

Наставно научно већу
Машинског факултета у Нишу

Предмет Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

Одлуком Наставно – научног већа Машинског факултета у Нишу бр. 612-682-9/2013, од 15. 10. 2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Живојина М. Стаменковића, дипл. инж. маш. под називом:

Магнетно хидродинамичка МХД струјања једног и два флуида у каналима

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

ИЗВЕШТАЈ

Садржај и обим докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Живојина М. Стаменковића, дипл. инж. маш. садржи укупно 219 страница формата А4. Основни текст дисертације изложен је на 204 странице и подељен је у 6 целина. На почетку дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику, након чега следи садржај. На крају је дат преглед коришћене литературе са укупно 214 цитата, од чега 7 аутоцитата.

Хронологија одобравања израде дисертације

Докторску дисертацију под називом „Магнетно-хидродинамичка (МХД) струјања једног и два флуида у каналима" кандидат је пријавио 31. 05. 2011. године. Наставно – научно веће Машинског факултета у Нишу је на седници од 03.06.2011. године, одлуком бр. 612-301-9/2011, 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. 612-371-7/2011 од 06.07.2011. године, на основу позитивног извештаја Комисије, усвојило тему докторске дисертације под називом „Магнетно-хидродинамичка (МХД) струјања једног и два флуида у каналима", 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. 8/20-01-005/11-02) на Одлуку о усвајању теме докторске дисертације.

Кандидат је 08.10.2013. 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 15.10.2013. године, одлуком бр. 612-682-9/2013 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 Братислав Благојевић, редовни професор Машинског факултета у Нишу, др Љиљана Петковић, редовни професор Машинског факултета у Нишу, која подноси овај извештај.

Место дисертације у одговарајућој научној области

Дисертација „Магнетно-хидродинамичка (МХД) струјања једног и два флуида у каналима“ припада научној области Машинско инжењерство, односно ужој научној области Теоријска и примењена механика флуида.

Подаци о кандидату

Кандидат, Живојин Стаменковић, рођен је 31. јануара 1972. године у Нишу. Основно образовање стекао је у школи „Вожд Карађорђе“ у Нишу. Након завршетка Гимназије „Бора Станковић“ у Нишу стекао је звање програмера.

На Машинском факултету у Нишу дипломирао је 1998. године, на смеру Аутоматског управљања, са просечном оценом на студијама 8.05, и оценом на дипломском раду 10 (десет). Октобра 2001. године уписао је последипломске студије на смеру Хидроенергетике. Све испите на последипломским студијама положио је са просечном оценом 10 (десет). У школској 2007-2008. години уписао је докторске студије на студијском програму Енергетика и процесна техника, Машинског факултета у Нишу. До 2011. године положио је све испите предвиђене наставним планом докторских студија са просечном оценом 10 (десет).

За сарадника Катедре за Хидроенергетику Машинског факултета у Нишу изабран је 1999. године. Војни рок је одслужио током 2000. године. У досадашњем раду ангажован је на извођењу рачунских вежбања на предметима: Основе информационо комуникационих технологија, Механика флуида, Хидромашинска опрема, Примењена термодинамика и механика флуида, Математичко моделирање енергетских објеката и процеса, Нестационарна струјања флуида, Пројектовање енергетских елемената и система применом рачунара, Прорачунска динамика флуида и Нумеричке симулације у енергетици и процесној техници. За асистента на истом факултету изабран је 2008. године.

Кандидат се од 2000. године активно бави научно истраживачким радом. Током досадашњег рада био је учесник великог броја научно-стручних скупова. Објавио је (као аутор или коаутор) преко седамдесет научно-стручних радова на националним и међународним конгресима, као и у научним часописима са SCI (Science Citation Index) листе.

Током досадашњег рада учествовао је као истраживач у реализацији 12 научно-истраживачких и развојних пројеката и похађао је неколико међународних курсева за студенте докторских студија.

Радови кандидата у међународним часописима индексираним на *Thomson Reuters SCI* листи који су непосредно повезани са темом докторске дисертације су:

- Boričić Zoran, Nikodijević Dragiša, Obrović Branko, Ćirić, *Universal equations of unsteady two-dimensional MHD boundary layer whose temperature varies with time*, (2009), Vol.36, No.2, pp. 119-135. (M² BIČ impakt faktor 5-).
- Nikodijević Dragiša, Boričić Zoran, Milenković Dragica, Ćirić, Živković Dragan, Jovanović Miloš, *Unsteady Plane Mhd Boundary Layer Flow of a Fluid of Variable Electrical Conductivity*, (2010), Vol. 14, Suppl, pp. S171-S182. (M² -).
- Ćirić, Nikodijević Dragiša, Blagojević Bratislav, Savić Slobodan, *MHD Flow and Heat Transfer of Two Immiscible Fluids Between Moving Plates*, (2010), Vol. 34 No. 3-4, pp. 351-372. (M² -).
- Nikodijević Dragiša, Nikolić Vlastimir, Ćirić, Boričić Aleksandar, *Parametric method for unsteady two-dimensional MHD boundary-layer on a body which temperature varies with time*, (2011), Vol. 63, No.1, pp. 57-76. (M² -).
- Nikodijević Dragiša, Milenković Dragica, Ćirić, *MHD Couette two-fluid flow and heat transfer in presence of uniform inclined magnetic field*, (2011), Vol. 47, No. 12, pp. 1525-1535. (M² -).
- Nikodijević Dragiša, Ćirić, Milenković Dragica, Blagojević Bratislav, Nikodijević Jelena, *Flow and heat transfer of two immiscible fluids in the presence of uniform inclined magnetic field*, , Volume 2011, Article ID 132302, 18 pages, (M² -).
- Nikodijević Dragiša, Ćirić, Živković Dragan, Boričić Aleksandar, Kocić Miloš, *Active Control of Flow and Heat Transfer in Boundary Layer on the Porous Body of Arbitrary Shape*, (2012), vol.16, pp. S295-S309. (M² -).
- Ćirić, Nikodijević Dragiša, Kocić Miloš, Nikodijević Jelena, *Magnetohydrodynamic Flow and Heat Transfer of Two Immiscible Fluids with Induced Magnetic Field Effects*, , (2012), Vol. 16, pp. S323-S336. (M² -).

Радови кандидата изложени на међународним и скуповима националног значаја, као и у часописима националног значаја који су непосредно повезани са темом докторске дисертације су:

- Boričić Zoran, Nikodijević Dragiša, Blagojević Bratislav, Ć ,
Universal Solutions of Unsteady Two-Dimensional MHD Boundary Layer on the Body with Temperature Gradient along Surface,
(2009), Vo. 4, pp. 97-106. (M).
- Nikodijević Dragiša, Boričić Zoran, Milenković Dragica, Ć ,
Generalized similarity method in unsteady two-dimensional MHD boundary layer on the body which temperature varies with time,
(2009), Vol. 1, No.1, pp. 206-215.
(M).
- Boričić Zoran, Nikodijević Dragiša, Milenković Dragica, Ć ,
Generalized similarity method in theory of unsteady MHD boundary layer with universal equations in differential form,
,(2010), Conference proceedings,
pp. 91-95, (M).
- Milenković Dragica, Ć , Boričić Aleksandar, Nikodijević Jelena,
Multi-parametric method in theory of a periodic boundary layer,
(2010), Conference proceedings, pp.335-338. (M).
- Nikodijević Dragiša, Ć , *Poiseuille-Couette MHD Flow and Heat Transfer of Two Immiscible Fluids*,
, (2011), Conference proceedings,
pp.72-80, (M).
- Nikodijević Dragiša, Boričić Zoran, Milenković Dragica, Ć ,
Unsteady temperature MHD boundary layer on the porous body of arbitrary shape,
, (2011), Conference proceedings, pp. 236-251. (M).
- Boričić Aleksandar, Ć , Boričić Branko, *MHD dynamic and diffusion boundary layer flow of variable electrical conductivity fluid past a circular cylinder*, Proceedings:
, pp. 66-66. (M).
- Nikodijević Dragiša, Ć , Nikodijević Jelena, *Parametric Method for Unsteady MHD Boundary Layer on the Body with Temperature Gradient along Surface*,
, (2012), Conference proceedings, pp. 335 – 338, ().
- Nikodijević Dragiša, Mirčevski Metodija, Ć , Boričić Aleksandar, Kocić Miloš, *Application of parametric method to the solution of unsteady temperature MHD boundary layer on the porous arbitrary shape body*,
, (2013), Conference proceedings, pp. 139 – 144, ().
- Ć , Nikodijević Dragiša, Živković Dragan, Milica Nikodijević,
Flow and heat transfer of electroconductive fluid in the presence of uniform magnetic field,
, (2013), Conference proceedings, pp. 151 – 154, ().

Анализа докторске дисертације

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

1. Увод
2. Основе магнетне хидродинамике
3. Магнетно-хидродинамичко струјање флуида и пренос топлоте
4. МХД струјање у дивергентном каналу
5. МХД струјање и пренос топлоте два флуида који се не мешају
6. МХД и софтвери за нумеричке симулације струјања флуида
7. Закључак
8. Литература

По форми и садржају рад задовољава стандарде за докторску дисертацију.

У оквиру дисертације представљена су истраживања која обезбеђују детаљнији увид у МХД проблеме струјања и преноса топлоте једног и два флуида који се не мешају. Кандидат даје јасан и концизан преглед магнетно-хидродинамичких струјања и истиче значај изучавања ових проблема, како теоријски тако и примењени. У дисертацији су коришћене аналитичке и нумеричке методе за неколико различитих класа ових струјања.

У уводном делу дисертације након прегледа истраживања, дефинисане су теоријске основе које омогућавају изучавање МХД струјања и преноса топлоте. Затим су дефинисани модели МХД струјања и преноса топлоте између паралелних плоча, у правоугаоном и дивергентном каналу. Посебна пажња посвећена је анализи проводности плоча или зидова канала и овај утицај је јасно приказан кроз разматране случајеве.

При решавању разматраних проблема струјања и преноса топлоте коришћење су аналитичке методе, Фуријеови редови, пертурбациона метода или софтвер за нумеричке симулације струјања флуида. Добијена решења су представљена графички и за сваки од разматраних случајева детаљно је анализиран утицај различитих физичких параметара на поље брзине и температуре флуида.

У завршном делу дисертације разматрају се могућности коришћења савремених софтвера за нумеричке симулације струјања флуида. Проширењем модела дефинисаног у Ansys CFX софтверу извршене су симулације МХД струјања и преноса топлоте. Ове симулације и добијени резултати су показали да се даљим усавршавањем и имплементацијом модела могу значајно унапредити досадашња истраживања МХД струјања и преноса топлоте.

У **првом поглављу** дисертације кандидат је дефинисао основне карактеристике разматраних проблема кроз увод и преглед досадашњих истраживања, образложио је мотив, предмет и циљеве истраживања. У овом делу кандидат дефинише и образлаже научне и технолошке аспекте предметних истраживања и даје преглед рада.

У **другом поглављу** дефинисане су опште једначине које омогућавају изучавање струјања и преноса топлоте електропроводних флуида у присуству магнетног и/или електричног поља. Затим су дефинисани и одговарајући гранични услови, са посебним освртом на контакт електропроводне и диелектричне средине (како за случај два флуида, тако и за случај флуида и зидова домена струјања). У дисертацији кандидат разматра два приступа

проучавања међусобног утицаја магнетног поља и електропроводног флуида: први који се односи на велике вредности Рејнолдсовог магнетног броја и други који се односи на тзв. безиндукциону апроксимацију. Претходним разматрањима утврђени су правци истраживања и проблеми струјања и преноса топлоте који се могу изучавати, а на основу којих је кандидат дефинисао оквире рада и истраживачки простор.

Треће поглавље представља рад кандидата на истраживању потпуно развијеног ламинарног МХД струјања флуида и преноса топлоте између паралелних плоча и у каналу под дејством униформног магнетног поља. При разматрању описаних проблема у дисертацији се решене импулсна, енергијска и једначина магнетне индукције. Оваквим приступом проширен је уобичајени начин изучавања МХД струјања, при чему није занемаривано индуковано магнетно поље. Добијени резултати анализирани су за различите вредности Хартмановог броја и Рејнолдсовог магнетног броја. Проблем МХД струјања и преноса топлоте између паралелних плоча разматран је у безиндукционој апроксимацији и за случај Рејнолдсовог магнетног броја већег од јединице, а за различите случајеве проводности плоча (непроводне, коначне проводности и идеално проводне).

У циљу свеобухватнијег разматрања описаног проблема кандидат у дисертацији проширује истраживања на МХД струјање и пренос топлоте у каналу. Добијене једначине су решаване применом Фуријеових редова, а разматрани су случајеви различитих проводности Хартманових и бочних зидова канала. На овај начин указано је на значајан утицај проводности зидова на профил брзина у граничним слојевима паралелним магнетном пољу, као и на запремински проток у овим слојевима.

Струјање и пренос топлоте у дифузорним каналима је од посебног значаја за развој МХД уређаја, те се у **четвртном поглављу** детаљно анализира овај проблем. Наиме, разматра се дивергентни канал чија се геометрија описује произвољном функцијом уздужне координате. Након дефинисања једначина у безиндукционој апроксимацији, проблем се даље решава методом пертурбације и добијају се решења у облику редова. Добијени резултати за поља брзине и температуре у дивергентном каналу анализирани су за различите вредности Хартмановог броја и ефективног Рејнолдсовог броја. Како у околини критичне вредности Рејнолдсовог броја ова струјања постају нестабилна, разматрана је могућност проширења области стабилности применом магнетног поља.

У уводном делу дисертације указано је на широке техничко-технолошке могућности примене резултата истраживања електромагнетно-хидродинамичког (ЕМХД) струјања. Управо из овог разлога предмет истраживања **петог поглавља** дисертације представља ЕМХД струјање и пренос топлоте два флуида који се не мешају.

Претходно разматрани проблем МХД струјања флуида између паралелних плоча, у овом поглављу се уопштава на два флуида, а такође се у разматрање уводи и дејство електричног поља на флуиде, те се област проучавања шири на тзв. електромагнетно-хидродинамичко струјање и пренос топлоте. Посебна се пажња у овом поглављу посвећује физичком тумачењу оваквог струјно-термичког проблема и ефекта електричног и магнетног поља на транспортне карактеристике система.

У дисертацији се анализирају Поазеј и Поазеј-Куетово ЕМХД струјање и пренос топлоте два флуида који се не мешају. Посебан допринос ових истраживања односи се на анализу утицаја нагнутог магнетног поља, управног електричног поља и дефинисање граничних услова за индуковано магнетно поље на разделној површи два флуида.

Добијена аналитичка решења за импулсну, енергијску и једначину магнетне индукције приказана су графички и анализиран је утицај интензитета примењеног магнетног поља, утицај промене угла нагиба магнетног поља, Цулове топлоте, вискозног загревања, односа висина два флуида у каналу... Након анализе добијених решења у дисертацији се указује на могућност управљања струјањем и преносом топлоте, применом магнетног и електричног поља.

У **шестом поглављу** разматра се проблем комбиноване МХД конвекције између равног и таласастог зида. Проблем се разматра коришћењем савременог софтвера за нумеричке симулације струјања флуида. Комерцијални CFD (computational fluid dynamics) софтвер се проширује увођењем електропроводности флуида и утицаја магнетног поља на струјање и пренос топлоте. Како је кандидат у оквиру дисертације извршио проширење модела којима се врши нумеричко решавање проблема струјања и преноса топлоте најпре је било неопходно извршити валидацију модела и проверу резултата на неком од изучених случајева.

За потребе валидације изабран је модел струјања између паралелних плоча, јер су за тај модел добијена аналитичка решења. Најпре је извршено поређење резултата за ламинарно струјање, а затим за ламинарно МХД струјање. Добијени резултати за брзину и температурно поље између паралелних плоча поређени су са аналитичким решењима и постигнуто је изузетно добро поклапање резултата.

Добијени резултати нумеричких симулација за различите Хартманове бројеве приказани су графички, а такође за одређене пресеке канала приказане су вредности температуре и брзине сведене на бездимензиони облик уз одговарајуће анализе.

Значај и допринос докторске дисертације

Основни научни доприноси дисертације су следећи:

- Истраживањима у оквиру предложене теме докторске дисертације проширена су теоријска сазнања у области МХД и ЕМХД струјања и преноса топлоте једног и два флуида у каналима.
- Показано је да се у случају идеално проводних зидова проблем МХД струјања може разматрати у безиндукционој апроксимацији са подједнаком тачношћу као и за случај Рејнолдсовог магнетног броја већег од јединице.
- Урађена је детаљна анализа утицаја електропроводности зидова за случај МХД струјања у каналу и проблем је проширен решавањем енергијске једначине.
- Дата су решења за МХД струјање и пренос топлоте у дивергентном каналу чија се геометрија описује произвољном функцијом уздужне координате.
- Допринос код анализе ЕМХД струјања и преноса топлоте два флуида односи се на проширење постојећих истраживања на проблеме утицаја нагнутог магнетног поља и управног електричног поља, те на дефинисање

граничних услова за индуковано магнетно поље на разделној површи два флуида.

- Дефинисањем електропроводности флуида и утицаја магнетног поља, омогућено је анализирање МХД струјања и преноса топлоте комерцијалним CFD (computational fluid dynamics) софтвером.

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. Ово се посебно односи на струјање течних метала, затим на развој МХД генератора и ЕМХД пумпи за транспорт флуида мале електропроводности. На основу приказаних резултата у докторској дисертацији могуће је вршити развој ЕМХД уређаја којима се омогућава истовремени транспорт два флуида или, пак, њихово мешање. Кроз рад је јасно истакнут и објашњен међусобни утицај електричног и магнетног поља и електропроводног флуида и указано је на могућности и предности које се огледају у високој поузданости у остваривању протока, одсуству покретних делова, малој потребној енергији, реверзибилности протока, могућности управљања струјањем и преносом топлоте и ефективности у стварању смеша.

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

Закључак и предлог

На основу прегледа докторске дисертације и увидом у публиковане научне резултате кандидата, чланови Комисије закључују:

- Поднети рад у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Наставно – научног већа Машинског факултета у Нишу и Научно–стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу;
- Кандидат је кроз спроведена истраживања и резултате добијене у дисертацији показао да поседује адекватна знања из области магнетне хидродинамике, механике флуида и математике;
- Кандидат је испољио висок ниво самосталности у истраживању и показао способност да сагледа проблем истраживања са више аспеката и креативно приступи његовом решавању уз оригиналност у осмишљавању и креирању одређених научних решења;
- Резултати до којих је кандидат дошао истраживањима у дисертацији су верификовани кроз континуирано објављивање научних радова из ове области на међународним конференцијама и у часописима, при чему је публиковао 8 радова у часописима индексираним на *SCI* листи. У докторској дисертацији се налазе резултати који до сада нису објављени и њихова презентација научној јавности се очекује у блиској будућности;
- Прегледом дисертације и оценом досадашњих резултата рада закључује се да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата;
- Приступ истраживању и дефинисани математички модели имају висок степен општости, а проистекла сазнања отварају бројне теме за даљи рад на пољу магнетне хидродинамике и омогућавају практичну примену резултата, на чему кандидат активно ради кроз реализацију истраживања у

оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом: „Истраживање магнетно-хидродинамичких струјања (МХД) у околини тела, процепима и каналима и примена у развоју МХД пумпи“.

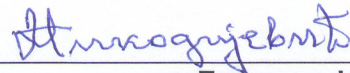
- Рад је адекватно конципиран, технички квалитетно урађен и омогућава прегледно праћење изложеног садржаја и добијених резултата истраживања.
- Имајући у виду значај и актуелност обрађене теме и остварене научне резултате кандидата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације се слажу да поднета докторска дисертација представља оригиналан и вредан допринос развоју ове научне области и са задовољством предлажу Наставно – научном већу Машинског факултета Универзитета у Нишу, да рад кандидата Живојина М. Стамековића, дипл. инж. маш. под називом:

„Магнетно-хидродинамичка (МХД) струјања једног и два флуида у каналима“

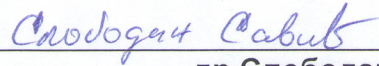
прихвати као докторску дисертацију и да кандидата позове на усмену јавну одбрану.

У Нишу,
октобар, 2013. године.

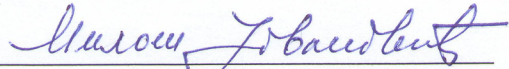
Чланови Комисије:



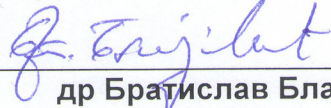
др Драгиша Никодијевић,
редовни професор Машинског факултета у Нишу
(ужа научна област: Теоријска и примењена механика флуида)



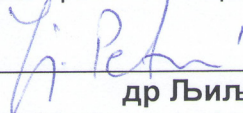
др Слободан Савић,
ванредни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу,
(ужа научна област: Примењена механика, примењена информатика и рачунарско инжењерство)



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



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



др Љиљана Петковић,
редовни професор Машинског факултета у Нишу
(ужа научна област: Математика и информатика)