

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

128/2

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

(Број захтева)

24.01.2013. године

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

НЕНАДА (Радивоје) МИТРОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **НЕНАД (Радивоје) МИТРОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом: **НАПОНИ И ДЕФОРМАЦИЈЕ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ЦЕВОВОДНЕ АРМАТУРЕ**

Универзитет је дана 04.06.2012. год. својим актом под бр. 06-18938/18-12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

НАПОНИ И ДЕФОРМАЦИЈЕ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ЦЕВОВОДНЕ АРМАТУРЕ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **НЕНАДА (Радивоје) МИТРОВИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 27.12.2012. године, одлуком факултета под бр. 1126/3, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Александар Петровић	Ванредни професор	Процесна техника	Машински факултет Београд
2. Др Ташко Манески	Редовни професор	Отпорност конструкција	Машински факултет Београд
3. Др Србислав Генић	Редовни професор	Процесна техника	Машински факултет Београд
4. Др Александар Седмак	Редовни професор	Технологија мат.- Маш.матер и заваривање	Машински факултет Београд
5. Др Милорад Зрилић	Ванредни професор	Инжењерство материјала	Технолошко-металуршки факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 24.01.2013. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –

Број: 128/2

Датум: 24.01.2013. године

Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 30. Закона о високом образовању (Сл.гласник 76/05, 100/07 и 44/10) и чл. 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и извештаја Комисије у саставу: проф.др Александар Петровић, ментор, проф.др Ташко Манески, проф.др Србислав Генић, проф.др Александар Седмак и проф.др Милорад Зрилић, ТМФ Београд о оцени докторске дисертације „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре“ докторанта Ненада Митровића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 24.01.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„НАПОНИ И ДЕФОРМАЦИЈЕ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ЦЕВОВОДНЕ АРМАТУРЕ“** докторанта **НЕНАДА МИТРОВИЋА**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај о завршеној докторској дисертацији **Ненад Р. Митровића**, дипл. инж. маш., студента докторских студија

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 1126/3 од 27.12.2012. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Ненада Митровића под насловом "Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре", о којој подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1 Наслов и обим докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Ненад Р. Митровића, дипл. инж. маш., под насловом „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре“ изложена је на 197 страна у оквиру десет поглавља, списак коришћене и цитиране литературе на 9 страна.

1.2 Хронологија одобравања израде дисертације

Кандидат Ненад Митровић, дипл. инж. маш., завршио је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду 2011. год. и пријавио је израду докторске дисертације 26.03.2012. године. под бројем 570/1 Катедри за процесну технику Машинског факултета у Београду, а за ментора предложио ванредног професора др Александра Петровића. Научно-наставно веће је на основу сагласности Катедре за процесну технику бр. 570/2 од 25.04.2012., на седници 26.04.2012., донело одлуку бр. 570/3, о формирању Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу проф. др Александар Петровић, проф. др Ташко Манески, проф. др Мирослав Станојевић, проф. др Србислав Генић и доц. др Милорад Зрилић, са Технолошко металуршког факултета Универзитета у Београду.

Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације је 09.05.2012. год. поднела Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду извештај бр. 570/4 о испуњености услова за одобрење тезе. Комисија је поднела извештај у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре“ наводећи да кандидат испуњава законске услове за израду докторске дисертације, и да предложена тема као актуелна, атрактивна и значајна, може бити тема докторске дисертације. У вези са захтевом докторанта Ненада Митровића, дипл. инж. маш. да се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета од 12.06.2012. год. о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, на седници одржаној 04.06.2012. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност којом се одобрава рад на

теми докторске дисертације „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре”, под менторством ванредног професора др Александра Петровића. Усвајањем Извештаја Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду са седнице од 04.06.2012., декан Машинског факултета у Београду је 05.06.2012.. год. донео закључак бр. 1126/1 да се одобри рад на теми докторске дисертације „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре“ кандидату Ненаду Митровићу. За ментора дисертације је именован проф. др Александар Петровић.

О завршетку докторске дисертације „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре”, ментор др Александар Петровић, ванр. проф. обавестио је Катедру за процесну технику, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, дописом број 1126/2 од 17.12.2012. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: проф. др Александар Петровић, проф. др Ташко Манески, проф. др Србислав Генић, проф. др Александар Седмак и проф. др Милорад Зрилић, Технолошко металуршког факултета Универзитета у Београду.

На основу наведеног извештаја ментора проф. др Александра Петровића, 1126/2 од 17.12.2012., да је докторант Ненад Митровић завршио докторску дисертацију под називом „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре”, предлога Катедре за процесну технику и члана 30. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета је на седници од 27.12.2012. године једногласно усвојило обавештење о завршетку дисертације кандидата и донело одлуку број 1126/3 од 27.12.2012. године о именовању предложене Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре” припада области техничких наука, машинству, ужа научној области Процесна техника.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Ненад Митровић је рођен 14.08.1984. године у Београду. Завршио је основну школу „Михајло Петровић – Алас“ у Београду 1999. и „Прву београдску гимназију“ 2003. године. Машински факултет, Универзитета у Београду уписао је 2003. године, а дипломирао на Одсеку за процесну технику 2008. године са просечном оценом 9,33. Докторске студије уписао је 2008. године на Машинском факултету, Универзитета у Београду.

Радни однос је засновао 2008. године у Иновационом центру Машинског факултета у Београду д.о.о. као истраживач сарадник. Године 2011. се запошљава као асистент на Машинском факултету, Универзитета у Београду, на Катедри за процесну технику.

Ненад Митровић је ангажован у настави на Машинском факултету у Београду из предмета:

- Технички прописи,
- Цевоводи и аматура,
- Конструисање процесне опреме,
- Пројектовање, изградња и експлоатација процесних система.

Учествовао је на више научно-истраживачких пројеката:

- Пројекат ТП 14010 „Развој и унапређење инфраструктуре за оцењивање усаглашености производа према захтевима заснованим на директивама Новог и Глобалног приступа Европске Уније“, руководиоца Др Предраг Поповић, Институт за нуклеарне науке Винча, 2008 – 2010.

- Иновациони пројекат 391-00-00027/2009-02/151 „Истраживање и развој нове генерације мини денталних имплантата“, Руководилац Мр Александар Грбовић, Машински факултет, Универзитет у Београду, 2010
- Пројекат ТР35031 „Развој и примена метода и лабораторијске опреме за оцењивање усаглашености техничких производа“, руководиоца пројекта др Предраг Поповић, Институт за нуклеарне науке Винча, 2011-2014.
- Пројекат ТР 35040 „Развој савремених метода дијагностике и испитивања машинских структура“, руководиоца проф. Др Ташко Манески, Машински факултет, Универзитет у Београду 2011 – 2014.

Успешно је завршио више курсева стручног усавршавања:

- Машински факултет, Универзитет у Тушчију, Италија, 2008, Сертификат за курс: "Waste materials as a bio-renewable materials and energy sources potentials for CDM".
- Јапанска агенција за међународну сарадњу – JICA (Japan International Cooperation Agency), Нагоја, Јапан, 2009, Сертификат за курс: "Plant engineering and technical standards for refineries, chemical and thermal power plants".
- Машински факултет, Универзитет у Марибору, Словенија, јул 2009, сертификат за курс: "Structural Integrity Assessment and Residual Life Time".
- Steinbeis универзитет, Берлин, јануар 2010, сертификат за курс: "Explosion Protection and modeling".
- Steinbeis универзитет, Берлин, јануар 2010, сертификат за курс: "Fire Protection and modeling".

Активан је члан „Друштва за интегритет и век конструкција“. За време рада на Машинском факултету учествовао је као:

- Акредитовани предавач на програму стручног усавршавања у образовању и васпитању под називом: „Програм заштите животне средине – савремена технологија и одрживи развој” , Завода за унапређивање образовања и васпитања, Република Србија, од 2009. године.
- Предавач на курсу „Методе и поступци за оцењивање усаглашености нових производа и производа у експлоатацији (контрола и испитивање)“, одржаном у НИС, Инжењерској комори и Центру за људске ресурсе.

Течно говори енглески језик, а служи се француским, немачким и јапанским. Обучен је за рад на рачунару у програмским пакетима MsOffice и AutoCad.

Ненад Митровић је на основу досадашњих истраживања и испитивања, објавио више научних и стручних радова. Аутор је и коаутор на више од **30 (тридесет)** радова који су саопштени на научним скуповима или објављени у часописима различитих категорија, а од тога **8 (осам)** радова прихваћено је за штампу у међународним часописима који имају импакт фактор на SCI листи. За 3 презентована рада добијене су награда за најбоље селектоване радове на међународним конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Ненада Митровића, дипл. инж. маш., под насловом „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре” је документ формата А4, штампан једнострано, са текстом на српском језику и изложена је на 197 нумерисаних страна. У оквиру дисертације материја је приказана у укупно девет поглавља, док је списак коришћене литературе дат као десето поглавље. На почетку рада дат је продужени резиме рада на српском и енглеском језику, а на крају биографски подаци кандидата.

Дисертација садржи следећих десет поглавља:

1. Преглед литературе
2. Аналитички прорачун геометрије кућишта вентила
3. Тродимензионално оптичко мерење деформација
4. Метода коначних елемената

5. Експериментална инсталација и поступак испитивања
6. Експериментални резултати
7. Резултати нумеричке анализе
8. Дискусија резултата
9. Закључак
10. Литература

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација „Напони и деформације структура комплексне геометрије цеоводне арматуре” састоји се из десет поглавља.

Прво поглавље „Преглед литературе“ представља увод у коме су приказана почетна разматрања која обухватају предмет истраживања и стање науке у предметној области. Предмет истраживања ове докторске дисертације је испитивање структура комплексне геометрије, тј. анализа кућишта равног запорног вентила оптерећеног унутрашњим притиском и аксијалном силом на сабијање. Дат је кратак приказ основних облика кућишта вентила и врста оптерећења којима могу бити подрвгнута. С обзиром на комплексност кућишта, приказане су и теоријске основе за кућишта комплексних облика и досадашњи начини анализе комплексних структура. Такође, дат је приказ досадашње примене методе за оптичко мерење померања и деформација на основу доступне литературе. Примећено је да је најчешћи проблем који се јавља у радовима који анализирају структуре комплексне геометрије доступност адекватних експерименталних резултата. Кандидат на бази сакупљених и обрађених података дефинише предмет истраживања и детаљно образложе циљеве и научне методологије решавања постављених задатака. У оквиру дисертације је приказано преко 80 референци, при чему велики део литературе чине радови са SCI листе.

