

Универзитет у Нишу  
Машински факултет

Катедра за Хидроенергетику

Датум: 31.05.2011. године

На основу члана 29. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Нишу, Катедра за Хидроенергетику упућује захтев Наставно-научном већу факултета за именовање Комисија за оцену научне заснованости тема докторских дисертација.

#### Извод из записника већа Катедре за Хидроенергетику

На састанку већа Катедре за Хидроенергетику одржаном 31.05.2011. године разматрани су захтеви за одобрење теме докторских дисертација кандидата:

- Јасмине Богдановић-Јовановић
- Александара Боричића
- Живојина Стаменковића

Веће Катедре је прихватило тему под називом “Одређивање осредњеног осносиметричног струјања у радним колима хидрауличких турбомашина” кандидата Јасмине Богдановић Јовановић и предложило следећу Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације:

- др Милун Бабић, ред. проф. (научна област-енергетика и процесна техника)
- др Драгица Миленковић, ред. проф. (научна област-теоријска и примењена механика флуида)
- др Драгиша Никодијевић, ред. проф. (научна област-теоријска и примењена механика флуида)

Веће Катедре је прихватило тему под називом “Истраживање нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида, у спрегнутим МХД, динамичким, топлотним и дифузионим граничним слојевима” кандидата Александра Боричића и предложило следећу Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

- др Драгиша Никодијевић, ред. проф. (научна област-теоријска и примењена механика флуида)
- др Слободан Савић, ванр. проф.  
(научна област-примењена механика, примењена информатика и рачунарско инжењерство)
- др Милош Јовановић, доцент (научна област-теоријска и примењена механика флуида)

Веће Катедре је прихватило тему под називом “Магнетнохидродинамичка (МХД) струјања једног и два флуида у каналима” кандидата Стаменковић Живојина, и предложило следећу Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

- др Драгиша Никодијевић, ред. проф. (научна област-теоријска и примењена механика флуида)
- др Слободан Савић, ванр. проф.  
(научна област-примењена механика, примењена информатика и рачунарско инжењерство)
- др Милош Јовановић, доцент (научна област-теоријска и примењена механика флуида)

шеф Катедре за Хидроенергетику

*Драгиша Никодијевић*  
др Драгиша Никодијевић

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ

|           |               |          |
|-----------|---------------|----------|
| Примљено  | 31.05.2011    |          |
| Орг. ред. | Број          | Примљено |
| 1         | 612-03-6-1/11 |          |

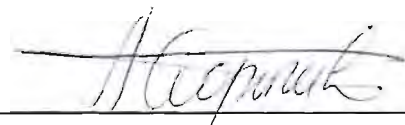
Универзитет у Нишу  
Машински факултет

Наставно-научном већу Машинског факултета у Нишу  
Катедри за Хидроенергетику

Предмет

**ЗАХТЕВ**  
**за одобрење Теме докторске дисертације**

Пошто сам испунио све услове који су предвиђени за пријаву теме докторске дисертације, Законом о високом образовању Републике Србије, Статутима Универзитета у Нишу и Машинског факултета у Нишу, Правилником о докторским студијама Машинског факултета и Правилником о поступку давања сагласности на одлуку о усвајању теме докторске дисертације и одлуку о усвајању извештаја о урађеној докторској дисертацији Универзитета у Нишу, упућујем Већу Катедре за Хидроенергетику и Наставно-научном већу Факултета Захтев за одобрење теме докторске дисертације. Уз Захтев, поред Образложења предлога теме, прилажем доказ о положеним испитима на докторским студијама, основне биографске податке, списак објављених и саопштених радова као и пројеката на којима сам учествовао.



дипл.инж. Боричић Александар  
– самостални стручни сарадник –

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ

|                      |         |        |           |
|----------------------|---------|--------|-----------|
| Примљено: 26.07.2011 |         |        |           |
| Орг.јед.             | Број    | Прилог | Вредности |
| 73                   | 612-292 | 1      | 2011      |

## ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ПРЕДЛОГА ТЕМЕ ЗА ИЗРАДУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Име, презиме, адреса и број телефона кандидата  
Александар Боричић, 18000 Ниш, Томе Роксандића 3-а, 063 1045272

2. Предлог радног наслова теме докторске дисертације:

**"УНИВЕРЗАЛНЕ МЕТОДЕ У ИСТРАЖИВАЊУ НЕСТАЦИОНАРНОГ РАВАНСКОГ  
ЛАМИНАРНОГ СТРУЈАЊА НЕСТИШЉИВОГ ПРОВОДНОГ ФЛУИДА, У СПРЕГНУТИМ  
МХД, ДИНАМИЧКИМ, ТОПЛОТНИМ И ДИФУЗИОНИМ ГРАНИЧНИМ СЛОЈЕВИМА"**

3. Научна област, ужа научна област, дисциплина којој припада тема:  
Механика флуида, Магнетна хидродинамика, Теорија МХД граничног слоја

4. Предлог ментора са којим је кандидат сарађивао код избора и образложења теме:  
Име и презиме, звање, ужа научна област за коју је наставник изабран у звање и датум избора:  
Др Драгиша Никодијевић, редовни професор, Теоријска и примењена Механика флуида, 21.04.1997.

5. Значај и актуелност истраживања

Магнетна хидродинамика, саставни део физике и механике флуида, у последњих педесетак година, постала је веома актуелна научна област, која се све интензивније развија и сврстава међу значајније области физике. До 1957 године, углавном се бавила проблемима геофизике и астрономије, односно проучавањем такозваних "космичких" задатака, тј, користила се при проучавању језгра Земље, Сунца, звезда и међузвезданог простора. Касније, након наглог развоја нових-савремених области технике, који са собом доносе све интензивнију потребу за изучавањем многобројних физичких и физико-хемијских процеса, па тиме посебно и струјања проводног флуида у електро-магнетном пољу, ова научна област почиње да се бави многим новим проблемима у којима је је уочен и потврђен све већи значај познавања феномена оваквих кретања за развој многобројних нових технологија.

Без обзира што су у овом претходном, релативно кратком периоду, у овој модерној области Механике флуида, постигнути запажени резултати, сигурно је да је и даље неопходно много истраживачког рада, да би се многи, присутни, актуелни подухвати успешно применили и у пракси. Читав низ могућих практичних проблема: управљање термонуклеарним реакцијама, изградња магнето-хидродинамичких ракетних мотора за космичке летове, проблем директног претварања топлотне и кинетичке енергије плазме у електричну енергију посредством МХД генератора или пак претварања електричне енергије у енергију плазме, преко МХД пумпи, изградња различитих мерних и управљачких елемената и уређаја, захтевају даљи истраживачки рад у овој области, а посебно у односу на сада актуелне правце истраживања у магнето-хидродинамици. Оваква истраживања посебно добијају на значају, када се има у виду да су ефекти понашања проводног флуида у граничном слоју веома утицајни на укупну ефективност одређених система, машина и уређаја, у којима је флуид основни носилац преноса и трансформације енергије

Све ово, захтева стално усавршавање постојећих и увођење нових метода решавања различитих фундаменталних проблема. Овакав, методски приступ разматрања и анализе дефинисаних проблема, представља један од основних задатака науке и присутан је у свим областима истраживања, па тиме и у случајевима разматрања феномена и понашања који се јављају при струјању проводног флуида при дејству магнетног поља. Колико год је значајно, у физичком смислу, успоставити законитост која при одвијању одређеног процеса влада између узрока и последице, исто толико, и не мање значајно, је математичко моделирање разматраног процеса, увођење нових математичких метода, односно долажење до коначних резултата

Као основни правци истраживања у МХД јављају се : стабилност високотемпературне плазме, магнетна гасна динамика, струјање проводног флуида кроз цеви и канале, теорија МХД машина и Теорија граничног МХД слоја. При томе , осим разноврсности, која постоји с обзиром на могући предмет истраживања, појављује се и велика разноликост у приступу решавања постављеног задатка. Наиме, у неким случајевима је важно проучити поремећаје спољашњег магнетног поља услед струјања електропроводног флуида, док се у другим случајевима овај утицај занемарује и основни циљ се усмерава на проучавање утицаја магнетног поља на хидродинамичке карактеристике струјања флуида,

Несумњив је значај и актуелност истраживања, која се врше у оквиру у Теорије МХД граничног слоја, а која су предвиђена као предмет рада у садржају ове дисертације, како у односу на развој теоријске научне мисли, развој примењених истраживања - проучавање, пројектовање и конструисање, у готово свим областима технике, где се одвија струјање проводног флуида; тако и у односу на даљи развој аналитичке и синтетичке обраде до сада постигнутих научних резултата. Исто тако, а не и мање значајно, при оваквим истраживањима, је и све присутнија потреба за управљањем граничним слојем, овладавањем контролом и регулацијом основних параметара ових граничних процеса, у различитим физичким моделима њихове појавности. Ово представља не само интерес фундаменталних наука, већ и и великог броја примењених области – почев од космичких истраживања, балистике, ракетне и авио-технике, пнеуматике и хидраулике, пројектовања турбина, компресора, пумпи и вентилатора и читавог низа других апарата и уређаја енергетике, енергетске ефикасности и екологије, процесне и хемијске индустрије, градње бродова, аутомобила, брана и насипа, филтрације воде и ваздуха, прорачуна водовода и гасовода, канализације, изучавање транспорта масе и енергије, односно свуда тамо где се одијају процеси кретања флуида.

## 6. Предмет истраживања

Познавање природе и нивоа неповратности процеса отвара значајну могућност смањења учешћа губитака у укупном билансу енергије, па тиме и њеног померања ка корисно потребном раду. Овај, данас један од основних задатака науке, присутан је у свим областима истраживања, па и у случајевима разматрања различитих феномена који се јављају при кретању флуида. Проблеми енергетске кризе, управљање процесима, заштита човекове и радне средине, захтевају различита истраживања кретања течности и гасова, па и сложенијих вишекомпоненталних средина, а при томе посебно и познавање карактеристика граничног слоја.

Чињеница, да пријањање флуида на граничне површине битно утиче на развој и карактеристике струјања, констатована је још у Бернулијевој хидродинамици, и у радовима Стокса, Пуасона, Навијеа, Менделјејева, а дати закључци, о значајном утицају вискозности на кретање флуида у околини границе, добили су свој пуни значај тек када је Прангл (1904), успео да их математички изрази преко диференцијалних једначина, једначине граничног слоја. Од тог тренутка, значајан број истраживача ради на решавању многобројних, физички различито дефинисаних проблема граничног слоја, нестишљивог и стишљивог флуида, плазме. Може се казати да се је даљи Развој Теорије граничног слоја одвијао у два основна правца: (1) Правац физичког, а затим и математичког моделирања различитих процеса кретања флуида, који се у природи и техничко-технолошкој пракси одвијају; (2) Правац развоја тачних и приближних метода за решавање постављених математичких модела, како би добијена решења била што тачнија и шире применљива-универзалнија.

Једначине којима се математички описује струјање електропроводног флуида у МХД граничном слоју, у присуству спољашњег попречног магнетног поља, које су предмет истраживања у оквиру ове дисертације, представљају систем нелинеарних парцијалних диференцијалних једначина трећег реда, са сложеним почетним и граничним условима. При њиховом решавању се и данас наилази на значајне математичке потешкоће, које су посебно изражене код нестационарних проблема, односно код оних задатака, у којима се изучавају струјања флуида сложенијих физичких особина, односно, када се мора симултано решавати већи број једначина. Ова чињеница довела је до потребе да се развијају оне методе које доводе до универзалних решења, не узимајући при томе у обзир партикуларност појединачних проблема. У том смислу у дисертацији ће се користити савремена метода универзалних решења Лојцијанског, која ће се, за примену у области МХД граничних слојева, проширити као метода проширене сличности. У том смислу у оквиру рада на дисертацији акценат ће бити стављен на:

1. Даљи развој универзалне методе проширене сличности, увођење нових, квалитетнијих параметара сличности, који треба да, са једне стране боље опишу, прикажу физички смисао развоја разматраних граничних слојева, односно, са друге стране, својим квалитетом, омогуће бржу конвергенцију овако добијених решења.

2. Даљи развој метода нумеричке математике и развој појединачних софтвера, и то, како у смислу повећања софтверских модула за различите универзалне моделе, тако и у смислу стварања широке базе података и софтвера за решавање посебних партикуларних проблема.

Основни предмет истраживања је у суштини разматрање струјања електропроводног флуида, у присуству спољашњег, попречног, електромагнетног поља, са циљем, да се у довољној мери изучи кретања флуида у МХД граничном слоју. Без обзира што постоји одређен број радова, који на различите начине и различитим методским приступима разматра ово питање, остала је непокривена велика област

специфичних случајева, поготову када је реч о нестационарним задацима, односно о сложенијим проблемима међудејства различитих граничних слојева. Значај познавања основних карактеристика граничног слоја захтева да се оне, не само утврде, већ и да се створи приступ-могућност да се њима и управља, а све у циљу, било њихове минимизације, када се појављују као негативна последица по развој струјања, било њихове интензификације, када су ови ефекти, односно њихов развој позитивни по одвијање разматранг процеса.

У циљу остваривања овако постављеног задатка, предмет истраживања биће усмерен на :

1. Разматрање кретања нестишљивог флуида различитих физичких својстава,
2. Разматрање опструјавања различитих контура, порозних и чврстих, са различитим граничним условима на чврстој контури, односно са могућим анализама ефеката удубљавања, односно исисавања флуида,
3. Анализу понашања електропроводног флуида у динамичком граничном слоју, када су упоредо присутни температурни и дифузиони гранични слојеви, са различито задатим температурним и концентрационим граничним условима на контурама тела,.
4. Истраживање нестационарних задатака, са могућим убрзаним или успореним кретањима посматраних тела.
5. Разматрање опструјавања загрејаног тела проводним флуидом променљиве електропроводности,
6. Даљи развој методе уопштене сличности,
7. Даљи развој софтвера за нумеричко срачунавање различитих система симултаних или независних једначина, дефинисаних у различитим параметарским приближењима,
8. Развој софтвера за срачунавање конкретно задатих проблема, дефинисаних граничних услова и задате контуре,
9. Срачунавање конкретних задатака, дефинисаних величина спољашњег струјања и граничних услова на телу, са анализом добијених резултата.
10. Даљи развој метода нумеричке математике и развој софтвера, како у смислу повећања софтверских модула за различите универзалне моделе, тако и за стварања базе података и софтверско решавање партикуларних проблема

## 7. Циљеви истраживања

Како би се у довољној мери могло да истражи струјање проводног флуида у МХД граничним слојевима, који су предмет ове дисертације, утврди утицај магнетног поља на развој профила брзине, температуре и концентрације, као и њихово међудејство, неопходно је у уквирима планираног рада на задатој теми остварити следеће циљеве

1. Приказ развоја Теорије МХД граничног слоја са анализом кључних радова у овој области, и то како, у смислу приказа развоја тачних и приближних метода за решавање једначина МХД граничног слоја, тако и приказа неких досадашњих истраживања различитих физичких модела динамичког, температурног и дифузионог слоја.

2. Даљи развој Универзалних метода уопштене сличности на усвојеном моделу, раванских, нестационарних, спрегнутих МХД динамичких, температурних и дифузионих граничних слојева, преко физичког моделирања, дефинисања полазног математичког модела, увођења различитих низова параметара сличности, који треба да описују различите спољашње и граничне утицаје -на развој МХД слојева, избора одговарајуће дебљине граничног слоја, као основе за увођење нових попречних и подужних координата сличности

3. Параметаризација и локализација добијеног система једначина МХД граничног слоја, развој и примена нумеричке методе, методе коначних елемената, за решавање уведеног система локализованих, параметарских парцијалних диференцијалних једначина

4. Линеаризација добијеног система алгебарских једначина методом итерације и примена методе прогонки за решавање коначно добијених алгебарских једначина, а за одређене почетне и граничне услове

5. Формирање алгорита и софтверског пакета за решавање једначина нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида у спрегнутим МХД динамичким, топлотним и дифузионим граничним слојевима на дефинисаним интеграционим мрежама .

6. Примена уведеног софтверског пакета за различите вредности локализованих параметара сличности, различите граничне услове и више вредности Прантловог, Шмитовог и Екартовог броја

7. Анализа добијених профила расподеле бездимензионих величина брзине, температуре и концентрације, као и основних диференцијалних и интегралних карактеристика динамичког, топлотног и

дифузионог граничног слоја, са приказом могуће контроле и управљања развојем МХД граничних слојева, дејством магнетног поља, удувавањем или издувавањем флуида

8. Анализа могућих приступа-метода примене добијених решења универзалних једначина на истраживање конкретних примера тела задате контуре, задатих брзина, температура и дифузије, на опструјаваној површини, са одговарајућим алгоритмима и софтверским решењима, као и упоређивање добијених резултата са резултатима других аутора, за сличне и једноставније проблеме добијених другим тачним или приближним методама

9. Доношење одговарајућих закључака за могуће правце даљих истраживања сложенијих проблема или даљи развој оваквих универзалних приближних метода.

## 8. Методе које ће се примењивати приликом истраживања

Једначине МХД динамичког, топлотног и дифузионог граничног слоја, којима се математички описује струјање проводног флуида у околини чврстих или порозних површина, представљају систем спрегнутих нелинеарних парцијалних диференцијалних једначина трећег реда, са сложеним почетним и граничним условима. Како је у разматрању овако сложених математичких модела готово немогуће користити тачне методе, у раду ће се користити савремена **универзална метода проширене сличности**

Пошто је за добијање универзалних решења потребно увести низове различитих скупове параметара сличности, као нових подужних независних координата, као и трансформисати попречну координату, потребно је у овом процесу користити **Теорију сличности**

Овако добијени систем универзалних једначина, који на десној страни садржи бесконачне суме, мора се у даљем току рада свести на коначан број независно променљивих за шта ће се у раду користе **методе параметаризације и локализације**

За даље решавање локализованих-параметарских, спрегнутих нелинеарних парцијалних диференцијалних једначина, користи се позната нумеричка метода **метода коначних елемената**, при чему ће се истовремено, а за линеаризацију нелинеарних чланова у једначинама, користити **метода итерације**.

Овако добијени систем, од три алгебарске једначине, са задатим граничним условима, дефинисан на уведеној нумеричкој мрежи, решава се у даљој процедури **методом прогонки**

У делу рада, који разматра примену универзалних решења на срачунавање конкретно задатих проблема биће коришћене и **одговарајуће нумеричке методе**, а у зависности, да ли се до коначног решења долази преко интеграла или решавањем обичних диференцијалних једначина

## 9. Оквирни садржај дисертације

Реализација предмета истраживања ове дисертације - Примена универзалних метода на истраживање нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог електропроводног флуида у спрегнутим МХД динамичким, топлотним и дифузионим граничним слојевима, као и постављених циљева истраживања, биће остварена преко следећег оквирног садржаја дисертације

1. Уводна разматрања
2. Критички приказ развоја Теорије граничног и МХД граничног слоја
3. Извођење система једначина које описују ламинарно, раванско, нестационарно струјање нестишљивог флуида у МХД граничним слојевима - Диференцијалне и интегралне једначине граничних слојева
4. Универзалних метода за решавање система једначина нестационарних ламинарних, раванских МХД граничних слојева
5. Примена универзалне методе уопштене сличности на решавање проблема МХД струјања у граничним слојевима проводног нестишљивог флуида - Извођење универзалних једначина динамичког, топлотног и дифузионог МХД граничног слоја
6. Увођење локално-параметарских приближења универзалних једначина МХД граничног слоја
7. Нумеричко решавање усвојених параметарских једначина МХД граничног слоја
8. Могући приступи срачунавању конкретних проблема опструјавања тела, са задатим-дефинисаним граничним условима, коришћењем резултата добијених применом универзалних метода
9. Тачно решење једначина нестационарног МХД динамичког, топлотног и дифузионог граничног слоја проводног нестишљивог флуида, константних физичких карактеристика, за случај оптицања кружног цилиндра и константно магнетно поље
10. Закључни ставови
11. Списак литературе

## 10. Очекивани резултати и научни допринос

Разматрањем у дисертацији предвиђеног задатка, развој нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида у МХД динамичком, температурним и дифузионом граничном слоју, методом опште сличности, који је дефинисан садржајем докторске дисертације, и реализацијом постављених циљева, очекују се следећи резултати - научни доприноси

1. Критички приказ развоја Теорије МХД граничног слоја, са анализом кључних радова у овој области и то како, у смислу приказа развоја тачних и приближних метода за решавање једначина МХД граничног слоја, тако и приказа неких досадашњих истраживања различитих физичких модела динамичког, температурног и дифузионог слоја, треба да представљају литературни допринос Теорији МХД граничног слоја

2. Могућност коришћења добијених резултата од стране других аутора, који желе да оваква истраживања наставе, применом универзалних метода, посебно у раду коришћене методе уопштене сличности, која данас представља веома значајну приближну методу за решавање једначина граничног слоја.

3. Примена ове методе на у дисертацији усвојеном моделу раванских, нестационарних спрегнутих динамичких, температурних и дифузионих граничних слојева, уведени различити низова параметара сличности, и анализа избора одговарајуће дебљине граничног слоја, као основе за увођење нових попречних и подужних координата сличности, представља значајну основу за даља истраживања МХД граничног слоја,

4. Како у дисертацији примењена метода има универзални карактер, добијене универзалне једначине МХД динамичког, температурног и дифузионог МХД граничног слоја, имају такође општи-универзални карактер и могу се након одређених упрошћења свести на многе једноставније физичке проблеме,

5. Извршена параметаризација и локализација добијеног система једначина МХД граничног слоја, односно потреба да се као нове независно променљиве uvede реално могући-ограничен број параметара сличности, даје могућност да се при новим изучавањима, користе у дисертацији добијени резултати, на основу којих се може утврдити утицај оваквих избора на тачност добијених резултата

6. Развој и примена нумеричке методе коначних елемената за решавање уведеног система локализованих, параметарских нелинеарних парцијалних диференцијалних једначина, уз линеаризацију добијеног система алгебарских једначина и примену методе прогонки на решавање коначно добијених алгебарских једначина, а за одређене почетне и граничне услове, представља одређен допринос и развоју нумеричке математике

7. Формирани алгоритам и софтверски пакет за решавање једначина нестационарног раванског ламинарног струјања нестишљивог проводног флуида у спрегнутим МХД динамичким, топлотним и дифузионим граничним слојевима, на дефинисаним интеграционим мрежама, постављени су тако да стварају могућност њиховог коришћења код других модела и других конкретно дефинисаних задатака.

8. Анализа добијених профила расподеле бездимензионих величина брзине, температуре и концентрације, као и основних диференцијалних и интегралних карактеристика динамичког, топлотног и дифузионог граничног слоја, за различите вредности локализованих параметара сличности, разлите граничне услове и више вредности Прантловог, Шмитовог и Екартовог броја, ствара могућност контроле и управљања развојем МХД граничних слојева, дејством магнетног поља, удубавањем или издубавањем флуида, што представља и значајан интерес при практичној примени овако добијених резултата, код процеса, апарата и уређаја који користе ефекте Магнетохидродинамике

9. У раду, уведени и приказани могући приступи-методе примене добијених решења универзалних једначина, на истраживање конкретних примера тела задате контуре, задатих брзина, температура и дифузије на опструјаваној површини, са одговарајућим алгоритмом и софтверским решењима, могу користити и други аутори, при примени универзалне метода за решавање конкретно задатих проблема

10. Донети одговарајући закључци могу се користити при утврђивању могућих праваца даљих истраживања сложенијих проблема или постављању основа за даљи развој универзалних приближних метода....

## Биографија

Александар Боричић рођен је 22.06.1973 године у Нишу. Основну школу „Учитељ Таса”, завршио је у Нишу 1988. године, а гимназију „Светозар Марковић” 1992. године – профил - сарадник у природним наукама, такође у Нишу. Од 1981 до 1985 похађао је музичку школу „Војислав Вучковић” Ниш, одсек клавира. 2001 године дипломирао је на Машинском факултету Универзитета у Нишу, Хидроенергетски смер, са просечном оценом 8,56. За време студије обавио је две стручне праксе у иностранству и то - 1. на државном универзитету Републике Сао Паоло, „Ilha Solteira”, Бразил у времену, септембар-децембар 1997 године, радећи на експериментима визуелизације струјања („Carman-Vortex street”) код професора Edson Del Rio Vieira-а, 2. на „Eindhoven University of Technology”, Ајндховен-Холандија, у периоду септембар-децембар 1998 године, радећи заједно са последипломцем М.С.Мwaba-а на постављању експеримената који се односе на проблеме трансфера топлоте. У периоду од 1996 до 2002 године био је председник I.A.E.S.T.E-а, за подручје које покрива Универзитет у Нишу, интензивно радећи на организацији међународне размене студентских пракси студената техничко-технолошких факултета. 01.06.2002 године заснива радни однос са Машинским Факултетом Универзитета у Нишу као истраживач-приправник. Од 08.06.2006 године распоређен је на послове и задатка самосталног стручног сарадника Института Машинског факултета у Нишу. 2002 године уписује се на постдипломске студије на Машинском факултету, профил хидроенергетика. Школске 2007-2008 године прелази са магистарских на докторске студије Машинског факултета Универзитета у Нишу, научна област- Енергетика и процесна техника-Хидроенергетика. Све испите предвиђене Наставним планом докторских студија положио је са просечном оценом 10 (десет). За време рада на факултету радио је на пословима везаним за енергетску ефикасност у оквиру Регионалног центра за енергетску ефикасност као технички секретар, на пословима атестирање возила, радио је на акредитацији лабораторија Факултета према стандардима ИСО 9001, а држао је и лабораторијске вежбе из предмета Механика флуида. Поред овога био је учесник на девет научно-истраживачких пројеката, из области енергетске ефикасности и машинства, Министарства за науку и технологију републике Србије. Учествовао је на домаћим и међународним научно-стручним скуповима и објавио један број научно-истраживачких радова у домаћим и иностраним часописима.

### 1. Списак радова

1. „Analysis of new Control methods for pump buster stations” 31 НIPNEF, Врњачка Бања 2008.
2. „The impact of traffic on climatic changes”, 14. Сипмозијум термичара Србије, Соко Бања 2009.
3. Експериментално постројење за испитивање карактеристика струјања при опструјавању тела, Ново лабораторијско постројење, Машински факултет Ниш, 2010.
4. Конструктивно унапређење спороходног радног кола центрифугалне пумпе у циљу проширења области рада и побољшања кавитационих карактеристика. Битно побољшан постојећи производ или технологија, Машински факултет Ниш 2010.
5. „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, V63, 11, 2011.

### 2. Списак пројеката

1. Развој компоненти клипно аксијалних пумпи и мотора за водену хидраулику, Оптимизација пумпних система за водоснабдевање градова (демо-град Лесковац),
2. Развој енергетски ефикасних пумпних станица вишесоратних зграда у Нишу,
3. Развој система и уређаја за повећање енергетске ефикасности у домаћинствима,
4. Развој турбинско-пумпног агрегата за наводњавање,
5. Истраживање струјања флуида у циљу повећања енергетске ефикасности и даљег развоја алтернативних и обновљивих извора енергије,
6. Развој конструкција аксијалних реверзибилних вентилатора
7. Унапређење конструктивних решења спороходних радних кола центрифугалних пумпи у циљу проширења области рада и побољшања кавитационих карактеристика
8. Истраживање МХД струјања у околини тела, процепима и каналима и примена у развоја МХД пумпи
9. Ревитализација постојећих и пројектовање нових микро и мини хидроелектрана (100-1000 kw), на територији Јужне и Југоисточне Србије