

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

1963/5

(Број захтева)

15.12.2014.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:

ЖЕЉКА (МИРАШ) БУЛАТОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ЖЕЉКО (МИРАШ) БУЛАТОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПАРАМЕТАРА ЕКВИВАЛЕНТНОГ ДИНАМИЧКО-ТОРЗИОНОГ СИСТЕМА КОЛЕНАСТОГ ВРАТИЛА ДИЗЕЛ МОТОРА НА ОСНОВУ ПРОМЕНЉИВОГ ТОКА УГАОНЕ БРЗИНЕ

Универзитет је дана 16.09.2013. год. својим актом под бр. 61206-4049/2-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПАРАМЕТАРА ЕКВИВАЛЕНТНОГ ДИНАМИЧКО-ТОРЗИОНОГ СИСТЕМА КОЛЕНАСТОГ ВРАТИЛА ДИЗЕЛ МОТОРА НА ОСНОВУ ПРОМЕНЉИВОГ ТОКА УГАОНЕ БРЗИНЕ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ЖЕЉКА (МИРАШ) БУЛАТОВИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 16.10.2014. године, одлуком факултета под бр. 1963/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Мирољуб Томић	Ред.проф. у пензији	Мотори	Машински факултет Београд
2. Др Александар Обрадовић	Ред. проф.	Механика	Машински факултет Београд
3. Др Александар Милашиновић	Ванр. проф.	Мотори	Универзитет у Бања Луци Машински факултет Република Српска
4. Др Ненад Милјић	Доцент	Мотори	Машински факултет Београд
5. Др Слободан Поповић	Доцент	Мотори	Машински факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 13.11.2014. 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: 1963/4
Датум: 13.11.2014. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: др Мирољуб Томић, ред.проф. М.Ф. у пензији, ментор, проф.др Александар Обрадовић, проф.др Александар Милашиновић, Универзитет у Бања Луци, Машински факултет, Република Српска, доц.др Ненад Миљевић и доц.др Слободан Поповић о оцени докторске дисертације „Идентификација параметара еквивалентног динамичко-торзионог система коленастог вратила дизел мотора на основу променљивог тока угаоне брзине“ докторанта мр Жељка Булатовића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 13.11.2014. године, донело је следећу

О Д Л У К У

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПАРАМЕТАРА ЕКВИВАЛЕНТНОГ ДИНАМИЧКО-ТОРЗИОНОГ СИСТЕМА КОЛЕНАСТОГ ВРАТИЛА ДИЗЕЛ МОТОРА НА ОСНОВУ ПРОМЕНЉИВОГ ТОКА УГАОНЕ БРЗИНЕ“** докторанта **мр ЖЕЉКА БУЛАТОВИЋА**, дипл.инж.маш.

Извештај о оцени и одбрани докторске дисертације, по истеку рока од 30 дана увида јавности, доставља се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

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

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **мр Жељка Булатовића, дипл.инж.**

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета (ННВ) бр. 1963/2 од 16.10.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **мр Жељка Булатовића, дипл.инж.**, под насловом:

Идентификација параметара еквивалентног динамичко–торзионог система коленастог вратила дизел мотора на основу променљивог тока угаоне брзине

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат **мр Жељко Булатовић, дипл.инж.** је Машинском факултету Универзитета у Београду 18.07.2013. дописом под бројем 1466/1 пријавио тему докторске дисертације под називом: **Идентификација параметара еквивалентног динамичко–торзионог система коленастог вратила дизел мотора на основу променљивог тока угаоне брзине** и за ментора је предложио проф. др Мирољуба Томића. На основу пријаве кандидата, ННВ Машинског факултета је одлуком бр. 1466/3 од 05.09.2013. године прихватило тему и именovalo Комисију за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације и њене научне заснованости у саставу: проф. др Мирољуб Томић, ред. проф., Универзитет у Београду, Машински факултет, проф. др Милорад Милованчевић, ред. проф., Универзитет у Београду, Машински факултет, проф. др Александар Обрадовић, ред. проф., Универзитет у Београду, Машински факултет, проф. др Александар Милашиновић, ванр. проф., Универзитет у Бања Луци, Машински факултет, Република Српска и др Ненад Миљић, доцент, Универзитет у Београду, Машински факултет.

На основу извештаја Комисије бр. 1466/4 од 05.09.2014. и одлуке ННВ бр. 1466/5 од 05.09.2013. г. поднет је захтев Машинског факултета Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду које је на седници одржаној 16.09.2013. године донело одлуку број: 61206-4049/2-13 да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације **мр Жељка Булатовића, дипл.инж.**, а на бази чега је Декан Машинског факултета у Београду 17.09.2013. донео закључак бр. 1803/1 о одобравању рада на предметној дисертацији под менторством проф. др Мирољуба Томића.

На основу извештаја проф. др Мирољуба Томића, ментора, да је кандидат **мр Жељко Булатовић** завршио докторску дисертацију под називом **Идентификација параметара еквивалентног динамичко–торзионог система коленастог вратила дизел мотора на основу променљивог тока угаоне брзине**, а на предлог Катедре за моторе, допис бр.

1963/1 од 13.10.2014. године, Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку број 1963/2 од 16.10.2014. године о именовану Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: проф. др Мирољуб Томић, ред. проф. у пензији, Универзитет у Београду, Машински факултет, проф. др Александар Обрадовић, ред. проф., Универзитет у Београду, Машински факултет, проф. др Александар Милашиновић, ванр. проф., Универзитет у Бања Луци, Машински факултет, Република Српска, др Ненад Миљић, доцент, Универзитет у Београду, Машински факултет и др Слободан Поповић, доцент, Универзитет у Београду, Машински факултет.

1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација **Идентификација параметара еквивалентног динамичко-торзионог система коленастог вратила дизел мотора на основу променљивог тока угаоне брзине** припада области Техничких наука (Машинство) и ужој научној области Мотори са унутрашњим сагоревањем. Израдом докторске дисертације руководио је др Мирољуб Томић, редовни професор у пензији на Катедри за Моторе са унутрашњим сагоревањем Машинског факултета Универзитета у Београду.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Кандидат **Жељко М. Булатовић** је рођен 1964. године у Пљевљима, република Црна Гора, где је завршио основну школу и средњу школу - природно математички смер. После матуре, 1983. и одслуженог војног рока, 1984. године се уписао на Машински факултет у Београду. Дипломирао је 1991. године на Смеру Мотори са унутрашњим сагоревањем са просечном оценом 7,33 (седам и 33/100). Дипломски рад је урадио на тему: „Актуелно стање издувне емисије путничких и комерцијалних возила са ото и дизел моторима“, под менторством проф. др Стојана Петровића.

Јуна 1992. године кандидат се запослио као инжењер приправник у предузећу Двдесет први мај у Раковици (ДМБ), као њихов дугогодишњи стипендиста, где је обављао инжењерске послове у Бироу за стандардизацију.

Јануара 2000. године прелази у Војнотехнички институт, где и данас ради. У новој радној организацији је од самог почетка био ангажован на бројним истраживачким и развојним задацима везаним за усавршавање мотора великих снага, специјалне немене. У својој инжењерској пракси се бавио разнородним делатностима, од конструисања, до активног учешћа у свим фазама испитивања мотора и њихових подсистема. Аутор је бројних стручних извештаја са испитивања, заведених у Техничкој архиви Војнотехничког института. Магистарске студије завршио је 22.01.2008. године одбраном тезе „Могућности дијагностике радног процеса мотора на основу анализе промене угаоне брзине коленастог вратила“, под менторством проф. др Мирољуба Томића. Током 2010. године је похађао курс из Вибродијгностике и након положеног завршног испита стекао звање вибродијагностичара II категорије. Априла 2011 године му је додељено научно-истраживачко звање – истраживач сарадник. Последњих година се посветио проблематици специјалних мерења на моторима и истраживањима везаним за радне процесе мотора и њихових виталних подсистемима. Посебно се посветио истраживањима и проучавању проблематике торзионих осцилација коленастог вратила мотора.

Кандидат је аутор већег броја научних и стручних радова који су саопштавани на научним скуповима или објављени у домаћим часописима и страним часописима са високим научним рејтингом. Водећи је аутор у два рада објављена у часописима од међународног значаја.

Кандидат познаје програмске језике Fortran, LabView и MatLab, и корисничке

програме: Access, Mechanical Desktop i CATIA. Такође, познаје основну администрацију на оперативном систему Windows. У раду се користи руским и енглеским језиком.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Жељка Булатовића, дипл.инж., под називом **Идентификација параметара еквивалентног динамичко–торзионог система коленастог вратила дизел мотора на основу променљивог тока угаоне брзине** је изложена је на 328 страница, садржи 279 слика и дијаграмски приказа, 27 табела и 76 коришћених литературних извора.

Докторску дисертацију чине номенклатура која није нумерисана, десет поглавља и списак литературе:

Номенклатура

1. Увод
2. Методологија експерименталних испитивања и обраде измерених података
3. Динамика осцилаторних система са мотором СУС као њиховим саставним делом
4. Моменти који се генеришу у динамичко–осцилаторном систему са мотором СУС као његовим саставним делом
5. Пригушења торзионих осцилација
6. Анализа међусобне зависности побудних момената и угаоних брзина коленастог вратила и одређивање сопствених фреквенци осциловања динамичко–осцилаторног система са мотором СУС као његовим саставним делом
7. Дефинисање еквивалентног динамичко–торзионог система
8. Идентификације непознатих параметара математичког модела у којем се коленасто вратило мотора сматра еластичним телом
9. Одређивање допунских напрезања на увијање при резонантним режимима рада
10. Закључци и предлози за даљи рад

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу аутор се осврнуо на проблематику и методологију проучавања механичких осцилација код коленастих вратила мотора, са посебним акцентом на торзионе осцилације. Затим је у краћим цртама дао увид о информацијама садржаним у променљивом току угаоне брзине коленастог вратила мотора, и основном правцу који ће бити примењен у дисертацији да се информације о торзионим осцилацијама изолују од информација о радним процесима у цилиндрима мотора.

Другим поглављем је детаљно описана основна поставка на којој се заснивао експериментални део рада, примењена мерна опрема и сва накнадна процесирања измерених аналогних сигнала у циљу добијања жељених информација о: токовима притисака у два цилиндра на наспрамним странама испитиваног V мотора, угаоним брзинама на крајевима коленастог вратила и релативном увијању крајева коленастог вратила, а све то у функцији угла обртања коленастог вратила.

У оквиру трећег поглавља детаљно су изложени математички модели који описују кретања у осцилаторном систему мотор – кочница. Анализирана су два случаја: када се коленасто вратило мотора посматра као еластичан елемент и када се коленасто вратило посматра као круто тело. Ови модели се базирају на Лагранж-Деламберовим једначинама кретања, друге врсте. Саставни део овог поглавља су и дијаграми променљивог момента инерције сложеног кривајног механизма добијени на основу оригинално резвијене методе за његово одређивање.

Циљ четвртог поглавља је да се дефинишу једначине и опишу поступци одређивања свих значајнијих момената који заједничким деловањем диктирају динамику испитиваног осцилаторног система мотор-кочница. Поред момената гасних и инерцијалних сила, за које се усваја да су побудни моменти у правом смислу те речи, комбиновањем математичког моделирања и непосредног мерења учињен је покушај да се што тачније процене моменти који се са коленастог вратила одводе за погон помоћних уређаја на мотору, без посебног разматрања трења које се при томе јавља, као и трења везаних за клипну групу и улежиштења коленастог вратила.

У петом поглављу рада пажња је посвећена пригушењима торзионих осцилација (како спољашњих тако и унутрашњих), кроз теоретски приступ овим проблемима. У циљу сагледавања комплексности проблема спољашњих пригушења, изложен је детаљнији модел трења и изворишта трења у мотору.

У шестом поглављу описана је међусобна зависност побудних момената и угаоних брзина коленастог вратила и одређивање сопствених фреквенција осциловања испитиваног динамичко-осцилаторног система мотор-кочница. Показано је да се хармонијском анализом измерених угаоних брзина може доћи до података о резонантним режимима рада мотора, а онда и о сопственим фреквенцијама осциловања испитиваног динамичко-осцилаторног система за прва три облика сопственог осциловања. Посебна пажња је посвећена анализи међусобне зависности хармоника побудних момената и одговарајућих хармоника измерених угаоних брзина који су се показали као доминантни при одређеном броју обртаја мотора, и могућностима да се успостави директна веза између ове две категорије добијених података.

У седмом поглављу је, након уводног дела у коме су описани основни принципи при дефинисању еквивалентног динамичко-торзионог система, приказана процедура дефинисања еквивалентног динамичко-торзионог система за динамички систем мотор-кочница испитиван у овом раду. Захваљујући околности да су сопствене фреквенције осциловања за прва три облика осциловања одређене хармонијском анализом измерених угаоних брзина, ови параметри су искоришћени да се што верније процени елементарни еквивалентни динамичко-торзиони система (без пригушења) са девет инерцијалних маса, а на основу њега и редуковани систем са седам инерцијалних маса, који је послужио као база за постављене диференцијалних једначина математичког модела.

У осмом поглављу је изложен поступак идентификације недовољно и оријентационо познатих параметара математичког модела који се у овом раду заснива на методи која је позната као Марквартова метода. Најпре је дат краћи, теоретски, осврт на проблеме идентификације уопште, и специфичности Марквартовог алгорита оптимизације математичких модела, које овој методи дају предност при моторским проблемима у односу на остале методе. У наставку су приказани резултати истраживања везани за конкретан динамичко-осцилаторни систем на који се ослања овај рад. Посебна пажња је посвећена идентификованим параметрима названим „кофицијентима корекције момената гасних сила“ у цилиндрима који нису индицирани, пошто су тек након

ниховог увођења створени услови да се резултати математичког моделирања почну значајније приближавати резултатима непосредног мерења. Детаљно су разматрани сви утицајнији фактори који указују на могућност да они одражавају реалну физикалност система, чиме се почетна претпоставка о приближној уједначености радних процеса по цилиндрима испитиваног мотору показала као неодржива. Поред тога идентификовани су базни параметри еквивалентног динамичко-торзионог система (константни моменти инерције, торзионе крутости виртуелних вратила), укупно треће у испитиваном систему, укупни механички губици, степен корисности испитиваног мотора и коефицијенти унутрашњег (структурног) пригушења у коленастом вратилу мотора. Посебну вредност би могли представљати управо идентификовани коефицијенти унутрашњег (структурног) пригушења у коленастом вратилу мотора, који се обично сврставају у групу „драгоцених“ података, због чињенице да се до њих тешко долази, а имају значајну улогу у процени нивоа торзионих осцилација коленастог вратила мотора.

У деветом поглављу дата је општа слика о нивоу допунских напрезања на увијање при резонанци, за испитивани динамичко-торзиони систем. То је остварено на бази идентификоване торзионе крутости виртуелних вратила еквивалентног динамичко-торзионог система са идентификованим чворовима осциловања и максималним амплитудама торзионих осцилација око тих чворова процењених на основу резултата математичког модела. Кроз анализу ранијих, традиционалних метода процене допунских напрезања на увијање при резонантним режимима рада, истакнуте су предности методе примењене у овом раду. Поред тога, изложена је детаљна анализа комплексне зависности нивоа торзионих осцилација од фактора који чине да неки резонантни брзински режими представљају „критичне“ брзинске режимо у правом смислу речи, а неки не. Овим је демонстрирана и потврђена ефикасност хармонијске анализе измерених угаоних брзина коленастог вратила у тачној предикцији „критичних“ брзинских режима, која је претходно описана у поглављу шест.

У завршном десетом поглављу сумарно су приказани сви битни закључци добијени из теоретског разматрања и експерименталне провере усвојених теоретских принципа. Такође, у смерницама за даљи рад дати су и предлози за усавршавање математичког модела и експерименталних испитивања како би се у будућем раду избегли неки уочени недостаци и тиме добиле што тачније вредности улазних и излазних параметара математичког модела.

Прилог А даје детаљнији приказ оригиналне, развијене методе одређивања променљивог момента инерције сложеног кривајног механизма, који се уз мања прилагођења може применити на било које конструктивно извођење кривајног механизма.

Пошто се поступак одређивања променљивог момента инерције заснивао на анализи кретања елемената кривајног механизма (клипњача и клипова), у Прилогу Б је посвећена пажња кинематици сложеног кривајног механизма.

У Прилогу Ц је описана процедура Фуријеове хармонијске анализе и синтезе табличних функција изражених у функцији угла обртања коленастог вратила, на коју се ослања математички модел, а базирају се и неке битне анализе током излагања у раду.

Прилогом Д је детаљније образложен усвојени критеријум корекције момената гасних сила у цилиндрима који нису индицирани, настао после симулационе анализе утицаја могућих поремећаја у процесу убризгавања горива (варијације у циклусној количини горива и углу предубризгавања) на радни процес у цилиндрима мотора.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Тема која је истраживана у дисертацији је веома значајна, с обзиром да је решавање проблема везаних за торзионо осциловање коленастог вратила мотора област која се развијала, а и даље се развија, паралелно са усавршавањем радних процес и тенденцијама ка подизању перформанси мотора уз истовремено смањење механичких губитака. Сведоци смо доста парадоксалне ситуације да у већим истраживачким центрима моторске индустрије истовремено постоје и бирои који се примарно баве проблематиком смањења механичких губитака мотора, и бирои којим је примарни циљ у суштини сасвим супротан, а односи се на усавршавање пригушивача торзионих осцилација. С тим у вези, у дисертацији је посебна пажња посвећена развоју оригиналних метода да се из познате угаоне брзине коленастог вратила мотора изолују све битне информације које се односе на торзионе осцилације динамичких система са мотором као њиховим саставним делом, у циљу тачнијег прорачуна реалних проблема који би могли настати услед додатних напрезања при резонантним режимима рада мотора.

Широк спектар прописа различитих удружења и осигуравајућих друштава у погледу дозвољених додатних оптерећења изазваних торзионим осцилацијама коленастих вратила већих, стационарних и бродских мотора, који се често мењају и поштравају, обезбеђују овој теми сталну актуелност.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је коришћена како класична литература тако и савремени радови објављени у часописима и на конференцијама. У уводним деловима појединих поглавља, дата је доста детаљна анализа радова са приказом метода сродних методама примењеним у овој дисертацији, као и донетима, ограничењима и недостацима појединих метода које су други аутори развили.

Подаци и једначине које су преузете из објављених радова су исправно и редовно цитирани.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Развој система за идентификацију параметара еквивалентног динамичко–торзионог система је комплексан задатак у оквиру којег су примењене следеће методе:

- осмишљавање комплексног поступка мерења и развој метода за обраду измерених аналогних величина у циљу добијања информација о стварним физичким дешавањима;
- моделирање променљивог момента инерције сложеног – несиметричног кривајног механизма;
- моделирање свих значајнијих момената који се генеришу у испитиваном динамичко–осцилаторном систему;
- развој математичког модела динамичког понашања испитиваног осцилаторног система;
- валидација развијеног математичког модела кроз истовремену идентификацију непознатих параметара тог модела поређењем са експерименталним подацима.

Адекватном применом ових метода развијен је робусан и ефикасан систем са примарним циљем идентификације непознатих параметра еквивалентног динамичко–

торзионог система. Секундарне, али јако важне информације пружају добар увид о неочекивано великим неуједначеностима радних процеса у цилиндрима мотора, укупном трењу у мотору, осталим механичким губицима и механичком степену корисности.

3.4 Применљивост остварених резултата

Кандидат је у својој дисертацији развио оригинални математички модел који описује динамику сложеног динамичко–осцилаторног система мотор–кочница. У изложеном математичком моделу су успешно решени сви проблеми повезани са специфичностима испитиваног мотора у погледу сложеног, несиметричног кривајног механизма, великог броја цилиндара и примењеног V концепта градње мотора. Подмодели одређивања променљивог момента инерције и момената који се са коленастог вратила одводе за погон помоћних уређаја на мотору, посебно пумпе високог притиска, представљају унапређења која значајно подижу квалитет развијеног математичког модела у односу на многа до сада развијена решења. Важно је истаћи да се уз мање корекције развијени математички модел може имплементирати на било коју варијанту конструкције мотора. Такође је показано да се симултаним мерењем угаоне брзине на једном и другом крају коленастог вратила, чак различитим методама мерења, могу одредити еластичне деформације коленастог вратила.

Из претходно наведеног следи да је овом дисертацијом дат значајан допринос у проширивању могућности да се математички модели угаоне брзине коленастог вратила верније приближе реалности, што за собом повлачи тачнију идентификацију непознатих или оријентационо познати параметара реалног динамичког система. Ово је посебно важно при примени оваквих математичких модела у проучавању параметара везаних за радне процесе у цилиндрима мотора.

Кандидат је могућност примене развијене методе демонстрирао у раду, тако што је извршио комплетну процену допунских напрезања на увијање при резонантним режимима рада испитиваног мотора за прва три идентификована облика осциловања.

Поређења експерименталних резултата са резултатима прорачуна променљивих угаоних брзина су показала добро слагање.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу резултата добијених у овој дисертацији, радова саопштених на конференцијама и у часописима, као и спроведеним практичним прорачунима, процењујемо да је кандидат способан за самостални истраживачки рад. Он је применио савремене методе научноистраживачког рада и успешно развио и демонстрирао један комплексан вишенаменски систем за проучавање рада мотора. Такође, кандидат је оспособљен за академску интерпретацију добијених резултата као и за писање стручних и научних радова.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Остварени су следећи научни доприноси у виду развоја нових метода прорачуна код мотора:

- нова метода процене максималних амплитуда торзионог осциловања као параметра од примарне важности при прорачуну допунских напрезања коленастог вратила на увијање за резонантне режиме рада мотора;

- практична демонстрација коришћења променљиве угаоне брзине при процени реалних базних показатеља о торзионим осцилацијама у динамичком систему који укључује мотор: фреквенције сопственог осциловања, критични бројеви обртаја, лоцирање чворова осциловања.
- нова оригинална метода процене променљивог момента инерције сложеног, несиметричног кривајног механизма која се уз адекватне, мање измене може применити на било које конструктивно извођење кривајног механизма мотора;
- нови оригиналан модел процене динамичких дешавања у осцилаторним системима са мотором као њиховим саставним елементом.

Све наведено представља значајан допринос у истраживању процеса код мотора са унутрашњим сагоревањем.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

У дисертацији је развијен поступак за прорачун нивоа торзионих осцилација и динамичких дешавања у осцилаторним системима са мотором као њиховим саставним елементом, који је у односу на приступе до сада публиковане у расположивој литератури:

- свеобухватнији пошто обухвата параметре који се обично занемарују или се процењују мање тачним методама;
- може се применити без ограничења на скоро све конфигурације мотора уз подешавање малог броја параметара који се разликују од мотора до мотора;
- поређење добијених теоријских резултата и експерименталних података показује високу тачност примењене методологије;
- систем је робустан и применљив у пракси како код развоја нових конструкција мотора тако и код унапређења постојећих.

4.3 Верификација научних доприноса

Развијена метода и нови модели су верификовани поређењем нумеричких резултата са експерименталним подацима. Добро слагање резултата на свим режимима рада мотора показује да су физичке међузависности радних процеса и торзионих осцилација, са једне стране, и измерених угаоних брзина на коленастом вратилу, с друге стране, реално обухваћене развијеним математичким моделима.

Кандидат је о очекиваним научним доприносима, а сада оствареним кроз ову дисертацију, известио ширу стручну јавност кроз радове публиковане у најзначајнијим међународним часописима из области технике мерења и обраде резултата мерења, динамике коленастог вратила мотора и проучавања радних процеса мотора.

Радови објављени у часописима од међународног значаја (**SCI-Web of Science**):

Категорија M21:

1. **Ž. M. Bulatović**, M. S. Štavljanin, M. V. Tomić, D. M. Knežević, S. LJ. Biočanin, Measurement and analysis of angular velocity variations of twelve-cylinder diesel engine crankshaft, Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 25, no. 8, pp. 3043–3061, 2011, DOI: 10.1016/j.ymssp.2011.05.002

Категорија M23:

1. **Ž M Bulatović**, M V Tomić, D M Knežević, and M R Cvetić, Evaluation of variable mass moment of inertia of the piston-crank mechanism of an internal combustion engine, Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part D - Journal of Automobile Engineering, Volume 225, Issue 5, May 2011, p.p. 687 – 702, ISSN 0954-4070, DOI: 10.1177/2041299110394918.

Радови саопштени на научним скуповима националног и међународног значаја са рецензијом:

1. **Жељко Булатовић**, Драган Кнежевић, Тренутна угаона брзина као дијагностички и контролни параметар рада мотора, Научно-стручни часопис, ипрр, Истраживања и пројектовања за привреду, година IV, број 14, 2006, стр. 49-53, ISSN 1451 – 4117, UDC 33, Београд.

2. Драган Кнежевић, Стојан Петровић, **Жељко Булатовић**, Могућност побољшања издувне емисије тракторског дизел мотора домаће производње применом система рецикулације издувних гасова (EGR), Научно-стручни часопис, ипрр, Истраживања и пројектовања за привреду, година V, број 17, 2007, стр. 25-33, ISSN 1451-4117, UDC 33, Београд

3. **Булатовић Ж.**, Математичко моделирање и анализа угаоне брзине коленастог вратила дванаесточиљдричног мотора, Трећи научно-стручни скуп са међународним учешћем из области одбрамбених технологија, OTEX 2009, ISSN 978-86-81123-40-9, UDC 623.746-519, Београд.

4. Бојер Љ., **Булатовић Ж.**, Радић Д., Проблеми који настају употребом безоловног бензина код мотора конструисаних за рад са оловним бензином, Трећи научно-стручни скуп са међународним учешћем из области одбрамбених технологија, OTEX 2009, ISSN 978-86-81123-40-9, UDC 623.746-519, Београд.

5. Радић Д., Бојер Љ., **Булатовић Ж.**, Дамјанов Р., Експериментално одређивање стационарних карактеристика радног поља центрифугалног компресора намењеног натпуњењу мотора СУС, Трећи научно-стручни скуп са међународним учешћем из области одбрамбених технологија, OTEX 2009, ISSN 978-86-81123-40-9, UDC 623.746-519, Београд.

6. Драган Кнежевић, Мирољуб Томић, Стојан Петровић, **Жељко Булатовић**, Влада Стајић, Петар Колендић, Утицај рецикулације издувних гасова на квалитет издувне емисије дизел мотора, Међународна конференција DEMI 2009, ISBN 978-99938-39-23-1, Зборник радова, стр. 625-630, Бања Лука, 2009.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У оквиру дисертације кандидат мр Жељко Булатовић, дипл.инж. развио је нову методу за идентификацију параметара еквивалентног динамичко-торзионог система са мотором као саставним делом. Најважнији доприноси кандидата се огледају у развоју: модела тачније процене променљивог момента инерције сложеног кривајног механизма мотора, модела губитака везаних за погон помоћних уређаја мотора, модела и софтвера за идентификацију параметара математичког модела торзионих осцилација на бази експериментално одређеног тока угаоне брзине коленастог вратила и модела тачнијег прорачуна допунских напрезања услед торзионог осциловања коленастог вратила на резонантним бројевима обртаја мотора. Валидација метода прорачуна и развијених модела је спроведена поређењем нумеричких резултата и експерименталних података

кроз истовремену идентификацију непознатих параметара математичког модела. Добро слагање резултати прорачуна и експеримената показује да је развијени модел реалан, робусан и универзално применљив на различитим моторима, уз адекватна подешавања конструктивних специфичности мотора. Као такав, развијени систем је погодан за широк спектар истраживања базираних на анализи променљивог тока угаоне брзине коленастог вратила мотора.

Очекујемо да ће развијени и публиковани модели заузети значајно место у теоријским и практичним истраживањима код мотора и наћи примену код других истраживача. Такође, сматрамо да је кандидат изразом поднете дисертације показао знање, упорност и способност за самосталан истраживачки рад. Констатујемо да је кандидат завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним планом и постављеним циљевима.

На основу свега изложеног Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета да се докторска дисертација под називом **Идентификација параметара еквивалентног динамичко–торзионог система коленастог вратила дизел мотора на основу променљивог тока угаоне брзине** кандидата мр **Жељка Булатовића, дипл.инж.** прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду у складу са важећим правилницима Факултета и Универзитета.

Београд, 06.11.2014. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Мирољуб Томић, ред. проф. у пензији,
Универзитет у Београду, Машински факултет, ментор

Проф. др Александар Обрадовић, ред. проф.,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Александар Милашиновић, ванр. проф.,
Универзитет у Бања Луци, Машински факултет, Република
Српска

Др Ненад Миљић, доцент,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Др Слободан Поповић, доцент,
Универзитет у Београду, Машински факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1963/5
Датум: 13.11.2014. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 63. Статута Машинског факултета број 1876/1 од 04.10.2013. године, Наставно-научно веће на седници одржаној 13.11.2014. године, донело је

О Д Л У К У

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео **мр ЖЕЉКО БУЛАТОВИЋ** и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **„ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПАРАМЕТАРА ЕКВИВАЛЕНТНОГ ДИНАМИЧКО-ТОРЗИОНОГ СИСТЕМА КОЛЕНАСТОГ ВРАТИЛА ДИЗЕЛ МОТОРА НА ОСНОВУ ПРОМЕНЉИВОГ ТОКА УГАОНЕ БРЗИНЕ“**

II Универзитет је дана 16.09.2013. године, својим актом број 61206-4049/2-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1 **Ž. M. Bulatović**, M. S. Štavljanin, M. V. Tomić, D. M. Knežević, S. LJ. Biočanin, Measurement and analysis of angular velocity variations of twelve-cylinder diesel engine crankshaft, Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 25, no. 8, pp. 3043–3061, 2011, DOI: 10.1016/j.ymssp.2011.05.002

2. **Ž M Bulatović**, M V Tomić, D M Knežević, and M R Cvetić, Evaluation of variable mass moment of inertia of the piston-crank mechanism of an internal combustion engine, Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part D - Journal of Automobile Engineering, Volume 225, Issue 5, May 2011, p.p. 687 – 702, ISSN 0954-4070, DOI: 10.1177/2041299110394918.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић