

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Емила Вега

Одлуком бр. 1475/2 од 17.07.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Емила Вега, дипл. инж. маш., под насловом:

„Процена интегритета челичних конструкција помоћу упоредне модалне анализе“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат, Емил Вега, дипл. инж. маш., је на Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписан школске 2009/2010. године. После положених испита и стечених других услова, поднео је захтев бр. 143/1 од 23.01.2013. године, за одобравање израде докторске дисертације под насловом **„Процена интегритета челичних конструкција помоћу упоредне модалне анализе“**. Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду формирало је Комисију у саставу проф. др Александар Седмак, проф. др Ташко Манески, проф. др Љубомир Миладиновић, проф. др Зоран Радаковић, , проф. др Марко Ракин (Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду), са задатком да оцени подобност теме и кандидата за израду Докторске дисертације. Комисија је поднела позитиван Извештај бр. 143/4, 30.04.2013. године. Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је Одлуком бр. 143/5 од 09.05.2013. године прихватило предлог Комисије о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **„Процена интегритета челичних конструкција помоћу упоредне модалне анализе“**. Веће научних области техничких наука, Универзитета у Београду својом одлуком бр. 61206-2409/2-13 од 27.05.2013. дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације, а за ментора именовало проф. др Александра Седмака. О томе је НН Веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело Закључак бр. 1197/1 од 07.06.2013.

На предлог ментора проф. др Александра Седмака и Комисије за докторске студије, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду, одлуком бр. 1475/2 од 17.07.2014. именовало је Комисију за преглед, оцену и одбрану Дисертације са задатком да поднесе Извештај о урађеној Дисертацији кандидата Емила Вега, под насловом **„Процена интегритета челичних конструкција помоћу упоредне модалне анализе“**.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом „Процена интегритета челичних конструкција помоћу упоредне модалне анализе“ припада области техничких наука (машинство), ужа научна област Машински материјали и заваривање, које припадају Машинском факултету Универзитета у Београду.

Ментор, проф. др Александар Седмак, аутор је преко педест научних радова објављених у часописима са SCI листе. Уз то, он је председник удружења за Интегритет и век конструкција.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Емил Вег рођен је 12.07.1985. године у Београду. По завршеној основној школи уписао је Десету београдску гимназију, где је матурирао 2004. године. За изузетан успех у школовању награђиван је Вуковом дипломом и у основној и у средњој школи.

Машински факултет Универзитета у Београду уписао је 2004. године, а дипломирао је 2009. године на групи за Моторе са унутрашњим сагоревањем са средњом оценом 9,33. За остварени успех на студијама био је награђиван од стране Машинског факултета у првој, другој, четвртој и петој години студија.

Дипломски рад, на тему "Испитивање динамичког понашања хидротурбине у експлоатацији", кандидат је одбранио на Машинском факултету у Београду, оценом 10. Рад је оформљен током тромесечне праксе у предузећу Турбоинститут из Љубљане, а његов експериментални део је обављен на мини хидроелектрани у Јесеницама (Словенија).

Докторске студије уписао је на Машинском факултету у Београду, 2009. године. У предвиђеном року (три године) положио је све испите на докторским студијама са просечном оценом 10,00. Кандидату је одлуком Декана, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, одобрен рад на докторској дисертацији са радним насловом „Процена интегритета челичних конструкција помоћу упоредне модалне анализе“.

Кандидат је као студент учествовао у међународном TEMPUS пројекту SM SCM CO13A05-2005, под називом „Реконструкција и увођење Мехатронике на универзитетима у Србији“ (РЕМУС). Носилац пројекта био је TU Ilmenau, Немачка. Пројекат је трајао у периоду 15.10.2005.-14.10.2006.

Кандидат је тренутно учесник следећих пројеката:

1. Пројекат технолошког развоја Министарства просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије, TR35040, „Развој савремених метода дијагностике и испитивања машинских структура“. Руководилац пројекта је проф. др Ташко Манески (Машински факултет Универзитета у Београду). Кандидат је учесник пројекта од 01.05.2012.
2. Пројекат основног истраживања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије, 174004 „Микромеханички критеријуми оштећења и лома“. Руководилац пројекта је проф. др Марко Ракин (Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду). Кандидат је учесник пројекта од 01.06.2012.

3. Међународни TEMPUS пројекат „Assisting humans with special needs: Curriculum for HUmAn-TOol interaction Network (HUTON)” 530510 TEMPUS-1-2012-1-RSTempusJPCR. Кандидат је учесник пројекта од 1.10.2012.

Од 01.09.2011. године кандидат је запослен на Машинском факултету у Београду, као асистент, на Катедри за теорију механизма и машина. Од 24.09.2012. кандидат је на функцији секретара Катедре.

У периоду од 2005. до 2011. године, кандидат је био стипендиста Републичке фондације за развој научног и уметничког подмлатка.

Служи се свим програмима из пакета Office, Solid Works, LabVIEW, MatLab, ANSYS.

Течно говори енглески, а служи се немачким, руским и мађарским језиком.

Од 2009. године кандидат је активни члан Друштва за интегритет и век конструкција “Проф. др Стојан Седмак”.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Емила Вега, под насловом **Процена интегритета челичних конструкција помоћу упоредне модалне анализе** урађена је на 226 страна и садржи 75 слика, 10 табела, 22 једначине и 108 референци литературе. Дисертацију чине следећа поглавља:

1. Уводна разматрања
 2. Основи методе коначних елемената
 3. Моделирање структуре
 4. Динамичко испитивање
 5. Закључак
- Литература
Прилози
Биографија аутора

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У оквиру поглавља „Уводна разматрања“ представљени су и објашњени основни појмови из области терије осцилација, а који се користе у дисертацији. Затим су представљени параметри модалне анализе, као и области у којима се модална анализа примењује. Дате су дефиниције појма *Интегритет конструкције*, приказане су методе за процену интегритета које се заснивају на испитивању модалних параметара конструкције и дат је литературни преглед досадашњих истраживања у овој области. На крају овог поглавља изнети су закључци о досадашњим истраживањима и претпостављени циљеви истраживања.

У поглављу „Основи методе коначних елемената“ описане су технике за адекватно коришћење компјутерских програма за испитивање конструкција, чији се рад заснива на методи коначних елемената. Прво је укратко приказан историјат саме методе. Затим су

детално описани кораци за моделирање, избор интерполационог модела, избор матрица крутости, избор вектора оптерећења и дефиниција броја степени слободе. У даљем тексту објашњава се процедура дефинисања глобалне матрице крутости, а након тога и процеси израчунавања померања, напона и деформација анализираниг модела.

Поглавље „Моделирање структуре“ подељено је у две велике целине. У првом делу је описан поступак дефинисања верног тродимензионог компјутерског модела конструкције далеководног стуба у програму *ANSYS PDL*. Приказан је процес формирања мреже карактеристичних тачака (*keypoints*), објашњени су критеријуми за одабир и оријентацију линијских елемената модела, објашњени су почетни услови, начин ослањања и оптерећења формираног модела током нумеричке анализе. Табеларно су дате израчунате вредности деформација, као и облици осциловања компјутерског модела далеководног стуба.

У другом делу описан је процес формирања решеткасте конструкције пода у програму *ANSYS Workbench*. Представљено је дефинисање карактеристичних тачака, одабир линијских елемената, додељивање попречних пресека челичних профила и формирање „бетонске“ плоче на врху решеткасте конструкције и одабрана мрежа коначних елемената формираног компјутерског модела. Табеларно су дате вредности израчунатих сопствених фреквенција за првих тридесет модова осциловања. На сликама су приказани облици осциловања у четири мода од значаја.

Поглавље „Динамичко испитивање“ има две целине. У првом делу приказан је далеководни стуб на коме су вршена испитивања. Описани су методологија мерења, карактеристике мерне опреме, као и принцип рада коришћених сензора. Објашњен је поступак кондиционирања сигнала, као и методологија складиштења података и накнадна анализа. Дата је шема мерног ланца за праћење деформација и вибрација структуре.

У другом делу овог поглавља описана је решеткаста конструкција над којом је извршено испитивање. Дати су нацрти изведеног стања конструкције, на којима су јасно уцртана одабрана мерна места. Представљене су карактеристике мерне опреме, као и фотографије локација на којима су постављени акцелерометри. Графички су приказани резултати мерења, резултати обраде прикупљених података, као и анализа корелације прикупљених сигнала.

У поглављу „Закључак“ приказани су изведени закључци дисертације и дате су препоруке за даља истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

У дисертацији је изведено моделирање структуре комплексне геометрије далеководног стуба и челичне конструкције пода контролне собе термоелектране. Представљен је и примењен најсавременији софтверски пакет за анализу структура методом коначних елемената (*Ansys 14.5*). Оригиналност се огледа у примени сопствено развијених модела и програмских кодова, у сврху нумеричке модалне анализе поменутих челичних конструкција.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Коришћена је целокупна референтна литература, међу којом су и најновији радови из међународних научних часописа који се баве проценом интегритета конструкција, модалном анализом челичних конструкција и моделирањем и нумеричком анализом применом методе коначних елемената. Коректно су цитирани остварени резултати истраживања других аутора.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У оквиру ове дисертације примењене су теоријске, рачунарске, експерименталне и комбиноване научне методе.

Применом теоријских метода дефинисани су модални параметри конструкција и одабрани су теоријски модели структуре, који су по својим карактеристикама најближи реалном склопу испитиваних челичних конструкција.

Нумеричка анализа челичних конструкција изведена је применом методе коначних елемената.

Поступак мерења на самој конструкцији дефинисан је у складу са одговарајућим стандардима. Мерна опрема је претходно калибрисана и одабрана за рад у датим амбијенталним условима (влажност и температура, ветар, падавине, ...). Мерни сигнали су праћени опремом која изводи аквизицију у довољном обиму и са довољном учестаношћу. Веома значајан аспект је синхронизованост свих уређаја који су учествовали у мерењу, што је омогућило да се стекне јасна слика о утицају поремећајних сила на одзив комплетне челичне конструкције и фазност у одзиву референтних тачака.

Спрезање компјутерског испитивања 3D модела и реалних испитивања конструкције изведено је у домену интерактивне дефиниције и редефиниције. Прво је на основу виртуалне симулације оптерећења 3D модела селектирана матрица референтних тачака које су праћене током реалног испитивања, а онда је на основу измерених параметара на конструкцији коригован 3D модел до коначне међусобне усаглашености.

3.4. Применљивост остварених резултата

Реализацијом циљева ове докторске дисертације кроз примену поменутих научних метода, остварени су резултати који имају и теоријски и апликативни значај. Анализе произашле из компјутерске симулације 3D модела и испитивања реалне конструкције омогућавају ефикаснији приступ у домену брзе детекције модалних и динамичких карактеристика челичних конструкција. Методологијом приказаном у Дисертацији могуће је у кратком року, за сваку челичну конструкцију, минималном конфигурацијом матрице мерних тачака, формирати потпуну и веродостојну слику о динамичком одзиву конструкције, уз дефинисан тренд стабилности и носивости конструкције у времену.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је потпуно способан за самостални рад јер је применио најсавременије експерименталне и аналитичке методе научно истраживачког рада. Такође, кандидат је оспособљен за академску интерпретацију добијених резултата, као и за писање стручних радова.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени су следећи научни доприноси:

- Освојена технологија одређивања сопствених фреквенција решеткастих челичних конструкција (стуб далековода) мерењем на реалној конструкцији у условима експлоатације

- Утврђена је методологија формирања нумеричког модела конструкције, ослањања, оптерећења и спровођења модалне анализе
- Утврђен је начин аквизиције неопходних података са минималног броја пиезоелектричних акцелерометара у циљу експерименталног одређивања модалних параметара конструкције
- Урађена је хармонијска анализа челичних конструкција и упоредна анализа експериментално и нумерички добијених резултата
- Развијени су оригинални тродимензиони нумерички модели далеководног стуба и челичне конструкције пода контролне собе у термоелектрани, и употребом одговарајућег МКЕ софтвера добијени су и објашњени резултати понашања ових конструкција под дејством оптерећења

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

- У досадашњим истраживањима метода за детекцију оштећења помоћу модалне анализе најчешће су експерименти вршени у контролисаним, лабораторијским условима, док су експерименти у оквиру ове Дисертације изведени над конструкцијама у експлоатацији у реалном радном окружењу.
- До сада доступни референтни резултати у литератури, у области детекције оштећења применом модалне анализе, добијени су приликом испитивања елемената (а не конструкција) просте геометрије, као што су пуни и шупљи челични профили различитих попречних пресека и плоче различитог облика. Такође, мали број експерименталних испитивања рађен је на реалним конструкцијама (испитивања су углавном вршена на умањеним моделима стубова, на деловима стубова, на стубовима издвојеним из система далеководног стуба и челичне конструкције). Из тог разлога, експерименти у оквиру ове Дисертације, изведени на структурама далеководног стуба и челичне конструкције пода контролне собе у термоелектрани представљају велики искорак по питању комплексности геометрије и особина испитиваних конструкција.
- Занемарљиво мали број истраживача се бави применом модалне анализе у циљу процене интегритета конструкције, па је иновативност ове Дисертације евидентна.
- Досадашњи тренд у испитивању челичних конструкција је био да се постави мноштво сензора који ће узорковање вршити великом учестаношћу. Исход таквог начина мерења су загушене меморије препуне вредности из којих је тешко (или чак немогуће) извести смисаоне закључке о стању конструкције. У оквиру ове Дисертације описана методологија је заснована на мерењу минималним бројем пиезоелектричних сензора и довољној количини прикупљених података који дају јасну слику о конструкцији и њеним особинама.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија M21:

1. **Veg, E., Veg, A., Šiniković, G., Andrejević, R., Gubelj, N.:** Design of coupled slider crank mechanism for orbiting motion, - *International Journal of Simulation Modelling*, Vol. 14, No. 2, 2015. (**IF=2.125**) (ISSN 1726-4529)

Kategorija M24:

1. Sedmak, T., **Veg, E.**: Failure prevention of rotating equipment by vibrodiagnostics, - *Structural Integrity and Life*, Vol 12, No 2, 2012, pp. 99-104.
2. **Veg, E.**, Sedmak, A., Gubelj, N.: Experimental and numerical cross-correlated modal analysis of the lattice transmission tower, - *Structural Integrity and Life*, Vol. 15, No. 1, 2015, pp. 31-37
3. Radojević, N., Kostadinović, D., Vlajković, H., **Veg, E.**: Microclimate Controls in Greenhouses, *FME Transactions*, Vol. 42, No. 2, 2014, pp. 167-171

Kategorija M33:

1. **Veg E.**, Šiniković G., Andrejević L., Veg A.: Essentials in development of a Portable Data Logger (PDL), - *Proceedings of the International Conference on Innovative Technologies IN-TECH*, Bratislava 2011, pp. 154-155.

Kategorija M34


1. **Veg, E.**, Šiniković, G., Andrejević, R., Regodić, M., Veg, A.: Cross correlated modal analysis as a power tool for civil structures integrity improvement, - *Proceedings of the 1st International Symposium on Machines, Mechanics and Mechatronics – Current trends*, Beograd 2014, str.41-42.
2. **Veg, E.**, Regodić, M., Andrejević, L., Šiniković, G.: Razvoj prenosnog uređaja za višekanalno merenje vibracija, - *Zbornik radova sa konferencije "ODRŽAVANJE 2012"*, Zenica 2012, str. 179-185.

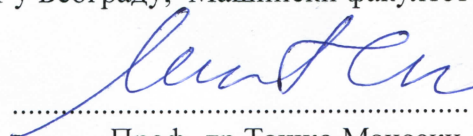
5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

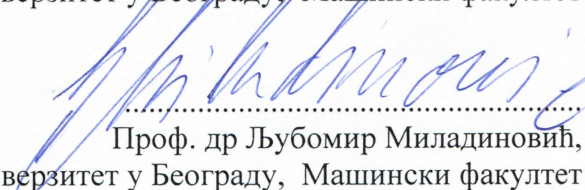
На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „Процена интегритета челичних конструкција помоћу упоредне модалне анализе“, кандидата Вег Емила, дипл. инж. маш. Комисија констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду.

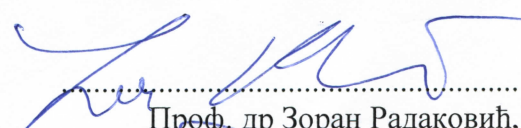
Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом „Процена интегритета челичних конструкција помоћу упоредне модалне анализе“, кандидата Емила Вега, дипл. инж. маш., прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

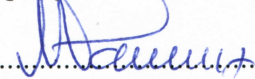
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


.....
Проф. др Александар Седмак,
Универзитет у Београду, Машински факултет


.....
Проф. др Ташко Манески,
Универзитет у Београду, Машински факултет


.....
Проф. др Љубомир Миладиновић,
Универзитет у Београду, Машински факултет


.....
Проф. др Зоран Радаковић,
Универзитет у Београду, Машински факултет


.....
Проф. др Марко Ракин,
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

Corresponding author's address:

Full Prof. Dr. Nenad GUBELJAK
 University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering
 Smetanova 17, 2000 Maribor
 Slovenia
 E-mail: nenad.gubelj@um.si



TECHNISCHE
 UNIVERSITÄT
 WIEN
 VIENNA
 UNIVERSITY OF
 TECHNOLOGY

International Journal of Simulation Modelling

ACCEPTANCE OF THE PAPER

Maribor, 16. 01. 2015

Dear Colleague,

I am pleased to inform you that your paper has been accepted for publication in the 'International Journal of Simulation Modelling', Volume 14, Number 2 (June 2015). Thank you for your contribution to the journal. One complete copy of the journal will be sent to the corresponding author of the paper.

Code of paper: IJSIMM 283-2014

Title: DESIGN OF COUPLED SLIDER CRANK MECHANISM FOR ORBITING MOTION

Author(s): Veg E.¹, Veg A.¹, Šiniković G.¹, Andrejević R.¹, Gubelj N.²

¹ University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Kraljice Marije 16, 1100 Belgrade, Serbia

² University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenia

Abstract: *The paper describes development of a novel orbiting mechanism. Target design is a shaking mechanism with a planar figure eight closed loop. Shaking dynamics depends on a cycling frequency as well on a reciprocating displacement. These two parameters are in the focus of preliminary design and analysis. Computational optimization and path definition were interrelated to core engineering work. Crucial novelty is an orbital motion created by a coupled slider crank mechanism. An academic package of the Solid Works Motion 2010 was employed for parts and assembly design, as well as for the subsequent mechanism analysis. The outcome design proved itself in operation with a smooth shaking motion over a closed loop and even more the uniformly distributed acceleration peaks within each cycle. 16 refs.*

Key Words: Orbiting Mechanism, Shaking Function, Fluid Stirring, Simulated Motion

Sincerely yours

Prof. Dr. Borut Buchmeister
 (Editor-in-Chief)

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'B. Buchmeister', written over a light blue rectangular background.