У другом поглављу су дефинисане основе аналитичког прорачуна чврстоће кућишта вентила које је спроведено према стандарду SRPS EN 12516. Објашњен је ток прорачуна и приказан је облик и положај карактеристичних попречних пресека кућишта вентила. Резултати прорачуна за сваки од пресека су приказани табеларно и графички.

У трећем поглављу су представљени основни појмови неопходни за експериментално проучавање проблематике мерења померања и деформација. Дефинисани су основни делови и начин рада система за 3Д оптичко мерење померања и деформација. Развијена је процедура мерења кроз 16 корака. У оквиру процедуре су детаљно развијени кораци који обухватају хардверску припрему и калибрацију система (мерна запремина, припрема узорка идр), софтверску припрему и калибрацију система (“мале површине”, прорачунске маске и др.) и начин обраде резултата. Такође су приказане и методе за прорачун деформација у оквиру оптичког система, при чему је посебан осврт дат на прорачун малих површина и корелацију дигиталних слика.

У четвртном поглављу је приказана основна подела метода за анализу и прорачун елемената и носећих структура (машинских елемената, елемената једноставнијег геометријског облика и геометријски сложенијих структура). Приказани су основни приступи методе коначних елемената са историјским прегледом развоја методе. Анализа проблема нумеричком методом, односно применом методе коначних елемената, се спроводи по процедури која је дефинисана кроз десет корака приказаних у овом поглављу.

У петом поглављу је дат детаљан приказ припреме и реализације експерименталних истраживања. Експеримент је спроведен на кућишту три равна запорна вентила DN 32 i PN 6, за које су у овом поглављу дате основне механичке карактеристике материјала од којих су израђени и димензије. Детаљно је објашњен избор експерименталних параметара (избор сочива камера, врста калибрационе плоче, растојање камера и др.) и потребна припрема кућишта вентила. Експеримент је спроведен за две врсте оптерећења, оптерећење унутрашњим притиском и оптерећење аксијалном силом (сабијање у правцу подужне осе прикључака). За потребе експерименталног истраживања, димензионисане су и конструсане две инсталације (за два случаја оптерећења). За оба случаја оптерећења дефинисана је потребна опрема експерименталних инсталација, начин позиционирања вентила, детаљно је описана процедура

мерења и приказани су сви параметри који су коришћени у току мерења. Пошто су димензије кућишта вентила веће од максималне мерне запремине система за оптичко мерење деформација, није било могуће измерити померања и деформације у једном мерењу. Тако су у овом поглављу приказани положаји мерних места на којима је спроведена експериментално истраживање. Положај мерних места је одређен у току припреме експеримента кроз више претходних испитивања. Одређена су четири мерна места за која су и извршена експериментална испитивања за потребе докторске дисертације.

У шестом поглављу су приказани 3D експериментални резултати истраживања који валоризују уочене проблеме. Добијени су оригинални резултати мерења померања/деформација кућишта вентила изложеног унутрашњем притиску и аксијалној сили за дефинисана мерна места. За претходно дефинисана четири мерна места су приказани 3D поља померања и деформација, као и резултати померања и деформација за карактеристичне попречне пресеке, тачке и угаоне примитиве. Такође, поред приказа експерименталних резултата за четири мерна места, обрада експерименталних резултата за мерно место 1, које представља спој сфере и цилиндра, је спроведена и методама статистичке анализе. Кроз статистичку анализу су утврђене релевантне функционалне зависности посматраних величина што је приказано на дијаграмима. Подаци добијени експерименталним путем описани су одговарајућим аналитичким обрасцем, на основу извршене обраде резултата и регресионе анализе великог броја математичких модела (претпостављене функције за регресиону анализу) за сваки од испитиваних вентила. У овом поглављу приказана су добијена поља померања/деформација услед оптерећења и функционалне везе померања/деформација и дужине карактеристичних попречних пресека. Максималне вредности деформација су уочене на местима највећих геометријских дисконтинуитета, односно на споју сфере и цилиндра.

У седмом поглављу су приказани резултати нумеричке анализе (МКЕ). За потребе дисертације је развијен и верификован нумерички модел који се састоји од тетраедарских елемената. Приказана је процедура развоја 3D компјутерских модела, извршена је дискретизација континуума и дефинисани су ослонци. Нумеричка анализа је урађена под условима који су спроведени у експерименталној анализи, за исте врсте оптерећења. У оквиру овог поглавља су приказани резултати померања, деформација и напона за цело кућиште вентила, као и за мерна места дефинисана у поглављу 5. Приказани су и резултати за комбиновано оптерећење унутрашњим притиском и аксијалном силом, која делује у правцу подужне осе вентила, као и фактори концентрације напона на кућишту вентила, на карактеристичним местима са геометријским дисконтинуитетима.

У оквиру осмог поглавља на основу приказаних резултата дискусијом су појашњена питања о понашању анализираних кућишта равних запорних вентила оптерећених унутрашњим притиском или аксијалном силом. Дискутовани су експериментални и нумерички резултати, као и основни научни циљеви дисертације. Приказана су ограничења рада која су се јавила у оквиру испитивања и указано је на могуће правце даљих истраживања.

У оквиру деветог поглавља сагласно претходно дефинисаним циљевима истраживања и добијеним резултатима сублимирају се стручни и научни доприноси остварени у тези. Такође, наводе се главни резултати као потврда постављених хипотеза на почетку истраживања.

У десетом поглављу је побројана коришћена литература. Дисертација садржи преко 80 референци.

3. Оцена дисертације

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре” представља савремен и оригиналан допринос разматраној проблематици. Савременост истраживања потврђују примењене методе, технике и лабораторијска мерења уз коришћење најновијих софтверских решења за нумеричке симулације. Оригиналност и значај истраживања се огледа кроз актуелност теме која третира проблематику експерименталних мерења на геометријски комплексним структурама. Оригиналност у приступу решавања проблема и добијених резултата у оквиру дисертације потврђују радови који су публиковани и

саопштени на научним скуповима или објављени у часописима. Дисертација се може оценити веома успешном, узевши у обзир да су дискусију и добијене резултате у тези пратили зрели научни и инжењерски закључци.

У складу са модерним истраживачким трендовима, кандидат у дисертацији примењује најсавременије безконтактне методе експерименталне анализе композитних материјала базиране на тродимензионалној оптичкој методологији мерења. Применом ове методе омогућена је тродимензионална анализа површинских деформација, при чему мерни системи проучавају реалну геометрију компоненте, што није могуће користећи традиционалне мерне уређаје. Применом савремених експерименталних методологија мерења омогућена је верификација резултата добијених нумеричким приступом. При изради нумеричких модела примењени су најсавременији софтверски пакети. Почетни нумерички модели кућишта вентила су добијени на основу карактеристичних 2D попречних пресека добијених од стране произвођача, при чему су повезивањем свих пресека добијени 3D модели. Нумерички прорачуни су спроведени применом МКЕ у софтверском пакету Abaqus.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна литература из области опреме под притиском, геометријски комплексних структура, нумеричких метода и примене тродимензионалне оптичке методе у инжењерској пракси. Осим тога, узевши у обзир да је у дисертацији коришћена опрема базирана на методи корелације дигиталних слика, дат је и детаљан увид у примере примене коришћене мерно испитне опреме у другим истраживачким областима. Ова литература је кандидату послужила као полазна основа за приказ постојећег стања у овој области, као и за припрему експеримената и нумеричких модела. Од наведених наслова коришћене литературе, више од 40 референци је млађе од десет година, а велики део литературе чини радови са SCI листе.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

У докторској дисертацији је, у циљу истраживања понашања геометријски комплексних структура подвргнутих различитим типовима оптерећења, коришћен већи број савремених научно-истраживачких метода, које су примењиване сходно типу проблема који је решаван. Услед комплексности проблема анализе померања, деформација и напона у реалним условима, кандидат је у истраживању користио и нумерички и експериментални приступ истраживања који најприближније симулира реалне радне услове.

За одређивање поља деформација и померања коришћена је опрема за тродимензионално мерење деформација и софтверски систем Agamis, произвођача GOM. Систем за 3D оптичко мерење померања и деформација је базиран на методи дигиталне корелације слика. Систем омогућава 3D графичко представљање измерених резултата, а погодан је и за мерења деформација реалних компоненти под статичким и динамичким оптерећењима. Систем за оптичко мерење померања и деформација може да мери померања до 1 μm и деформације у опсегу од 0,01 до 2000 %. За примену система за оптичко мерење деформација на проблемима комплексних структура, потребно је дефинисати и развити одговарајућу процедуру испитивања. Протоколи и научне методе за експерименталне активности су реализоване (развијене) на основу техника испитивања по следећем алгоритму:

- Операције пре испитивања (припрема за испитивање, стезање, позиционирање, подешавање сензорске јединице, калибрација система, избор услова испитивања, мерење пре испитивања, дефинисање облика и димензија узорака и калупа, припрема мерне површине узорака).
- Операције у току испитивања (провере пре пуштања апарата у рад, мерење у току рада).
- Операције после испитивања (дефинисање координатних оса, одређивање почетних тачака и секција).

- Обрада резултата (цртање и обрада дијаграма, статистичка обрада, дефинисање поља највећих деформација и померања, визуализација вектора померања).

Истраживања у овој докторској дисертацији су спроведена у лабораторијама Катедре за отпорност конструкција, Катедре за процесну технику и Катедре за опште машинске конструкције, Машинског факултета, Универзитета у Београду. Примењене су методе верификације, засноване на поређењу добијених нумеричких и експерименталних резултата, као и метода експертског мишљења током анализе и тумачења добијених резултата.

Описивањем података добијених експерименталним путем одговарајућим аналитичким обрасцем, извршена је обрада резултата испитивањем великог броја регресионих модела за сваки од испитиваних пресека. Обрада експерименталних резултата је спроведена методама статистичке анализе, у циљу утврђивања релевантних функционалних зависности посматраних величина што је представљено и на дијаграмима. Применом методе најмањих квадрата одређене су функционалне зависности посматраних величина (померања у Y правцу и Мизесових деформација) у зависности од положаја тачке на попречном пресеку и корака оптерећивања за карактеристичне области на бази поновљених мерења.

У циљу израде нумеричког прорачунског модела извршена је дигитализација карактеристичних попречних пресека испитиваних кућишта вентила. Кандидат је у оквиру дисертације урадио нумеричке прорачуне у софтверском пакету за прорачун МКЕ Abaqus. Тежило се изради што гушће, а тачније мреже, са вођењем рачуна и о процесорским и меморијским ограничењима компјутера на којима је прорачун спроведен. Метода коначних елемената је одабрана као метод у овом истраживању зато што је помоћу МКЕ могуће описати шта се дешава у одређеној зони геометријских дисконтинуитета која није доступна за снимање, тј. анализирани су напони који се јављају како на дефинисаним мерним местима, тако и на местима која нису обухваћена експерименталном анализом. Доказано да је понашање кућишта вентила у току излагања аксијалном оптерећењу линеарно.

3.4. Оцена применљивости и верификације остварених резултата

Добијени резултати у оквиру докторске дисертације поред научне вредности имају и високу употребну вредност. Методологија експерименталних испитивања дефинисана у оквиру тезе базирана је на примени тродимензионалног оптичког мерног система, методе погодне за анализу неправилних геометрија и предмета израђених од разних материјала, што је често случај у инжењерској пракси и применама. Дакле, принципи поставке експерименталних мерења и добијени резултати, које је кандидат приказао су практично применљиви и на основу њих је могућ развој нове методологије за испитивање механичких карактеристика комплексних геометријских структура, укључујући реално праћење понашања материјала, при чему је могућа примена методологије и у другим инжењерским апликацијама.

Показана је применљивост нумеричких модела на анализе померања, деформација и напона кућишта равног запорног вентила проузрокованих деловањем унутрашњег притиска и аксијалне силе. Резултати нумеричких симулација сложене геометријске структуре кућишта равног запорног вентила верификовани су поређењем са експерименталним резултатима. Одступања експерименталних и нумеричких резултата за посматране величине (померања у Y правцу и Мизесове деформације) за карактеристична мерна места на кућишту вентила су у одговарајућим границама тачности за инжењерску примену.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације кандидат је показао способност за самостални научни рад. Анализом постављених претпоставки и експерименталних резултата приказаних у тези, кандидат је показао да је у стању да самостално решава научне проблеме, као и да успешно влада научним и истраживачким методама. Поседује широко радно и истраживачко искуство, као и потребно теоријско знање за даљи успешан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ оствареног научног доприноса

Коначан резултат и основни научни допринос истраживања спроведених у оквиру дисертације јесте систематски приказ и потпуно разумевање понашања кућишта равног запорног вентила оптерећеног унутрашњим притиском и аксијалном силом.

Остварени научни допринос докторске дисертације „Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре”:

- Анализирана су и објашњена поља померања, деформација и напона геометријски комплексних структура, што је спроведено на кућиштима равних запорних вентила која у геометријском смислу представљају спој цилиндра и сфере. Анализа је спроведена у симулираним радним условима (оптерећење унутрашњим притиском и аксијалном силом). Од посебне је важности истаћи да су експериментално измерене вредности поља померања и деформација, осим на цилиндричном и сферном делу, и на споју сфере и цилиндра, што досадашњим експерименталним методама није било могуће, односно није било података у доступној литератури
- Експерименталном и регресионом анализом су одређене функционалне зависности померања/деформација и дужине карактеристичних пресека за дефинисане пресеке на кућишту равних запорних вентила;
- дефинисана је методологија испитивања, односно систем процедура, која укључује примену тродимензионалне оптичке анализе за добијање вредности деформација и померања геометријски комплексних објеката, поља деформација материјала и угаоних померања у току оптерећивања.
- Показано је да вредности померања и Мизесових деформација кућишта вентила оптерећеног аксијалном силом имају линеаран пораст .
- Развијени су оригинални тродимензионални нумерички модели кућишта вентила и употребом одговарајућег МКЕ софтвера добијени су и објашњени резултати понашања кућишта под дејством оптерећења.
- Верификовани су тродимензионални нумерички модели упоредном анализом са експерименталним резултатима; применом верификованих нумеричких модела извршена је анализа напона.
- Утврђена су критична места са аспекта напона и деформација на кућишту равног запорног вентила. Такође су за критична места одређене вредности фактора концентрације напона.
- Показано је да се коришћењем конвенционалних поступака прорачуна кућишта добијају знатно веће вредности дебљине зида кућишта вентила, тј. да је дебљина зида кућишта вентила предимензионисана.
- Развијене су процедуре и научне методе на основу технике испитивања које обухватају операције пре испитивања (дефинисање облика и димензија предмета испитивања, припрема за испитивање, припрема мерне површине узорака, стезање, позиционирање, подешавање сензорске јединице, калибрација система, избор услова испитивања, мерење пре испитивања, ...), операције у току испитивања (провере пре пуштања апарата у рад, мерење у току рада...), операције после испитивања (дефинисање координантиних оса, одређивање почетних тачака...) и обрада резултата (дефинисање поља највећих померања и деформација, визуализација вектора померања...).
- Резултати добијени 3Д безконтактном квалитативном и квантитативном анализом деформација и померања дају реалнији увид у понашање геометријски комплексних структура, односно равног запорног вентила подвргнутим различитим врстама оптерећења. Добијени резултати и развијене методе отварају нови простор за даље систематско испитивање и других геометријски комплексних структура које нису погодне за примену других конвенционалних метода.
- Развијање нових процедура испитивања и њихова примена на анализу померања, деформација и напона кућишта доприносе повећању поузданости кућишта индустријског вентила, смањењу масе, уштеди материјала као и енергије утрошене на производњу индустријских вентила што непосредно утиче на његову еколошку прихватљивост и нижу цену, а самим тим и на повећање његове конкурентности на тржишту.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа литературе и сагледавања постојећих решења из области дисертације, констатујемо да су решења добијена у тези оригинална и значајна, те да су применљива у пракси. Такође, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у дисертацији можемо закључити да су пружени одговори на сва битна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Нумеричке и експерименталне методе коришћене у овом раду пружиле су одговоре на многа питања која су од пресудног значаја у процесу истраживања геометријски комплексне структуре – кућишта равног запорног вентила. Методологија која је коришћена за експериментална мерења и добијени резултати које је кандидат приказао су практично применљиви, пошто отварају могућност за даља иновативна систематска испитивања и других типова геометријски комплексних структура са којима се инжењери сусрећу у свакодневној пракси.

4.4. Верификовани научни доприноси

Научни допринос докторске дисертације је верификован радовима објављеним у часописима и саопштеним на конференцијама током вишегодишњег истраживања:

Научни радови

Међународни часописи

2011

Milosevic M., Miletic V., Mitrovic N., Manojlovic D., Savic-Stankovic T., Maneski T.: “Measurement of local deformation fields in dental composites using 3D optical system”, *Chemicke Listy* 105, s751 - s753, 2011. **(M23)**

Jovicic R., Sedmak A., Colic K., Milosevic M., Mitrovic N.: “Evaluation of the local tensile properties of austenite-ferrite welded joint”, *Chemicke Listy* 105, s754 - s757, 2011. **(M23)**

Miletic V., Manojlovic D., Milosevic M., Mitrovic N., Savic Stankovic T., Maneski T.: “Analysis of local shrinkage patterns of self-adhering and flowable composites using 3D digital image correlation”, *Quintessence Int* 2011; 42 (9), 797-804 ISSN 0033-6572 (print) • ISSN 1936-7163 (online) **(M23)**

Tihacek-Sojic Lj., Milic-Lemic A., Tanasic I., Mitrovic N., Milosevic M., Petrovic A.: “Compressive strains and displacement in a partially dentate lower jaw rehabilitated with two different treatment modalities”, *Gerodontology*, 29 (2), 851-857, 2011. DOI: 10.1111/j.1741-2358.2011.00572.x **(M23)**

Tanasic I., Tihacek-Sojic Lj., Milic-Lemic A., Mitrovic N., Mitrovic R., Milosevic M., Maneski T.: Analysing Displacement in the Posterior Mandible using Digital Image Correlation Method, *J Biochip Tissue chip* S1:006, 2011. ISSN:2153-0777. DOI: 10.4172/2153-0777. S1-006 **(M24)**

Tanasic I., Tihacek-Sojic Lj., Milic-Lemic A., Mitrovic N., Milosevic M., Mitrovic R. and Maneski T.: Strain Behavior in the Restored Edentulous Mandible Bone, *J Bioengineer & Biomedical Sci* 2:107, 2011, doi:10.4172/2155-9538.1000107; ISSN: 2155-9538 **(M24)**

2012

Tanasic I., Milic Lemic A., Tihacek-Sojic Lj., Stancic I., Mitrovic N.: “Analysis of the compressive strain below the removable and fixed prosthesis in the posterior mandible using a digital image

correlation method“, Biomechanics and Modeling in Mechanobiology, 11, 751-758, 2012 IF: 3.269 DOI: 10.1007/s10237-011-0348-5 **(M21)**

Tanasic I., Tihacek-Sojic Lj., Milic Lemic A., Djuric M., Mitrovic N., Milosevic M., Sedmak A.: “Optical aspect of deformities analysis in the bone-denture complex“, Collegium Antropologicum, vol. 36, issue 1, 173-178, 2012 **(M22)**

Milosevic M., Mitrovic N., Jovicic R., Sedmak A., Maneski T., Petrovic, A., Aburuga, T.: Measurement of local tensile properties of welded joint using Digital Image Correlation method, Chemicke Listy 106, s485 – s488, 2012. **(M23)**

Mitrovic N., Milosevic M., Momcilovic, N., Petrovic, A., Sedmak A., Maneski T., Zrilic, A.: Experimental and numerical analysis of local mechanical properties of globe valve housing, Chemicke Listy 106, s491 – s494, 2012. **(M23)**

Sedmak A., Milosevic M., Mitrovic N., Petrovic A., Maneski T.: “Digital image correlation in experimental mechanical analysis“, Structural Integrity and Life, Vol.12, No1, 39–42, 2012. **(M24)**

Djeric A., Nikolic J., Mitrovic N., Balac M., Petrovic A.: “Comparative display of calculation and result analysis for pressure vessels according to Serbian and European standards - cylindrical shells“, Structural Integrity and Life, vol 12, No 3, 197-200, 2012. **(M24)**

Домаћи часописи

2008

Mitrović N., Petrović A., Pavićević S.: „Procedure i postupci za dobijanje CE znaka za kućne zagrejače vode – bojlere“, YUSQ ICQ 2008 – International Journal, Total Quality Management & Excellence, Vol 36, No. 4, str 39-43, 2008. **(M53)**

2009

Mitrović N., Milošević M., Petrović A.: „Uporedni prikaz metodologija proračuna i analiza rezultata za posude pod pritiskom prema srpskim i svetskim standardima – danca“, YUSQ ICQ 2009 – International Journal, Total Quality Management & Excellence, Vol 37, No. 1-2, str 387-392, 2009. **(M53)**

Mitrović N., Milošević M., Petrović A.: „Analiza proračuna delova posuda pod pritiskom prema srpskim i svetskim standardima, Deo 1: Danca“, Procesna tehnika, broj 1, godina 21, str 26-29, Beograd, jun 2009. **(M53)**

Mitrović N., Petrović A.: „Procedure ispitivanja posuda pod pritiskom prema EN 13445-5:2002“, Procesna tehnika, broj 1, godina 21, str 30-33, Beograd, jun 2009. **(M53)**

2010

Petrović A., Milošević M., Mitrović N.: „Uporedni prikaz dimenzionisanja ravnog zapornog ventila prema postojećim i EN standardima“, YUSQ ICQ 2010 – International Journal, Total Quality Management & Excellence, Vol 38, No. 1, str 324-331, 2010. **(M53)**

Mitrović N., Petrović A., Tomović A.: „Analiza proračuna delova posuda pod pritiskom prema srpskim i svetskim standardima, Deo 3: Konusni omotači“, Procesna tehnika, broj 1, godina 22, str. 24-27, Beograd, 2010 **(M53)**

2011

Mitrovic N., Milosevic M., Sedmak A., Petrovic A., Prokic-Cvetkovic R.: „Application and Mode of Operation of Non-Contact Stereometric Measuring System of Biomaterials“, FME Transactions, Vol. 39, No 2, page 55-60, 2011 **(M51)**

Међународне конференције

2010

Tawengi A.S., Sedmak A., Grabulov V., Mitrovic N.: „Weldability and cold cracking problems in NA-XTRA M70 steel“, ISIM Innovative technologies for joining advanced materials, 234-238, Timisoara, Romania, June 2010. **(M33)**

Mitrovic N., Milosevic M., Colic K., Hut I., Tanasic I., Petrovic A., Sedmak A.: „Use of non-contact stereometric system to measure mechanical properties of biomaterials“, Yucomat 2010 – twelfth annual conference, 95, Herceg Novi, Montenegro, September 2010. **(M34)**

Manojlovic D., Miletic V., Milosevic M., Mitrovic N., Dzindo E., Sedmak A.: „Non-contact optical 3D deformation measurement of polymerization shrinkage of resin-based composites using digital image correlation“, Yucomat 2010 – twelfth annual conference, 96, Herceg Novi, Montenegro, September 2010. **(M34)**

Janjus Z., Petrovic A., Ilic P., Mitrovic N., Milosevic M., Jovovic A., Prokic-Cvetkovic R.: „Analysis of hardness properties for polypropylene specimens with the addition of glass powder“, Yucomat 2010 – twelfth annual conference, 163, Herceg Novi, Montenegro, September 2010. **(M34)**

2011

Milosevic M., Mitrovic N., Sedmak A.: “Digital Image Correlation Analysis of Biomaterials”, 15th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2011, 421-425, Poprad, Slovakia, June 23–25, 2011, ISBN: 978-1-4244-8955-8, IEEE Catalog Number: CFP11/ES-CDR, DOI: 10.1109/INES.2011.5954784 **(M33)**

Milosevic M., Mitrovic N., Tanasic I., Ezdenci A., Tihacek-Sojic Lj., Maneski T., Colic K.: “3D strain analysis of restored lower jaw with total denture using optical measuring system”, DAS 2011 – 28th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, 101-102, Siofok, Hungary, 28 September-01 October, 2011, ISBN:978-963-9058-32-3 **(M34)**

Mitrovic N., Milosevic M., Momcilovic N., Sedmak A., Petrovic A., Maneski T.: “Experimental – digital image correlation method and numerical simulation of standard globe valve housing”, DAS 2011 – 28th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, 103-104, Siofok, Hungary, 28 September-01 October, 2011, ISBN:978-963-9058-32-3 **(M34)**

Miletic V., Manojlovic D., Savic Stankovic T., Milosevic M., Mitrovic N.: “Digital image correlation study on polymerization shrinkage of resin-based composites“, Journal of Dental research, Res 90(Spec Iss B):314 (DIV/CED), 2011 (www.dentalresearch.org) **(M34)**

2012

Milošević, M., Mitrović, N., Miletić, V., Manojlović, D., Savić-Stanković, T., Maneski, T.: Optimization of polymerization shrinkage analysis of dental composites using a 3D optical method in extracted teeth, Yucomat 2012 – fourteenth annual conference, 118, Herceg Novi, Montenegro, September 2012. **(M34)**

Mitrović, N., Milošević, M., Tanasić, I., Tihacek-Šojić, Lj., Sedmak, A., Petrović, A., Maneski, T.: Dental in vitro experiments using 3D Digital Image Correlation method, Yucomat 2012 – fourteenth annual conference, 119, Herceg Novi, Montenegro, September 2012. **(M34)**

Maneski T., Petrović A., Milošević M., Mitrović N., Momčilović N.: Classical and modern measuring methods in experimental analysis of g – beam structure, DAS 2012 – 29th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, 234-237, Belgrade, Serbia, 2012, ISBN: 978-86-7083-762-1. **(M33)**

Milosevic M., Mitrovic N., Sedmak A., Manojlovic D., Momcilovic N., Miletic V.: Procedure Development for Standardized Tooth Cavity Preparation for in Vitro Research Purposes, 2nd International Conference on Manufacturing Engineering & Management, 109-112, 2012. ISBN 978-80-553-1216-3 **(M33)**

Домашње конференције

2009

Maneski T., Milošević M., Mitrović N.: „Mogućnosti primene optičkih merenja deformacija u procesnoj tehnici“, Procesing 2009 – 22. kongres o procesnoj industriji, Beograd, 2009. **(M63)**

2010

Milošević M., Petrović A., Mitrović N., Momčilović N.: „Analiza napona i deformacija ravnih zapornih ventila“, Procesing 2010 – 23. kongres o procesnoj industriji, Tara, 2-4.jun, 2010. **(M63)**

2011

Momčilović N., Petrović A., Mitrović N., Milošević M.: „Numerička analiza deformacija i napona ravnog zapornog ventila opterećenog na spoljašnji aksijalni pritisak“, Procesing 2011 – 24. kongres o procesnoj industriji, Fruška gora, 1-3.jun, 2011. **(M63)**

2012

Mitrović N., Milošević M., Momčilović N., Maneski T., Mišković Ž.: „Eksperimentalna analiza deformacija i pomeranja kućišta ravnog zapornog ventila opterećenog na spoljašnji aksijalni pritisak“, Procesing 2012 – 25. kongres o procesnoj industriji, Beograd, Srbija, 7-8.jun, 2012. **(M63)**

Монографија

Митровић, Н. и група аутора: „Оцењивање усаглашености производа – развој инфраструктуре“, Институт за нуклеарне науке Винча, Машински факултет Београд, Београд, 2009. **(M42)**

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом **„Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре”** кандидата Ненада Митровића, дипл. инж. маш., Комисија за оцену и одбрану 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. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана проблематика веома актуелна у научној јавности, констатује се да је кандидат Ненад Митровић, дипл. инж. маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Кандидат је дошао до оригиналних резултата који су и верификовани, што им обезбеђује велику применљивост у овој атрактивној области.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да теза представља оригинални научни рад са научним доприносом у области машинства, Процесна техника, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату Ненаду Митровићу, дипл. маш. инж. одобри одбрану докторске дисертације под називом **„Напони и деформације структура комплексне геометрије цевоводне арматуре”**, када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

Београд, 17. 01. 2013. год.

Чланови Комисије за оцену и одбрану:

Проф. др Александар Петровић - ментор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

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

Проф. др Србислав Генић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

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

Проф. др Милорад Зрилић,
Универзитет у Београду, Технолошко
металуршки факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:128/3
Датум: 24.01.2013.
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 12.2 Статута Машинског факултета Универзитета у Београду и члана 37. Правилника о докторским студијама, Наставно-научно веће на седници одржаној 24.01.2013. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео НЕНАД МИТРОВИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „НАПОНИ И ДЕФОРМАЦИЈЕ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ ЦЕВОВОДНЕ АРМАТУРЕ“

II Универзитет је дана 04.06.2012. године, својим актом број 06-18938/18-12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја (извор КОБСОН):

1. Milosevic M., Miletic V., Mitrovic N., Manojlovic D., Savic-Stankovic T., Maneski T.: "Measurement of local deformation fields in dental composites using 3D optical system", Chemicke Listy 105, 751 - 753, 2011. **(M23)**
2. Jovicic R., Sedmak A., Colic K., Milosevic M., Mitrovic N.: "Evaluation of the local tensile properties of austenite-ferrite welded joint", Chemicke Listy 105, 754 - 757, 2011. **(M23)**
3. Miletic V., Manojlovic D., Milosevic M., Mitrovic N., Savic Stankovic T., Maneski T.: "Analysis of local shrinkage patterns of self-adhering and flowable composites using 3D digital image correlation", Quintessence Int 2011; 42 (9), 797-804 ISSN 0033-6572 (print) • ISSN 1936-7163 (online) **(M23)**
4. Tihacek-Sojic Lj., Milic-Lemic A., Tanasic I., Mitrovic N., Milosevic M., Petrovic A.: "Compressive strains and displacement in a partially dentate lower jaw rehabilitated with two different treatment modalities", Gerodontology, 29 (2), 851-857, 2011. DOI: 10.1111/j.1741-2358.2011.00572.x **(M23)**
5. Tanasic I., Milic Lemic A., Tihacek-Sojic Lj., Stancic I., Mitrovic N.: "Analysis of the compressive strain below the removable and fixed prosthesis in the posterior mandible using a digital image correlation method", Biomechanics and Modeling in Mechanobiology, 11, 751-758, 2012 IF: 3.269 DOI: 10.1007/s10237-011-0348-5 **(M21)**
6. Tanasic I., Tihacek-Sojic Lj., Milic Lemic A., Djuric M., Mitrovic N., Milosevic M., Sedmak A.: "Optical aspect of deformities analysis in the bone-denture complex", Collegium Antropologicum, vol. 36, issue 1, 173-178, 2012 **(M22)**

7. Milosevic M., Mitrovic N., Jovicic R., Sedmak A., Maneski T., Petrovic, A., Aburuga, T.: Measurement of local tensile properties of welded joint using Digital Image Correlation method, Chemicke Listy 106, 485 – 488, 2012. **(M23)**
8. Mitrovic N., Milosevic M., Momcilovic, N., Petrovic, A., Sedmak A., Maneski T., Zrilic, A.: Experimental and numerical analysis of local mechanical properties of globe valve housing, Chemicke Listy 106, 491 – 494, 2012. **(M23)**

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за процесну технику и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић