

**ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Зорана Ј. Марковића, дипломираног инжењера машинства

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду, бр. 1198/2, са седнице од 02.06.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Зорана Ј. Марковића, дипломираног инжењера машинства, под насловом

**„ИНТЕРАКЦИЈА ФЛУИДА И ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ“**

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

Мр Зоран Ј. Марковић је 08.06.2015. године поднео Захтев за одобрење пријаве и израде докторске дисертације заведен под ред. бр. 1116/1, на Катедри за ваздухопловство Машинског факултета у Београду. На основу обавештења о захтеву кандидата, предлога ментора проф. др. Слободана Ступара и сагласности Катедре за ваздухопловство, на седници Наставно-научног већа Машинског факултета од 25.06.2015. године, донета је Одлука број 1236/2 којом се прихвата предложена тема докторске дисертације, именује ментор проф. др. Слободан Ступар и именује Комисија за подношење реферата о теми докторске дисертације.

Комисија за оцену испуњености услова и научне заснованости теме је поднела реферат Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду са предлогом да се одобри тема докторске дисертације под називом „ИНТЕРАКЦИЈА ФЛУИДА И

ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ“, наводећи да је предложена тема адекватна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законске и истраживачке квалификације за рад на дисертацији. У вези са захтевом кандидата мр Зорана Ј. Марковића да му се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета бр. 1811/2 од 24.09.2015. о усвајању реферата о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације, одобравање теме и именовању ментора, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду са седнице од 19.10.2015. године, Декан Машинског факултета у Београду је 28.10.2015. године донео Закључак бр. 2228/1 да се кандидату, мр Зорану Ј. Марковићу, одобри рад на теми докторске дисертације под називом „ИНТЕРАКЦИЈА ФЛУИДА И ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ“, под менторством проф. др Слободана Ступара.

На основу обавештења проф. др Слободана Ступара, ментора, да је докторанд мр Зоран Ј. Марковић завршио докторску дисертацију „ИНТЕРАКЦИЈА ФЛУИДА И ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ“ и предлога Катедре за ваздухопловство, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је на седници одржаној 02.06.2016. године донело Одлуку бр. 1198/2 којом се именују чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: проф. др Слободан Ступар, редовни професор (ментор), Машински факултет Универзитета у Београду, проф. др. Александар Симоновић, ванредни професор, Машински факултет Универзитета у Београду, проф. др. Мирко Динуловић, ванредни професор, Машински факултет Универзитета у Београду, др. Огњен Пековић, доцент, Машински факултет Универзитета у Београду и проф. др. Слободан Гвозденовић, редовни професор, Саобраћајни факултет Универзитета у Београду.

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „ИНТЕРАКЦИЈА ФЛУИДА И ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ“ припада области техничких наука, односно машинству, у којој научној области ваздухопловство, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан. Ментор је дугогодишњи редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, Катедра за ваздухопловство. Међу области које обухвата научно-истраживачка делатност проф. др Слободана Ступара спадају напредне методе анализе интеракције флуида и структуре, напредне методе нумеричких анализа структура, адаптивне структуре, динамика флуида и прорачунска аеродинамика, нумеричка симулација струјања око аерофила, примена дискретизационих метода у решавању структуралних и проблема струјања флуида и многе друге. Многобројни научни радови и друге публикације, дугогодишње искуство предавача на основним и докторским студијама, те менторства над радовима који се баве проблемима који припадају наведеним областима, у

потпуности афирмишу компетентност проф. др Слободана Ступара за вођење менторства над овом докторском дисертацијом.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

<b>Основни подаци</b>	Име, Презиме: <b>Зоран Марковић</b> Титула, звање: <b>Магистар машинства, истраживач-сарадник</b> Адреса Институције: <b>Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА”, Лабораторија за термотехнику и енергетику, п.фах 522, 11001 Београд, Србија</b>
<b>Лични подаци</b>	Датум и место рођења: <b>06.07.1968., Ваљево, Србија</b> Брачно стање: <b>ожењен, двоје деце.</b>
<b>Образовање</b>	Дипломске студије: <b>Машински факултет, Универзитет у Београду, Ваздухопловство</b> Последипломске студије: <b>Машински факултет, Универзитет у Београду, Ваздухопловство</b> Магистарски рад: <b>Одбрањен 01.07.2005.</b>
<b>Чланство у одборима</b>	- Члан организационог одбора међународне конференције “ЕЛЕКТРАНЕ 2010” и “ЕЛЕКТРАНЕ 2012”
<b>Истраживачко искуство</b>	Посао бр. 1: <b>истраживач приправник</b> Период: <b>2001 - 2005</b> Институција: <b>Београдски Универзитет, Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА”, Лабораторија за термотехнику и енергетику.</b>  Посао бр. 2: <b>истраживач сарадник</b> Период: <b>2005 - 2006</b> Институција: <b>Београдски Универзитет, Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА”, Лабораторија за термотехнику и енергетику,</b>  Посао бр. 3: <b>истраживач сарадник</b> Период: <b>2010 - данас</b> Институција: <b>Београдски Универзитет, Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА”, Лабораторија за термотехнику и енергетику,</b>  Области активности: <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Плазма технологије за употребу на термоенергетским постројењима</b></li><li>• <b>Оптимизација и повећање ефикасности термоенергетских постројења на спрашени угаљ</b></li><li>• <b>Комплексни системи за аквизицију и мониторинг на термоенергетским постројењима</b></li><li>• <b>Комплексна мерења емисије штетних материја из термоелектрана</b></li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нумеричких анализа структура</li> <li>• Нумеричка механика флуида</li> </ul>
Међународна сарадња	<p>Training Course of Renewable Energy u okviru China TCDC Technical Training Course programa koji se održavao u NR Kini od 26.07.-08.09. 2004.</p> <p>SEE-ERA.NET Plus Joint Call PROJECT. project no. SEE ERA PLUS-093: "Supporting Common RTD actions in WBCs for developing Low Cost and Low Risk ICT based solutions for TPPs Energy Efficiency increasing (WBalkICT)", партиципант 2010-2013</p>
Научни Пројекти	<p>Пројекат: TP 147, “Развој плазматехнологије за стабилизацију сагоревања на котловима ТЕ ложених спрашеним угљем ниске топлотне вредности”, 2001-2006 Институција: Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА”, Лабораторија за терм. и енергет.</p> <p>Пројекат: TP-6621Б, „Имплементација и верификација плазма технологије за стабилизацију сагоревања у реалним условима енергетског котла у ТЕНТ-А1”, 2005-2007 Институција: Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА”, Лабораторија за терм. и енергет.</p> <p>Пројекат: SEE ERA PLUS-093: "Supporting Common RTD actions in WBCs for developing Low Cost and Low Risk ICT based solutions for TPPs Energy Efficiency increasing (WBalkICT)" Земље и институције учесници: Румунија (IPA SA. Bucharest), Хрватска (Универзитет у Загребу, Факултет за стројарство и бродоградњу, Загреб) и Србија (Универзитет у Београду, Институт ВИНЧА – Лабораторија за термотехнику и енергетику).</p> <p>Пројекат: TP 17020, “Развој унапређеног горионичког постројења за плазмену стабилизацију сагоревања угљеног праха у лету”, 2010 Институција: Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА”, Лабораторија за терм. и енергет.</p> <p>Пројекат: ИИИ-42010, “Смењење аерозагађења из термоелектрана у ЈП Електропривреда Србије”, 2010 - Институција: Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА”, Лабораторија за терм. и енергет.</p> <p>Пројекат: TP-33050, “ Побољшање квалитета и технологије сагоревања домаћих лигнита у циљу повећања енергетске ефикасности и смањења емисије штетних материја из термоелектрана ЈП Електропривреда Србије”, 2010 - Институција: Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА”, Лабораторија за терм. и енергет.</p>

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација „Интеракција флуида и танкозидне структуре затворене контуре“ кандидата Зорана Ј. Марковића изложена је на 204 стране.

Дисертација садржи следећих 8 поглавља:

Предговор

Апстракт на српском језику

Abstract in English

Списак коришћених ознака-номенклатура

1. Увод
2. Основне полазне теоријске претпоставке
3. Коришћени модели дискретизације конитуума
4. Нумерички модели
5. Резултати истраживања
6. Нумерички модели фази логике
7. Закључак
8. Референце

Дисертација садржи списак од 114 коришћених референци и цитиране литературе на 13 страна и један прилог на укупно 30 страна. Дисертација има укупно 96 слика и 29 табела.

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Овај рад разматра међусобни утицај термички оптерећене танкозидне структуре канала и струје гаса који протиче кроз канал. При раду новог система за подршку ватре у ложишту енергетских котлова, базираном на нискотемпературној плазми, јављају се термичка оптерећења за која горионички канал на блоку А1 термоелектране ТЕНТ А у Обреновцу није пројектован.

Приказан је сет оригиналних експерименталних података добијених коришћењем савремене мерне технике на реалном каналу при погонским условима и параметрима рада котла и плазматронског пилот постројења, као и експерименталних резултата добијених на лабораторијском плазматронском постројењу са вртложним горионом. Добијени резултати дали су увид у ниво термичког оптерећења којем је изложен канал и одредили почетне и граничне услове нумеричког прорачуна. Резултати нумеричког истраживања су помогли подробнијем разумевању проблема који настају у моделирању интеракције термички оптерећене танкозидне структуре и струје гаса у додиру са њом.

У првом поглављу дати су предмет, циљ и мотивација рада на овом истраживању. Наведени су основни појмови и поставке проблема истраживања и дат је преглед релевантне научне литературе у којој су анализирани проблеми спрезања рачунарске симулације струјања флуида са рачунарском структуралном анализом.

У другом поглављу дате су основне теоријске поставке које су била полазна основа у истраживању. Аналитички су решени неки од случајева термички оптерећених плоча различитих геометријских карактеристика и граничних услова ослањања применом линеарне теорије танкозидних плоча. Добијени резултати су касније поређени са резултатима нумеричких прорачуна.

У трећем поглављу су дате основне теоријске поставке метода дискретизације континуума и њихове матричне формулације за проблеме који су моделирани нумеричким прорачунима. На основу резултата поређења карактеристичних временских скала преноса разматраних физичких утицаја кроз континуум извршен је одабир типа нумеричких прорачуна. Приказани су модели и алгоритми специфични за спрезање нумеричких прорачуна две различите дискретизационе методе и упоређене њихове карактеристике.

У четвртом поглављу су детаљно описане карактеристике нумеричких модела коришћених у нумеричким симулацијама интеракције термички оптерећене структуре канала и ваздуха који протиче кроз канал. Извршен је избор модела преноса вредности физичких величина са једног на други нумерички домен, алгоритама мапирања и начина спрезања структуралног и струјног нумеричког прорачуна.

У првом делу петог поглавља је приказан део обимне базе оригиналних података експерименталних испитивања обављених на пилот-плазматронском постројењу који је било инсталирано на блоку А1 термоелектране ТЕНТ А. Успешно мерење температура аеросмеше, одређивање брзинског поља аеросмеше на уласку у канале горионика и мерење температуре метала горионика при раду котла захтева координацију са руковоцима блоковског постројења. Добијена база података о параметрима рада реалног постројења формирана у овом истраживању представља веома важан научни допринос који може послужити у наредним истраживањима овог феномена. Такође, у овом делу су дати и резултати експерименталних испитивања обављених на лабораторијском експерименталном плазматронском постројењу са вртложним гориоником. Добијени резултати су на јасан начин приказани и разврстани у односу на главне карактеристике које су биле од интереса у овом испитивању и искоришћени су као улазни параметри нумеричких прорачуна.

У другом делу петог поглавља су приказани и анализирани резултати нумеричких прорачуна применом комерцијалних софтверских пакета ANSYS и ANSYS CFX. Приказани су резултати већег броја нумеричких прорачуна одређивања својствених вредности за неколико различитих проблема танкозидних плоча коришћењем различитих типове коначних елемената и различитих параметара дискретационих мрежа. Добијени резултати су поређени са резултатима датим у литератури. Примењен је модификовани алгоритам за одређивање вредности критичне температуре при бифуркацији структуре и демонстрирана његова употребљивост. Указано је на уочену неконзистентност која се огледа у разлици неких од сопствених вектора издвојених приликом нумеричког решавања проблема својствених вредности за различите параметре дискретизационе мреже. Констатовано је да уочена

неконзитстентност зависи од параметара дискретизационе мреже али та зависност није успостављена нити је објашњен узрок. На основу анализе резултата серије прорачуна за различите конфигурације нумеричког модела, потврђена је потреба решавања разматраног проблема интеракције канала и струје ваздуха кроз канал коришћењем потпуно секвенцијално спрегнутих нумеричких прорачуна структуралне и динамике флуида. Дата је анализа утицаја одређених параметара на стабилност и конвергентност прорачуна. Од добијених резултата је формирана база података који су искоришћени као улазни подаци прорачуна применом фази логике.

У шестом поглављу су приказани модели развијени применом техника фази логике за предвиђање резултата нумеричке симулације интеракције структуре канала и струје ваздуха кроз канал. Тестирано је више различитих модела и анализирана њихова примењивост за предвиђање две излазне величине нумеричког прорачуна.

Резултати из овог и претходног поглавља представљају оригиналне доприносе кандидата верификоване објављивањем радова у међународном и домаћим часописима и презентирани на међународним конференцијама.

У седмом поглављу, на основу садржаја датог у претходним поглављима, приказани су закључци, као и препоруке за даље истраживање.

Приликом израде ове дисертације коришћена је бројна литература, која је приказана у осмом поглављу. После литературе је прилог, а затим биографија кандидата.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Докторска дисертација „Интеракција флуида и танкозидне структуре затворене контуре“ даје савремен и оригиналан приступ истраживању проблема интеракције флуида и танкозидне структуре.

Актуелност предметне дисертације произилази из чињенице да се чак и у лабораторијским условима тешко може остварити одвојеност међусобних утицаја различитих физичких појава. Проблем интеракције флуида и танкозидне структуре је од великог интереса за многе гране машинства, при чему је нумерички приступ решавању ових проблема применом спрегнутих прорачуна заснованих на различитим дискретизационим методама веома заступљен, узимајући све више маха са развојем компјутерске технике. Међутим, тачност и конвергентност добијеног решења су условљени карактеристикама примењених модела, а

сам прорачун захтева значајне компјутерске ресурсе. Са друге стране, теорија фази логике се успешно користи за описивање нелинеарних проблема у многим областима а све чешће и у инжењерству. Пораст броја научних радова у протеклим годинама и број и разноврсност тема којима се баве истраживачи у овим областима су један од доказа актуелности ове теме.

Оригинлност и научни допринос ове дисертације се огледају у развоју и примени модела фази логике за предвиђање резултата нумеричких симулација интеракције структуре канала и ваздуха који протиче кроз њих, модификацији и примени алгоритма за одређивање вредности критичне температуре при бифуркацији танкозидне структуре, формирању базе експерименталних резултата испитивања обављених на пилот плазматронском постројењу на блоку А1 термоелектране ТЕНТ А у реалним условима при раду блока и испитивања обављених на лабораторијском експерименталном плазматронском постројењу.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је коришћена обимна литература из следећих области:

- структуралне анализе љуски и плоча
- турбулентних струјних процеса
- нумеричко решавање структуралних проблема методом коначних елемената
- нумеричко решавање проблема струјања флуида методом коначних запремина
- нумеричко решавање проблема интеракције флуид/структура
- теорија фази логике
- програмирање у APDL и CEL пограмским кодовима
- примене софтверских пакета и рачунарских технологија.

На основу цитата литературе, очигледно је да је кандидат мр Зоран Марковић користио и старију и најновију литературу која је референтна и актуелна у наведеним областима.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживања чији су резултати приказани у овој дисертацији изведена су применом следећих научних метода: методе експерименталног одређивања температуре зидова канала, брзине и температуре флуида који кроз канал протиче; методе нумеричког моделирања интеракције флуид/структура и модела фази логике.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати истраживања реализованих у овом раду су од употребног значаја за фазу нумеричке симулације као све заступљенијег корака у току процеса пројектовања структура које у пракси интерагују са флуидом и где се та интеракција оправдано не може занемарити. Приказане методе и технике нумеричког решавања предметног проблема се могу примењивати у другим истраживањима сличних проблема.

Формирана база експерименталних резултата је од значаја за даљу фазу развоја и имплементације плазматронских технологија за подршку сагоревању спрашеног угља на термоенергетским постројењима.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Предмет дисертације и постављени научни циљеви захтевали су коришћење већег броја системских научних метода истраживања. Кандидат је показао значајан ниво и ширину знања у области теоријских и експерименталних метода истраживања, као и примене метода рачунарске симулације проблема механике флуида, структуралне анализе, нумеричких метода спрезања ова два различита прорачуна као и прорачунских метода фази логике.

Резултати добијени коришћеним методама показују да кандидат поседује потребан ниво способности и самосталности за извођење сложених истраживања применом савремених научних метода и поступака, што потврђује његову способност за самосталан научни рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос остварен докторском дисертацијом кандидата мр Зоран Марковић на основу експерименталних и нумеричких истраживања применом системских научних метода се може сагледати кроз следеће резултате:

- формирана је база података о брзинском пољу и температури струје аеросмеше на улазу у канал аеросмеше при раду котловског и постројења за плазмахемијску припрему,

- формирана је база података о температурама метала канала аеросмеше при раду котловског и постројења за плазмахемијску припрему,
- формирана је база података расподеле температуре по пресеку вртложног горионика на лабораторијском постројењу за плазмену стабилизацију сагоревања угљеног праха,
- коришћењем програмских кодова APDL и CEL су развијени параметарски нумерички модели за симулацију интеракције термички оптерећеног канала и струје ваздуха који протиче кроз канал
- модификован је и примењен алгоритам за одређивање вредности критичне температуре при бифуркацији термички оптереће танкозидне структуре,
- развојени су и примењени нумерички модели засновни на фази логици за предвиђање резултата нумеричких симулација интеракције структуре канала и ваздуха који протиче кроз њих.

На крају треба истаћи да допринос овог рада чине и отворена питања и назначени правци даљих истраживања у овим комплексним областима.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне научне литературе и сагледавања постојећих решења из области дисертације, констатујемо да су резултати приказани у тези значајни и да су примењиви у пракси. Увидом у задате циљеве истраживања и резултате представљене у докторској дисертацији можемо закључити да је постигнут научни циљ дисертације и остварен очекивани научни допринос.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

##### Категорија M21:

1. Jovanović R., Marek E., Maletić S., Cvetinović D., **Marković Z.**, Lattice Monte Carlo Simulation of Single Coal Char Particle Combustion Under Oxy-Fuel Conditions, *Fuel*, vol. 151, pp. 172-181, 2015 (IF=3,611) (ISSN: 0016-2361) (doi:10.1016/j.fuel.2015.02.104).
2. Cvetinović D., Stefanović P., Marković Z., Bakić V., Turanjanin V., Jovanović M., Vučićević B.: GHG (Greenhouse Gases) Emission Inventory and Mitigation Measures for

Public District Heating Plants in The Republic of Serbia, *Energy*, vol. 57, pp. 788–795, 2013 (IF=4,292) (ISSN: 0360-5442) (doi:10.1016/j.energy.2012.09.063).

#### Категорија M22:

1. **Marković Z.**, Stupar S., Dinulović M., Peković O., Stefanović P, Cvetinović D.: Assessment Results of Fluid-Structure Interaction Numerical Simulation Using Fuzzy Logic, *Thermal Science*, vol. 20, Supp. 1, pp. S235-S250, 2016 (IF=1,222) (ISSN 0354-9836) (DOI: 10.2298/TSCI160111083M).
2. Jovanović R., Cvetinović D., Stefanović P., Škobalj P., **Marković Z.**, Novel Fragmentation Model for Pulverized Coal Particles Gasification in Low Temperature Air Thermal Plasma, *Thermal Science*, vol. 20, Supp. 1, pp. S207-S221, 2016 (IF=1,222) (ISSN 0354-9836) (DOI: 10.2298/TSCI160111083M).

#### Категорија M23:

1. Stefanović P., **Marković Z.**, Bakić V., Cvetinović D., Spasojević V., Živković N.: Evaluation of Kolubara Lignite Carbon Emission Characteristics, *Thermal Science*, vol. 16, Issue 3, pp. 805-816, 2012 (IF=0,838) (ISSN 0354-9836) (doi:10.2298/TSCI120215130S).
2. Živković N., Cvetinović D., Erić M., Marković Z.: Numerical Analysis of the Flue Gas-Coal Particles Mixture Flow in Burner's Distribution Channels With Regulation Shutters at the TPP Nikola Tesla - A1 Utility Boiler, *Thermal Science*, vol. 14, Issue 2, pp. 505-520, 2010 (IF=0,706) (ISSN 0354-9836) (doi:10.2298/TSCI1002505Z).

## **ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

Докторска дисертација под називом „ИНТЕРАКЦИЈА ФЛУИДА И ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ“ кандидата мр Зорана Ј. Марковића представља савремен и оригиналан приступ истраживању и нумеричком решавању проблема интеракције термички оптерећеног канала и струје ваздуха кроз канал. Истраживање је реализовано применом савремених системских научних метода, а примењени приступ и добијени резултати су од значаја, посебно за практичну примену у пројектовању танкозидних структура које својим деформисањем утичу на струјни ток око њих и обратно. На основу онога што је приказано у докторској дисертацији, као и чињеници да је анализирана проблематика изузетно актуелна, те да је део резултата верификован у

међународним и домаћим часописима и на међународним научно-стручним конференцијама, са задовољством се констатује да је кандидат мр Зоран Ј. Марковић успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима докторске дисертације.

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „ИНТЕРАКЦИЈА ФЛУИДА И ТАНКОЗИДНЕ СТРУКТУРЕ ЗАТВОРЕНЕ КОНТУРЕ“ кандидата мр Зорана Ј. Марковића, Комисија за оцену и одбрану са посебним задовољством констатује да је кандидат успешно завршио докторску дисертацију, као и да је дисертација написана према свим стандардима у научноистраживачком раду и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упути извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а након тога да закаже јавну одбрану у предвиђеном року.

#### **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

.....  
Проф. др Слободан Ступар,  
Универзитет у Београду, Машински факултет

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

.....  
Проф. др Мирко Динуловић,  
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....  
др Огњен Пековић, доцент,  
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....  
Проф. др Слободан Гвозденовић,  
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет