

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)

847/4

(Број захтева)

22.06.2013.године

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

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

АЛЕКСАНДРА (СЛОБОДАН) ЋОЋИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **АЛЕКСАНДАР (СЛОБОДАН) ЋОЋИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

МОДЕЛИРАЊЕ И НУМЕРИЧКЕ СИМУЛАЦИЈЕ ВИХОРНИХ СТРУЈАЊА

Универзитет је дана 16.04.2010. год. својим актом под бр. 020-1212/4-2/10 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

МОДЕЛИРАЊЕ И НУМЕРИЧКЕ СИМУЛАЦИЈЕ ВИХОРНИХ СТРУЈАЊА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **АЛЕКСАНДРА (СЛОБОДАН) ЋОЋИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 18.04.2013. године, одлуком факултета под бр. 847/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Милан Лечић	Ванредни професор	Механика флуида	Машински факултет Београд
2. Др Светислав Чантрак	Ред. проф. М.Ф. у пензији	Механика флуида	Машински факултет Београд
3. Др Марко Иветић	Редовни професор	Механика флуида и хидраулика	Грађевински факултет Београд
4. Др Цветко Црнојевић	Редовни професор	Механика флуида	Машински факултет Београд
5. Др Невена Стевановић	Ванредни професор	Механика флуида	Машински факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 30.05.2013. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

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

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 847/4
Датум: 30.05.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Милан Лечић, ментор, др Светислав Чантрак, ред.проф. МФ у пензији, проф.др Марко Иветић, Грађевински факултет Београд, проф.др Цветко Црнојевић и проф.др Невена Стевановић о оцени докторске дисертације „Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања“ докторанта мр Александра Ћоћића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 30.05.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„МОДЕЛИРАЊЕ И НУМЕРИЧКЕ СИМУЛАЦИЈЕ ВИХОРНИХ СТРУЈАЊА“** докторанта **мр АЛЕКСАНДРА ЋОЋИЋА**, 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 Универзитета у Београду

Овде

Предмет: Извештај о урађеној Докторској дисертацији магистра техничких наука
Александра Тоћића, дипл. инж. машинства

Одлуком Наставно-Научног већа Машинског факултета бр. 847/2 од 18.04.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Александра Тоћића** под насловом

Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 Увод

1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат мр Александар Тоћић, асистент на Машинском факултету Универзитета у Београду, одбранио је своју магистарску тезу под насловом *Истраживање структуре нехомогене турбуленције применом инваријантне теорије* на Машинском факултету Универзитета у Београду 07.06.2007. године и стекао звање магистра техничких наука. Кандидат је са великим ентузијазмом наставио свој научно-истраживачки рад и поднео захтев бр. 86/1 од 19.01.2010. године за одобравање теме докторске дисертације под насловом **Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања**. Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду Одлуком бр. 86/3 формирало је Комисију у саставу проф. др Светислав Чантрак, проф. др Милош Павловић, проф. др Марко Иветић, Грађевински факултет Универзитета у Београду, проф. др Милош Бањац и проф. др Милан Лечић са задатком да оцени подобност теме и кандидата за израду Докторске дисертације. Комисија је поднела позитиван Извештај бр. 86/4, 16.03.2010. године. Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је одлуком бр. 86/5 од 18.03.2010. прихватило предлог Комисије о испуњености услова о научној заснованости теме докторске дисертације **Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања**. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници од 16.04.2010. године дало је сагласност на предлог теме докторске

дисертације, а за ментора именовало проф. др Милана Лечића. О томе је Наставно-научно Веће Машинског факултета Београд донело Закључак бр. 756/1 од 17.04.2010. године. На предлог ментора проф. др Милана Лечића и Катедре за механику флуида бр. 847/1 од 16.04.2013. године, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду одлуком бр. 847/2 од 18.04.2013. године именовало је Комисију за преглед, оцену и одбрану Дисертације са задатком да поднесе Извештај о урађеној Дисертацији кандидата **Александра Тоћића** под насловом **Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања**.

1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом **Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања** припада области техничких наука (машинство), ужа научна област Механика флуида која припада Машинском факултету Универзитета у Београду.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Александар Тоћић је рођен 23. августа 1975. године у Александровцу, општина Александровац, Република Србија. Завршио је основну школу „Аца Алексић“ у Александровцу са одличним успехом у свим разредима. Гимназију у Крушевцу, истурено одељење у Александровцу завршио је 1994. године, такође са одличним успехом у свим разредима. Након завршетка школе, уписује Машински факултет у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу. Након свих положених испита на првој години студија, другу годину студија уписује 1995. године на Машинском факултету Универзитета у Београду. Дипломирао је октобра 2000. године на Машинском факултету у Београду, на смеру Аутоматско управљање. У току студија је имао просечну оцену 8,71 и оцену 10 на дипломском раду. Након дипломирања, исте године уписује последипломске, магистарске студије у научној области Примењена механика флуида. На магистарским студијама је положио све испите предвиђене програмом студија, укупно дванаест, са просечном оценом 10. У периоду од марта 2001. године до марта 2002. године радио је као сарадник-истраживач, стипендиран од стране Министарства науке Републике Србије. У наставном звању асистент-приправник на Катедри за механику флуида запослен је јула 2002. године. Након успешне одбране магистарског рада изабран је у звање асистента. У свом наставном раду радио је као асистент на предметима: Механика флуида, Хидраулика и пнеуматика, Хидромеханика, Динамика гасова, Транспорт флуида цевима, Механика флуида Б, Термодинамика Б, Механика флуида М и Нумеричка механика флуида.

Кандидат је до сада аутор или коаутор 13 радова, био је учесник 4 научна пројекта финансирана од стране Министарства науке Републике Србије, и једног међународног билатералног пројекта између Министарства науке Републике Србије и Немачке службе за академску размену (DAAD - Deutscher Akademischer Austausch Dienst).

2 Опис дисертације

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Александра Тоћића, под насловом **Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања** урађена је на 237 странице, са 72 слике, 302 једначине, 22 табела и 124 референци. Дисертацију чине следеће Главе:

1. Увод
2. Основни закони и основне једначине механике флуида
3. Физичко-математичко моделирање турбулентних струјања
4. Методологија прорачуна и њена примена у OpenFOAM-у
5. Прорачун осносиметричног вихорног струјања у цеви
6. Прорачун вихорног струјања у цеви иза кола аксијалног вентилатора
7. Закључак

Литература

и три додатка

- A Рејнолдсове једначине у поларно-цилиндричним координатама
- B Инваријантна мапа анизотропности турбуленције
- C Навије-Стоксове једначине у ротирајућем координатном систему

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У уводној Глави докторске дисертације дају се основне карактеристике турбулентних вихорних струјања. На првом месту ту је постојање обимске брзине која се суперпонира са аксијалном брзином, као и сложена, изразито неизотропна структура турбуленције. Дат је и приказ релеватне литературе из области теоријских и експерименталног истраживања турбулентних вихорних струјања и указано на тешкоће нумеричког прорачуна таквих струјања. Представљени су и циљеви истраживања, који се базирају на теоријској анализи турбулентних вихорних струјања и савремених нумеричких поступака, као и самим нумеричким прорачунима таквих струјања коришћењем софтвера отвореног кода (open-source) под називом OpenFOAM (Open-source Field Operation And Manipulation).

У другој Глави се основне једначине кретања непрекидне средине (континуума) разматрају на савремен начин, где се све физичке величине приказују као објекти - тензори нултог, првог и другог реда. Наводе се основни постулати који се користе при извођењу тих једначина, и дефинишу додатне конститутивне релације које затварају систем основних једначина кретања. Како су у оквиру дисертације разматрана изотермског струјања нестишљивог њутновског флуида, дата је и детаљнија анализа Навије-Стоксове једначине, и наглашени проблеми њеног решавања нумеричким путем.

У уводном делу треће Главе се дају основне физичке карактеристике турбулентних струјања, као и начини њиховог математичког описа. Увођењем Рејнолдсове статистике, и полазећи од инваријантног облика основних једначина, изводи се инваријантни облик Рејнолдсових једначина које описују статистички осредњено турбулентно струјање. Проблем затварања Рејнолдсових једначина се анализира кроз приказ савремених турбулентних модела. Главни акценат је на анализи двоједначинских модела као што су $k - \varepsilon$, $k - \omega$, $k - \omega$ SST, Lander-Sharma $k - \varepsilon$ и пуних напонских модела, Launder Reece Rodi (LRR), Launder-Gibson (LG) и Speziale-Sarkar-Gatski (SSG). Код анализе напонских модела, дати су и начини моделирања карактеристичних чланова у једначини преноса турбулентних напона. У прегледу научних радова у којима су примењиване разне класе турбулентних модела у прорачуну турбулентних вихорних струјања указано је да двоједначински модели дају добре резултате само у одређеним класама вихорних струјања, док напонски модели дају тачније резултате јер могу да предвиде феномене карактеристичне за турбулентна вихорна струјања. Такође је указано на могућност нумеричких симулација вихорних струјања, у једноставним геометријама као што је цев, тзв. симулацијама великих вртлога (LES) коришћењем периодичних граничних услова и додавањем вештачке масене силе у обимском правцу, која ће формирати жељени профил обимске брзине. Анализирани су разни предложени изрази у литератури а као најпогоднија се показала зависност четвртог степена.

Четврта глава се односи на методологију нумеричког прорачуна применом методе коначних запремина (FVM - finite volume method), на којој је базиран софверски пакет OpenFOAM. Дат је одличан приказ основних принципа дискретизације прорачунског домена као и дискретизације карактеристичних чланова у једначинама кретања. Указано је и на карактеристичне параметре о којима се мора водити рачуна приликом дискретизације просторног домена. У карактеристичној једначини преноса, анализирана су начини дискретизације свих њених чланова, са посебном пажњом на анализи дискретизације конвективног члана. Дат је приказ савремених диференцијалних метода којима се врши дискретизација конвективног члана, са посебним акцентом на схемама базираним на NVA (Normalized Variable Approach) приступу. Кандидат даље даје анализу основних граничних услова и анализу карактеристичне матрице које се добија дискретизацијом просторног домена и једначина кретања. Указано је који чланови утичу на повећање дијагоналне доминантности карактеристичне матрице, која је директно повезана са стабилношћу прорачуна и конвергенцијом решења. У оквиру дела који се тиче дискретизације Навије-Стоксове и Рејнолдсове једначине, указано на је на основне начине повезивања притиска и поља брзине у току прорачуна, преко PISO и SIMPLE алгорита. Након теоријских разматрања, кандидат даје прецизна и јасна објашњења начина имплементације претходно наведених метода у OpenFOAM-у. Наводе се основне класе унутар самог кода OpenFOAM, као и начини и принципи наслеђивања изведених класа. Објашњен је и основни принцип имплементације једначина кретања као и турбулентних модела. У последњем делу ове Главе кандидат детаљно објашњава сопствену имплементацију SSG напонског модела у OpenFOAM код, који је коришћен за одређене нумеричке прорачуне у оквиру дисертације.

У петој глави се нумерички анализира вихорно струјање у дугачкој, правој цеви, уз претпоставку да се ради о осносиметричном струјању. Анализирано је вихорно струјање са профилем осредњене обимске брзине типа Ранкиновог вртлога, за три различита интезитета вихорног броја. Начин валидације нумеричких резултата је обављен

коришћењем постојећих експерименталних резултата других аутора. У експериментима су вршења мерења тренутних брзина, коришћењем сонди са усијаним влакнима, у седам мерних пресека дуж цеви. Генератор вихора се не разматра, већ је поставка нумеричког прорачуна таква да се улазни пресек прорачунског домена поклапа са првим мерним пресеком на коме су задате измерене вредности брзина и турбулентних напона. Након објашњења начина генерисања прорачунског домена, избора одговарајућих схема дискретизације и начина решавања добијеног система линеарних једначина, презентују се нумерички резултати. Показано је да двоједначински модели не дају резултате задовољавајуће тачности код предвиђања овог типа вихорног струјања, поготово за веће вредности вихорног броја. Нумерички резултати добијени LG и SSG моделом су показали значајне предности у односу на двоједначинске моделе. Показано је да SSG модел даје боља предвиђања осредњене аксијалне брзине у односу на LG модел, док је LG модел дао нешто боље резултате у случају предвиђања обимске брзине. Као начин валидације, како LG модела тако и сопствене имплементације SSG модела, извршена је инваријантна анализа добијених нумеричких резултата. Показано је да се у свим карактеристичним пресецима вредности друге и треће инваријанте тензора анизотропности налазе унутар Ламлијевог троугла, што је један од показатеља да је SSG модел правилно имплементиран у код OpenFOAM-а.

У шестој Глави се разматра вихорно струјање у коме се моделира и генератор вихора, а то је аксијални вентилатор. Прорачун је обављен коришћењем два различита приступа и два различита прорачунска домена. У првом приступу, разматран је приступ тзв. „замрзнутог ротора“ на прорачунском домену са ротационо периодичним површима, док је у другом случају разматрана комплетна геометрија, са делом нумеричке мрежом која ротира у времену. У оба приступа, прорачун је извршен коришћењем $k - \omega$ SST модела. У уводном делу ове Главе дато је детаљно објашњење начина генерисање блок-структуриране мреже, као и начини спрезања карактеристичних прорачунских поддомена. На прорачунском домену са ротационо периодичним површима извршено је нумеричко одређивање карактеристичне криве вентилатора, варирањем вредности запреминског протока кроз прорачунски домен. У случају прорачуна са нумеричком мрежом у делу у коме се налази вентилатор и која ротира у реалном времену, добијено је нестационарно кретање вртложног језгра у цеви иза вентилатора, које је идентификовано коришћењем Q критеријума. Резултати нумеричких симулација су показали јако добро слагање са постојећим резултатима мерења профила брзина других аутора који су користили тај вентилатор у својим експерименталним истраживањима вихорних струјања.

У закључку рада дати су парцијални закључци засновани на резултатима који су остварени у појединачним поглављима, на основу којих су изведени општи закључци и доприноси Дисертације. Сам рад представља широк приступ проблематици моделирања и прорачуна турбулентних вихорних струјања. Јасно су наглашени правци даљих истраживања. То су коришћење метода великих вртлога (LES) у нумеричком прорачуну неоптималних режима рада вентилатора, где би се добио дубљи увид у структуру вртлога који се одвајају са самих лопатица вентилатора, као и на структуру струјања у цеви иза вентилатора. Такви нумерички прорачуни би омогућили анализу буке и акустичних феномена, што је један од циљева даљих истраживања.

3 Оцена дисертације

3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертације **Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања** реализована је применом савремених метода нумеричке механике флуида. За све нумеричке прорачуне коришћен је софтвер отвореног кода OpenFOAM. Овај код се користи на водећим светским Универзитетима који се баве истраживањима у овој области. За разлику од комерцијалних софтвера из ове области, OpenFOAM је преваходно намењен истраживању. Он је флексибилнији, написан је у C++ (објектни приступ) и корисник потенцијално може у потпуности прилагодити својим потребама. За то су потребна многа знања - на првом месту веома добро знање ГНУ/Линукс (GNU/Linux) оперативног система, затим разумевање структуре и начина на који је софтвер кодиран, и на крају знања C++.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Списак литературе чини 109 релевантних референци из области моделирања турбуленције и турбулентних вихорних струјања, као и нумеричких метода које доносе резултате истраживања који су примењиви и који представљају полазну основу за решавање основног задатка Дисертације. Ове референце представљају извор информација, знања и идеја за методологију прорачуна комплексних струјања, као и за имплементацију турбулентних модела у код OpenFOAM-а.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Дисертација се заснива на резултатима примене аналитичких и нумеричких метода у анализи турбулентних вихорних струјања. Проучавање теорије турбуленције, метода моделирања турбулентних вихорних струјања као и нумеричких метода у методи коначних запремина представља широко подручје рада на овој дисертацији. У циљу примене тих метода, било је неопходно разумети структуру комплексног софтвера отвореног кода под називом OpenFOAM, овладати његовим коришћењем као и надоградњом у виду имплементације турбулентног напонског модела у његов код. Након успешног рада на том пољу, кандидат је отворио велике могућности потенцијалних унапређења код OpenFOAM-а и његовог успешнијег коришћења при нумеричком решавању једначина кретања непрекидне средине.

3.4 Применљивост остварених резултата

Полазна идеја и хипотеза Дисертације је била да се изврши нумеричка анализа једне од најкомплекснијих класа турбулентних струјања, а то су вихорна струјања. Анализирани су разни турбулентни модели, разни приступи генерисања прорачунског домена и начина нумеричког прорачуна. Добијени резултати за поља притиска, брзина и турбулентних напона дају дубљи увид у физику турбулентних вихорних струјања. Ово је значајно за прорачун механичке енергије турбулентног вихорног тока. Поред овога, могу се добити корисне информације за пројектовање радног кола аксијалног вентилатора који представља сигурни генератор вихора.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Укупност и начин приказане материје, примењене научне методе као и остварени стручни и научни циљ указују на оригиналност идеја које је кандидат имао у појединим фазама свог рада. У првој, другој, трећој и четвртој глави показао је смисао да сложене појаве обједини и да их јасно и прецизно дефинише и прикаже. У делу четврте, затим у петој и шестој Глави кандидат је својим сопственим резултатима дао научни допринос у овој области. Ту посебно треба истаћи оригиналне резултате у имплементацији SSG модела у код OpenFOAM-а, затим детаљну анализу добијених нумеричких резултата коришћењем тог модела на случају прорачуна осносиметричног вихорног струјања у цеви, као и прорачун вихорног струјања иза кола аксијалног вентилатора, са моделирањем кретања вентилатора у реалном времену.

4 Остварени научни допринос

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Општи научни допринос овог рада је примена софтвера отвореног кода OpenFOAM за прорачун турбулентног вихорног струјања као најсложенијег вида турбулентног струјања.

Поред општег, могу се издвојити и специфични научни доприноси, као што су:

- Приказ основних једначина кретања флуида као и моделских једначина турбуленције дат је на савремен и оригиналан начин у тзв. инваријантном облику погодном за нумеричко решавање.
- У OpenFOAM код је убачен SSG турбулентни модел тако да је доступан свим корисницима овог отвореног кода. Прорачуни су показали да овај модел даје боље резултате од других коришћених за случај овог струјања.
- За два сложена примера турбулентног вихорног струјања, детаљно је анализирана употреба различитих турбулентних модела и изведени одговарајући закључци.
- Код примера, у коме је вентилатор генератор вихора, кандидат је успешно извео спајање покретне и непокретне мреже, што је у овом коду веома компликовано.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

- Садашње стање науке о струјању карактерише интензивна примена нумеричких метода за прорачун различитих класа струјања. Комерцијални софтвери дају брзо решење многих проблема али су и скупи. За разлику од њих отворени софтвери су бесплатни и погодни за научну заједницу јер дозвољавају надградњу.
- Овладавање софтвером Open FOAM отвореног кода, као и имплементација турбулентног модела представља значајан допринос. Ово нарочито уколико је познато да у литератури има мало резултата у којима је овај софтвер примењен за прорачун турбулентног вихорног струјања.

- Међутим, овим радом није дат коначан одговор на сва отворена питања физике разматраног струјања. Истраживање треба да се настави тако што би се имплементирао LES модел у овај отворен код. Након тога се може истраживати како, овај модел или комбинација модела у различитим струјним областима, утичу на квалитет прорачуна.
- За верификацију прорачуна неопходни су квалитетни експериментални резултати. Намеће се и закључак да су, овде коришћени експериментални резултати, недовољни у смислу мерених величина, броја мерних пресека и то у различитим примерима турбулентних вихорних струјања.

4.3 Верификација научних доприноса

Резултати рада на овој Дисертацији објављени су у следећим референцама:

Категорија M23

1. Ćoćić Aleksandar S., Lečić Milan R., Čantrak Svetislav M. (2013) Numerical analysis of axisymmetric turbulent swirling flow in circular pipe, Thermal Science, OnLine-First (00):64-64, DOI:10.2298/TSCI130315064C, Impact factor 1,21
2. Lečić M.R., Ćoćić A.S., Čantrak S.M. (2012): Original Measuring and Calibration Equipment for Investigation of Turbulent Swirling Flow in Circular Pipe, Experimental Techniques, Accepted for Printing, First Published Online 14.02.2012., DOI: 10.1111/j.1747-1567.2012.00813.x, Society for Experimental Mechanics, Interscience, Wiley, ImpactFactor: 0,505

Категорија M33

1. Ćoćić A., Pritz B., Gabi M., Lečić (2013) Numerical Simulations of Turbulent Swirling Flows, 84th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM), Novi Sad, Serbia
2. Ćoćić A., Guranov I., Lečić M. (2011): Numerical Investigation of Laminar Flow in Square Curved Duct with 90° bend, Third Serbian (28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Vlasina lake, Serbia
3. Ćoćić A., Lečić M., Čantrak S. (2009): Investigation of Structure of Turbulent Flow in Circular Pipe With Sudden Area Contraction by Use of Invariant Theory and Numerical Simulations, XIV Conference on Modelling Fluid Flow, Budapest, Hungary

5 Закључак и предлог

Дисертација недвосмислено указује на чињеницу да је кандидат у потпуности овладао софтвером отвореног кода OpenFOAM. Овај софтвер је превасходно намењен за научна истраживања и он се користи на водећим светским универзитетима и институтима. У Дисертацији су приказани нумерички резултати прорачуна два карактеристична случаја турбулентног вихорног струјања, као први резултати ове врсте у литератури добијени у OpenFOAM-у. Том приликом имплементирано је више различитих турбулентних модела у код OpenFOAM. Добијени резултати за поља карактеристичних физичких величина дају дубљи увид у физику турбулентних вихорних струјања, што има велики значај за инжењерске прорачуне.

Комисија предлаже, Наставно-научном већу Машинског факултета и Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, да се прихвати Докторска дисертација под насловом **Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања**, кандидата **мр Александра Тоћића**, дипл. инжењера машинства, и да се у складу са законским одредбама изложи на увид јавности и закаже јавна одбрана.

Београд, 23.05.2013. године

Др Милан Лечић, ванредни професор, ментор
Машински факултет Универзитета у Београду

Др Светислав Чантрак, пензионисани редовни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

Др Марко Иветић, редовни професор
Грађевински факултета Универзитета у Београду,

Др Цветко Црнојевић, редовни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

Др Невена Стевановић, ванредни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 847/5
Датум: 30.05.2013. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 12.2 Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 30.05.2013. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео мр АЛЕКСАНДАР ЋОЋИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „МОДЕЛИРАЊЕ И НУМЕРИЧКЕ СИМУЛАЦИЈЕ ВИХОРНИХ СТРУЈАЊА“

II Универзитет је дана 16.04.2010. године, својим актом број 020-1212/4-2/10 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. Ćoćić Aleksandar S., Lečić Milan R., Čantrak Svetislav M. (2013) Numerical analysis of axisymmetric turbulent swirling flow in circular pipe, Thermal Science, OnLine-First (00):64-64, DOI:10.2298/TSCI130315064C, Impact factor 1,21

2. Lečić M.R, Ćoćić A.S., Čantrak S.M. (2012): Original Measuring and Calibration Equipment for Investigation of Turbulent Swirling Flow in Circular Pipe, Experimental Techniques, Accepted for Printing, First Published Online 14.02.2012., DOI:10.1111/j.1747-1567.2012.00813.x, Society for Experimental Mechanics, Interscience, Wiley, ImpactFactor: 0,505

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић