

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)

1391/4

(Број захтева)

13.07.2017. 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:

ЈЕЛЕ (МИЛЕНКО) БУРАЗЕР

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ЈЕЛА (МИЛЕНКО) БУРАЗЕР** уписана на Докторске студије 2008 год.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

ТУРБУЛЕНТНО СТИШЉИВО СТРУЈАЊЕ У РАНК-ХИЛШОВОЈ ВРТЛОЖНОЈ ЦЕВИ

Универзитет је дана 06.07.2015. год. својим актом под бр. 61206-2696/2-15 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ТУРБУЛЕНТНО СТИШЉИВО СТРУЈАЊЕ У РАНК-ХИЛШОВОЈ ВРТЛОЖНОЈ ЦЕВИКомисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ЈЕЛЕ (МИЛЕНКО) БУРАЗЕР**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 22.06.2017. године, одлуком факултета под бр. 1391/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Милан Лечић</u>	Ред. проф.	Механика флуида	Машински факултет Београд
2. <u>Др Александар Ћоћић</u>	Доцент	Механика флуида	Машински факултет Београд
3. <u>Др Снежана Милићев</u>	Ванр. проф.	Механика флуида	Машински факултет Београд
4. <u>Др Маша Букуров</u>	Ванр. проф.	Механика флуида	ФТН Нови Сад
5. <u>Др Дарко Кнежевић</u>	Ванр. проф.	Механика флуида	Машински факултет Универзитет у Бања Луци, Република Српска

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 13.07.2017. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф.др Радивоје Митровић

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: 1391/4
Датум: 13.07.2017. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и реферата Комисије у саставу: др Милан Лечић, ред. проф., ментор, др Александар Ћоћић, доц., др Снежана Милићев, ванр. проф., др Маша Букуров, ванр. проф., Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду и др Дарко Кнежевић, ванр. проф., Машински факултет Универзитета у Бања Луци, Република Српска о оцени докторске дисертације „Турбулентно стишљиво струјање у Ранк-Хилшовој вртложној цеви“ студента докторских студија **Јеле Буразер, дипл. инж. маш.**, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 13.07.2017. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ТУРБУЛЕНТНО СТИШЉИВО СТРУЈАЊЕ У РАНК-ХИЛШОВОЈ ВРТЛОЖНОЈ ЦЕВИ“** студента **ЈЕЛЕ БУРАЗЕР, дипл. инж. маш.**

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, студенту, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Овде

Предмет: Извештај о урађеној докторској
дисертацији кандидата Јеле М. Буразер, дипл. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду бр. 1391/2 од 22. 06. 2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јеле М. Буразер, дипл. инж. маш, под насловом

Турбулентно стишљиво струјање у Ранк-Хилшовој вртложној цеви

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

ИЗВЕШТАЈ

1 Увод

1.1 Хронологија одобравања и израда дисертације

Јела М. Буразер, дипл. инж. маш. је уписала докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2008/09. године. Положила је испите из свих предмета предвиђених наставним планом и програмом за ниво докторских студија са просечном оценом 10 (десет).

Докторску дисертацију под насловом *Турбулентно стишљиво струјање у Ранк-Хилшовој вртложној цеви*, пријавила је на Машинском факултету Универзитета у Београду дана 23. 04. 2015. године од евиденционим бројем 737/1. На основу пријаве кандидата, Наставно-научно веће Машинског факултета је на седници ННВ-16/1415 (ев. број 878/2) дана 14. 05. 2015. године, формирало Комисију за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације у саставу: др Милан Лечић, ред. проф, потенцијални ментор, др Александар Ђоћић, доцент, др Снежана Милићев, доцент, др Славица Ристић, научни саветник Института Гоша у Београду, др Марко Иветић, ред. проф. Грађевинског факултета у Београду. На основу Извештаја Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је прихватило тему докторске дисертације Одлуком бр. 865/2 од 14. 05. 2015. године. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је Одлуком бр. 61206-2696/2-15 од 06. 07. 2015. године, одобрило израду докторске дисертације под насловом *Турбулентно стишљиво струјање у Ранк-Хилшовој вртложној цеви*. За ментора је именован др Милан Лечић, ред. проф. Машинског факултета у Београду.

Кандидату је одобрен статус мировања обавеза на докторским студијама, на Молбу заведену под бројем 9/9037 од 02. 06. 2014. године. На Молбу кандидата, Комисија за

докторске студије је одобрила продужетак рока за завршетак студија за два семестра Решењем бр. 1831/1 од 24. 09. 2015. године. Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је на седници ННВ-17/1516 (ев. број 1989/1) дана 15. 09. 2016. године, одобрило продужење рока за завршетак докторских студија за два семестра. На тај начин, кандидат је у обавези да одбрани докторску дисертацију до краја школске 2016/2017. године.

Ментор, проф. др Милан Лечић је дана 16. 06. 2017. године, обавестио Катедру за механику флуида да је докторска дисертација завршена. С тим у вези, Катедра за механику флуида је дописом бр. 1391/1 од 16. 06 2017. године, о завршетку докторске дисертације кандидата Јеле М. Буразер, обавестила Начуно-наставно веће Машинског факултета у Београду и предложила састав Комисије за преглед, оцену и одбрану предметне докторске дисертације. На основу овог дописа, Наставно-научно веће је на седници ННВ-12/1617 дана 22. 06. 2017. године, донело Одлуку о формирању Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у следећем саставу: др Милан Лечић, ред. проф, ментор, др Александар Ћоћић, доцент, др Снежана Милићев, ванр. проф, др Маша Букуров, ванр. проф. Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду и др Дарко Кнежевић, ванр. проф. Машинског факултета Универзитета у Бања Луци, Република Српска.

1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом *Турбулентно стичљиво струјање у Ранк-Хилшовој вртложној цеви* припада области техничких наука – машинство, односно ужој научној области Механика флуида, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду. За ментора је именован др Милан Лечић, ред. проф. Машинског факултета у Београду и шеф Катедре за механику флуида.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Јела М. Буразер је рођена 14. 03. 1985. године у Београду, где је са одличним успехом завршила основну школу и Пету београдску гимназију. Машински факултет Универзитета у Београду уписала је школске 2003/04. године. Студије је завршила на Одсеку за термотехнику, као први дипломирани студент генерације која је уписана школске 2003/04. године и студент генерације Одсека за термотехнику са просечном оценом у току студија 9,41 (девет и 41/100). Дипломски рад из предмета *Расхладна постројења и топлоћне пумпе* под насловом „*Методе за приближно одређивање времена замрзавања намирница неправилног облика*“ је одбранила 13. фебруара 2008. године, са оценом 10 (десет). У току деветог семестра студија је похађала наставу из предмета *Техника мерења*, који није био обавезан студентима са Одсека за термотехнику. Успешно је одбранила лабораторијске вежбе из овог предмета.

У току студија је била награђивана и то школских 2004/05, 2005/06, 2007/08. као један од најбољих студената, а школске 2006/07. године као студент генерације. Као учесник традиционалних сусрета студената машинства са просторе бивше Југославије – „Машинијада“, кандидаткиња је у два наврата (мај 2005 – Машинијада на Копоник, мај 2006 – Машинијада на Охриду), као представник Машинског факултета из Београда, освојила прво место из предмета *Опшорност материјала*. На Дан Машинског факултета 2008. године добила је награду „Професор Душан Томић“, као најбољи студент генерације на Одсеку за термотехнику. Награду „Растко Стојановић“ је добила за најбољи рад аутора млађих од 35 година, саопштен на Шестом интернационалном конгресу Српског друштва за механику, одржаном на Тари од 19. до 21. јуна 2017. године.

Од 2008. године, Јела је стицала радно и истраживачко искуство у Иновационом центру Машинског факултета у Београду, на Машинском факултету у Београду, у Центру за општа и примењена истраживања Института Гоша у Београду. Била је изабрана у звање асистента за ужу научну област Термотехника при Катедри за термотехнику Машинског факултета у Београду, за један изборни период. Тренутно је запослена на Машинском факултету у Београду, у звању истраживач-сарадник при Катедри за Механику флуида. Држала је наставу из 10 (десет) предмета на разним нивоима студија при Катедри за термотехнику и Катедри за термомеханику Машинског факултета у Београду.

Завршила је обуку из области енергетске ефикасности зграда у организацији Инжењерске коморе Србије, која је одржана у периоду од 07. 04. до 05. 05. 2012. године.

Аутор је или коаутор девет радова у часописима међународног и домаћег значаја (од тога три у часописима са импакт фактором (SCI листа)), једанаест саопштења на скуповима међународног значаја, коаутор је једног приручника и једног техничког решења. Учествовала је као истраживач у пет пројеката при Министарству просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и као пројектант-сарадник у једанаест пројеката у сарадњи са привредом.

Говори енглески и шпански језик, а поседује и основна знања руског језика. Активно се служи рачунаром. Напредно користи велики број услужних и стручних програмских пакета у оквиру оперативних система GNU Linux (BASH; OpenFOAM, ParaView, LaTeX, GIMP, SALOME, Octave, LibreOffice, Gnuplot, Xfig) и Windows (Fortran; MatLab, MathCAD, Microsoft Office, AutoCAD, CorelDRAW, CoolPack, Refprop, DIRcalc, GPC, WinCAPS, OVselect).

Члан је Српског друштва за механику.

2 Опис дисертације

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација *Турбулентно стичљиво струјање у Ранк-Хилшовој вртложној цеви* је документ формата А4, штампан једнострано, написан на српском језику, ћириличним писмом. Дисертација је написана на укупно 222 нумерисане стране укључујући и Референце (укупно 241 референца је наведена на 22 стране), илустрована је са 111 слика и дијаграма, 86 нумерисаних израза и 3 табеле. Материја предметне дисертације је изложена у оквиру 6 поглавља:

- 1 Увод
- 2 Вртложна цев и феномен раслојавања температурског поља
- 3 Теоријска разматрања
- 4 Софтвер за нумеричко моделирање и модели турбуленције
- 5 Приказ и анализа резултата нумеричких прорачуна
- 6 Закључак.

На почетку рада је дат Списак ознака, као и продужени резиме на српском и енглеском језику, док су на крају биографски подаци кандидата.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље почиње историјским прегледом хлађења, од најстаријих цивилизација до данашњих дана. Представљен је и развој расхладних флуида који је пратио развој расхладних машина. У оквиру посебног одељка је, на укупно 22 стране, детаљно приказан преглед литературе која је релевантна за предметно истраживање.

Приказ вртложне цеви као расхладног уређаја је дат у *грућом њоїлављу*. Описана је основна конструкција овог уређаја, као и њени сложенији облици. Разматрана је примена вртложне цеви у свакодневном животу и индустрији. Завршне странице овог поглавља посвећене су прегледом радова и резултата из области феномена раслојавања температурског поља, које је осим у вртложној цеви, присутно и у другим струјним просторима и условима струјања.

У оквиру *їпрећеї њоїлавља* разматране су основне једначине кретања непрекидне средине. Полазећи од основних принципа одржања масе, количине кретања и енергије изводе се једначине којима се описује струјање флуида у општем случају. Уводећи одговарајуће конститутивне релације, приказују се Навије-Стоксове једначине за струјање њутновских флуида. Приказани су основи Рејнолдсове статистике и недостаци њене примене на стишљиво турбулентно струјање флуида. У том смислу, уводи се Фавреово осредњавање једначина, тј. осредњавање једначина по маси. Приказане су инваријанте тензора анизотропности турбулентних напона, те могућност њихове примене за процену анизотропности турбуленције, али и за валидацију израчунатих вредности Рејнолдсових напона. Све једначине су писане у инваријатном облику, тј. преко објеката. Ово је значајно за тумачење појединих чланова у једначинама, и за имплементирање једначина у софтвер који је коришћен за прорачуне у оквиру докторске дисертације.

Софтверу отвореног кода – OpenFOAM је посвећено *чеїврїо њоїлавље* предметне дисертације. Приказане су основне карактеристике овог софтвера, да би потом били приказани и сви модели који су коришћени у прорачунима. Све једначине преноса у моделима турбуленције су реконструисане на основу кода у софтверу. У оквиру посебног одељка је представљена модификација постојећих солвера, са циљем стварања могућности за уочавање феномена стратификације поља тоталне температуре при различитим условима струјања.

Резултати нумеричких прорачуна су приказани у оквиру *їеїої њоїлавља*. Најпре је урађена верификација и валидација нових солвера. На једној вртложној цеви приказани су резултати и старих и нових тј. имплементираних солвера. Потом су приказани резултати рада нових солвера на још две геометрије вртложне цеви. Верификација и валидација нових солвера је извршена и у случају опструјања цилиндра, као и при струјању гаса у слободном осносиметричном млазу. У засебном одељку овог поглавља је извршена анализа феномена стратификације поља тоталне температуре на једној геометрији вртложне цеви. Такође, анализиран је утицај смањења удела масеног протока охлађеног гаса на рад вртложне цеви. Применом Ламлијевих мапа анизотропности је, у одсуству експерименталних резултата, извршена валидација поља турбулентних напона. Анализирана је физика феномена стратификације поља тоталне температуре са становишта радијално-аксијалних расподела релевантних физичких величина струјног поља вртложне цеви, у спрези са утицајима геометрије струјног простора и редукције масеног протока охлађеног гаса. Извршена је анализа физике међудејства турбуленције и поља одговарајућих струјно-термодинамичких величина вртложне цеви. На овај начин су са физичког становишта још једном оправдане приказане расподеле турбулентних напона, али и осталих физичких величина које су оригиналан резултат ове дисертације. Испитиван је нелокални пренос енергије у струјном простору вртложних цеви. Завршне странице петог поглавља посвећене су параметарској анализи рада вртложне цеви.

Шесто поглавље представља закључна разматрања у вези са резултатима оствареним у оквиру истраживања током рада на предметној докторској дисертацији.

3 Оцена дисертације

3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертација *Турбулентно стишљиво струјање у Ранк-Хилшовој вртложној цеви* докторанда Јеле М. Буразер, реализована је применом савремених метода нумеричке механике флуида. За све нумеричке прорачуне у оквиру предметне дисертације коришћен је софтвер отвореног кода OpenFOAM. Овај софтвер се користи на водећим светским Универзитетима који се баве истраживањима у овој области. Реч је објектно оријентисаном софтверу који је написан у програмском језику C++, а с обзиром на отвореност кода, корисник може код овог софтвера у потпуности прилагодити својим потребама. Са друге стране, за разлику од комерцијалних софтвера намењених нумеричким прорачунима, OpenFOAM је преваходно намењен истраживачком раду. Резултати ове докторске дисертације су први из области раслојавања температурског поља у вртложној цеви, Кармановој вртложној улици и осносиметричном млазу, који су добијени применом софтвера OpenFOAM. Први пут је помоћу OpenFOAM-а вршен прорачун турбулентног стишљивог вихорног струјања изузетно велике јачине вихора у струјном простору вртложне цеви.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Списак литературе чини 241 релевантна референца у којима се анализира рад вртложних цеви различитих геометрија, на основу струјних или термодинамичких величина. Кандидат је проучила све доступне референце које имају за тему вртложну цев, што је резултирало детаљним прегледом тренутног стања литературе на чак 22 странице у дисертацији. Такође, разматране су и одговарајуће референце из области нумеричке механике флуида и турбулентног нестишљивог и стишљивог струјања флуида. Посебна група референци, која је анализирана при изради предметне дисертације, је она која се односи на феномен раслојавања температурског поља при струјању флуида у различитим струјним просторима. Све ове референце представљају извор информација, знања и идеја за методологију прорачуна комплексних турбулентних стишљивих струјања флуида, као и за анализу добијених резултата.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Предметна докторска дисертација заснива се на резултатима примене аналитичких и нумеричких метода у анализи стишљивог турбулентног вихорног струјања. Проучавање турбуленије, метода моделирања турбулентних вихорних струјања као и нумеричких метода у методи коначних запремина су основе рада у дисертацији. Наведене методе је требало применити у оквиру софтвера отвореног кода, што је подразумевало разумевање његове структуре. Последице, било је могуће извршити одговарајуће модификације у коду, на основу којих су добијени резултати који су били подобни за одговарајуће анализе.

3.4 Применљивост остварених резултата

Због широке области примене вртложне цеви у свакодневном животу и индустрији, истраживања струјања у овом струјном простору имају велики теоријски и практичан значај.

Феномен стратификације поља тоталне температуре поља интригира научну јавност већ скоро цело столеће. Јавља се искључиво као последица струјања флуида, и до данашњих дана не постоји јасно образложење узрока овог струјно-термодинамичког феномена. Овај

феномен се јавља како у вртложној цеви, тако и у трагу цилиндра, трагу турбинских лопатица, у осносиметричним млазевима, смичућим слојевима. У оквиру предметне дисертације су здружено анализирана струјно-термодинамичка поља у две вртложне цеви, од којих је код једне удео масеног протока охлађеног ваздуха сведен на нулту вредност, и у вртложном трагу иза цилиндра – Кармановој вртложној улици. Изведени су одређени закључци у вези са пољима одговарајућих струјних и термодинамичких величина.

Разумевање феномена раслојавања поља тоталне температуре у овом уређају, а у вези са анализом и разумевањем овог феномена у другим струјним просторима, је од великог значаја за анализу рада вртложне цеви и за њену практичну примену. У том смислу су могуће адекватне модификације на самој геометрији вртложне цеви, које ће условити њен ефикаснији рад, са једне стране, односно мање вредности температуре која се остварује на њеном хладном излазу, са друге стране. Тренутна примена вртложне цеви је разноврсна, али постоје потенцијали и за проширење, што је и једно од праваца даљих истраживања.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Чланови Комисије су мишљења да је кандидат показала да има смисла и знање неопходно да самостално препозна и систематски решава инжењерске и научне проблеме, примењујући савремене научно-истраживачке методе. Кандидат је са великим трудом и савесношћу пажљиво проучавала постојећу литературу у вези са предметом истраживања. Извршила је велики број нумеричких прорачуна веома комплексног струјања, као и одговарајуће физичке анализе добијених резултата. Показала је да је достигла пуну способност за научни рад, уз изражену дозу самосталности.

4 Остварени научни допринос

4.1 Приказ остварених научних доприноса

У оквиру рада на дисертацији потврђена су и проширена постојећа знања и као таква ова докторска дисертација представља научни допринос у области механике флуида. Наиме, већина постојећих радова у области вртложних цеви се односи на разматрање интегралних величина на границама вртложне цеви. У овом докторату је анализирана међузависност поља струјних и термодинамичких величина унутар струјног простора вртложне цеви, као и утицај турбуленције на процесе који условљавају појаву феномена раслојавања поља тоталне температуре у вртложној цеви.

Научни допринос предметне докторске дисертације у општем смислу јесте примена софтвера отвореног кода OpenFOAM за прорачун стишљивог турбулентног вихорног струјања које је присутно у вртложној цеви, али и турбулентног стишљивог струјања у другим струјним просторима. Поред тога, могу се издвојити и специфични научни доприноси, наведени у наставку:

1. Извршена је детаљна анализа доступне литературе из области вртложне цеви, на основу које је у уводном делу дисертације направљен опсежан преглед литературе из ове области, довољан за тренутно упознавање са актуелним стањем истраживања.
2. Три нова солвера су имплементирани у програмски код OpenFOAM. Два солвера су заснована на једначини укупне енергије, која је записана преко тоталне енталпије. У трећи солвер је имплементирана могућност коришћења модела турбуленције у прорачунима. Потврђена је могућност примене ових солвера у истраживању феномена раслојавања температурског поља у два различита струјна простора. Један од претходно наведених солвера је имплементиран и за рад у LES окружењу, чиме је створена могућност за RANS-

LES прорачуне спроведене у дисертацији. По први пут је на примеру вртложне цеви тестиран овај тип прорачун коришћењем k- ω SST SAIDDES модела који је претходно примењиван за проблеме спољашњег струјања. У програмски код OpenFOAM су имплементирани и нове апликације за посматрање поља физичких величина при турбулентном стишљивом струјању флуида.

3. Дата су оригинална физичка тумачења феномена раслојавања поља тоталне температуре у турбулентном стишљивом вихорном струјању вртложне цеви, у спрези са утицајем интензитета и расподеле обимске брзине на интензитет турбуленције и механизам њене продукције, као и на расподелу и пренос кинетичке енергије турбуленције у појединим доменима струјних области разматраних вртложних цеви.
4. Остварени су оригинални резултати у виду приказа и физичке анализе поља одређених струјно-термодинамичких величина, по први пут у литератури из ове области. Валидација ових резултата је извршена математички и анализом физике процеса који се одвијају у вртложној цеви, чиме је показано да су добијена поља физичких величина у складу са пољима осталих струјно-термодинамичких величина у вртложној цеви. По први пут је нумеричким резултатима потврђен утицај сејарације врлоја од цилиндра на поље температуре у прају цилиндра.
5. По први пут у литератури, дата је инваријантно-структурална анализа турбуленције у вртложној цеви у спрези са утицајем геометрије струјног простора и редуковањем удела масеног протока охлађеног гаса.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

У данашње време, значајан део истраживања у било којој области, па тако и у области струјања флуида, се обавља применом нумеричких прорачуна. Комерцијални софтвери су повољни са становишта брзине добијања резултата, али су затворени за корисника. За научна истраживања су боље решење софтвери отвореног кода, због могућности њихове надградње, будући да су све једначине и алгоритми њиховог решавања доступни кориснику.

Софтвер OpenFOAM је по први пут коришћен за истраживања турбулентног стишљивог вихорног струјања у вртложној цеви основне геометрије. Имплементирани солвери, се поред вртложне цеви, могу користити и у другим струјним просторима, у којима је такође присутан ефекат прерасподеле енергије струјног поља. Прорачуни применом RANS-LES приступа моделирања турбуленције дају бољи увид у физику струјних процеса у овим струјним доменима.

Вртложна цев је уређај малих димензија. Као такав, недоступан је за експериментална истраживања поља физичких величина у њеној унутрашњости. Нумерички прорачуни у оквиру софтвера чији се код може прилагодити струјању у вртложној цеви су од великог теоријског и практичног значаја. Применом нумеричких експеримената могуће је анализирати рад вртложне цеви, са аспекта интегралних величина на границама њеног струјног домена, у спрези са пољима струјних и термодинамичких величина унутар овог уређаја. На овај начин се може анализирати и међудејство поља физичких величина у струјном простору вртложне цеви, и последични утицај на поменуте интегралне параметре на границама струјног простора. Ово је значајно са становишта теорије, јер се спроводи анализа феномена стратификације температурског поља, али и са становишта праксе, јер се спроведеним анализама уочавају и трендови у понашању интегралних параметара који су од значаја за практичну примену вртложних цеви.

Здружена анализа феномена раслојавања поља тоталне температуре у различитим струјним просторима и условима струјања доприноси свеобухватнијем истраживању узрока овог струјно-термодинамичког феномена. У предметној дисертацији је верификација новоформираних солвера вршена, поред различитих геометрија вртложне цеви, и у стационарном и нестационарном опструјавању цилиндра, као и у струјању слободног осносиметричног млаза. Утврђена је одређена корелација између физичких величина у деловима струјног простора вртложне цеви и у струјном пољу трага цилиндра.

4.3 Верификација научних доприноса

Неки од резултата истраживања у оквиру предметне докторске дисертације су објављени у следећим референцама:

Радови у међународним часописима – SCI листа, M23

1. Burazer J. M, Ćoćić A. S, Lečić M. R. (2016): Numerical research of the compressible flow in a vortex tube using OpenFOAM software, Thermal Science, OnLine-First, 14 pages, <https://doi.org/10.2298/TSCI160223195B>, <http://thermalscience.vinca.rs/pdfs/papers-2016/TSCI160223195B.pdf>

Саопштење са међународног скупа штампано у целини, M33

1. Burazer J. M. (2017): Numerical research of energy separation in a cylinder wake, Proceedings of The 6th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Turbulence Minisymposium, Mountain Tara, Serbia, June 19-21, Editors: M. P. Lazarević, D. Madjarević, I. Grozdranović, N. Zorić, A. Tomović. ISBN: 978-86-909976-6-7, COBISS.SR-ID 237139468, paper No. M2i.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу, M34

1. Burazer J, Ćoćić A, Lečić M. (2015): Numerical research of a vortex tube performance using OpenFOAM software, Turbulence workshop International Symposium, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Aug. 31st – Sept. 2nd, The Book of Abstracts, pp. 32, ISBN 978-86-7083-865-9, editors: Ђ. Čantrak, M. Lečić, A. Ćoćić.

Рад из категорије M33 је *проглашен најбољим радом* аутора млађих од 35 година, саопштен на Конгресу, те је том приликом Јела М. Буразер добила награду „Растко Стојановић“.

6. Закључак и предлог

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације под називом *Турбулентно ситишљиво струјање у Ранк-Хилшовој вртложној цеви*, кандидата Јеле М. Буразер, дипл. инж. маш, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима научно-истраживачког рада.

Докторска дисертација кандидата Јеле М. Буразер, дипл. инж. маш, представља у целини оригиналан и значајан допринос изучавању феномена стратификације поља тоталне температуре у вртложној цеви, али и у другим струјним просторима. Докторанд је у потпуности одговорила захтевима који су постављени при формулисању теме предметне дисертације, и у оквиру рада на тези је остварила оригиналне научне доприносе у одговарајућој научној области. Један од радова у којем су приказани резултати дела истраживања у оквиру ове дисертације је награђен као најбољи рад младих аутора изложен на међународном конгресу.

Установљено је да су испуњени и обавезни акредитациони услови за одбрану докторске дисертације:

1. кандидат има бар један рад објављен у међународним часописима са ISI-JCR-SCI листе,
2. ментор има бар пет радова објављених у међународним часописима са ISI-JCR-SCI листе.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати, да дисертацију под насловом *Турбулентно ситишљиво сипрујање у Ранк-Хилшовој врџложној цеви*, кандидата Јеле М. Буразер, заједно са овим Извештајем, стави на увид јавности у складу са законским одредбама, и да потом целокупни материјал упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 04. 07. 2017. године.

1.
др Милан Лечић, ред. проф, ментор
Машински факултет Универзитета у Београду
2.
др Александар Ћоћић, доцент
Машински факултет Универзитета у Београду
3.
др Снежана Милићев, ванр. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду
4.
др Маша Букуров, ванр. проф.
Факултет техничких наука Универзитета у
Новом Саду
5.
др Дарко Кнежевић, ванр. проф.
Машински факултет Универзитета
у Бања Луци, Република Српска

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1391/4
Датум: 13.07.2017. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 13.07.2017. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ТУРБУЛЕНТНО СТИШЉИВО СТРУЈАЊЕ У РАНК-ХИЛШОВОЈ ВРТЛОЖНОЈ ЦЕВИ“** студента **ЈЕЛЕ БУРАЗЕР**, дипл. инж. маш.

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-2696/2-15, од 06.07.2015. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

1. Burazer J. M, Ćočić A. S, Lečić M. R. (2016): Numerical research of the compressible flow in a vortex tube using OpenFOAM software, Thermal Science, OnLine-First, 14 pages, <https://doi.org/10.2298/TSCI160223195B>, <http://thermalscience.vi nca.rs/pdfs/papers- 2016/T SCI 160223195B.pdf>

Одлуку доставити: студенту, ментору, Катедри за механику флуида и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић