

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Образац 1.

1236/5  
(Број захтева)

Већу научних области техничких наука  
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно  
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)

02.10.2015.  
(Датум)

**ЗАХТЕВ**  
**за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације**

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације  
**НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА ИНТЕРАКЦИЈЕ ФЛУИДА И ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ**  
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Ваздухопловство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ЗОРАН (Јеврем) МАРКОВИЋ

2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет у Београду

3. Година дипломирања: 1994.

4. Назив магистарске тезе кандидата: Примена методе коначних елемената у анализи појаве губитка стабилности цилиндричних љуски

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: Машински факултет у Београду

6. Година одбране магистарске тезе: 2005.

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: \_\_\_\_\_

Одсек, смер или група: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Година уписа докторских студија: \_\_\_\_\_

Обавештавамо Вас да је \_\_\_\_\_ Наставно-научно веће Факултета  
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 24.09.2015  
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -  
Број: 1236/4  
Датум: 24.09.2015. године  
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева **мр Зорана Марковића**, дипл. маш. инж., 1236/1 од 23.06.2015. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: проф. др Слободан Ступар, ментор, проф. др Александар Симоновић, проф. др Златко Петровић, проф. др Мирко Динуловић, проф. др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет Београд, број 1236/3 од 11.10.2015. године, а на основу члана 128. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 32. Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању („Службени гласник РС“ број 44/2010) и члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године), Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 24.09.2015. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује се да кандидат мр **ЗОРАН МАРКОВИЋ**, дипл. маш. инж. испуњава услове за израду докторске дисертације **«НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА ИНТЕРАКЦИЈЕ ФЛУИДА И ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ»**.

За ментора студенту Зорану Марковићу, именује се проф. др **Слободан Ступар**.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Милорад Милованчевић

**ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА**

**Предмет:** Подобност теме и кандидата **мр Зорана Марковића** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 1236/2 од 25.06.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **мр Зорана Марковића**, дипл. инж. маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Нумеричка анализа интеракције флуида и танкозидне структуре затворене контуре“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. Подаци о кандидату**

1.1. Биографски подаци

Кандидат је рођен у Ваљеву 6. јула 1968. год. где је завршио Ваљевску гимназију школске 1985/86 са одличним успехом. Дипломирао је на Машинском факултету Универзитета у Београду 10 новембра 1994. на Катедри за ваздухопловство са просечном оценом 8,0 и оценом 10 при одбрани дипломског рада са темом "Пројектовање носне ноге стајног трапа авиона УТВА 75 са освртом на постојеће светске стандарде", под менторством проф. др. Илије Кривошића. Кандидат је завршио магистарске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду, где је 1 јула 2005. на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду, одбранио магистарску тезу "Примена методе коначних елемената у анализи појаве губитка стабилности цилиндричних љуски" под менторством проф. др. Илије Кривошића.

У периоду децембар 2000. ÷ децембар 2006. кандидат је био запослен у Лабораторији за термотехнику и енергетику Института "ВИНЧА", где је 2. децембра 2005. године одлуком Научног већа Института за нуклеарне науке "Винча" стекао истраживачко звање Истраживач сарадник. У том периоду је био ангажован на следећим пројектима Министарства за науку и заштиту животне средине:

- Развој плазма технологије за стабилизацију сагоревања на котловима термоелектрана ложених спрашеним угљем ниске топлотне вредности, евиденциони број пројекта ЕТР. 6.02.0147.Б, (2002-2004),
- Имплементација и верификација плазма технологије за стабилизацију сагоревања у реалним условима енергетског котла у ТЕНТ-А1, евиденциони број пројекта ТР-6621Б, (2005-2007).

У периоду јануар 2007. ÷ мај 2010. кандидат је био запослен у предузећу WIKА Мерна Техника д.о.о. Београд, где је руководио радом Метролошке лабораторије за еталонирање мерила притиска и температуре, акредитоване у складу са захтевима ISO/IEC 17025 стандарда.

Од маја 2010. кандидат је запослен у Лабораторији за термотехнику и енергетику Института "ВИНЧА", где је ангажован на следећим пројектима Министарства за науку и технологију:

- Развој унапређеног горионичког постројења за плазмену стабилизацију сагоревања угљеног праха у лету, евиденциони број пројекта ТР-17020, (2010),
- Смењење аерозагађења из термоелектрана у ЈП Електропривреда Србије, евиденциони број пројекта ИИИ-42010, (2011. до данас),
- Побољшање квалитета и технологије сагоревања домаћих лигнита у циљу повећања енергетске ефикасности и смањења емисије штетних материја из термоелектрана ЈП Електропривреда Србије, евиденциони број пројекта ТР-33050, (2011. до данас).

У периоду 2010. ÷ 2013. кандидат учествује у међународном истраживачком пројекту: "SEE-ERA.NET Plus Joint Call PROJECT SEE ERA PLUS-093 - Supporting Common RTD actions in WBCs for developing Low Cost and Low Risk ICT based solutions for TPPs Energy Efficiency increasing (WBalkICT)". Земље и институције учесници: Румунија (IPA SA. Bucharest), Хрватска (Универзитет у Загребу, Факултет за стројарство и бродоградњу, Загреб) и Србија (Универзитет у Београду, Институт ВИНЧА – Лабораторија за термотехнику и енергетику).

Осим научних пројеката, кандидат је био ангажован у бројним комплексним термотехничким и мерењима емисије загађујућих материја на енергетским постројењима у земљи и иностранству, те у изради одговарајућих извештаја са обављених мерења.

Кандидат је коаутор Првог извештаја републике Србије према Оквирној конвенцији Уједињених нација о промени климе (2010). Координатор пројекта: Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије. Институције учесници пројекта: Институт за нуклеарне науке "Винча", Институт за метеорологију Физичког факултета Универзитета у Београду, Биолошки факултет Универзитета у Београду, Машински факултет Универзитета у Београду, Пољопривредни факултет Универзитета у Београду, Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Факултет заштите животне средине, Универзитет EDUCONS Сремска каменица, Институт за биолошка истраживања "Синиша Станковић" Београд, Институт за водопривреду "Јарослав Черни" Београд, Институт за ратарство и повртарство Нови Сад.

У циљу стручног усавршавања, кандидат је похађао и успешно завршио следеће курсеве:

- Training Course of Renewable Energy under China TCDC Technical Training Course programme, Changdu, Sichuan - China, у периоду 26.07. ÷ 08.09.2004. Тема курса су били обновљиви извори енергије са акцентом на технологије добијања и примене биогаса.
- Introduction Training Course in ANSYS FLUENT 12.1: FLUENT Meshing & DesignModeler SimTecCentral Offices, Thessaloniki, Greece, у периоду 17 ÷ 18. 03. 2011. Тема курса је било упознавање са напредним техникама и алатима софтверских пакета ANSYS и ANSYS FLUENT.

Кандидат је члан комитета Акредитационог тела Србије за одлучивање о додељивању акредитације лабораторијама за еталонирање физичких величина влажност (ваздуха) и температура.

Кандидат течно говори енглески језик, основно знање француског. Кандидат поседује искуство у програмирању (Ansys Parametric Design Language - APDL), коришћењу инжењерских софтверских пакета за пројектовање (AutoCAD, SolidWorks), нумеричку структуралну анализу методом коначних елемената (ANSYS) и нумеричку симулацију струјања флуида методом коначних запремина (ANSYS CFX и ANSYS FLUENT).

## 1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Магистарску тезу “Примена методе коначних елемената у анализи појаве губитка стабилности цилиндричних љуски” под менторством проф. др. Илије Кривошића кандидат је одбранио 1 јула 2005. на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду. Област истраживања је била стабилност еластичних, танкозидних, изотропних, неукрућених, цилиндричних, слободноослоњених љуски под дејством аксијалног притисног оптерећења. Циљ истраживања је био развој нумеричких модела за процену крутости наведеног структуралног елемента у функцији његових геометријских и карактеристика материјала, коришћењем методе коначних елемената и софтверског пакета ANSYS. Научни допринос магистарског рада се огледа у развијеним нумеричким моделима стабилности наведеног структуралног елемента, развијеним моделима претпостављених услова ослањања, анализи утицаја различитих геометријских и параметара нумеричке симулације на добијени резултат, поређењу добијених резултата са резултатима теоријских, семи-емпиријских и нумеричких модела других аутора, те развијеним програмским кодовима формираним у APDL програмском језику.

## 1.3 Списак објављених радова

### Радови у водећем међународном часопису (M21)

1. Jovanović R., Marek E., Maletić S., Cvetinović D., **Marković Z.**, *Lattice Monte Carlo simulation of single coal char particle combustion under oxy-fuel conditions*, Fuel, Vol 151, No 1, 2015, Pages 172–181, doi:10.1016/j.fuel.2015.02.104, ISSN: 0016-2361, (IF 3.41)
2. Cvetinovic D., Stefanovic P., **Markovic Z.**, Bakic V., Turanjanin V., Jovanovic M., Vucicevic B., *GHG (Greenhouse Gases) emission inventory and mitigation measures for public district heating plants in the Republic of Serbia*, ENERGY, Vol. 57, 2013 pp. 788-795, doi:10.1016/j.energy.2012.09.063, ISSN: 0360-5442, (IF 1.60)

### Радови у међународном часопису (M23)

1. Stefanović P., **Marković Z.**, Bakić V., Cvetinović D., Spasojević V., Živković N., *Evaluation of Kolubara lignite carbon emission characteristics*, Thermal Science, Vol. 16, No.3., 2012, pp. 805-816, DOI: 10.2298/TSCI120215130S, ISSN 2334-7163 (online edition), ISSN 0354-9836 (printed edition), (IF 0.1.22)
2. Živković N., Cvetinović D., Erić M., **Marković Z.**: *Numerical analysis of the flue gas-coal particles mixture flow in burner's distribution channels with regulation shutters at the TPP Nikola Tesla – A1 utility boiler*, Thermal Science, Vol. 14, No. 2, 2010, pp. 505-520, DOI:

10.2298/TSCI1002505Ž, ISSN 2334-7163 (online edition), ISSN 0354-9836 (printed edition), (IF 1.22)

3. Stevanović Ž., **Marković Z.**, Turanjanin V., *Numerical simulation of fire spread in Terminal 2 of Belgrade airport*, Thermal Science, Vol 11, No 2, 2007, pp 251-258, DOI: 10.2298/TSCI0702251S, ISSN 2334-7163 (online edition), ISSN 0354-9836 (printed edition), (IF 1.22)

Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини (M33)

1. **Marković Z.**, Stupar S., Dinulović M., *Fuzzy logic-based expert system for assessment of deformation of thin-walled rectangular air - coal mixture channel*, Full Papers Proceeding of International Conference "Power Plants 2014", 28-31.October 2014, Zlatibor Serbia, pp. 875 – 888, ISBN 978-86-7877-024-1,
2. **Marković Z.**, Erić M., Cvetinović D., Spasojević V., Škobalj P., Stefanović P., *Determination of the Specific Carbon Dioxide Emission Factor from Thermal Power Plants Nikola Tesla A and B*, Full Papers Proceeding of International Conference "Power Plants 2014", 28-31.October 2014, Zlatibor Serbia, pp. 854 – 863, ISBN 978-86-7877-024-1,
3. **Marković Z.**, Erić M., Cvetinović D., Stefanović P., Spasojević V., Škobalj P., *Carbon Dioxide Emission from TPP Nikola Tesla A and B units*, Proceedings of 16th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, Sokobanja, Serbia, October 22-25, 2013, pp. 741-749, ISBN 978-86-6055-043-1
4. Stefanović P., **Marković Z.**, Erić M., Cvetinović D., Škobalj P., Spasojević V., *Carbon Dioxide Emission From Thermal Power Plant Nikola Tesla A*, Proceedings of International Symposium Power Plants 2012, Zlatibor, Serbia, 2012, pp. 1303 – 1312, ISBN 978-86-7877-021-0
5. Kastratović G., Vidanović N., Bakić V., Pezo M., **Marković Z.**, *Cross section optimization of a guyed mast under wind loading*, Proceedings of International Symposium Power Plants 2012, Zlatibor, Serbia, 2012, pp. 1039 – 1048, ISBN 978-86-7877-021-0
6. Pezo M., Bakić V., **Marković Z.**, Kastratović G., Vidanović N., *Stability analysis of a guyed mast subjected to wind action by using finite element method*, Proceedings of International Symposium Power Plants 2012, Zlatibor, Serbia, 2012, pp. 1128 – 1137, ISBN 978-86-7877-021-0
7. Jovanović R., Erić M., Spasojević V., Živković N., **Marković Z.**, *Numerical Investigation of Swirl Generator Influence on Coal Particles Distribution and Residence Time Inside Laboratory Scale Experimental Burner Channel*, Proceedings of International Symposium Power Plants 2012, Zlatibor, Serbia, 2012, pp. 1283 – 1288, ISBN 978-86-7877-021-0
8. Jovanović R., Cvetinović D., Stefanović P., Škobalj P., **Marković Z.**, *Development of Coal Particles Fragmentation Model for Inclusion in CFD Codes for Pulverized Coal Gasification Using Low Temperature Air Plasma*, Proceedings of International Symposium Power Plants 2012, Zlatibor, Serbia, 2012, pp. 1289 – 1302, ISBN 978-86-7877-021-0
9. Cvetinović D., Čantrak S., Stefanović P., **Marković Z.**, Jovanović R., Spasojević V.: *Effect of Externally Supplied Excitations on the Flow Structures of the Free Turbulent Axisymmetric Air Jet*, III International Symposium Contemporary Problems of Fluid Mechanics, May 12-13th, 2011, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia, ISBN 978-86-7083-725-7
10. Cvetinović D., Čantrak S., Stefanović P., **Marković Z.**, Živković N., Erić M.: *Effect of externally supplied excitations on the turbulent axisymmetric air jet impinging on a flat surface*, III International Symposium Contemporary Problems of Fluid Mechanics, May 12-13th, 2011, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia, ISBN 978-86-7083-725-8

11. Cvetinović D., Čantrak S., Stefanović P., **Marković Z.**, Jovanović R., Erić M., *Turbulent Axisymmetric Self-Sustained Oscillating Air Jet Flow Characteristics*, III International Symposium Contemporary Problems of Fluid Mechanics, May 12-13th, 2011, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia, ISBN 978-86-7083-725-6
12. Stefanović P., Bakić V., Spasojević V., **Marković Z.**, Cvetinović D., Živković N.: *Carbon emission factor of the Kolubara basin lignite*, The 24th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2011, Novi Sad, Serbia, 4-7 July, 2011, p.1202-1210, ISBN 978-86-6055-016-5, COBISS.SR-ID 184846604
13. Stefanović P., **Marković Z.**, Bakić V., Cvetinović D., Spasojević V., Živković N.: *Domestic Lignite Emission Factor Evaluation for Greenhouse Gases Inventory Preparation of Republic of Serbia*, 6th Dubrovnik conference on sustainable development of energy water and environment systems, 25-29 September 2011, Dubrovnik, Croatia, SDEWES11-0448, ISBN 978-953-7738-12-9
14. Pezo M., Bakić V., **Marković Z.**, Stevanović Ž., *Structural analyses of a guyed mast exposed to dynamic wind action*, Proceedings of 15th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, Sokobanja 18-21.10.2011, pp. 233-241., ISBN 978-86-6055-018-9,
15. Jovanović R., Stefanović P., Cvetinović D., Skobalj P., Živković N., Erić M., **Marković Z.**, *Numerical simulation of air plasma enhanced pulverized coal gasification in air-coal mixture channels*, Proceedings of International Conference POWER PLANTS 2010, Vrnjačka Banja 26-29.10.2010., Serbia, ISBN 978-86-7877-020-3
16. **Marković Z.**, Stefanović P., Cvetinović D., *Fluid-structure interaction plasma coal gasification channel computational analysis*, Summaries 3 – Hydrodynamic Processes, Proceedings of the CHISA 2006, 17<sup>th</sup> International Congress of Chemical and Process Engineering, 27-31 August, Praha, Czech Republic, p1.049, pp. 840-841, ISBN: 80-86059-45-6
17. **Marković Z.**, Stefanović P., Cvetinović D., *Computational analysis of thermally loaded air-coal mixture channel using fluid-structure interaction approach*, Summaries 3 – Hydrodynamic Processes, Proceedings of the CHISA 2006, 17<sup>th</sup> International Congress of Chemical and Process Engineering, 27-31 August, Praha, Czech Republic, p1.048, pp. 838-839, ISBN: 80-86059-45-6
18. **Marković Z.**, Stefanović P., Cvetinović D., *Coupled field numerical simulation of thermally loaded plasma coal gasification channels*, MECHANICS 2006, Proceedings of The Fifth International Scientific Conference, Rzeszow, Poland, July 2006, pp. 123-130, ISSN 0209-2689
19. **Marković Z.**, Stefanović P., Oka N., *Computational analysis of plasma coal gasification channels using fluid-structure interaction approach*, International Symposium Power Plants 2006, Vrnjacka Banja, Serbia, 19-22 september 2006
20. **Marković Z.**, Stefanović P., Oka N., *Computational analysis of thermally loaded air-coal mixture channels*, International Symposium Power Plants 2006, Vrnjacka Banja, Serbia, 19-22 september 2006
21. Pavlović P., Cvetinović D., Stefanović P., Pavlović Z., Živković N., **Marković Z.**: *The Vortex D.C. Plasma Torch With Electromagnetic Arc Stabilization and Variable Geometry – Generalization of the Working Characteristics*, Contributed papers, 21<sup>st</sup> Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August 26 - August 30, 2002, Sokobanja, Yugoslavia, pp. 526-529
22. Stefanović P., Pavlović P., Sijerčić M., Belošević S., **Marković Z.**, Cvetinović D., Pavlović Z., Živković N.: *Numerical Simulation of Pulverized Kolubara Lignite Plasma Chemical Gasification*, International Conference on Physics of Low Temperature Plasma, May 11-15, 2003, Kyiv, Ukraine, PLTP-03

23. **Marković Z.**, Stefanović P., Pavlović P., Cvetinović D., Pavlović Z., Živković N.: *Plasma Coal Gasification Channel Section Thermal Structural Analysis*, International Conference on Physics of Low Temperature Plasma, May 11-15, 2003, Kyiv, Ukraine, PLTP-03

#### Научни радови у водећим часописима националног значаја (M51)

1. **Marković Z.**, Stupar S., Dinulović M., Stefanović P., Cvetinović D.: *Fazi ekspertski sistem za proračun parametara spregnute numeričke analize interakcije fluida i tankozidne strukture*, Termotehnika, 2014, vol 39, br 2, ISSN 0350-218X, (u štampi).
2. Stefanović P., **Marković Z.**, Bakić V., Cvetinović D., Živković N., Spasojević V.: *Emisioni faktor lignita kolubarskog basena*, Termotehnika, 2011, XXXVII, 2, str. 241-251, ISSN 0350-218X, UDK: 662.613+662.641.2:504.7
3. **Marković Z.**, Krivošić I., Stefanović P., Cvetinović D., Živković N., Jovanović R., Pavlović Z.: *Parametarska bifurkaciona analiza slobodno oslonjenih cilindričnih ljuski*, Termotehnika, Vol. 36 (1), 2010, str. 119-132, UDC: 624.072:519.6, ISSN 0350-218X
4. **Marković Z.**, Bojanić Z., Stefanović P., Cvetinović D., Živković N., Jovanović R., Pavlović Z.: *Parametarska bifurkaciona analiza aksijalno pritisnutih slobodno oslonjenih cilindričnih ljuski korišćenjem metode konačnih elemenata*, Termotehnika, God XXXV, Broj 3-4, 2009, str. 263-282, ISSN 0350-218X, UDC: 539.3/4:517.96
5. Krivosic I., **Markovic Z.**, *Analiza stabilnosti slobodno oslonjene cilindricne ljuske*, TEHNIKA 2/2006, str. 11-21, MASINSTVO 55 (2006) 2, YU ISSN 0040-2176, UDC: 621.074.43.041.6=861

#### Научни радови у часописима националног значаја (M52)

1. Pavlović P., Stefanović P., **Marković Z.**, Pavlović Z., Cvetinović D., Živković N.: *Termonaponska analiza konstruktivnih rešenja gorioničkog kanala za plazma-pripremu aerosmeše na kotlu bloka A1 TENT-A*, Procesna Tehnika br. 1/2002, str. 79-83, UDK 621.181:662.933.4, BIBLID 0352-678X (2002) 18:1
2. Stefanović P., Pavlović P., Cvetinović D., Živković N., Pavlović Z., **Marković Z.**: *Plazma sistemi za potpalu i podršku vatri kod kotlova loženih ugljenim prahom – pregled izvedenih industrijskih postrojenja u svetu*, pregledni rad, Procesna Tehnika br. 1/2003, str. 138-142, UDK 662.933:66.088, BIBLID 0352-678X (2003) 19:1
3. **Marković Z.**, Pavlović Z., Cvetinović D., Živković N., Kadić N.: *Termonaponska kontaktana analiza sistema kliznog oslonca kanala aerosmeše*, stručni rad, Procesna Tehnika br. 2/2003, str. 23-28, UDK 624.042.5:621.772.4, BIBLID 0352-678X (2003) 19:3

#### Техничка и развојна решења (M82)

1. Pavlović P., Stefanović P., **Marković Z.**, *Protočni gorionik na ugljeni prah* (NIV-ITE, industrijski prototip, koristi se u TENT A1 od jula 2002)

#### Техничка и развојна решења (M83)

1. Pavlović P., Stefanović P., Cvetinović D., Živković N., Škobalj P., Jovanović R., **Marković Z.**: *Novo laboratorijsko postrojenje sa vrtložnim gorionikom za plazmenu stabilizaciju sagorevanja ugljenog praha u letu*, Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za termotehniku i energetiku, Izveštaj za korisnika Laboratorija za

### Одбрањен магистарски рад (M72)

1. Magistarska teza pod nazivom: „Primena metode konačnih elemenata u analizi pojave gubitka stabilnosti cilindričnih ljuski”, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, jul 2005.

### 1.4. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Својим досадашњим стручним и истраживачким активностима кандидат је испољио квалитет, заинтересованост и стручност за научни и истраживачки рад.

Публиковани радови у часописима и на конференцијама, реализована техничка решења као и учешће у наведеним пројектима, указују на изразит смисао кандидата да се бави како теоријским, тако и сложеним експерименталним истраживањима.

Објављени радови и истраживачка делатност кандидата суштински су повезани са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми.

На основу биографских података кандидата, завршених магистарских студија и одбрањене магистарске тезе, његових научних и стручних активности, као и објављених радова, Комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

## **2. Предмет и циљ истраживања**

Анализа танкозидних структура се методолошки разматра као посебан део примењене теорије еластичности. Комплексни инжењерски проблеми, суштински одређени интеракцијом (међусобним утицајем) две и више инжењерских дисциплина, захтевају специфичан приступ њиховом решавању.

Посебну класу представљају проблеми међусобног утицаја танкозидних плоча (љуски) и флуидног тока, при чему делови танкозидне структуре остварују велика померања али не обавезно и велике деформације. Ову класу проблема најчешће није могуће решити аналитички, па се у ту сврху користе различите нумеричке симулације. Структурална нумеричка анализа се бави истраживањем понашања чврстих тела подвргнутих различитим спољашњим оптерећењима. Нумеричка анализа струјања флуида се користи за одређивање параметара струјног поља флуида који протиче кроз или облива структуралне елементе. Код проблема интеракције структуре и флуида (Fluid-structure interaction – FSI), ове две дисциплине се сусрећу на граничним површинама структуре и свака од њих, у оквиру свог сета резултата, одређује оптерећења и граничне услове за ону другу.

У циљу квалитетније анализе комплексног проблема интеракције танкозидне структуре и флуида, потребно је објединити, у оквиру јединственог нумеричког прорачуна, сваку од утицајних дисциплина, адекватно моделирајући њихове међусобне интеракције. Предмет овог рада је формирање модела за спрезање рачунарске симулације струјања флуида (Computer Fluid Dynamics - CFD), засноване на методи коначних запремина, са рачунарском структуралном анализом која се спроводи коришћењем методе коначних елемената (Finite Elements Method – FEM) за конкретан проблем струјања загрејаног ваздуха кроз горионичке канале правоугаоног и кружног попречног пресека, реалних геометријских и карактеристика

материјала. Расподеле притисног оптерећења на границама струјног простора, добијене нумеричким прорачуном струјног поља, уносе се као спољашње оптерећење у структурални прорачун, а добијена померања тачака на граници структуралног домена дефинишу нови облик и граничне услове струјног домена. Планирано је да се проблему одабира принципа и алгоритама спрезања различитих нумеричких симулација посвети посебна пажња, имајући у виду њихов директан утицај на начин преноса оптерећења, дефинисање граничних услова, мапирање и модификовање различитих нумеричких мрежа.

У дисертацији ће такође бити истражена примењивост нумеричких метода и модела фази логики за предвиђање резултата нумеричког прорачуна посматраног FSI проблема. Биће формиран и извршиће се испитивање карактеристика експертских система базираних на фази логици, који ће бити коришћени за предвиђање резултата описаних проблема интеракције флуид-структура.

Научни циљ предложене дисертације огледа се у очекиваном формирању модела за нумеричку симулацију комплексног проблема међусобног утицаја термички оптерећене танкозидне структуре горионичког канала аеросмеше и ваздуха који протиче кроз њега. Подпрограми за аутоматско формирање параметарских нумеричких модела и дефинисање карактеристика структуралног прорачуна написани у програмском језику APDL (ANSYS Parametric Design Language) извршаваће се у софтверском пакету ANSYS заснованом на методи коначних елемената. Подпрограм за дефинисање параметара и карактеристика CFD прорачуна биће формиран у програмском језику CEL (ANSYS CFX Expression Language) и извршаваће се у окружењу комерцијалног CFD софтверског пакета ANSYS CFX, заснованом на методи коначних запремина. Комуникација између ова два различита софтверска пакета биће остварена коришћењем MPCII протокола у оквиру посебног APDL програмског кода.

Други основни циљ дисертације је развој и оптимизација фази експертског система за процену излазних параметара нумеричког FSI прорачуна коришћењем софтверског пакета MATLAB. Сет резултата добијених нумеричким FSI прорачунима за различите одабране улазне параметре, вариране у изабраним границама, биће употребљен за развој и оптимизацију фази експертског система. Очекује се да ће се до потребних резултата доћи при знатно краћем времену потребном за прорачун и уз ангажовање ресурса рачунарског система у значајно мањем обиму. Биће извршена анализа карактеристика развијеног фази модела и њихов утицај на крајњи резултат.

#### Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

- [1] Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., *The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics*, ISBN-13: 978-0750663212 ISBN-10: 0750663219 Edition: 6th, 2005,
- [2] Demirdžić, I., Perić, M., 1998, *Space Conservation Law in Finite Volume Calculations of Fluid Flow*, Int. J. Num. Methods in Fluids, Vol. 8, No 9, pp. 1037-1050, John Wiley & Sons, Ltd, doi: 10.1002/fld.1650080906, ISSN: 1097-0363, (IF 1.24)
- [3] Y.Bazilevs, K.Takizawa, T.Tezduyar, *Computational Fluid Structure Interaction-Methods and Applications*, John Wiley & Sons Ltd, 2013, ISBN 978-0-470-97877-1
- [4] Patrick E. F., Watson E., *Finite element buckling analysis of stiffened plates with filleted junctions*, Thin-Walled Structures, 2012, Vol. 59, pp. 171–180, Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.05.011>, ISSN: 0263-8231, (IF 1.75)
- [5] Esmailzadeh, M., et al., *Three-Dimensional Modelling of Curved Structures Containing and/or Submerged in Fluid*, Finite Elements in Analysis and Design, 2008, vol. 44, No 6-7, pp. 334-345, Elsevier B.V., doi:10.1016/j.finel.2007.11.019, ISSN: 0168-874X, (IF 2.02)

- [6] Glück, M., et al., *Computation of Fluid-Structure Interaction on Light weight Structures*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2001, Vol. 89, No 14-15, pp. 1351-1368, Elsevier Science Ltd, doi:10.1016/S0167-6105(01)00150-7, ISSN: 0167-6105, (IF 1.41)
- [7] Takagi, T., Sugeno, M., *Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modelling and Control, Proceedings*, IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 1985, Vol. SMC-15, No 1, pp. 116-132, IEEE, doi:10.1109/TSMC.1985.6313399, ISSN: 1083-4419 (Print)
- [8] Mamdani, E. H., Assilian, S., *An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller*, International Journal of Man-Machine Studies, 1975, Vol. 7, No 1, pp. 1-13
- [9] Rao, A. V. S., Pratihar, D. K., *Fuzzy Logic-Based Expert System to Predict the Results of Finite Element Analysis*, Knowledge-Based Systems, 2007, Vol. 20, pp. 37-50, Elsevier, B. V., doi:10.1016/j.knsys.2006.07.004, ISSN: 0950-7051, (IF 2.95)
- [10] Hossain, A., et al., *Prediction of Aerodynamic Characteristics of an Aircraft Model with and without Winglet Using Fuzzy Logic Technique*, Aerospace Science and Technology, 2011, Vol. 15, No 8, pp. 595-605, Elsevier Masson SAS., doi:10.1016/j.ast.2010.12.003, ISSN: 1270-9638, (IF 0.94)
- [11] Yari, E., Ayoobi, A., Ghassemi, H., *Applying the Artificial Neural Network to Estimate the Drag Force for an Autonomous Underwater Vehicle*, Open Journal of Fluid Dynamics, 2014, Vol. 4, pp. 334-346, <http://dx.doi.org/10.4236/ojfd.2014.43025>, ISSN Print: 2165-3852

### 3. Полазне хипотезе

Истраживање се заснива на хипотезама теорије еластичности, теорије стабилности љуски, методе коначних елемената и методе коначних запремина. Хипотезе специфичне за предмет истраживања су:

1. посматрану структуру чине танкозидне, идеалне равне или цилиндричне љуске, при чему нормала на средњу површ љуске остаје права али не и обавезно управна на средњу раван љуске током деформације,
2. интерполација са очувањем профила при преносу оптерећења између различитих нумеричких домена и модел зонске претраге при мапирању чворова нумеричких мрежа омогућавају конзистентну размену оптерећења између различитих нумеричких домена,
3. материјал структуре канала је описан моделом билинеарног кинематског очвршћавања,
4. флуид који струји кроз канал је нестишљив, идеалан гас,
5. резултати експерименталних истраживања одређују опсег вредности одговарајућих почетних и граничних услова (брзина, температура, притисака),
6. применом одговарајућих модела експертског система фази логике (FLES), формираних на основу резултата серије параметарских нумеричких експеримената интеракције термички оптерећеног канала и струје ваздуха, могу се са прихватљивом тачношћу одредити напонско-деформационо стање структуре и карактеристике струјног поља за моделе са новим вредностима одабраних улазних параметара.

### 4. Научне методе истраживања

Научне методе које ће се применити у оквиру дисертације су:

- експериментално одређивање температуре зидова канала аеросмеше,

- експериментално одређивање брзинског и температурног поља у пресеку канала мрежним мерењем у више тачака пресека,
- добијени експериментални резултати ће бити коришћени као почетни и гранични услови нумеричке симулације,
- израда нумеричких модела спрезања прорачунске динамике флуида и нумеричког прорачуна структуре,
- методе структуралне анализе и метода коначних елемената,
- методе нумеричке механике флуида и метода коначних запремина,
- нумеричка анализа применом софтверских пакета ANSYS и ANSYS CFX,
- теорија фази скупова,
- израда нумеричког модела експертског система применом софтверског пакета MATLAB.

## 5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос у оквиру предложене теме усмерен је на:

- успостављање нове нумеричке методе спрезања прорачунске динамике флуида методом коначних запремина и нумеричког прорачуна танкозидне структуре методом коначних елемената, са циљем решавања проблема интеракције флуид – танкозидна структура,
- формирање фази експертског система за процену резултата спрегнутог нумеричког прорачуна интеракције флуид-структура, формираног на основу скупа резултата параметарских FSI прорачуна,
- дефинисање критеријума примењивости развијених FLES модела,
- унапређење техника свеобухватне оптимизације танкозидног структуралног елемента изложеног струји флуида у раним фазама пројектовања

## 6. План истраживања и структура рада

- преглед литературе везане за нумеричку FSI анализу,
- експериментално одређивање почетних и граничних услова конкретног проблема на каналу аеросмеше горионичког пакета 15 блока TENT A1 (температуре зида канала, брзинско и температурско поље у пресеку канала) и пилот-плазматронском постројењу у Лабораторији за термотехнику и енергетику института Винча (брзинска и температурска поља у пресеку канала),
- развој нумеричког модела интеракције структуре термички оптерећеног канала и струје ваздуха који протиче кроз канал,
- спровођење серије параметарских нумеричких FSI прорачуна за различите вредности изабраних параметара,
- преглед литературе везане за примену FLES у процени резултата структуралне нумеричке анализе и процени резултата прорачунске динамике флуида,
- развој FLES за процену резултата нумеричког FSI прорачуна,
- нумерички примери примене FLES за струјање кроз канале правоугаоног и кружног попречног пресека,
- закључак.

## 7. Закључак и предлог

Анализом података из пријаве кандидата **мр Зорана Ј. Марковића**, дипл. маш. инж., Комисија закључује да је предложена тема актуелна и подобна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законом предвиђене услове и да има истраживачке способности потребне за рад на докторској дисертацији.

Имајући у виду све наведено Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

**мр Зорану Ј. Марковићу, дипл. маш. инж.,**

одобри израду докторске дисертације под називом:

**„ИНТЕРАКЦИЈА ФЛУИДА И ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ“**

у научној области Машинство – ужа стручна област Ваздухопловство, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора докторске дисертације предлаже се проф. др Слободан Ступар, редовни професор на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета Универзитета у Београду.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
Проф. др Слободан Ступар,  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....  
Проф. др Александар Симоновић,  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....  
Проф. др Златко Петровић,  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....  
Проф. др Мирко Динуловић,  
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....  
Проф. др Слободан Гвозденовић,  
Универзитета у Београду, Саобраћајни факултет

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **мр Зорана Марковића**, дипл. инж. маш,

Име и презиме коментора: Слободан Ступар

Звање: Редовни професор на Машинском факултету у Београду

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Pekovic Ognjen, **Stupar Slobodan**, Simonovic Aleksandar, Svorcan Jelena, Trivkovic Srdjan. Free Vibration and Buckling Analysis of Higher Order Laminated Composite Plates Using the Isogeometric Approach . JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS, (2015), vol. 53 br. 2, str. 453-466, DOI: 10.15632/jtam-pl.53.2.453, IF(2014)= **0.636**
2. Svorcan Jelena, **Stupar Slobodan**, Trivkovic Srdjan, Petrasinovic Nikola, Ivanov Toni. Active boundary layer control in linear cascades using CFD and artificial neural networks. AEROSPACE SCIENCE AND TECHNOLOGY, (2014), vol. 39 br. , str. 243-249, doi:10.1016/j.ast.2014.09.010, IF(2014)= **0.940**
3. Zoric Nemanja, Simonovic Aleksandar, Mitrovic Zoran, **Stupar Slobodan**, Obradovic Aleksandar, Lukic Nebojsa. Free vibration control of smart composite beams using particle swarm optimized self-tuning fuzzy logic controller. JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION, (2014), vol. 333 br. 21, str. 5244-5268, doi:10.1016/j.jsv.2014.06.001, IF(2014)= **1.813**
4. Pekovic Ognjen, Stupar Slobodan, Simonovic Aleksandar, Svorcan Jelena, Komarov Dragan. Isogeometric bending analysis of composite plates based on a higher-order shear deformation theory . JOURNAL OF MECHANICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, (2014), vol. 28 br. 8, str. 3153-3162, DOI 10.1007/s12206-014-0724-z, IF(2014)= 0.855
5. Vasovic Ivana, Maksimovic Stevan, Stamenkovic Dragi, **Stupar Slobodan**, Maksimovic Mirko, Bakic Gordana. Fracture Mechanics Analysis of Damaged Turbine Rotor Discs Using Finite Element Method. THERMAL SCIENCE, (2014), vol. 18 br. , str. S107-S112, DOI: 10.2298/TSCI121107176V , IF(2014)= 0.838
6. Spasic Dragoljub, **Stupar Slobodan**, Simonovic Aleksandar, Trifkovic Dragan, Ivanov Toni. The failure analysis of the star-separator of an aircraft cannon. ENGINEERING FAILURE ANALYSIS, (2014), vol. 42 , str. 74-86, doi: 10.1016/j.engfailanal.2014.03.022, IF(2012)= **0.855**
7. Zoric Nemanja, Simonovic Aleksandar, Mitrovic Zoran, **Stupar Slobodan**. Active vibration control of smart composite beams using pso-optimized self-tuning fuzzy

- logic controller. *JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS*, (2013), vol. 51 br. 2, str. 275-286, ISSN 1429-2955, IF(2012)= **0.452**
8. Svorcan Jelena, **Stupar Slobodan**, Komarov Dragan, Pekovic Ognjen, Kostic Ivan. Aerodynamic design and analysis of a small-scale vertical axis wind turbine. *JOURNAL OF MECHANICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY*, (2013), vol. 27 br. 8, str. 2367-2373, doi: 10.1007/s12206-013-0621-x, IF(2012)= **0.616**
  9. Zorić Nemanja, Simonović Aleksandar, Mitrović Zoran, **Stupar Slobodan**. Optimal vibration control of smart composite beams with optimal size and location of piezoelectric sensing and actuation. *JOURNAL OF INTELLIGENT MATERIAL SYSTEMS AND STRUCTURES*, (2013), vol. 24 br. 4, str. 499-526, ISSN 1045-389X, doi: 10.1177/1045389X12463465, IF(2012)= **1.523**
  10. Ilić Ivana , Petrović Zlatko, Maksimović Mirko, **Stupar Slobodan**, Stamenković Dragi. Computation Method in Failure Analysis of Mechanically Fastened Joints at Layered Composites. *STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING*, (2012), vol. 58 br. 9, str. 553-559, ISSN 0039-2480, IF(2012)= **0.883**
  11. **Stupar Slobodan**, Isaković Jovan, Komarov Dragan, Simonović Aleksandar, Damljanovic Dijana. Computational and Experimental Investigation Into Subsonic Flow Around a Finned Ogive Cylinder. *TRANSACTIONS OF FAMENA*, (2012), vol. 36 br. 4, str. 97-110, ISSN 1333-1124, IF(2012)= **0.232**
  12. Simonović Aleksandar, Kostić Ivan, **Stupar Slobodan**, Petrović Zlatko. Laboratory Tests of a Hybrid Metal-Composite Transport Helicopter Blade Segment. *EXPERIMENTAL TECHNIQUES*, (2012), vol. 36 br. 3, str. 22-32, ISSN 0732-8818, doi:10.1111/j.1747-1567.2011.00708.x, IF(2012)= **0.378**
  13. Maksimović Mirko, Nikolić-Stanojević Vera, Maksimović Katarina, **Stupar Slobodan**. Damage Tolerance Analysis of Structural Components Under General Load Spectrum. *TEHNICKI VJESNIK-TECHNICAL GAZETTE*, (2012), vol. 19 br. 4, str. 931-938, ISSN 1330-3651, IF(2012)= **0.601**
  14. Komarov Dragan, **Stupar Slobodan**, Simonović Aleksandar, Stanojević Marija. Prospects of wind energy sector development in Serbia with relevant regulatory framework overview. *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, (2012), vol. 16 br. 5, str. 2618-2630, ISSN 1364-0321, doi: 10.1016/j.rser.2012.01.067, IF(2012)=**5.627**
  15. Trifković Dragan, **Stupar Slobodan**, Bošnjak Srdjan, Milovančević Milorad, Krstić Branimir, Rajić Zoran, Dunjić Momčilo. Failure analysis of the combat jet aircraft rudder shaft. *ENGINEERING FAILURE ANALYSIS*, (2011), vol. 18 br. 8, str. 1998-2007, ISSN 1350-6307, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2011.05.017>, IF(2011)=**1.086**
  16. Petrović Zlatko, **Stupar Slobodan**, Kostić Ivan, Simonović Aleksandar. Determination of a Light Helicopter Flight Performance at the Preliminary Design Stage. *STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING*, (2010), vol. 56 br. 9, str. 535-543, ISSN 0039-2480, IF(2010)=**0.466**

17. Stamenković Dragi, Maksimović Katarina, Nikolić-Stanojević Vera, Maksimović Stevan, **Stupar Slobodan**, Vasović Ivana. Fatigue Life Estimation of Notched Structural Components. *STROJNISKI VESTNIK-JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING*, (2010), vol. 56 br. 12, str. 846-852, ISSN 0039-2480, IF(2010)=**0.466**
18. Ivanović Ivana, Petrović Zlatko, **Stupar Slobodan**. Helicopter Rotor Blade Shape Optimization Using NURBS for Airfoil Shape Parameterization. *NUMERICAL ANALYSIS AND APPLIED MATHEMATICS*, VOLS 1 AND 2, (2009), vol. 1168 br. , str. 131-134, ISSN 0094-243X

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCie листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCie листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11,M12,M13,M14,M41 и M51. )

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум 11.09.2015.

М.П.

\_\_\_\_\_