

**Наставно-научном већу
Машинског факултета у Нишу**

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ

Датум доношења	20.01.2014		
Дел. број	Број	Датум	Број
1	612-102		114

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

Одлуком Наставно – научног већа Машинског факултета у Нишу бр. 612-810-5/2013, од 11. 12. 2013.године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра З. Боричића, дипл. инж. маш. под називом:

„Универзалне методе у истраживању нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида у спрегнутим МХД, динамичким, топлотним и дифузионим граничним слојевима”

Након прегледа докторске дисертације, сагласно Закону о високом образовању, Статуту Универзитета у Нишу и Статуту Машинског факултета у Нишу, комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Садржај и обим докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Александра З. Боричића, дипл. инж. маш. састоји се из увода, 6 глава и закључка, написана је на 192 странице А4 формата, садржи 194 слика, 287 једначина и израза. Текст дисертације се састоји од: резимеа на српском и енглеском језику, списка коришћених ознака, основног дела дисертације и списка коришћене литературе, са укупно 218 библиографских навода, од којих су 7 аутоцитати.

2. Хронологија одобравања израде дисертације

Докторску дисертацију под називом „Универзалне методе у истраживању нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида у спрегнутим МХД, динамичким, топлотним и дифузионим граничним слојевима” кандидат је пријавио 31. 05. 2011. године. Наставно – научно веће Машинског факултета у Нишу је на седници од 03.06.2011. године, одлуком бр. 612-301-8/2011, именовало Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације у саставу: др Драгиша Никодијевић, редовни професор Машинског факултета у Нишу, др Слободан Савић, ванредни професор

Машинског факултета у Крагујевцу и др Милош Јовановић, доцент Машинског факултета у Нишу.

Наставно – научно веће Машинског факултета у Нишу је одлуком бр. 612-371-6/2011 од 06.07.2011. године, на основу позитивног извештаја Комисије, усвојило тему докторске дисертације под називом „Универзалне методе у истраживању нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида у спрегнутим МХД, динамичким, топлотним и дифузионим граничним слојевима“, и именовало др Драгишу Никодијевића, редовног професора Машинског факултета у Нишу, за ментора израде докторске дисертације.

Научно – стручно веће за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу је на седници одржаној 14.07.2011. године, а на захтев Машинског факултета у Нишу, дало сагласност (бр. 8/20-01-005/11-018) на Одлуку о усвајању теме докторске дисертације.

Кандидат је 26.09.2013. године предао рукопис докторске дисертације Одсеку за наставу и студентска питања Машинског факултета у Нишу. На предлог Катедре за Хидроенергетику, Наставно – научно веће Машинског факултета у Нишу је на седници од 11.12.2013. године, одлуком бр. 612-810-5/2013 именовало Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Драгиша Никодијевић, редовни професор Машинског факултета у Нишу, др Слободан Савић, ванредни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, др Милош Јовановић, доцент Машинског факултета у Нишу, др Градимир Илић, редовни професор Машинског факултета у Нишу, др Драган Живковић, доцент Машинског факултета у Нишу, која подноси овај извештај.

3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Дисертација „Универзалне методе у истраживању нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида у спрегнутим МХД, динамичким, топлотним и дифузионим граничним слојевима“ припада научној области Машинско инжењерство, односно ужој научној области Теоријска и примењена механика флуида.

4. Подаци о кандидату

Александар З. Боричић, рођен је 22.06.1973. године у Нишу. Ожењен је и има два сина. Основну школу „Учитељ Таса“, завршио је у Нишу 1988. године, а гимназију „Светозар Марковић“ 1992. године, такође у Нишу. Дипломирао је на Машинском факултету у Нишу, 2001. године на смеру Хидроенергетика, са просечном оценом 8,56. За време студија обавио је две стручне праксе у иностранству: 1. на Државном универзитету Републике Сао Паоло, „Ilha Solteira“, Бразил у времену, септембар-децембар 1997. године, радећи на експериментима визуелизације струјања код професора Edson Del Rio Vieira; 2. на „Eindhoven University of Technology“, Холандија, у периоду септембар-децембар 1998. године, радећи са докторантом M.G.Mwaba на постављању експеримената који се односе на проблеме преноса топлоте. У периоду од 1996. до 2002. године био је председник I.A.E.S.T.E-а, интензивно радећи на организацији међународне размене студентских пракси студената техничко-технолошких факултета Универзитета у Нишу. Професионалну каријеру кандидат започиње 01.06.2002 године, када заснива радни однос са Машинским

Факултетом у Нишу, у звању истраживач-приправник. Од 08.06.2006.године распоређен је на послове самосталног стручног сарадника Института Машинског факултета у Нишу. 2002. године уписује се на последипломске студије на Машинском факултету, профил Хидроенергетика. Школске 2007-2008. године прелази са магистарских на докторске студије Машинског факултета у Нишу, научна област-Енергетика и Процесна техника. Све испите предвиђене Наставним планом докторских студија положио је са просечном оценом 10 (десет). Говори енглески језик, а служи се и португалским језиком.

