

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата мр Сретена Симовића, дипл. маш. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу бр. 01-1/115-10 од 26.01.2012. године именовани смо за чланове Комисије за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата мр Сретена Симовића, дипл. маш. инж. под насловом **"УТИЦАЈ СИСТЕМА ОСЛАЊАЊА НА ОПТЕРЕЋЕЊЕ И РАДНИ ВИЈЕК ТРАНСМИСИЈЕ ВОЗИЛА"**.

На основу увида у приложену докторску дисертацију, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

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

Докторска дисертација кандидата мр Сретена Симовића **„Утицај система ослањања на оптерећење и радни вијек трансмисије возила“** представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у области испитивања динамичких система путничких аутомобила, односно, ближе речено, испитивања утицаја неравнина пута на век трансмисије аутомобила. Ова дисертација представља јединствени научни рад у овој регији Европе, а отвара простор за истраживања која су мало рађена и у свету.

Радови из ове области, посебно из утицаја система ослањања на радни век елемената трансмисије веома су скромни и са ограниченим резултатима. Разлог лежи у чињеници да се до скоро у литератури указивало да су трансмисија и систем ослањања динамички распрегнути, што не одговара стварности. У досадашњем периоду систем ослањања је доминантно истраживан са становишта утицаја на комфор и удобност путника у возњи, као и у нешто мањем обиму на оптерећење путне подлоге.

У том смислу истраживања и резултати добијени у дисертацији афирмишу неоправдано запостављање истраживања о утицају система ослањања на радни век трансмисије, а он представља важан параметар квалитета возила као целине.

Кроз вишегодишњи рад на овој проблематици, кандидат је анализирао и систематизовао резултате рада других научника, тако да је закључио да постоји веома мало објављених експерименталних истраживања која се односе на успостављање функционалне везе између висина неравнина пута и трансмисије возила, нарочито њеног века. Постоји већи број радова који користе једноставан модел, изолован од битних утицаја који постоје на возилу и за које није дата експериментална потврда модела. То се нарочито односи на поједностављење комплексне еласто-пригушне карактеристике точка, до мере када се разматра круг точак. Ово има за последицу посматрање изолованог утицаја система ослањања на трансмисију, без реалне преносне функције динамичке реакција тла на трансмисију. Осим тога, у литератури нема модела којим је обухваћена интеракција између деформације пнеуматика при наиласку на неравнину и торзионог момента трансмисионог вратила. Управо тај простор је искористио кандидат да промовише оригиналну идеју да експериментално испита тај утицај и да резултате тог испитивања искористи за калибрисање и валидацију сложеног теоријског модела.

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

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата мр Сретена Симовића „Утицај система ослањања на оптерећење и радни век трансмисије возила“ представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је допринос развоју динамике возила и то у делу утицаја осцилација проузрокованих неравнинама пута на век трансмисије. Кандидат је тему обрадио полазећи од комплексне теоријске основе, како би показао и потврдио постављене циљеве и хипотезе. Критички су анализирани и процењивани научни и стручни извори у којима се обрађује ова проблематика.

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

- Полазећи од разлитих модела концепција погона путничког возила (једна или две погонске осовине), кандидат је направио математичке моделе који укључују интеракцију између неравнине подлоге и трансмисионог вратила. Ови модели су доста сложени, па је неизвесно колико резултати добијени само на основу теоријске поставке одражавају стварно стање. Због различитих упрошћења насталих у процесу моделирања, постоји отворено питање слагања резултата теоријског и експерименталног модела. Кандидат је дао одговор на ово питање развивши општи експериментални модел, симулациони модел и калибрисан, упрошћени теоријски модел, и све то проверио за једну конструктивну платформу аутомобила.
- Приликом постављања мерног ланца кандидат је развио сопствену методологију извођења експеримента.
- Кроз спроведено истраживање је дошао до закључака који су оправдали постављени циљ: испитао је утицај крутости и пригушења ослањања на оптерећење трансмисије при наиласку точка на неравнину. Експериментално снимљен дијаграм оптерећења полувратила и симулациони модел који прати овај експериментални резултат, представља допринос у смислу верификације још једне додатне компоненте торзионог момента у односу на доминантну, основну вредност, која се среће у доступним литературним изворима.

- Резултати испитивања се односе на конкретно возило, али методологија се може користити за свако путничко возило, ако се у модел унесу конструктивне специфичности ослањања или самог погона.

Неки од резултата и изведених закључака, добијених у овом раду применом системских научних метода, представљају допринос од посебног значаја у области пројектовања и прорачуна система ослањања и преноса снаге моторних возила:

- потврђена је хипотеза да карактеристике система ослањања значајно утичу на радни век елемената погонског система возила, а развијеним моделом је могуће утврдити квантитативну вредност овог утицаја,
- интегралним математичким моделом система ослањања и преноса снаге, у односу на познате моделе у овој области, уводи се напредак који се огледа у тачнијој вредности торзионог момента на погонском точку возила при преласку преко неравнине подлоге,
- резултати и закључци о утицају система ослањања на оптерећење и радни век елемената трансмисије, добијени применом теорије о акумулацији оштећења материјала и овог теоријско-експерименталног модела, омогућавају избор параметара система ослањања не само са становишта удобности вожње, управљивости и стабилност возила, већ и са становишта века елемената трансмисије; што је нарочито важно код конструкције специјалних возила која свој радни век примарно проводе на подлогама са израженим неравнинама.

Примењени теоријско-експериментални приступ обезбеђује поверење у резултате добијене калибрисаним теоријским моделом, а такође омогућава варирање параметара возила и карактеристика подлоге у широким дијапазонима.

Истраживања изведена у овом раду упућују на потребу даљих истраживања. Нека од даљих истраживања могу се вршити у циљу добијања детаљнијих података о понашању возила при преласку преко неравнина у смислу увођења ограничења хода у систему ослањања, распореда елемената у трансмисији возила, утицаја пнеуматика, услова при којима ће доћи до хаваријских оштећења и слично.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у научним областима Моторна возила и Механизација

Сретен Симовић је дипломирао. 1995. на Машинском факултету у Подгорици, на смеру за механизацију. Све време ради на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу бавећи се возилима, механизацијом, конструкцијама. Године 2002. Одбранио је магистарску тезу «Анализа динамичког понашања погонског система утоваривача», на Машинском факултету Универзитета у Београду. Ова теза је запажена у научној и стручној јавности по оригиналним експерименталним резултатима и успешном спрегом теоријског модела и експеримента.

Кандидат има објављену једну књигу, четири рада у међународним часописима, осамнаест радова на међународним скуповима и скуповима са међународним учешћем, два рада на домаћим научним скуповима. Такође, има запажене референце у области испитивања возила, техничка решења за надградње возила и одржавање механизације.

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

Докторска дисертација кандидата мр Сретена Симовића под насловом „Утицај система ослањања на оптерећење и радни век трансмисије возила“, одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу и одобреној од стране Стручног већа Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Вишегодишњи рад и оригинални резултати рада у оквиру ове докторске дисертације, изложени су на 151 страни у укупно девет поглавља и то:

1. Увод,
2. Приказ конструкционих решења и карактеристика система ослањања и система преноса снаге возила точкаша,
3. Приказ истраживања о утицају система ослањања на оптерећење и радни век трансмисије возила,
4. Експериментално испитивање динамичког понашања система ослањања и погонског система,
5. Математичко моделирање динамичког понашања елемената спрегнутог система,
6. Оцена постављеног модела,
7. Симулација динамичког понашања спрегнутог погонског система и система ослањања,
8. Прорачун радног века елемената трансмисије,
9. Закључци и препоруке за даљи рад.

У оквиру дисертације садржано је 141 слика (шеме, резултати симулације и резултати експерименталних истраживања). Кандидат је користио референтну литературу при чему је цитирано укупно 66 библиографска јединица.

У **првом поглављу**, у форми увода, дат је осврт на потребу истраживања утицаја импулсне динамичке силе на век кретног система и трансмисије возила. Такође је указано на интеракцију возило-пут и то у смислу повратне спреге утицаја неравнина на возило и утицаја реактивних динамичких сила на пут, што има веома широку рефлексiju у смислу деградације пута, повећања трошкова транспорта као и отежавање самог транспорта .

У **другом поглављу** су приказана основна конструктивна решења и карактеристике система ослањања и система преноса снаге возила точкаша. Ови системи су примарно анализирани са аспекта интеракције са подлогом, с обзиром да на њих неравнине подлоге остварују највећи утицај.

У **трећем поглављу** је дат веома исцрпан приказ на стање истраживања према пробраним литературним изворима у овој области, а према најзначајнијим изнетим апроксимацијама у презентираним радовима, изведени су закључци и препоруке за сопствена истраживања.

Четврто поглавље даје приказ извршеног експерименталног испитивања динамичког понашања система ослањања и погонског система возила при преласку точка возила преко неравнине дефинисане геометрије. Поглавље садржи основне информације о објекту испитивања, експерименталној инсталацији, приказ снимљених дијаграма промене момента на полувратилу

возила, померање у систему ослањања амортизер-опруга. Описана је припрема експеримента која је била велика и изискивала је значајна материјална улагања. Из презентираних резултата мерења и анализе је проистекао закључак о карактеру промене појединих параметара, промене момента, сабијања пнеуматика, као и слика стварних померања у односу на пројектована, кинематска.

У петом поглављу приказујан је математички модел елемената система ослањања и погонског система возила, односно поставка динамичког понашања елемената спрегнутог система погонски мотор – трансмисија - систем ослањања – возило - подлога. Моделирање је извршено на начин који омогућава једноставну промену конфигурације погонског система, промену еласто-пригушних или кинематских параметара система ослањања. Такође, у склопу поглавља је приказан и модел подлоге са висином неравнине која представља улаз- поремећаја променљиве вредности.

У шестом поглављу су приказани резултати спроведене моделске симулације у виду дијаграма на којима се прати промена анализираних параметара у погонском и систему ослањања возила. Прегледно је дат утицај промене вредности вертикалне и хоризонталне силе на вредност момента на полувратилу, чиме се потврђује значај посматрања утицаја ове две генерисане силе, у односу на само вертикалну у досадашњим радовима. У поглављу је приказано и упоређење резултата симулације са подацима добијеним експериментом. Извршено је упоређење резултата који се односе на кинематско и динамичко понашање система ослањања и погонског система возила.

У седмом поглављу приказана је симулација динамичког понашања спрегнутог система за различите карактеристике елемената система, карактеристике подлоге и вертикалне крутости пнеуматика. Улаз у систем представља поремећај у виду случајне, стохастичке, висине неравнина подлоге.

У поглављу осам је приказан прорачун радног века полувратила возила на основу карактеристика промене торзионог момента на полувратилу точка, добијене симулацијом. Анализа је изведена разматрањем кретања возила преко неколико врста подлоге.

На основу садржаја датог у претходним поглављима, **у поглављу девет** приказани су изведени закључци, као и препоруке за даље истраживање.

У Прилогу А. приказани су постављени и коришћени Matlab-Simulink модели.

5. Научни резултати докторске дисертације

Рад приказује резултате, добијене примјеном системских научних метода, који представљају допринос од посебног значаја у области пројектовања и прорачуна система ослањања и преноса снаге моторних возила, тј.:

- потврђене су хипотезе да карактеристике система ослањања значајно утичу на радни век елемената погонског система возила; а развијеним моделом је могуће утврдити квантитативну вредност овог,
- математички модел система ослањања и систем преноса снаге, добијен теоријским и експерименталним путем, у односу на познате моделе у овој области, представља напредак који се огледа у тачнијем предвиђању вредности торзионог момента на погонском точку возила при преласку преко неравнина подлоге,
- резултати и закључци о утицају система ослањања на оптерећење и радни век елемената трансмисије, добијени применом теоријско-експерименталних модела и

теорије о акумулацији оштећења материјала, омогућавају избор параметара система ослањања, не само са становишта њиховог утицаја на удобност возње, управљивост и стабилности возила, већ и са становишта утицаја на оптерећење и радни век елемената трансмисије; што је нарочито важно код конструкције специјалних возила за ванпутне услове.

6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

У научном смислу, докторском дисертацијом кандидата мр Сретена Симовића дат је низ значајних резултата и то: постављен је математички модел спрегнутог система: погонски точак-трансмисија-систем ослањања-карактеристика подлоге који обезбеђује симулацију динамичког понашања и оптерећења елемената преноса снаге, експериментални модел који је универзалан и са малим техничким изменама применљив и на друге типове возила. Овај модел омогућава анализу динамичког понашања и сагледавање оптерећења елемената преноса снаге при варирању параметара система ослањања, варирању карактеристика подлоге, услова и режима кретања у широким дијапазонима.

Кроз научно-истраживачки рад на овој дисертацији кандидат даје одговоре на одређена питања и постављене хипотезе али отвара и нова која могу представљати значајну основу за интензиван даљи научни рад. Научни резултати до којих је кандидат дошао свакако су веома инспиративни за даља истраживања у овој комплексној области. У том смислу, у дисертацији су добијени резултати, применом научних, теоријских и експерименталних метода, који имају веома јасан употребни значај за одређивање оптерећења и за прорачун радног века елемената преноса снаге (зупчаника, вратила, лежајева, спојница итд.), као и за побољшање параметара система ослањања и система преноса снаге возила.

Може се закључити да је рад на припреми и изради ове докторске дисертације донео читав низ практичних и конкретних инжењерских решења која могу у наредном периоду да се интегришу у развој ванпутних возила.

7. Начин презентирања резултата научној јавности

Део резултата ове дисертације је већ публикован и верификован кроз радове у међународним и домаћим научним часописима као и на научним скуповима. Наводимо неке од радова, публиковане у последњих пет година:

- [1] Damjanović, M., Durković, R., Bulatović, R., Simović, S., Impact of clearance on the power transmission load in the process of movement of masses through the clearance, XXIII International Automotive Conference Science and Motor Vehicles 2011 (CD), 19-21. April 2011., Belgrade, JUMV 2011, ISBN 978-86-80941-37-0, 2011. M34
- [2] Durković, R., Simović, S., Load limit regulation of mobile machine engine using nonlinear regulator, 21st International Automotive Conference Science and Motor Vehicles (CD), 22-25. April 2007., Belgrade, ISBN 978-86-80941-31-8, 2007. M34
- [3] Durković, R., Simović, S., Regulation of working regimes of digging-transportation machines by changing the digging depth, International Journal-FME Transactions-New series, ISSN 1451-2092, Volume 35, N^o2, pp. 95-104, 2007. M52

- [4] Durković, R., Simović, S., Damjanović, M., Control of the economical regime of digging and transport machines, XVIII International Conference on Material Handling, Constructions and Logistics MHCL'06, October 19-20, 2006, Belgrade, COBISS.SR-ID 137833996, 2006 M34
- [5] Simović, S., Modelling and analysis of forces in the contact of a vehicle pneumatic wheel and a road surface when the vehicle passes over an irregularity Sustainable Development of Automotive Industry : book of abstracts / International Congress Motor Vehicles & Motors 2010, October 7th-9th, 2010, Kragujevac, Serbia, Paper N°059, Kragujevac, ISBN 978-86-86663-58-0, 2010. M34
- [6] Simović, S., Durković, R., Theoretical and experimental analysis and modelling of vehicle suspension system kinematic, Automotive Engineering for Improved Safety - XXII International automotive conference with exhibition – Science and Motor Vehicles (CD), JUMV 2009, Belgrade, ISBN 978-86-80941-34-9, 2009. M34
- [7] Simović, S., Janković, A., Klisura, F., Investigation of vehicle drivetrain loading as the wheel passes over a pavement irregularity, acknowledgment of paper reviews and publication N° 21"/12-2011, from december 10th 2011, paper will be issued and printed in journal TTEM - Technics Technologies Education Management, ISSN 1840-1503, Vol. 8, N° 1, II/III, 2013, DRUNPP, Sarajevo M23

Комисија сматра да су истраживања спроведена радом на овој докторској дисертацији резултирала обимним материјалом, који може и надаље да се користи за презентовање на научним скуповима и објављивање радова у међународним и домаћим часописима, који може да буде врло инспиративан за даљи рад за истраживаче и научнике који се баве проблематиком динамике возила, експерименталним истраживањима и динамичким симулацијама.

На основу изложеног Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК

Урађена докторска дисертација одговара прихваћеној теми од стране Наставно- научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат је у презентовању својих истраживања користио уобичајену терминологију. Структура докторске дисертације и метод излагања су у складу са универзитетским нормама. Кандидат је урадио сва истраживања поштујући у потпуности методологију научно-истраживачког рада, при чему је исказао способност системског приступа проблему, умешност коришћења других извора истраживања, способност рационалног закључивања и стварања визије будућег рада.

Током истраживања дефинисаних у пријави дисертације, кандидат мр Сретен Симовић је самостално дошао до оригиналних научних резултата, који су садржани у докторској дисертацији, а представљају значајан допринос области динамике возила.

На основу свега претходно наведеног Комисија за оцену писаног дела и одбрану докторске дисертације кандидата мр Сретена Симовића, дипл. маш. инж., консензусом се сагласила да ова дисертација, под насловом **„УТИЦАЈ СИСТЕМА ОСЛАЊАЊА НА ОПТЕРЕЂЕЊЕ И РАДНИ ВИЈЕК ТРАНСМИСИЈЕ ВОЗИЛА“** по квалитету и

квантитету истраживања, а нарочито према резултатима, у потпуности задовољава научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација. Комисија констатује да је кандидат израдом ове докторске дисертације дао значајан допринос области динамике возила, тако да са задовољством *предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу да докторску дисертацију кандидата мр Сретена Симовића прихвати као успешно урађену и да кандидата позове на јавну усмену одбрану.*

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. **Др Мирослав Демић**, редовни професор
Факултет инжењерских наука, Крагујевац
Научне област: Моторна возила, Друмски саобраћај

2. **Др Чедомир Дубока**, редовни професор
Машински факултет у Београду
Научне области: Моторна возила,

3. **Др Александра Јнаковић**, редовни професор
Факултет инжењерских наука, Крагујевац
Научне област: Моторна возила, Друмски саобраћај

У Крагујевцу,
06. 03 2012. године