

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ			
ПРИМЉЕНО	14. 11. 2011		
Орг. јед.	Број	Правил.	Вредност
	01-1/3048		

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Извештај комисије за оцену писаног дела и усмену одбрану докторске дисертације кандидата мр Драгана Тарановића, дипл. ел. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу бр. 01-1/2633-4од 18.10.2012. именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Драгана Тарановића, дипл. ел. инж. под насловом:

### **„Моделирање мерне инсталације за нестандартна испитивања клипних компресора моторних возила“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности Кандидата и теме за докторску дисертацију која је одобрена за израду одлуком Машинског факултета у Крагујевцу (сада Факултета инжењерских наука) бр. 01-1/967-16 од 21.04.2011.годинеа на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

## ИЗВЕШТАЈ

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

Докторска дисертација кандидата мр Драгана Тарановића, дипл. ел. инж., под насловом „МОДЕЛИРАЊЕ МЕРНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ ЗА НЕСТАНДАРДНА ИСПИТИВАЊА КЛИПНИХ КОМПРЕСОРА МОТОРНИХ ВОЗИЛА“ представља резултат научно-истраживачког рада Кандидата у актуелној тематској области која се односи на моделирање радних процеса у клипним компресорима и моделирању и реализацији мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, дисертација представља јединствен научни рад.

Кандидат је извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата компетентних истраживача, који се односе на област истраживања ове докторске дисертације и на основу компаративних предности и

недостатака појединих коришћених приступа, метода, модела, у светлу актуелних проблема, конкретизовао циљеве сопствених истраживања.

Предмет изучавања докторске дисертације је моделирање и реализација мерне инсталације за нестандартна испитивања клипних компресора моторних возила јер нестандартна испитивања клипних компресора захтевају специфичну мерну инсталацију која може да омогући како статичка тако и динамичка мерења карактеристичних параметара клипних компресора. Неадекватна мерна инсталација поред грешака у мерењима може да онемогући мерење динамичких промена параметара па чак и да својом нетранспарентношћу утиче на рад клипних компресора и да услови формирање погрешних закључака из резултата испитивања. Неадекватан елемент инсталације може да поквари карактеристике целе мерне инсталације док елемент са предимензионираним карактеристика може да подигне цену израде инсталације. Претходним моделирањем и симулацијом мерне инсталације избегава се реализација неадекватне мерне инсталације која води ка неадекватним резултатима испитивања или непотребним трошковима.

Мотивација за ова истраживања лежи у чињеници да је пре реализације сваке мерне инсталације неопходно познавати могућности те инсталације у односу на жељене карактеристике. Моделирање мерне инсталације представља комплексан проблем који залази у више области науке и технике захтевајући истовремено познавање објекта испитивања (у овом случају клипни компресор). Томе се врло често приступа некритички јер се посматрају само мерења на објекту испитивања а не посматра се утицај и карактеристике мерног система.

Допринос докторске дисертације предметној научној области огледа се у:

- реалном сагледавању актуелне проблематике при реализацији мерних инсталација за испитивање клипних компресора;
- свеобухватној анализи остварених мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора као и клипних компресора у смислу идентификације физичких и функционалних спрега релевантних за овај сегмент истраживања;
- развоју јединствених физичко-математичких модела клипног компресора и мерне инсталације за нестандартна испитивања клипних компресора;
- пројектовању и реализацији мерне инсталације;
- експерименталној верификацији развијених математичких модела клипног компресора и мерне инсталације за нестандартна испитивања клипних компресора;
- развој оригиналне методе испитивања клипних компресора.

## **2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада Кандидата у одговарајућој области**

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата мр Драгана Тарановића, дипл. ел. инж., под насловом „МОДЕЛИРАЊЕ МЕРНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ ЗА НЕСТАНДАРДНА ИСПИТИВАЊА КЛИПНИХ КОМПРЕСОРА МОТОРНИХ ВОЗИЛА“ представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у области истраживања клипних компресора и моделирања мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора. Кандидат је тему обрадио студиозно, користећи при томе теоријске основе научних дисциплина релевантних за ову проблематику. Критички су анализирани и вредновани бројни радови који разматрају и користе савремене методе и приступе за теоријско-експериментална истраживања клипних компресора моторних возила и мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру ове дисертације огледа се, између осталог, у следећим елементима:

- Увидом у релевантне радове, Кандидат је закључио да је научној и стручној јавности предложен низ приступа у циљу моделирања клипних компресора и моделирања мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора који се међусобно битно разликују.
- У дисертацији је развијен модел за симулацију радних процеса и динамичко понашање клипних компресора. Модел клипног компресора је коришћен као оптерећење примоделирању и симулацији мерне инсталације за нестандартна испитивања компресора.
- Развијен је модел мерне инсталације за испитивање клипних компресора који садржи пет међусобно повезаних блокова и извршена је симулација рада мерне инсталације.
- На основу резултата моделирања клипног компресора и моделирања мерне инсталације извршен је критички избор сензора и мерних инструмената да би се формирала одговарајућа мерна структура.
- Кандидат је испољио оригинални приступ при формирању мерно-управљачког система мерне инсталације користећи сопствено инжењерско искуство.
- Оригинално пројектована и реализована мерна инсталација је базирана на сопствено развијеном моделу.
- На основу експерименталних резултата извршена је верификација модела формираних у дисертацији и утврђено је добро слагање експерименталних резултата са резултатима симулације.

### **3. Преглед остварених резултата рада Кандидата у одређеној научној области**

Мр Драган Тарановић, дипл. ел. инж. је рођен је 24.08.1956. године у Земуну. Основну школу "21.октобар" уписао је 1963.године а завршио 1971.године као носилац дипломе "Вук Караџић".Прву крагујевачку гимназију уписао је 1971.године а завршио 1975. године као носилац дипломе "Вук Караџић" и матурант генерације.

Електротехнички факултет у Београду, Одсек за електронику, уписао је 1975. године а исти завршио у року 1980. године на смеру за Аутоматско управљање са просечном оценом 8,57.

Последипломске студије завршио је на Машинском факултету у Крагујевцу одбраном магистарске тезе "Аналогни електронски систем за управљање функцијама карбураторског мотора" 1995.године.

У периоду 1980-1983.радио је у РО "Филип Кљајић" а у периоду 1983-1991. радио у РО "Елвод" на месту начелника развоја електронике.

Од 01.02.1991.је у радном односу на Машинском факултету у Крагујевцу.Као асистент радио је на предметима Аутоелектроника, Теорија и техника мерења, Електричне иелектронске компоненте САУ, Мерни системи и технике, Компоненте САУ II, Мехатроника МВМ, Архитектура рачунарских система, Информатика у саобраћају и Електрични и серво уређаји МВМ. На Природноматематичком факултету у Крагујевцу, одсек Физика, држао је вежбе из предмета Физичке технике у производњи.

Самостално или као члан тима пројектовао је и увео у серијску производњу више нових производа из области аутоматског управљања, примене електронике на моторним возилима и моторима и медицинске електронике. Аутор и коаутор је више техничких решења.

Добитник је златне медаље са ликом Николе Тесле, на 29. Међународној изложби проналазака, нових технологија и индустријског дизајна „Проналазаштво –Београд 2009.

Учествовао је у реализацији 12 домаћих и 3 међународна пројекта. Појављује се као аутор и коаутор у 77 научно-стручних радова из научних области Моторна возила и Аутоматика и мехатроника од којих су за овај извештај релевантни радови:

1. Radivoje B. PEŠIĆ, Aleksandar Lj. DAVINIĆ, **Dragan S. TARANOVIĆ**, Danijela M. MILORADOVIĆ, Snežana D. PETKOVIĆ, Experimental determination of double vibe function parameters in diesel engines with biodiesel, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, vol. 14 (2010), No. Suppl., pp. 207-218, DOI:10.2298/TSCI100505069P(M23)
2. Pešić Radivoje B., Davinić Aleksandar Lj., Petković Snežana D., **Taranović Dragan S.**, Miloradović Danijela M., Aspects of volumetric efficiency measurement for reciprocating engines, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, 2012. OnLine-First Broj 00, Stranice: 153-153, DOI:10.2298/TSCI120531153P(M23)

при чему треба издвојити и следеће радове који се директно односе на тему ове докторске дисертације:

1. A. Davinić, **D. Taranović**, R. Pešić: Installation for air compressors testing and tribological tests of IC engines, *Mobility & Vehicle Mechanics - International Journal for Vehicle Mechanics, Engines and Transportation Systems*, pp. 151-165, ISSN 1450-5304, 2004.(M52)
2. **Д. Тарановић**, А. Давинић, Р. Пешић: Методе испитивања клипних компресора, *Конгрес Метролога 2005*, Београд, 2005, 18-20 мај, pp. 223-231, ISBN 86-7518-050-0, (M63)
3. R. Pešić, A. Davinic, S. Petkovic, **D. Taranovic**, D. Miloradovic: Volumetric efficiency-problems in experimental determination, *Proceeding (Radonjić D., Pešić R.) International Congress Motor Vehicles & Motors 2010*, Kragujevac 7th-9th October 2010., ISBN 978-86-86663-57-3, pp. 442- 451.(M33)
4. **Д. Тарановић**, Р. Пешић, Ј. Лукић, А. Давинић: Мерна инсталација за мерење карактеристика клипних компресора трактора, *Трактори и погонске машине*, ISSN 0354-9496(2011) Vol.16, No. 4, стр. 20-26. (M52)
5. **D. Taranović**, R. Pešić, J. Lukić, A. Davinić: Test bench for non-standard measurement characteristics of reciprocating compressor, *X Anniversary International Conference on accomplishments in electrical, mechanical and information engineering DEMI 2011*, Proceeding ISBN 978-99938-39-36-1 (Editor in Chief G. Globočki-Lakić), Banja Luka, may 2011, pp.759-764.(M33)
6. D. Radonjić, R. Pešić, **D. Taranović**, A. Davinić: Possibilities for use of simulation models in research of angular speed variations of IC engine's crank shaft, *Proceeding (Pešić R., Lukić J.) International Congress Motor Vehicles & Motors 2012*, Kragujevac 3<sup>rd</sup> -5<sup>th</sup> October 2012, ISBN 978-86-86663-91-7, pp.76- 86.(M33)
7. D. Ninković, **D. Taranović**, S. Milojević, R. Pešić: Modelling valve dynamics and flow in reciprocating compressors – a survey, *Proceeding (Pešić R., Lukić J.) International Congress Motor Vehicles & Motors 2012*, Kragujevac 3<sup>rd</sup> -5<sup>th</sup> October 2012, ISBN 978-86-86663-91-7, pp.113- 125.(M33)
8. D. Ninković, **D. Taranović**, S. Milojević, R. Pešić: A review of models for predicting instantaneous heat exchange between the gas and cylinder in reciprocating compressors, *Proceeding (Pešić R., Lukić J.) International Congress Motor Vehicles & Motors 2012*, Kragujevac 3<sup>rd</sup> -5<sup>th</sup> October 2012, ISBN 978-86-86663-91-7, pp. 126- 136.(M33)

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

Докторска дисертација кандидата мр Драгана Тарановића, дипл. ел. инж. под насловом „МОДЕЛИРАЊЕ МЕРНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ ЗА НЕСТАНДАРДНА ИСПИТИВАЊА КЛИПНИХ КОМПРЕСОРА МОТОРНИХ ВОЗИЛА“ одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу (сада Факултета инжењерских наука) и Стручног већа Универзитета у Крагујевцу.

По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Прикупљене и обрађене информације и резултати у оквиру ове докторске дисертације изложени су на 146 страна, у 8 поглавља и са једним прилогом:

1. Уводна разматрања
2. Клипни компресори моторних возила
3. Испитивање клипних компресора
4. Моделирање мерне инсталације за нестандартна испитивања клипних компресора
5. Реализација мерне инсталације за нестандартна испитивања клипних компресора
6. Верификација мерне инсталације за нестандартна испитивања клипних компресора
7. Закључна разматрања
8. Литература

##### Прилог 1

Дисертација садржи 104 слика, 12 табела. У раду је коришћена литература новијег датума на српском, енглеском и руском језику. Цитирано је укупно 85 библиографских наслова.

У првом поглављу су дати разлози за реализацију мерне инсталације за нестандартна испитивања клипних компресора као и методологија за њену реализацију. Реализација мерне инсталације је подељена на етапе од којих централну улогу имају етапе које се баве моделирањем и симулацијом. У наставку је направљен преглед литературе да би се сагледало тренутно стање у примени стандардних и нестандартних мерних инсталација као и стање мерних и управљачких елемената који се користе у мерним инсталацијама.

Друго поглавље садржи оригинално развијени математички модел клипног компресора. Модел описује све фазе рада компресора (усисавање, компресију, издувавање, ширење) помоћу термодинамичких релација али при томе узима у обзир и динамику вентила, струјање ваздуха кроз вентиле и размену топлоте између ваздуха и зида цилиндра. Симулација рада компресора према математичком моделу у динамичким и стационарним условима урађена у програмском пакету MatLab је дала добро слагање са литературним резултатима. У овом поглављу је изабран референтни клипни компресор чије карактеристике су коришћене при симулацијама а који се касније користи за верификацију мерне инсталације.

У трећем поглављу је направљена анализа значајних параметра клипних компресора које је потребно испитивати. Затим је извршена анализа прописа који прате стандардна испитивања клипних компресора а посебно за компресоре на моторним возилима као и мерне инсталације које дефинишу ти стандарди. На крају поглавља је направљена анализа постојећих мерних инсталација за испитивање компресора за стандардна и нестандартна испитивања.

У четвртом поглављу је мерна инсталација подељена на пет блокова који су посебно анализирани и моделирани. Блокови који чине мерну инсталацију су: погонски блок, блок објекта испитивања, блок за оптерећивање објекта испитивања, блок за обезбеђење радних услова објекта испитивања и блок за управљање, мерење и обраду података. Посебна пажња је дата моделирању и симулацији погонског блока чији су кључни делови трофазни асинхрони мотор, фреквенцијски регулатор и замајац. На основу резултата моделирања и анализа обављених у другом и трећем поглављу извршен је избор и моделирање сензора и мерних уређаја који треба да се користе у мерној инсталацији. На основу резултата моделирања направљене су шеме електричне инсталације.

У петом поглављу дат је приказ како је реализована мерна инсталација. За све сензоре и мерне инструменте направљене су калибрационе криве и дате одговарајуће аналитичке зависности да би се омогућила једноставна обрада резултата мерења у различитим програмским пакетима. Мерење, аквизиција података, обрада података и управљање радом мерне инсталације се врши помоћу програмског пакета LabView у коме су направљене посебне, оригиналне апликације.

У шестом поглављу је дат приказ мерења која су извршена на референтном клипном компресору помоћу мерне инсталације за испитивање компресора. Верификоване су карактеристике мерне инсталације а затим карактеристике клипног компресора упоређењем са резултатима симулација. Упоређењем резултата мерења и резултата симулација утврђено је добро слагање резултата чиме је верификована мерна инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора моторних возила.

У седмом поглављу су сумирани постигнути резултати и изведени одговарајући закључци. Као посебан одељак у овом поглављу дати су изгледи и побуде за даља истраживања.

У осмом поглављу дат је библиографских приказ литературе која је коришћена у докторској дисертацији.

У прилогу су дате електричне шеме по којима је реализована мерна инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора.

## **5. Научни резултати докторске дисертације**

Кандидат мр Драган Тарановић, дипл. ел. инж.у оквиру докторске дисертације извршио је систематизацију постојећих теоријских и експерименталних знања и искустава у области истраживања клипних компресора и моделирања мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора. Кроз реализацију рада на дисертацији, Кандидат је дошао до одређених резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу. Најважнији научни резултати докторске дисертације су следећи:

- Потврђен је значај и актуелност истраживања клипних компресора и моделирања мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора, имајући у виду трендове развоја у складу са савременим тенденцијама.
- На основу анализе постојећих теоријских и експерименталних знања и сопствених истраживања Кандидата, извршено је формирање модела и симулација радног процеса и динамичког понашања клипног компресора.
- На основу анализе постојећих теоријских и експерименталних знања и сопствених истраживања Кандидата, извршено је формирање модела и симулација динамичког понашања мерне инсталације.

- Пројектована је и реализована мерна инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора моторних возила на основу оригиналног научног и инжењерског приступа. Мерна инсталација садржи мерну структуру која одговара поменутиим физичко-математичким моделима.
- Коришћењем реализоване мерне инсталације добијени су експериментални подаци који су обезбедиле верификацију претходно формираних модела компресора и саме мерне инсталације.
- Формирана је методологија и техничка документација за моделирање и реализацију сличних мерних инсталација.

## **6. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси**

Резултати истраживања у оквиру предметне докторске дисертације примењиви су и корисни у теорији и пракси.

Модел клипног компресора у целини, као и делови модела, може се користити за анализу рада сличних компресора.

Модел погонског блока мерне инсталације може да се користи за испитивање динамичког понашања трофазних асинхроних мотора који се напајају електричном енергијом помоћу фреквенцијског регулатора.

Развијене методе за експерименталну верификацију мерне инсталације могу да се примене код стандардних и нестандартних испитивања клипних компресора и машина које раде на сличним принципима.

Техничка документација која прати реализацију мерне инсталације може да се користи за реализацију сличних мерних инсталација.

Реализована мерна инсталација постала је одељак Лабораторије за моторе СУС Факултета инжењерских наука и може се користити за истраживања компресора, мотора СУС и триболошка испитивања.

## **7. Начин презентирања резултата научној јавности**

Део научних резултата ове дисертације је публикован и верификован објављивањем у међународним домаћим научним часописима, али и кроз радове објављене на међународним и домаћим конференцијама.

С обзиром да су истраживања и реализација докторске дисертације обављени у оквиру истраживања при реализацији пројекта технолошког развоја TP35041 неки аспекти реализованог научно-истраживачког рада су делимично представљени домаћој стручној јавности путем досадашње презентације пројекта а планирано је објављивање дела резултата истраживања у оквиру даље презентације пројекта.

Комисија сматра да истраживања и резултати докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даљу презентацију на међународним и домаћим научним скуповима и у међународним и домаћим високо ранжираним часописима који се баве проблематиком истраживања клипних компресора и мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора.

На основу изложеног, комисија доноси следећи:

## **ЗАКЉУЧАК**

Урађена докторска дисертација одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу (сада Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу).

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

У току израде дисертације, кандидат мр Драган Тарановић, дипл. ел. инж. је самостално дошао до оригиналних научних резултата који су приказани у докторској дисертацији и представљају значајан допринос области истраживања клипних компресора и моделирања мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способност системског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање и лично искуство, показао способност да сложеној проблематици из више области науке и технике приступи свеобухватно, у циљу дефинисања интегративних закључака и добијања конкретних и апликативних резултата.

На основу свега претходно наведеног, комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Драгана Тарановића, дипл. ел. инж. једногласно је закључила да докторска дисертација под називом:

### **„МОДЕЛИРАЊЕ МЕРНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ ЗА НЕСТАНДАРДНА ИСПИТИВАЊА КЛИПНИХ КОМПРЕСОРА МОТОРНИХ ВОЗИЛА“**

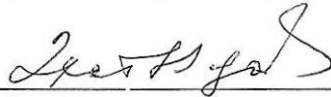
по квалитету, обиму и резултатима у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Комисија констатује да је Кандидат израдом ове докторске дисертације дао значајан допринос области истраживања клипних компресора и моделирања мерних инсталација за нестандартна испитивања клипних компресора, тако да са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука да докторску дисертацију прихвати као успешно урађен рад и да Кандидата позове на усмену јавну одбрану.

## ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

**1. Др Драгољуб Радоњић, ред. проф.**

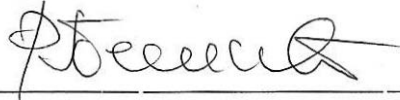
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу  
Научне области: Мотори СУС, Друмски саобраћај



---

**2. Др Радивоје Пешић, ред. проф.**

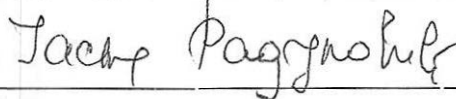
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу  
Научне области: Мотори СУС, Друмски саобраћај



---

**3. Др Јасна Радуловић, ред. проф.**

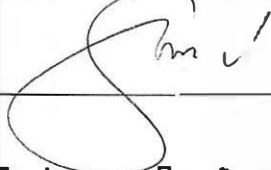
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу  
Научне области: Аутоматика и мехатроника,  
Примењена информатика и рачунарско инжењерство



---

**4. Др Снежана Петковић, ванр. проф.**

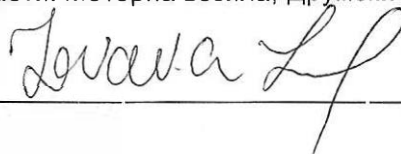
Машински факултет Универзитета у Бањој Луци  
Научна област: Мотори и возила, Опрема мотора и возила



---

**5. Др Јованка Лукић, ред. проф. - ментор**

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу  
Научне области: Моторна возила, Друмски саобраћај



---

У Крагујевцу и Бањој Луци,  
14. 11. 2012.