Кандидат је на Факултету радио, на пословима Регионалног центра за енергетску ефикасност као технички секретар, на акредитацији лабораторија Факултета према стандардима ИСО 9001, на припреми документације и материјала за акредитацију Лабораторије за Хидрауличка и пнеуматичка испитивања, за коју је добијен сертификат од Српског акредитационог тела (САТ), као и на пословима атестирања возила. Био је ангажован на држању лабораторијских вежби из предмета Механика флуида. Кандидат се у периоду 2002-2013. године активно бавио научно-истраживачким радом. Тако је као истраживач учествовао у раду на једанаест Научно-истраживачких пројеката Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, из области Енергетске ефикасности и области Машинства.

У оквиру рада на научно-истраживачким пројектима, као и у оквиру рада на истраживањима чији су резултати презентовани на научно-стручним скуповима и публиковани у часописима, кандидат се бавио истраживањима која се односе на феномене струјања флуида. Део истраживања односи се на струјање проводног флуида у присуству магнетног поља. Кандидат је аутор или коаутор више научних радова објављених у међународним часописима и изложених на међународним скуповима и скуповима националног значаја. Учествовао је у изради једног броја техничких решења. Три рада, објављена у часописима са SCI листе, и четири рада саопштена на међународним скуповима и скуповима националног значаја, штампана у целини, непосредно се односе на тему и садржај докторске дисертације.

Радови кандидата у међународним часописима индексираним на SCI листи, категорије M23, који су непосредно повезани са темом докторске дисертације:

1.1 D.Nikodijević, V.Nikolić, Ž.Stamenković, **A.Boričić**, Parametric method for unsteady two-dimensional MHD boundary layer on a body for with temperature varies with time, **Archives of Mechanics**, Polish Academy of Sciences, Vol.63, No.1, pp. 57-76, 2011.

1.2 D. Nikodijević, Ž. Stamenković, **A. Boričić**, M. Kocić, Active control of flow and heat transfer in boundary layer porous on the body of arbitrary shape, **Thermal Science**, Vol.12, Supp.2, pp. 295-309, 2012.

1.3. **A. Boričić**, M. Jovanović, B. Boričić, Magnetohydrodynamic effects on unsteady dynamic thermal and diffusion boundary layer flow over a horizontal circular cylinder, **Thermal Science**, Vol.12, Supp.2, pp.311-321, 2012.

Радови кандидата саопштени на међународним скуповима и скуповима националног значаја, штампани у целини, који су непосредно повезани са темом докторске дисертације:

2.1. D. Milenković, Ž. Stamenković, A. Boričić, J. Nikodijević, Multi-parametric method in theory of a periodic boundary layer, **X Triennial International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements**, pp. 336-340, 2010.

2.2. A. Boričić, Ž. Stamenković, B. Boričić, MHD dynamic and diffusion boundary layer flow of variable electrical conductivity fluid past a circular cylinder, **Proceedings 15 Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia- SIMTERM 2011**, pp. 66-76, 2011.

2.3. A. Boričić, M. Jovanović, B. Boričić, Heat and Mass transfer on unsteady MHD dynamic, temperature and diffusion boundary layer flow over a horizontal circular cylinder, **The II International Conference, Mechanical Engineering in XXI Century**, pp. 145-150, 2013.

2.4. D. Nikodijević, M. Mirčevski, Ž. Stamenković, A. Boričić, M. Kocić, Application of Parametric method to the solution of Unsteady temperature MHD Boundary layer on the Porous arbitrary scope body, **The II International Conference, Mechanical Engineering in XXI Century**, pp. 139-144, 2013.

5. Анализа докторске дисертације

Докторска дисертација се састоји из увода, 6 глава, закључка и списка коришћене литературе. Наслови глава су следећи:

1. Основне и интегралне једначине нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида у спрегнутим МХД, температурским и дифузионим граничним слојевима
2. Приказ развоја тачних и приближних метода решавања једначина МХД граничних слојева
3. Примена универзалне методе уопштене сличности на решавање проблема МХД струјања у граничним слојевима проводног нестишљивог флуида
4. Нумеричко решавање усвојених параметарских једначина МХД граничних слојева
5. Примена добијених универзалних резултата на срачунавању конкретних проблема опструјавања тела, са задатим граничним условима
6. Један нови приступ решавању једначина нестационарног МХД, температурског и дифузионог граничног слоја проводног нестишљивог флуида.

Дисертација има и посебан Прилог, дат у електронском облику. Прилог садржи софтверске кодове за срачунавање универзалних МХД једначина и једначина МХД граничних слојева опструјавања хоризонталног кружног цилиндра.

По форми и садржају рад задовољава стандарде за докторску дисертацију.

Теорија МХД граничног слоја представља актуелну научну област и спада међу најзначајније подобласти савремене теоријске и експерименталне физике. Развој нових праваца модерне технике и технологије, захтева изучавање многобројних физичких и физичко-хемијских процеса, па тиме и проучавање феномена који се појављују при струјању проводног флуида у електричном и магнетном пољу. Струјање проводног флуида у МХД граничном слоју, има низ

карактеристика различитих од карактеристика које се испољавају при кретању непроводног флуида. Магнетно поље може значајно да промени поље брзине, температуре и концентрације, и да тако утиче на величину трења, пренос топлоте и концентрацију на површи тела. Коришћењем ових ефеката може се реализовати један од основних задатака савремене технике и технологије - управљање карактеристикама граничног слоја. Ова могућност, која представља интерес фундаменталних наука актуелна је и за практичну примену и привлачи пажњу многих истраживача. Како је несумњив значај и актуелност истраживања која се врше у оквиру теорије МХД граничног слоја, у оквиру Дисертације је разматран и анализиран случај нестационарног раванског, динамичког, температурског и дифузионог МХД граничног слоја нестишљивог електропроводног флуида.

У **првој глави** дисертације формиран је математички модел разматраног проблема МХД струјања и преноса топлоте у граничном слоју. У једначину динамичког граничног слоја уведени су утицаји: нестационарних сила које су последица промене спољашње брзине по времену, сила које су последица разлике притисака у спољашњем струјању, Лоренцове силе, узгонских сила, које су последица разлике температура и концентрације, као и сила које настају отсисавањем/удувавањем флуида кроз порозну површ оптичаног тела. У једначину температурског МХД граничног слоја уведени су утицаји: топлоте која је последица вискозног трења и рада ширења флуида, Џулове топлоте, доведене, односно одведене топлоте преко извора/понора и топлоте радијације. На крају, у једначине дифузионог слоја, уведени су утицаји извора или понора примеса, насталих хомогеном хемијском реакцијом првог реда.

У овој глави изведене су и одговарајуће интегралне једначине динамичког, температурског и дифузионог граничног слоја. У оквиру ових једначина уведене су и нове дебљине топлотног и дифузионог граничног слоја.

У **другој глави** дисертације дат је преглед и приказ метода изучавања проблема МХД граничних слојева. Најпре је дат приказ решавања једноставних, аутомоделних задатака стационарних проблема. Затим су разматрани сложенији проблеми нестационарних струјања и неке карактеристичне методе решавања задатака безиндуктивног струјања. Посебна пажња посвећена је универзалним вишепараметарским методама сличности. Ово је учињено из разлога што су надаље ове методе модификоване и уопштаване у циљу изучавања описаних проблема струјања.

У **трећој глави** уведени су параметри сличности као нове независне променљиве и дефинисан математички модел доведен је на универзални облик. У овом облику не налазе се експлицитно карактеристике спољашњих утицаја. Такође, све претходно изведене интегралне једначине доведене су на универзалне облике. Све ове универзалне једначине на десним странама садрже редове. У циљу припреме за решавање овог система једначина извршена је локализација по појединим параметрима сличности. На овај начин добијене су универзалне локализоване једначине са одговарајућим почетним и граничним условима.

У истој глави разматран је и утицај параметара као и утицај промене електропроводности флуида на развој струјања у граничним слојевима.

Четврта глава дисертације односи се на срачунавање добијеног универзалног, двопараметарског више пута локализованог система МХД једначина. За решавање параметарског система параболичких парцијалних диференцијалних једначина коришћена је метода коначних разлика. Апроксимација нелинеарних диференцијалних једначина система, извршена је системом диференцијалних, алгебарских једначина, дефинисаних на дискретном скупу тачака интеграционе мреже, у првом и другом октанту простора (f_{01}, g_{10}, η) . У дисертацији је коришћена индиректна-имплицитна шема, постављена на пет тачака. Избор корака интеграције зависио је од жељене тачности резултата, као и брзине промене појединих величина граничног слоја, управно, односно, уздужно, на гранични слој. Проблем линеаризације нелинеарних коефицијента у систему једначина решаван је тако, што су величине, које дефинишу ове коефицијенте, узимане, или из претходне итерације, или из претходних интеграционих слојева. Формирани су одговарајући алгоритми и на основу њих развијени софтверски кодови. За интеграције у дифузорној области, формирана су два алгоритма, и написана два софтверска кода. Један од њих је последица специфичности које се појављују код тачака интеграционе мреже, које се налазе у околини тачака одвајања граничног слоја. Поред срачунавања бездимензијских величина, односа брзине, температуре и концентрације, срачунате су и вредности одговарајућих универзалних, интегралних и диференцијалних карактеристика, сва три гранична слоја.

У **Петој глави** дисертације коришћени су добијени универзални резултати из претходне главе за срачунавање дефинисаних МХД задатака. При решавању овог задатка може се користити нека од уведених интегралних једначина граничног слоја. У овој глави, за прорачун партикуларних проблема, коришћена је једначина импулса. Интеграција импулсне једначине, вршена је у простору ограниченом позитивним вредностима променљивих x, t правом t_{gr} и кривом дефинисаном тачкама одвајања граничног слоја. На основу формираног алгоритма, написан је софтверски код за срачунавање задатака конкретно задатог профила и граничних услова. Област интеграције, за успорена и убрзана струјања није иста. За случај убрзаног струјања, у околини линије одвајања граничног слоја, у алгоритму и у софтверском коду предвиђени су посебни делови. Као конкретан пример, разматрани су ефекти преноса масе и топлоте у МХД граничном слоју, за случај опструјавања хоризонталног кружног цилиндра, за константне вредности брзине усисавања/удувавања, константно магнетно поље и са задатим вредностима свих спољашњих утицаја. Добијени резултати за карактеристичне величине граничних слојева у сагласности су са закључцима о тенденцијама промена универзалних величина граничних слојева добијеним у глави 4.

У **Шестој глави** дисертације, полазни систем једначина МХД динамичког, температурског и дифузионог граничног слоја, који описују сложене неаутомоделне проблеме, решаван је нешто другачијим приступом. Уведене су нове променљиве и скупови параметара и тако су трансформисане три једначине у којима је експлицитно задржан утицај величине Z . Ради затварања система једначина, једначинама граничног слоја, дотата је као четврта једначина, једначина импулса. Овако добијени систем једначина, представља општи систем једначина МХД динамичког, температурског и дифузионог

граничног слоја, са произвољним граничним условима за брзину, температуру и концентрацију.

Решавање овако добијеног система симултаних парцијалних нелинеарних диференцијалних једначина, вршено је нумерички коришћењем методе коначних разлика, уз истовремену примену методе итерације. Заменом извода у систему једначина граничног слоја и импулсној једначини, одговарајућим односима коначних разлика, добијен је систем линеарних алгебарских једначина. Линеаризација нелинеарних чланова у једначинама, извршена је тако, што су величине које одређују нелинеарне коефицијенте преузете, или из претходног слоја или из претходне итерације. Као конкретан пример уведене методе, у овој глави дисертације су разматрани ефекти преноса масе и топлоте у МХД граничном слоју, за случај мешовите конвекције, а при опструјавању хоризонталног кружног цилиндра. Анализа струјања је и овде вршена преко уведених бездимензијских величина, за класе успорених и убрзаних струјања, када су, спољашње магнетно поље, брзина отсисавања/удувавања константни, а гранични услови за температуру и концентрацију, дефинисани линеарним функцијама уздужне координате и времена.

6. Значај и допринос докторске дисертације

Основни научни доприноси дисертације су следећи:

- Даљи развој, проширење и побољшање постојећих универзалних метода уопштене сличности
- Развој процедура за срачунавање сложених физичких модела преноса масе и топлоте у МХД граничним слојевима
- Изведене су интегралне једначине МХД температурског и дифузионог граничног слоја, које имају општи карактер
- Уведени су нови параметри сличности
- Добијени универзални резултати, могу се даље користити за срачунавање различитих партикуларних проблема
- Дат је један специфичан приступ решавању партикуларних проблема
- Могућност примене добијених резултата у функцији контроле и управљања развојем динамичког, температурског и дифузионог граничног слоја у циљу смањења или повећања тангенцијалног напона на телу, односно померања тачке одвајања граничног слоја.

7. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати спроведених истраживања, односно закључци изнети у овој докторској дисертацији, директно су применљиви у даљем техничком и технолошком развоју уређаја и процеса код којих је радни флуид електропроводан.

Добијени резултати, могу се применити и за даља истраживања сложенијих нестационарних струјања проводног флуида, код задатака код којих су коефицијенти вискозности, топлопроводности, дифузије и електропроводности променљиве величине. Ово се такође односи и на случајеве порозних средина и кретање нењутновских флуида у магнетном пољу.

Сачуване универзалне резултате могуће је користити за решавање проблема опструјавања конкретно задатих облика тела са одговарајућим граничним условима.

Треба нагласити да је при даљим истраживањима технолошких проблема, код којих је значајније познавање поља температуре односно концентрације, могуће користити и нешто другачији приступ. У овим случајевима могуће је у основу срачунавања система уведених МХД једначина граничног слоја, поставити уместо дебљине губитка импулса, дебљину температурског односно дифузионог граничног слоја, и уместо интегралне једначине импулса користити у дисертацији изведене интегралне једначине топлоте, односно дифузије.

Теоријски дефинисани модели у дисертацији омогућавају будућа истраживања у овој значајној научној области, а уједно и верификацију резултата остварених током израде ове дисертације.

8. Закључак и предлог

На основу прегледа докторске дисертације и анализе постигнутих резултата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације констатују следеће:

- Поднети рад у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Машинског факултета у Нишу;
- Прегледом дисертације и оценом досадашњих резултата рада закључује се да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата;
- Рад је адекватно конципиран, технички квалитетно урађен и омогућава прегледно праћење изложеног садржаја и добијених резултата истраживања.
- При изради докторске дисертације, кандидат је испољио самосталност, креативност и систематичност у истраживању. Показао је способност да сагледа и анализира проблеме разматраних случајева, те да креативно и оригинално приступа њиховом решавању;
- Кандидат је кроз спроведена истраживања, и резултате добијене у раду, показао да поседује потребна и неопходна знања из области теорије МХД граничних слојева, и то како у развоју, тако и у примени савремених универзалних параметарских метода уопштене сличности и метода нумеричке интеграције;
- Кандидат успешно користи, и даље развија, савремене софтверске кодове, за сложеније физичке моделе МХД граничних слојева;
- Део резултата до којих је кандидат дошао у дисертацији публикован је у оквиру радова објављених у научним часописима, на националним и међународним конференцијама;
- Дефинисани математички модели имају висок степен општости, а проистекла сазнања отварају нове теме за даљи рад на пољу магнетне хидродинамике и омогућавају практичну примену резултата;
- Значајан допринос докторске дисертације представља и даље развијање, проширење и побољшање постојећих универзалних метода уопштене сличности, као и процедура за срачунавање сложених физичких модела преноса масе и топлоте у МХД граничним слојевима;
- Дефинисан је и другачији приступ решавања конкретних проблема МХД граничног слоја у односу на досадашња истраживања;

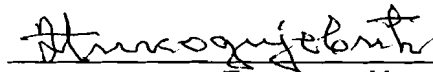
- Имајући у виду значај и актуелност обрађене теме и остварене научне резултате кандидата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације се слажу да поднета докторска дисертација представља оригиналан и вредан допринос развоју ове научне области и са задовољством предлажу Наставно – научном већу Машинског факултета у Нишу, да рад кандидата Александра З. Боричића, дипл. инж. маш. под називом:

„Универзалне методе у истраживању нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида у спрегнутим МХД, динамичким, топлотним и дифузионим граничним слојевима“

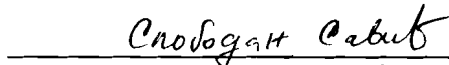
прихвати као докторску дисертацију и да кандидата позове на усмену јавну одбрану.

у Нишу и Крагујевцу
јануар, 2014. године.

Чланови Комисије:



др Драгиша Никодијевић,
редовни професор Машинског факултета у Нишу
(ужа научна област: Теоријска и примењена механика флуида)



др Слободан Савић,
ванредни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу,
(ужа научна област: Примењена механика, примењена информатика и рачунарско инжењерство)



др Милош Јовановић,
доцент Машинског факултета у Нишу,
(ужа научна област: Теоријска и примењена механика флуида)



др Градимир Илић,
редовни професор Машинског факултета у Нишу
(ужа научна област: Термотехника, термоенергетика и процесна техника)



др Драган Живковић,
доцент Машинског факултета у Нишу
(ужа научна област: Математика и информатика)