujevac, Serbia, Oktober 2008, Proceedings, ISBN 978-86-86663-39-9, MVM20080072.
8. M. Živković and **A. Dišić**: *Hopkinson bar as most usefully technique in material testing at high strain rate*, Third Serbian (28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vlasina Lake, Serbia, 5-8 July 2011, C-64, Proceedings, ISBN 978-86-909973-3-6, COBISS.SR-ID 184663052, pp. 866-875.
9. M. Blagojević, **A. Dišić** and 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 2012, Zrenjanin, Proceedings, ISBN 978-86-7672-173-3, pp. 331-334.
10. V. Milovanović, M. Živković, **A. Dišić** and 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, Belgrade, 26-29 September 2012., Proceedings, ISBN 978-86-7083-762-1, pp. 298-301.
11. M. Blagojević, **A. Dišić**, M. Živković and R. Slavković: *Verification of deformation measurements results using optical measuring system TRITOP*, 29th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Belgrade, 26-29 September 2012., Proceedings, ISBN 978-86-7083-762-1, pp. 290-293.
12. **A. Dišić**, M. Živković, V. Milovanović and M. Blagojević: *Some aspects in design of Split Hopkinson tension bar*, 29th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Belgrade, September 26-29 2012, Proceedings, ISBN 978-86-7083-762-1, pp. 294-297.
13. **A. Dišić**, M. Živković and V. Milovanović: *Numerical Determination of Parameters of Johnson-Cook Material Model*, 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Vrnjačka Banja, Serbia, 2013, 4-7 June, Proceedings, ISBN 978-86-909973-5-0, pp. 491-496.
14. V. Milovanović, G. Jovičić, M. Živković, D. Rakić and **A. Dišić**: *Analysis of Influence Choice Fatigue Failure Criteria to Assess Integrity of Wagon Structure Parts*, 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Vrnjačka Banja, Serbia, 2013, 4-7 June, Proceedings, ISBN 978-86-909973-5-0, pp. 509-515.

Техничка и развојна решења [M83]

1. М. Živković, А. Dišić, R. Slavković, M. Ravlić, R. Vujanac, D. Rakić, M. Blagojević and V. Milovanović: *Uređaj za ispitivanje materijala pri velikim brzinama deformacije - zatezni Hopkinsonov štап*, TR-70/2012, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2012.

Техничка и развојна решења [M85]

1. М. Živković, M. Blagojević, А. Dišić and R. Slavković: *Softver za određivanje deformacija na osnovu fotogrametrijskih merenja - CMM2 Deformation*, TR-72/2012, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2012.

6.2) Учесће на научноистраживачким пројектима

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.В, 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 Демич.
3. Технолошки пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: *Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема*, TR32036, 2012-2014. Руководилац пројекта проф. др Мирослав Живковић.

6.3) Рад са привредом

1. Дизајн и конструкција војног возила за "BIN JABR GROUP", Abu Dhabi, UAE.
2. Развој борбеног возила МРАП ЛАЗАР, "Yugoimport SDPR", Србија.
3. Развој самоходних оклопљених топова НОРА (155 mm) и СОКО (122 mm), "Yugoimport SDPR", Србија.
4. Развој самоходног лансирног система раката АЛАС, "Yugoimport SDPR", Србија.
5. Динамички прорачун натрчавања 4-осовинског вагона типа *Falns*, "Ђура Ђаковић" Славонски Брод, Хрватска, 2012.
6. Динамички прорачун натрчавања оптимизованог 4-осовинског вагона типа *Falns*, "Ђура Ђаковић" Славонски Брод, Хрватска, 2012.
7. Динамички прорачун натрчавања 4-осовинског вагона типа *Falns 58м³*, "Ђура Ђаковић" Славонски Брод, Хрватска, 2013.
8. Динамички прорачун натрчавања 4-осовинског вагона типа *Eass-z(K)*, "ГОША Фабрика шинских возила", Смедеревска Паланка, Србија, 2014.

2. ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

2.1 Наслов докторске дисертације

Комисија је сагласна са предложеним насловом докторске дисертације

РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ И УРЕЂАЈА ЗА ДИНАМИЧКО ИСПИТИВАЊЕ МАТЕРИЈАЛА И ЗАВАРЕНИХ СПОЈЕВА СА ПРИМЕНОМ У НУМЕРИЧКИМ ПРОРАЧУНИМА КОНСТРУКЦИЈА ПРИ ВЕЛИКИМ БРЗИНАМА ДЕФОРМАЦИЈЕ

2.2 Предмет дисертације

У анализама конструкција, које су изложене динамичким оптерећењима, битно је добро познавање и разумевање утицаја динамичких карактеристика материјала при различитим брзинама деформације, као и механизма деформисања комплетне конструкције. Познато је да се већина материјала понаша различито при различитим брзинама деформације и променама температуре. Због тога је познавање понашања материјала при екстремним динамичким оптерећењима значајно у процесу дизајна конструкције или њених компоненти. Последњих година дошло је до искорака у истраживањима из области динамике која се бави импулсним оптерећењима са израженим великим брзинама деформације. Судар аутомобила, удар птице у моторску турбину или труп авиона, обрада метала резањем и обрада метала деформисањем, само су неки од примера у којима се јавља импулсно оптерећење. Ипак, две најдоминантније области су војна и ауто индустрија. Ове индустрије у својим гранама као што су: балистика, наоружање, противминска заштита, ваздухопловство, односно судари возила и удари у непокретну баријеру или у друге учеснике у саобраћају сусрећу се са оваквим оптерећењем. Судар два возила се сматра изразито динамичким процесом у коме долази до великих деформација при чему ударни талас не утиче само на деформацију носеће конструкције, већ и на безбедност путника. Извођење експеримената у наведеним областима је доста компликовано и финансијски захтевно на реалним моделима. Због ове чињенице, нумеричке симулације представљају оправдан поступак у анализама динамичког понашања конструкција при великим брзинама деформације.

Правилно дефинисање конститутивних модела који на најбољи начин описују поједини материјал или групу материјала, представља основни проблем у нумеричким анализама. Одређивање конкретних параметара изабраног материјалног модела могуће је једино експерименталним путем помоћу специјалних уређаја за испитивање материјала при великим брзинама деформације. Један од таквих уређаја је Хопкинсонов штап помоћу кога је, на основу простирања таласа унутар материјала, могуће одређивање карактеристика материјала у опсегу брзине деформације од 10^2 до 10^4 s⁻¹.

У оквиру ове дисертације предвиђен је развој методологије и уређаја за динамичко испитивање карактеристика материјала при великим брзинама деформације, при чему се као основни конструкциони материјал по природи конструкција у војној и ауто-индустрији намеће челик. Дисертацијом ће бити обухваћени савремени челици повишене јачине који се користе у наведеним индустријама, као и комбиновани заварени спојеви челика повишене јачине са стандардним конструкционим челицима. Карактеристике материјала, које узимају у обзир брзину деформације, одређиваће се на уређају за испитивање материјала при великим брзинама деформације. За ове потребе предвиђен је развој и реализација новог уређаја који ће представљати затезну варијанту Хопкинсоновог штапа. Стандардна квазистатичка испитивања материјала изводиће се на сервохидрауличкој кидалици SHIMADZU уз коришћење коморе за загревање епрувета. Применом развијене методологије одредиће се карактеристике материјала при великим брзинама деформације и тиме обезбедити неопходни параметри за материјалне моделе. Нумеричке симулације у којима ће се користити одговарајући материјални модели са експериментално одређеним параметрима представљаће ефикасан алат за прорачун конструкција изложених великим брзинама деформација, а што је неопходно за поуздано и брзо дизајнирање конструкције. Будућа примена и употреба тако развијене методологије довешће до знатне уштеде у трошковима пројектовања, производње и испитивања челичних конструкција.

Због комплексности проблема којим се дисертација бави, неопходно је развити довољно напредну методологију за динамичко испитивање карактеристика материјала заварених спојева при великим брзинама деформације. Неопходан је даљи развој теоријских, експерименталних и нумеричких процедура за решавање проблема простирања таласа и динамичког испитивања материјала заварених

спојева, како би се проширила досадашња знања у наведеним областима. Развијена методологија за нумеричку процену интегритета заварених конструкција, које су изложене динамичком ударном оптерећењу, представљава важан корак ка систематском приступу пројектовања оптималних заварених челичних конструкција. Развијена методологија и њена примена у нумеричким прорачунима даће велики допринос у пројектовању, испитивању и производњи заварених конструкција у областима војне и ауто-индустрије.

2.3 Основне полазне хипотезе

Решавање проблема одређивања динамичких карактеристика материјала при различитим брзинама деформација и примена на сложеним конструкцијама, захтева увођење следећих хипотеза:

- Простирање таласа у Хопкинсоновом штапу се заснива на теорији једнодимензионалног простирања таласа, код кога је једна димензија знатно већа у односу на друге две;
- Квазистатичко испитивање материјала се заснива на стандардном испитивању на сервохидрауличној кидалици
- Одређивање криве течења материјала који се испитује се заснива на снимању генерисаног, рефлексованог и предатог таласа кроз улазни и излазни штап Хопкинсоновог штапа;
- Затезање епрувете, тј. материјала који се испитује, се остварује све време рефлексовања таласа унутар епрувете до тренутка прекида епрувете, при чему су улазни и излазни штапови увек у области еластичности (без трајних деформација);
- Брзина деформације се одређује на основу силе преднапрезања улазног штапа Хопкинсоновог штапа у области еластичности;
- Изабрани материјални модели узимају у обзир брзину деформације од 10^2 до 10^4 s^{-1} , коју је могуће остварити помоћу Хопкинсоновог штапа;
- Изабрани материјали за израду штапова поред повећане јачине, треба да имају и особину великог издужења због потребног услова деформационог рада при деловању ударног таласа на епрувету.

2.4 Подобност кандидата

На основу досадашњег истраживања и објављених радова у међународним и домаћим часописима, и на међународним и домаћим научно-стручним конференцијама, испуњени су сви предуслови за израду докторске дисертације.

2.5 Преглед стања у подручју истраживања

Истраживања у области динамике конструкција при ударном оптерећењу су знатно напредовала последњих година. Порастом потенцијала рачунарске технике, пројектантима се пружају могућности да са великом поузданошћу изврше процену интегритета заварених конструкција које су изложене оваквом оптерећењу. Због недостатака података у литератури, као и због тешке доступности уређаја за испитивање понашања основног материјала и заварених спојева при великим брзинама деформације, пројектантима се не пружа могућност да у фази пројектовања имају јасну слику понашања изабраног материјала конструкција које су изложене динамичким оптерећењима. Због ових чињеница, оптимизација је једино могућа после првих моделских испитивања на направљеном функционалном моделу или прототипу. Поред недостатка потребних материјалних карактеристика, следећи проблем се односи на избор правог материјалног модела који би се користио за нумерички прорачун конструкције у зависности од брзине деформације и експериментално одређених параметара.

Друга група проблема се односи на оптимално пројектовање конструкција у војној и ауто индустрији, где се као циљ поставља максимално могуће смањење последица удара преко пројектовања одређених компоненти. Те компоненте преко својих материјалних и геометријских карактеристика треба да омогуће да се велика количина ударне енергије искористи на њихов деформациони рад. На тај начин могуће је смањити утицај ударног импулса на кориснике војних средстава или путнике.

Већина објављених радова у научној литератури се бави одређивањем карактеристика материјала при великим брзинама деформације, углавном на притисним варијантама Хопкинсоновог штапа, без значајних поређења материјалних модела и њихове примене на сложенијим завареним конструкцијама. Преглед карактеристика заварених спојева челика повишене јачине и њихова комбинација са стандардним конструкционим челицима при великим брзинама деформације, практично не постоји у литератури. Ово представља велики недостатак у решавању реалних инжењерских проблема. За практичну примену потребно је експериментално одредити карактеристике основног материјала и заварених спојева за изабране материјалне моделе. Експериментално одређени параметри и правилно изабрани материјални модели представљају добру полазну основу за нумеричке прорачуне, где се на основу тумачења резултата прорачуна може са довољном тачношћу проценити интегритет и понашање конструкције при ударним оптерећењима.

Полазна литература

1. A. V. Idesman and S. P. Mates: *Accurate finite element simulation and experimental study of elastic wave propagation in a long cylinder under impact loading*, International Journal of Impact Engineering 71, 2014.
2. S. L. Lemanski, N. Petrinic and G. N. Nurick: *Experimental Characterisation of Aluminium 6082 at Varying Temperature and Strain Rate*, Strain, Vol.49, pp.147-157, 2013.
3. J. O. Hallquist: *LS-DYNA theory manual*, Livermore Software Technology Corporation, 2013.
4. J. O. Hallquist et al.: *LS-DYNA keyword user's manual*, Livermore Software Technology Corporation, 2013.
5. R. Gerlach, C. Kettenbeil and N. Petrinic: *A new split Hopkinson tensile bar desing*, International Journal of Impact Engineering 50, 63-67, 2012.
6. M. Bolduc and R. Arsenault: *Development of strain-gage installation method for high-speed impact of strikers on a Split Hopkinson bar apparatuses*, EPJ Web of Conferences 26, 2012.
7. T. Borvik, O. S. Hopperstad and M. Langseth: *Modeling of light-weight protection*, Structural Impact Laboratory (SIMLab), Norwegian University of Science and Techology, Trondheim, Norway, 2011.
8. R. Gerlach, S. K. Sathianathan, C. Siviour and N. Petrinic: *A novel method for pulse shaping of split Hopkinson tensile bar signals*, Int J Impact Eng, 2011.
9. M. Živković and A. Dišić: *Hopkinson bar as most usefully technique in material testing at high strain rate*, Third Serbian (28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vlasina Lake, Serbia, 5-8 July 2011
10. R. M. Brach: *Vehicle Accident Analysis and Reconstrucion Methods*, Second Edition, SAE International, Warrendale, Pennsylvania, USA, 2011.
11. Y. Chen, A. H. Clausen, O. S. Hopperstad and M. Langseth: *Application of a split-Hopkinson tension bar in a mutual assessment of experimental tests and numerical predictions*, International Journal of Impact Engineering, Vol.38, pp.824-836, 2011.
12. C. E. Needham: *Blast Waves*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
13. A. Shukla, G. Ravichandran and Yapa D. S. Rajapakse: *Dynamic Failure of Materials and Structures*, Springer Science, 2010.
14. Vishay Precision Group Document 11064 Technical Note TN-514: *Shunt Calibration of Strain Gage Instrumentation*, <http://www.vishaypg.com/docs/11064/tn514tn5.pdf>, 2010.
15. T. P. Slavik: *A Coupling of Empirical Explosive Blast Loads to ALE Air Domains in LS-Dyna*, 2009.
16. <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA2024T3> European standard EN 10002-1:2001, "Metallic materials – Tensile testing - Part 1: Method of testing at room temperature", March 2009.
17. C. R. Siviour: *A measurement of wave propagation in the split Hopkinson pressure bar*, Measurement Science and Technology, 2009.

18. M. Buyuk, M. Loikkanen and C. Kan: *Explicite finite element analysis of 2024-T3/T351 aluminum material under impact loading for airplane engine containment and fragment shielding*, Report DOT/FAA/AR-08/36, September 2008.
19. S. J. Hiermaier: *Structures under crash and impact*, Springer Science, 2008.
20. H. Gronig, Z. Horie and K. Takayama: *Shock Wave Science and Technology Reference Library*, Vol 2, Springer Berlin Heidelberg, 2007.
21. L. Schwer: *Optional Strain-Rate Forms for the Johnson Cook Constitutive Model and the Role of the Parameter Epsilon_0*, 6th European LS-DYNA Users Conference, Gothenburg, Sweden, May 2007
22. M. J. Mullin and B. J. O'Toole: *Simulation of energy absorbing materials in blast loaded structures*, 8th International LS-DYNA Users Conference, 2004.
23. A. H. Clausen and T. Auestad: *Split Hopkinson Tension Bar: Experimental Set-up and Theoretical Considerations*, Department of structural engineering, Norwegian University of Science and Technology, 2002.
24. T. Børvik, O. S. Hopperstad, T. Berstad and M. Langseth: *A computational model of viscoplasticity and ductile damage for impact and penetration*, European Journal of Mechanics/ Solids, 20(5):685–712, 2001.
25. G. T. Gray III: *High strain rate of Materials: The Split Hopkinson Pressure Bar*, in Methods in Materials Research, eds., John Wiley Press, 2000.
26. D. Lesuer: *Experimental investigation of material models for Ti-6Al-4V and 2024-T3*, FAA Report DOT/FAA/AR-00/25, September 2000.
27. D. Lesuer: *Experimental investigation of material models for Ti-6Al-4V and 2024-T3*, FAA Report DOT/FAA/AR-00/25, September 2000.
28. W. R. Rule and S. E. Jones: *A revised form for the Johnson-Cook strength model*, International Journal of Impact Engineering, Vol. 21, No. 8, 1998, pp. 609-624.
29. D. J. Allen, W. K. Rule and S. E. Jones: *Optimaing Material Strength Constants Numerically Extracted from Taylor Impact Data*, Experimental Mechanics, Volume 37, Number 3, September, 1997.
30. A. M. Meyers: *Dynamic Behavior of Materials*, New York: Wiely-Interscience, 1994.
31. J. E. Field, S. M. Walley, N. K. Bourne and J. M. Huntley: *Experimental methods at high rates of strain*, Journal de Physique IV, Colloque C8 supplement au Journal de Physique III, Vol. 4, 1994, C8 3-22.
32. G. T. Gray III, S. R. Chen, W. Wright and M. F. Lopez: *Constitutive equations for an-nealed metals under compression at high strain rates and high temperatures*, LA-12669-MS, 1994.
33. B. D. Goldthorpe: *Constitutive equations for annealed and explosively shocked iron for application to high strain rates and large strains*, Journal de Physique IV, Colloque C3, suppl. au Journal de Physique III, Vol. 1, 1991, pp. C3-829 - C3-835.
34. T. J. Holmquist and G. R. Johnson: *Determination of constants and comparison of results for various constitutive models*, Journal de Physique IV, Colloque C3, suppl. au Journal de Physique III, Vol. 1, 1991, pp. C3-853 - C3-860
35. J. A. Zukas: *High Velocity Impact Dynamics*, New York: Wiely-Interscience, 1990.
36. T. Z. Blazynski: *Materials at High Strain Rates*, New York: Elsevier Applied Science, 1987.
37. P. S. Follansbee: *High-strain-rate deformation of FCC metals and alloys, in Metallurgical Applications of Shock-Wave and High-Strain-Rate Phenomena*, Murr, L. E., Staudhammer, K. P. and M. A. Meyers, Editions Marcel Dekker Inc., New York, pp. 451-479, 1986.
38. G. R. Johnson, J. M. Hoegfeldt, U. S. Lindholm and A. Nagy: *Response of various metals to large torsional strains over a large range of strain rates – Part1: Ductile metals*, ASME J. Eng. Mater. Tech., Vol. 105, 1983. pp. 42-47.

39. G. R. Johnson and W. H. Cook: *A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures*, Proceedings of the seventh international sym n balli Hague, The Ne s, 1983, pp. 41-547.
40. J. A. Zukas: *Impact Dynamics*, New York: Wiely-Interscience, 1982.
41. W. E. Baker: *Explosion in air*, 1973.
42. H. Reizes: *The Mechanics of Vehicle Collisions*, Charles C Thomas Publisher, 1973.
43. B. Adams: *Simulation of ballistic impacts on armored civil vehicles*, Department of Mechanical Engineering of Eindhoven University of Technology, PhD thesis, MT 06.03.

2.6 Значај и циљ истраживања из аспекта актуелности у одређеној научној области

Познато је да динамичко понашање многих материјала зависи од брзине деформације, односно да се исти материјал различито понаша при различитим брзинама деформације. Због ове чињенице су неопходне специфичне методе за прикупљање података о материјалним карактеристикама. Хопкинсонов штап представља најраспрострањенију методу која се користи у ту сврху. Ова метода се базира на теорији једнодимензионалног простирања таласа и управо она ће послужити у овој дисертацији за даља тумачења у процесу одређивања најважнијих карактеристика материјала при великим брзинама деформација.

Досадашња испитивања простирања таласа су углавном извођена на стандардним облицима епрувета од материјала чије се карактеристике одређују. Такође, та испитивања су извођена без значајнијих варијација облика епрувете и анализе њиховог утицаја на облик таласа који се простире кроз епрувету. Поред облика епрувета, у литератури су недоступни подаци који се односе на понашање заварених спојева при великим брзинама деформације и епрувета које би се користиле у том случају. Због чињенице да су заварене конструкције незаобилазне у војној и ауто-индустрији, отуда потиче велики интерес ка утврђивању параметара материјалних модела код заварених спојева, а затим и њиховог утицаја на сложене конструкције. Заварени спојеви изазивају промену геометрије, због чега долази и до рефлектовања таласа унутар самог шавва споја. Усред рефлектовања таласа долази до додатног оптерећења конструкције, односно оних компоненти које су одређене као главни носиоци деформационог рада за смањење утицаја удара. Код простијих конструкција, пут простирања таласа је могуће одредити на бази искуства и тако одредити које су компоненте главни носиоци деформационог рада. У случају сложенијих конструкција, немогуће је предвидети пут простирања таласа и његов утицај на поље деформације. Једино оправдано средство у том случају, имајући у виду финансијска и временска ограничења, постаје нумеричко симулирање. После анализе добијених резултата могуће је извршити оцену успешности пројектованог решења конструкције.

Како би се за потребе процене деформационог капацитета одређених компоненти конструкција развила поуздана методологија, неопходно је експериментално одредити довољан број података о материјалима и завареним спојевима. На основу тих података би се формирала база података, која би представљала основу за нумеричке прорачуне. Коришћењем развијене методологије би се дошло до знатне уштеде при процесу пројектовања и испитивања конструкција изложених ударном оптерећењу.

2.7 Веза са досадашњим истраживањима

У току свог истраживачког рада, кандидат се бавио истраживањима у областима у којој је предложена тема дисертације, што се види из радова које је објављивао и у сарадњи са привредом. Током истраживања на докторским студијама, кандидат је објавио неколико радова који су блиско повезани са применом нумеричких метода и експерименталних техника. У свом досадашњем раду са привредом, кандидат је стекао значајно практично искуство у планирању и вођењу експеримената.

2.8 Методе истраживања

За одређивање динамичких карактеристика материјала и заварених спојева при великим брзинама деформације потребно је извести експериментална истраживања помоћу затезног Хопкинсоновог штапа, код кога ће се променом силе преднапрезања дефинисати различите брзине деформација. За одговарајуће материјалне моделе извршиће се и испитивања на стандардној сервохидрауличној

кидалици. Овим експериментима одредиће се параметри изабраних материјалних модела за челике повишене јачине, метала шава и зоне утицаја топлоте. Код испитивања на кидалици користиће се стандардне епрувете, док ће се код испитивања на Хопкинсоновом штапу, поред уобичајених епрувета, користити и њихове варијације с циљем истраживања њиховог утицаја на добијене резултате. Сви добијени резултати биће приказани дијаграмски у зависности од времена, коришћењем система аквизиције на кидалици и развијеног ултрабрзог снимања деформације код Хопкинсоновог штапа. Тако добијени резултати користиће се као улазни параметри одговарајућих материјалних модела који ће се користити у нумеричкој анализи конструкције и компоненти за амортизацију удара при великим брзинама деформација.

Метода коначних елемената (МКЕ), као најраспрострањенија нумеричка метода, данас се примењује у готово свим научним дисциплинама, а посебно у инжењерским областима, машинству, грађевини, биомедицини, електротехници итд. У поређењу са другим методама МКЕ је имала највећи утицај на развој техничких дисциплина у двадесетом веку. Индустрија за развој софтвера на основама МКЕ и свакодневна примена комерцијалних МКЕ програмских пакета (LS-DYNA, ANSYS, ABAQUS, NASTRAN и др.) у свим гранама индустрије, као и интензивна научна истраживања у МКЕ, потврђују њену доминантност и широку област примене. Примена МКЕ методе у прорачуну и процени сложених конструкција омогућава проверу сваке компоненте из аспекта потрошеног деформационог рада за различите нивое ударног оптерећења и различите граничне услове. На тај начин је могуће симулирати реалне услове оптерећења конструкција у експлоатацији, а самим тим и убрзати процес пројектовања.

На основу експериментално добијених података о материјалима и завареним спојевима при великим брзинама деформације на Хопкинсоновом штапу и стандардној сервохидрауличној кидалици, уз примену МКЕ, могуће је једноставно и брзо извршити оцену о капацитетима изабраних материјала код конструкција које су изложене ударном оптерећењу уз оптимизацију компоненти за амортизацију удара.

2.9 Очекивани резултати докторске дисертације

Применом претходно описаних метода очекују се следећи кључни резултати:

- Одређивање механичких карактеристика изабраних челика повишене јачине помоћу стандардне методе на сервохидрауличној кидалици (основни материјал и заварени спојеви);
- Одређивање утицаја брзине деформације на карактеристике изабраних материјала повишене јачине и анализа добијених резултата у складу са постојећим материјалним моделима и евентуални предлог избора новог материјалног модела;
- Одређивање параметара изабраних материјалних модела за различите вредности брзине деформације помоћу уређаја (Хопкинсонов штап) за испитивање материјала при великим брзинама деформације (основни материјал и заварени спојеви);
- Одређивање утицаја облика епрувета код испитивања при великим брзинама деформације на Хопкинсоновом штапу (основни материјал и заварени спојеви);
- Развој методологије динамичког испитивања материјала и заварених спојева при великим брзинама деформације и
- Процена капацитета деформационог рада изабраних компоненти за амортизацију удара у складу са добијеним експерименталним карактеристикама материјала и изабраним материјалним моделом код сложених конструкција које су присутне у војној и ауто-индустрији.

2.10 Оквирни садржај дисертације

1. Увод
2. Опис проблема
3. Основи простирања таласа
4. Челици повишене јачине и њихово спајање поступцима заваривања топљењем

5. Експерименталне и нумеричке методе
6. Материјални модели са утицајем брзине деформације
7. Примена развијене методологије - МКЕ прорачун сложених конструкција
8. Оптимизација материјалних модела
9. Закључна разматрања
10. Литература
11. Прилози

2.11 Ментор

Ментор рада је др Мирослав Живковић, редовни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу. Проф. др Мирослав Живковић испуњава све услове да будр ментор што укључује и потребан број радова на СЦИ листи:

1. V. Milovanović, V. Dunić, D. Rakić and **M. 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, 2013 [M21]
2. G. Jovičić, **M. Živković**, N. Jovičić, D. Milovanović and A. Sedmak: *Improvement of algorithm for numerical crack modeling*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. 10, No. 3, pp. 19-35, ISSN: 1644-9665, 2010 [M22]
3. G. Jovičić, V. Grabulov, S. Maksimović, **M. Živković**, N. Jovičić, G. Bošković and K. Maksimović: *Residual Life Estimation of a Thermal Power Plant Component – The High-Pressure Turbine Housing Case*, Thermal Science, Vol. 13, No.4, pp. 99-106, ISSN 0354-9836, 2009 [M23]
4. G. Jovičić, **M. Živković** and N. Jovičić: *Numerical Simulation of Crack Modeling using Extended Finite Element Method*, Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering, Vol. 55, No.9, pp. 549-554, ISSN 0039-2480, 2009 [M23]
5. V. Lazić, A. Sedmak, **M. Živković**, S. Aleksandrović, R. Čukić, R. Jovičić and I. Ivanović: *Theoretical-Experimental Determining of Cooling Time (t8/5) in Hard Facing of Steels for Forging Dies*, Thermal Science, Vol. 14, No.1, pp. 235-246, ISSN 0354-9836, 2010 [M23]
6. V. Mandić, D. Adamović, Z. Jurković, M. Stefanović, **M. Živković**, S. Randelović and T. Marinković: *Numerical FE Modelling of the Ironing Process of Aluminium Alloy and its Experimental Verification*, Transactions of FAMENA, Vol. 34, No.4, pp. 59-69, ISSN 1333-1124, 2010 [M23]
7. **M. Živković**, A. Nikolić, R. Slavković and F. Živić: *Nonlinear Transient Heat Conduction Analysis of Insulation Wall of Tank for Transportation of Liquid Aluminum*, Thermal Science, Vol. 14, No.Suppl., pp. S299-S312, ISSN 0354-9836, 2010 [M23]
8. **M. Živković**, S. Vulović and R. Vujanac: *Assessment of the Drum Remaining Lifetime in Thermal Power Plant*, Thermal Science, Vol. 14, No.Suppl., pp. S313-S321, ISSN 0354-9836, 2010, [M23]
9. Ž. Stepanović, **M. Živković**, S. Vulović, L. Acimović, B. Ristić, A. Matic and Z. Grujović: *High, open wedge tibial osteotomy: Finite element analysis of five internal fixation modalities*, Vojnosanitetski pregled, Vol. 68, No.10, pp. 867-871, ISSN 0042-8450, 2011 [M23]
10. N. Grujović, D. Divac, **M. Živković**, R. Slavković, N. Milivojević, V. Milivojević and D. Rakić: *An inelastic stress integration algorithm for a rock mass containing sets of discontinuities*, Acta Geotechnica, Vol. 8, No.3, pp. 265-278, ISSN 1861-1125, 2013 [M21]

11. R. Nikolić, M. Radovanović, M. Živković, A. Nikolić, D. Rakić and M. Blagojević: *Modeling of thermoelectric module operation in inhomogeneous transient temperature field using finite element method*, Thermal Science, Vol. 18, No.Suppl. 1, pp. S239-S250, ISSN 0354-9836, 2014, [M22]

2.12 Научна област дисертације

Докторска дисертација се налази у следећим ужим научним областима: Примењена механика, Испитивање материјала.

2.13 Научна област чланова комисије

Проф. др Мирослав Живковић, редовни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу. Научне области: *Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство.*

Проф. др Радован Славковић, редовни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу. Научне области: *Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство.*

Проф. др Вукић Лазић, редовни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу. Научне области: *Производно машинство, Индустијски инжењеринг.*

Проф. др Александра Јанковић, редовни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу. Научне области: *Моторна возила, Друмски саобраћај, Примењена механика.*

Проф. др Александар Седмак, редовни професор Машинског факултета у Београду, Научне области: *Материјали, Заваривање, Интегритет конструкција, Механика лома, Рачунска механика лома, Испитивање материјала.*

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу свега наведеног у тачкама 1 и 2 овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК

Александар Дишић, дипломирани машински инжењер, испунио је све услове за одобрење израде докторске дисертације, предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

На основу предложених полазних хипотеза, предмета и научних циљева тезе, метода истраживања и очекиваних теоријских и примењивих резултата истраживања Комисија сматра да је тема под насловом:

РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ И УРЕЂАЈА ЗА ДИНАМИЧКО ИСПИТИВАЊЕ МАТЕРИЈАЛА И ЗАВАРЕНИХ СПОЈЕВА СА ПРИМЕНОМ У НУМЕРИЧКИМ ПРОРАЧУНИМА КОНСТРУКЦИЈА ПРИ ВЕЛИКИМ БРЗИНАМА ДЕФОРМАЦИЈЕ

веома актуелна и садржајно квалитетна и да може дати конкретне научне резултате.

ПРЕДЛОГ МЕНТОРА

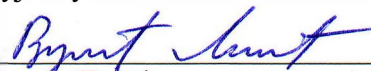
Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Мирослав Живковић, редовни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

У Крагујевцу,
02.10.2014.

КОМИСИЈА:



Др Радован Славковић, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Универзитет у
Крагујевцу



Др Вуковић Лазић, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Универзитет у
Крагујевцу



Др Александра Јанковић, редовни професор,
Факултет инжењерских наука, Универзитет у
Крагујевцу



Др Александар Седмак, редовни професор,
Машински факултет, Универзитет у Београду



Др Мирослав Живковић, редовни професор,
ментор, Факултет инжењерских наука,
Универзитет у Крагујевцу