

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

242/4
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)22.02.2018.
(Датум)

З А Х Т Е В
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

**ПРОЦЕСНЕ ПЕРФОРМАНСЕ СУПЕРСОНИЧНОГ ГАСНОГ ЕЈЕКТОРА СА
КОНВЕРГЕНТНО-ДИВЕРГЕНТНОМ МЛАЗНИЦОМ СА ПРОФИЛИСАНИМ ВРЕТЕНОМ**
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Процесна техника

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног родитеља и презиме кандидата: АНДРИЈА (АЛЕКСАНДАР) ПЕТРОВИЋ
- Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
- Година дипломирања: 2015.
- Назив магистарске тезе кандидата: _____
- Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____
- Година одбране магистарске тезе: _____
- Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2015Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 22.02.2018.
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

- Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
- Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 242/4
Датум: 22.02.2018. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Андрије Петровића**, магист. инж. маш., магист. екон., бр. 3034/1 од 23.11.2017. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Србислав Генић, ред. проф., др Милош Бањац, ред. проф., др Мирјана Стаменић, доц., др Бранислав Јаћимовић, ред. проф. М.Ф. у пензији и др Дорин Лелеа, ред. проф., Универзитет Политехника Темишвар – Машински факултет, број 242/3 од 20.02.2018. године, а 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 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 22.02.2018. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **АНДРИЈА ПЕТРОВИЋ**, магист. инж. маш., магист. екон. испуњава услове за израду докторске дисертације **«ПРОЦЕСНЕ ПЕРФОРМАНСЕ СУПЕРСОНИЧНОГ ГАСНОГ ЕЈЕКТОРА СА КОНВЕРГЕНТНО-ДИВЕРГЕНТНОМ МЛАЗНИЦОМ СА ПРОФИЛИСАНИМ ВРЕТЕНОМ»**.

За ментора студенту **Андрији Петровићу**, именује се **др Србислав Генић, ред. проф.**

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Универзитет у Београду

Машински факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата Андрије Петровића за израду докторске дисертације, мастер инж. маш, мастер екон.

Наставно-научно веће Машинског факултета нас је кроз Одлуку бр. 242/2 од 08.02.2018. године, именovalo за чланове Комисије за оцену подобности теме кандидата Андрије А. Петровића, мастер инж. маш, мастер екон., студента докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: **„Процесне перформансе суперсоничног гасног ејектора са конвергентно-дивергентном млазницом са профилисаним вретеном“.**

На основу прегледаног материјала који је достављен уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1 ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1 Биографски подаци

Андрија Петровић рођен је у Београду 23.08.1991. Основну школу „Љуба Ненадовић“ завршио је 2006. године у Београду, као носилац Вукове дипломе и ђак године. Средњу школу „13. београдску гимназију“ завршио је 2010. године у Београду и награђен је за изузетан успех током школовања. Основне студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписао је 2010. године и завршио 2013. године са просечном оценом 9,91. Мастер студије на Машинском факултету Универзитета у Београду, смер Процесна техника и заштита животне средине, уписао је 2013. године и завршио 2015. године са просечном оценом 9,90. Мастер рад је одбранио са оценом 10 на тему „Концептуално решење и економска процена рада система за производњу електричне енергије на бази органског Ранкиновог циклуса“. Дипломирао је на Факултету за Пословну економију Универзитета Сингидунум 2014. године, смер финансије и банкарство, са просечном оценом 9,45. Мастер студије на модулу Пословна економија завршио је 2016. године са просечном оценом 10. Мастер рад је одбранио са оценом 10 на тему „Динамика промене вредности емисионих дозвола и рентабилност инвестиције тригенеративног постројења“.

Тренутно је студент друге године докторских студија на Факултету организационих наука Универзитета у Београду, где је положио све испите на докторским студијама и студент је треће године докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду.

Од 2013. године је сарадник фирме „Ејектоинжењеринг Београд“, где је и учествовао на реализацији више пројеката и конструкцији већег броја техничких решења

Награђиван је за изузетан успех током студија на Машинском факултету 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14, 2014/15 године. Награђен је као најбољи студент на основним генерације уписане 2010/11 године, као најбољи студент на мастер академским студијама генерације уписане 2013/14 године и као најбољи студент генерације уписане 2010/11 године.

Био је стипендиста града Београда за 2011/12 годину, стипендиста Републике Србије за 2013/14 годину, стипендиста Фонда за младе таленте“ за 2012/13 и 2014/15 годину, стипендиста „Термоелектране Никола Тесла“ за годину 2012/13, стипендиста фирме „Ејектоинжењеринг Београд“ за 2012/13, 2013/14 и 2014/15 годину.

Учествовао је у раду летње школе организоване под покровитељством NTNU (Norwegian University of Science and Technology) у оквиру пројекта „Herd energy project - quality improvement of masters programs in sustainable energy and environment“. Био је практикант фирме „Про-инг Београд“ у периоду јун-август 2011 године. Похађао је више курсева организованих од стране фирме „Merit Plan“. У оквиру Erasmus+ програма размене студената похађао је 2. семестар прве године докторских студија школске 2015./16. на Машинском факултету Универзитета Политехника Темишвар.

Запослен је од 2016. године као истраживач-приправник у Иновационом центру Машинског факултета Универзитета у Београду.

Поседује сертификат FCE–B2 познавање енглеског језика. Служи се руским језиком. Активно користи програмерске софтвере Visual Basic, MatLab, Python, Fortran, Delphi, Eviews, Ansys, AMPL, као и софтверски пакет MS OFFICE (Word, Excell, Power point) и Latex, софтвере за техничко цртање AutoCAD и Solid Works. Поседује возачку дозволу Б категорије.

1.2 Сечено научно-истраживачко искуство

У оквиру докторских студија на Машинском факултету у Београду, које је уписао школске 2015/16 године, а у циљу реализације програма усавршавања, кандидат Андрија Петровић је положио следеће предмете: Виши курс математике, Нумеричке методе, ОМНИРиК, Принципи моделирања у процесној техници, Виши курс из топлотних и дифузионих апарата, Виши курс из процесних феномена, Виши курс из процесне енергетике и високотемпературских уређаја и процеса, Методе у пројектовању и конструисању опреме за процесну индустрију. Поред тога кандидат је положио и следеће предмете на Erasmus+ програму у току пролећног семестра 2015/16 године: Selected chapters of Fluid Mechanics, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Computer Aided Design, Finite Element Methods. Кандидат је укупно стекао 136 ЕСПБ поена.

Број	Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
1	Виши курс математике	проф. др И. Аранђеловић проф. др С. Радојевић	5	10 (десет)
2	Нумеричке методе	проф. др М. Спалевић проф. др А. Цветковић	5	10 (десет)
3	ОМНИРиК	проф. др М. Недељковић	5	10 (десет)
4	Принцип моделирања у процесној техници	проф. др С. Генић	5	10 (десет)
5	Виши курс из топлотних и дифузионих апарата	проф. др С. Генић	5	10 (десет)
6	Виши курс из процесних феномена	проф. др С. Генић	5	10 (десет)
7	Виши курс из процесне енергетике и високотемпературских уређаја и процеса	доц. др М. Стаменић	5	10 (десет)
8	Методе у пројектовању и конструисању опреме за процесну индустрију	проф. др А. Петровић	5	10 (десет)
9	Истраживање и публикување 1	проф. др С. Генић	10	10 (десет)
10	Истраживање и публикување 2	проф. др С. Генић	15	10 (десет)
11	Истраживање и публикување 3	проф. др С. Генић	20	10 (десет)
12	Истраживање и публикување 4	проф. др С. Генић	8	10 (десет)
13	Пројекат идеје докторске дисертације	проф. др С. Генић	22	10 (десет)
13	Selected chapters of Fluid Mechanics	prof. dr.ing. R. Susan-Resiga	4	10 (десет)
14	Numerical Heat transfer and Fluid Flow	prof. dr.ing. R. Susan-Resiga	10	10 (десет)
15	Computer Aided Design	prof. dr.ing. D. Lelea	4	10 (десет)
16	Finite Element Methods	prof. dr.ing. D. Lelea	3	10 (десет)

1.3 Преглед радова и технички решења

Категорија М20 – Радови објављени у научним часописима међународног значаја

Категорија М21

- 1 **A. Petrovic**, D. Lelea, and I. Laza, “The comparative analysis on using the NEPCM materials and nanofluids for microchannel cooling solutions,” *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 79, pp. 39-45, 2016. – DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.10.007

Категорија M24

- 1 **A. Petrović** and Z. Jeremic, "REGULATION AND TRADING WITH GREEN HOUSE EFFECT GASES AND ADVANTAGES OF SERBIA'S ENTRY IN THE EMISSION MARKET," *International Journal for Quality Research*, vol. 1, pp. 705-718, 2015.

Категорија M50 – Радови објављени у часописима националног значаја

Категорија M51

- 1 S. Genić, B. Jaćimović, **A. Petrović**, and N. Bošković, "Trigeneracija korišćenjem biomase - opravdanost investicije i uticaj na životnu sredinu," *KGH - klimatizacija, grejanje, hlađenje*, vol. 45, p. 94, May 2016 2016.
- 2 M. Božović, A. Petrović, **A. Petrović**, "Technological processing waste water using the dressing the ejector system for pretreatment," *Tehnika*, 72 (2017) 68-73.

Категорија M52

- 1 **A. A. Petrović** and M. D. Gojak, "Procedures of water desalination with solar energy and f-chart method," *Tehnika*, vol. 70, pp. 975-981, 2015.
- 2 **A. A. Petrović**, A. L. Petrović, and L. H. Petrović, "Analysis of the ejectors for hydraulic transport of different materials and mixtures," *Tehnika*, vol. 71, pp. 242-248, 2016.

Категорија M53

- 1 **A. Petrović**, A. Petrović, "Višekriterijumska optimizacija postrojenja za proizvodnju demineralizovane vode iz toplih izvora," *Procesna tehnika*, 29 (2017) 34-38.

Категорија M30 - Зборници међународних научних скупова

Категорија M33

- 1 **A. Petrović**, A. Petrović, A. Pejčev, and M. Šolaja, "Analiza rada ejektora sa varijabilnom mlaznicom pri mešanju prirodnog gasa i otpadnog gorivog gasa," *Procesing 2016*, p. 365, 2016.
- 2 I. Laza, **A. Petrovic**, D. Lelea, and E. Laza, "THE NANOFUID THERMAL PROPERTIES INFLUENCE ON COOLING PERFORMANCE OF THE MICROCHANNEL HEAT SINK WITH IMPINGEMENT JET," *COFRET'16 - Colloque FRancophone en Energie, Environnement, Economie et Thermodynamique 2016*. - Francusko, Rumunska konferencija u Budimpešti
- 3 **A. Petrović**, Jeremić Z., *REGULATION AND TRADING WITH GREEN HOUSE EFFECT GASES*, regionalna konferencija IEEP 2015 (Industrijska energetika i zaštita životne sredine u zemljama jugoistočne Evrope 2015), Zlatibor, ISBN 978-86-7877-025-8.

Поред наведеног кандидат тренутно има још три рада категорије M21, који се налазе на рецензији.

Техничка решења

1. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора и прорачун пада притиска за транспорт активног угља - Градитељ НС“, Нови Сад 2015.
2. Љ. Петровић, А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора и прорачун пада притиска за пнеуматски транспорт беле земље до врећастих филтера – Викторија оил“, Шид 2015
3. Љ. Петровић, А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора са варијабилном млазницом за мешање природног гаса и отпадног гаса- ФСК Елемир“, Елемир 2015.
4. Љ. Петровић, А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора са варијабилном млазницом за мешање рафината и отпадног гаса- ФСК Елемир“, Елемир 2015.
5. Љ. Петровић, А. Петровић, **А. Петровић**, М. Ранковић, И. Аранаутовћ: „Израда експерименталног постројења за шаржну вакуум дестилацију“, Београд 2015.
6. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора за аерацију отпадних вода – Кабинет“, Сопот 2015.
7. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора за мешање нископроцентног раствора нитроглицерина уз помоћ соде – МБ Наменска“, Лучани 2016
8. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора за транспорт нитро-глицерина и етил алкохола уз помоћ воде – МБ Наменска“, Лучани 2016
9. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора и прорачун пада притиска за хидротранспорт пепела из левкова – ТЕ Костолац“, Костолац 2016
10. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора и прорачун пада притиска за пнеуматски транспорт пепела из Д-пумпи – ТЕ Костолац“, Београд 2016
11. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора и прорачун пада притиска за пнеуматски транспорт беле земље до врећастих филтера – Викторија оил“, Шид 2016
12. А. Петровић, **А. Петровић**: „Техничко решење и израда ејектора за искоришћење некондензоване водене паре уз помоћ ејектора – Еликсир Прахово“, Прахово 2016
13. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејекторског вентилатора за избацивање гасова из просторије – Плама Гео“, Словенија 2016
14. С. Генић, **А. Петровић**: „Прорачун и димензионисање посуде за складиштење нафте“, Боцвана 2016
15. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејекторског вентилатора за пречишћавање гасова помоћу воде – Еликсир Прахово“, Прахово 2016
16. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда суперсоничног гасног ејектора ради остваривања ниских притиска у ректификационој колони – Витал“, Врбас 2017
17. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора за хидротранспор песка – Хестил“, Смедерево 2017
18. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда суперсоничног гасног ејектора ради остваривања ниских притиска у ректификационој колони – Дијамант“, Зрењанин 2017
19. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора за хидротранспорт песка – Каолин“, Ваљево 2017
20. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора за вакумирање шаржне дестилационе колоне – Полекс“, Црна Гора 2017
21. А. Петровић, **А. Петровић**: „Израда ејектора намешавање течности – Газпром - НИС“, Зрењанин 2017

1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Андрија Петровић, студент докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, је:

- положио све предвиђене испите планом докторских студија које укључују лабораторијски рад, припреме за пријаву дисертације и стекао 136 ЕСПБ бодова;
- показао таленат и интересовање за научно-истраживачи рад, што је документовано кроз већи број објављених чланака, као и презентација на стручним и научним конференцијама;
- непрекидно ради на свом стручном инжењерском усавршавању кроз димензионисање и конструисање процесне опреме, као и кроз пројектовање процесних постројења;
- ангажован на пројекту технолошког развоја преко Иновационог центра Машинског факултета.

На основу изложеног Комисија закључује да је Андрија Петровић подобан за израду докторске дисертације.

2 ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРЖИВАЊА

Примена суперсоничних гасних ејектора је распрострањена у различитим индустријским погонима. Најчешће се овакав тип ејектора виђа у инсталацијама где је неопходно извршити мешање гасова или остваривање вакуума. Поред тога, све се чешће гасни ејектори користе у расхладним циклусима. Највећа мана суперсоничних, гасних ејектора је немогућност прилагођавању различитим режимима рада, значајне тешкоће се јављају код управљања овим уређајима у режимима рада ван номиналног. Једна од могућности проширења дијапазона рада гасних ејектора је промена геометријских карактеристика (пре свега се мисли на променљивост попречног пресека коморе за мешање и млазнице). Најчешћи и најлакши вид промене геометријских карактеристика је коришћењем конвергентно-дивергентне млазнице са профилисаним вретеном. У литератури постоји врло мали број истраживања који је везан за суперсоничне гасне ејекторе са млазницом са профилисаним вретеном. Ова тема још увек представља велику непознаницу и стога се овакав тип ејектора ретко среће у индустрији. Поред тога, овакви ејектори се најчешће користе у режимима рада ван номиналног у циљу покушаја смањења неповратности процеса. Најчешћи тип млазница са профилисаним вретеном се састоји од конусног шилка који пролази кроз цилиндар. Померањем вретена мења се и површина критичног и излазног попречног пресека. Аналитичка евалуација рада ејектора са оваком млазницом је практично немогућа, стога се само експериментално или нумерички могу оценити процесни параметри истих.

Основна карактеристика гасног суперсоничног ејектора огледа се у брзинама који погонски гас оствари на излазу из конвергентно-дивергентне млазнице које одговарају Маховим бројевима већим од 1 ($M > 1$). С обзиром на то да најужи део млазнице одређује максимални проток погонског гаса који улази у ејектор, променом површине попречног пресека - критичног пресека, мења се и проток погонског гаса. Повећањем критичне

површине, већи масени проток погонског гаса узрокује и већу количину кретања на излазу из млазнице што изазива повећани масени проток гаса који се усиса у ејектор.

Широк дијапазон различитих типова млазница са профилисаним вретеном је развијен. Међутим и даље се велики број истраживача бави проблемом смањивања неповратности процеса при истицању из млазнице. Поред тога, компликоване конструкције млазница представљају додатни ограничавајући фактор у коришћењу истих код суперсоничних гасних ејектора

Стога ће се предмет истраживања заснивати на одређивању процесних параметара ејектора са конвергентно-дивергентном млазницом са профилисаним вретеном, која се састоји од цилиндра и вретена. Геометрија вретена биће изведена тако да у што могуће већој мери умањи неповратности изазване појавом ударних таласа. У складу са основним законима одржања масе, енергије и количине кретања при изентропском истицању гаса из млазнице биће развијени обрасци за одређивање функције која дефинише геометрију шиљка.

Карактеристике новог типа конвергентно-дивергентне млазнице са профилисаним вретеном биће приказана на суперсоничном гасном ејектору у оквиру експерименталног постројења за индустријску намену. У експерименталном постројењу као погонски гас у ејектору биће коришћена два гаса на два различита ејектора: природни гас и рафинат; док ће се као усисивани гас у оба случаја користити отпадни гас, обогаћен малом количином високо експлозивног винил ацетата.

Поред експерименталне евалуације рада ејектора, подаци добијени експериментом биће поређени са аналитичким моделима суперсоничног гасног ејектора. Основни аналитички изрази, различитих модела, за димензионисање ејектора биће прилагођени одређивању оптималне геометрије ејектора са варијабилном млазницом. Ефикасност сваког дела ејектора (млазнице, коморе за мешање, усисне коморе и дифузора) биће евалуирана посредством изведених аналитичких израза за одговарајуће факторе у сваком аналитичком моделу. Одређивање фактора, при којима ће бити најмања квадратна разлика између аналитичких и експерименталних податак, биће спроведена коришћењем одабраних оптимизационих метода у зависности од коришћених аналитичких модела. Утицај различитих састава гасова на ефикасност делова ејектора биће приказана регресионим кривама. На овај начин грешка предикције аналитичких модела биће знатно смањена.

С обзиром на сличне карактеристике природног гаса и отпадног гаса, под претпоставком да су оба гаса истог састава, нумеричке симулације ејектора са варијабилном млазницом ће бити изведене. За различите положаје вретена, геометријске карактеристике и различите вредности улазних и излазних величина широк дијапазон рада ејектора ће бити добијен. Поред тога карактеристике струјне слике ејектора биће детаљно анализирани посредством ових симулација. Резултати нумеричких симулација биће поређене са експерименталним подацима.

На основу добијених симулација и развијених модела детаљно ће бити анализирани предности и недостаци коришћења ејектора са новим типом конвергентно-дивергентне млазнице са профилисаним вретеном.

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања:

- [1] B. Huang, J. Chang, C. Wang, V. Petrenko, A 1-D analysis of ejector performance, *International journal of refrigeration*, 22 (1999) 354-364.
- [2] C. Liao, Gas ejector modeling for design and analysis, Texas A&M University, 2008.
- [3] S. Elbel, N. Lawrence, Review of recent developments in advanced ejector technology, *International journal of refrigeration*, 62 (2016) 1-18.
- [4] Y.M. Antonio, C. Périlhon, G. Descombes, C. Chacoux, Thermodynamic modelling of an ejector with compressible flow by a one-dimensional approach, *Entropy-Switz*, 14 (2012) 599-613.
- [5] A. Hemidi, F. Henry, S. Leclaire, J.-M. Seynhaeve, Y. Bartosiewicz, CFD analysis of a supersonic air ejector. Part I: Experimental validation of single-phase and two-phase operation, *Applied Thermal Engineering*, 29 (2009) 1523-1531.
- [6] S. Croquer, S. Poncet, N. Galanis, Comparison of ejector predicted performance by thermodynamic and CFD models, *international journal of refrigeration*, 68 (2016) 28-36.
- [7] S. Croquer, S. Poncet, Z. Aidoun, Turbulence modeling of a single-phase R134a supersonic ejector. Part 1: Numerical benchmark, *international journal of refrigeration*, 61 (2016) 140-152.
- [8] G. Besagni, F. Inzoli, Computational Fluid-Dynamics modeling of supersonic ejectors: screening of turbulence modeling approaches, *Applied Thermal Engineering*, (2017).
- [9] A. Balabel, A. Hegab, M. Nasr, S.M. El-Behery, Assessment of turbulence modeling for gas flow in two-dimensional convergent-divergent rocket nozzle, *Appl Math Model*, 35 (2011) 3408-3422.
- [10] T. Thongtip, S. Aphornratana, An experimental analysis of the impact of primary nozzle geometries on the ejector performance used in R141b ejector refrigerator, *Applied Thermal Engineering*, 110 (2017) 89-101.
- [11] S. Varga, A.C. Oliveira, X. Ma, S.A. Omer, W. Zhang, S.B. Riffat, Experimental and numerical analysis of a variable area ratio steam ejector, *international journal of refrigeration*, 34 (2011) 1668-1675.
- [12] C. Li, Y. Li, W. Cai, Y. Hu, H. Chen, J. Yan, Analysis on performance characteristics of ejector with variable area-ratio for multi-evaporator refrigeration system based on experimental data, *Applied Thermal Engineering*, 68 (2014) 125-132.
- [13] C. Li, J. Yan, Y. Li, W. Cai, C. Lin, H. Chen, Experimental study on a multi-evaporator refrigeration system with variable area ratio ejector, *Applied Thermal Engineering*, 102 (2016) 196-203.
- [14] M. Dennis, T. Cochrane, A. Marina, A prescription for primary nozzle diameters for solar driven ejectors, *Solar Energy*, 115 (2015) 405-412.
- [15] P.R. Pereira, S. Varga, J. Soares, A.C. Oliveira, A.M. Lopes, F.G. de Almeida, J.F. Carneiro, Experimental results with a variable geometry ejector using R600a as working fluid, *International Journal of Refrigeration*, 46 (2014) 77-85.
- [16] S. Varga, A.C. Oliveira, A. Palmero-Marrero, J. Vrba, Preliminary experimental results with a solar driven ejector air conditioner in Portugal, *Renew Energ*, 109 (2017) 83-92.
- [17] В.Г. Цегельский, К теории газовых эжекторов с цилиндрической и конической камерами смешения, *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, (2012).

[18] В.Г. Цегельский, М.В. Акимов, Т.Д. Сафаргалиев, Экспериментально-теоретическое исследование режимов работы сверхзвуковых газовых эжекторов с цилиндрической и конической камерами смешения, Известия высших учебных заведений. Машиностроение, (2012).

[19] В.Г. Цегельский, М.В. Акимов, Т.Д. Сафаргалиев, Экспериментальное исследование влияния длины конической камеры смешения и горловины диффузора на характеристики сверхзвукового газового эжектора, Известия высших учебных заведений. Машиностроение, (2013).

3 ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

У овој докторској дисертацији полази се од следећих основних хипотеза:

- Коришћење суперсоничних гасних ејектора у режимима рада ван номиналног показује се као неоправдано услед великих неповратности, уског дијапазона рада, незадовољавајућих вредности коефицијента усисавања и коефицијента компресије. Као основни разлог претходног је немогућност промене геометријских карактеристика ејектора, стога се применом млазнице са профилисаним вретеном могу постићи много боље карактеристике ејектора са варијабилном млазницом. Развијањем новог типа конструкције млазнице, који се састоји од вретена и цилиндра, знатно се умањује ефекат неповратности изазван ударним таласима и последично повећава количина кретања гаса на излазу из млазнице.
- Применом гасодинамичких образаца у складу са основним законима одржања масе, енергије и количине кретања може се математички измоделирати геометрија вретена која ће за различите протоке гаса одржавати исти однос критичног и излазног попречног пресека млазнице.
- Могуће је искористити постојеће аналитичке изразе за предвиђање рада суперсоничних гасних ејектора. Обрадом резултата експеримената и нумеричких симулација, могуће је утврдити ефикасност делова ејектора ради повећања поузданости аналитичких израза.
- Ејектор са новоразвијеном конвергентно-дивергентном млазницом са профилисаним вретеном покрива широк дијапазон режима рада за различите вредности притиска на излазу из ејектора и различит положај млазнице. Поред тога, за различите вредности масеног протока усисаног гаса на улазу у инсталацију, при сталним притисцима погонског и усисаваног гаса, могуће је одржавати коефицијенте усисавања и компресије у уским границама. Овим се омогућава постизање приближно исти састав гасова у мешавини иза ејектора, што је захтев у великом броју индустријских апликација.

4 НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање ће се базирати на развијању математичког модела конвергентно-дивергентне млазнице са профилисаним вретеном базираног на термодинамичким и струјним процесима. У оквиру ове докторске дисертације ће се користити нумеричке методе и методе оптимизације, програмирање и развијање софтвера за одређивање фактора

ефикасности делова различитих аналитичких модела. Такође ће бити коришћене експерименталне методе испитивања суперсоничних ејектора са варијабилном млазницом. Статистичке методе (регресионе методе) ће бити коришћене за добијање функционалне зависности између фактора ефикасности и геометријских карактеристика ејектора са млазницом са профилисаним вретеном, као и математички модели за валидацију добијених регресионих функција и њихову верификацију.

Следећи општи-научни методи ће бити коришћени:

- Хипотетичко-дедуктивне методе.
- Дескриптивно-аналитичке методе (анализа, синтеза и генерализација прикупљених података).
- Компаративне методе (упоређивање експерименталних резултата са резултатима добијених из аналитичких и нумеричких симулација).
- Квантитативне методе (статистичке методе обраде података, теорија оптимизације, нумеричке методе, регресионе методе).

5 ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

Очекују се вишеструки резултати и доприноси ове дисертације, како научни, тако и практични:

- Очекивано је да нови тип млазница услед врло једноставне конструкције и ниске производне цене буде примењена код широког дијапазона апарата и машина.
- Развој гасодинамичког модела млазнице омогући ће једноставно одређивање геометрије вретена за задате параметре погонског гаса.
- Нумеричка симулација рада суперсоничног ејектора омогући ће јаснији увид у струјну слику ејектора са млазницом са профилисаним вретеном при различитим положајима вретена и за различите вредности излазних притисака.
- Анализа делова ејектора за различите аналитичке моделе и развој регресионих кривих за сваки од фактора ефикасности делова ејектора знатно ће побољшати резултате добијене аналитичким моделима.
- Компарацијом различитих аналитичких модела биће утврђено који од аналитичких модела има најмању грешку у поређењу са експерименталним резултатима.
- Нови развијени тип конвергентно-дивергентне млазнице са профилисаним вретеном ће имати широку употребу у циљу регулације рада суперсоничног гасног ејектора. На овај начин избећи ће се избегавање коришћења додатних вентила при регулацији рада ејектора или додавање још једног степена слободе рада ејектора при коришћењу регулационог вентила на излазу.
- Очекује се да ће ејектор са новоразвијеном млазницом са профилисаним вретеном имати широку употребу у различитим индустријским апликацијама.

6 ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

Планом истраживања предвиђене су следеће целине:

1. Развој модела за одређивање геометрије криве вретена и пречнике цилиндра за различите вредности параметара погонског гаса.
2. Димензионисање суперсоничних гасних ејектора са конвергентно-дивергентном млазницом профилисаним вретеном.
3. Прикупљање и статистичка обрада резултата рада ејектора са млазницом са профилисаним вретеном.
4. Предикција рада ејектора са млазницом са профилисаним вретеном посредством различитих аналитичких модела.
5. Нумеричка симулација рада ејектора са млазницом са профилисаним вретеном.
6. Анализа ефикасности делова ејектора и развој регресионих кривих фактора ефикасности делова ејектора.
7. Компарација аналитичких резултата са експерименталним подацима.

Структура докторске дисертације обухвата следеће оквирне целине које ће бити обрађене:

1. Уводна разматрања и опис проблема
2. Преглед литературе и приказ постојећих радова у области суперсоничних гасних ејектора са конвергентно-дивергентном млазницом профилисаним вретеном.
3. Развој математичког модела за одређивању геометрије криве вретена и пречника цилиндра.
4. Спровођење експерименталних испитивања на индустријском постројењу и статистичка обрада добијених података.
5. Представљање различитих аналитичких модела.
6. Нумеричка симулација ејектора и дискусија добијене струјне слике за различите положај клина и излазне притиске.
7. Анализа ефикасности делова ејектора за различите аналитичке моделе.
8. Валидација аналитичких модела са експерименталним резултатима и међусобно поређење аналитичких модела.
9. Закључак о оставереним резултатима, научном и инжењерском доприносу докторске тезе и предлог наставка истраживања у овој научној области.

7 ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изложеног приказа предложене теме и досадашњих активности кандидата, Комисија је дошла до следећих закључака:

Предложена тема је актуелна с обзиром на растући значај ејектора и потребе за даљим усавршавањем у овој области. Подручје истраживања обећава остваривање предвиђених научних доприноса. Предвиђа се примена модерних аналитичких и нумеричких метода. Очекује се да ће предвиђени научно-истраживачки рад допринети унапређењу научних знања у области процесне технике и унапређењу развоја ејектора са млазницом са профилисаним вретеном.

Кандидат, студент докторских студија Андрија Петровић, испунио је све услове предвиђене програмом ових студија за пријаву дисертације. Положио је све испите који укључују и лабораторијски рад, изложио је више радова у часописима и на конференцијама, учествовао је у научноистарживачким пројектима и израдио више техничких решења.

Комисија предлаже да се студенту докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, Андрији Петровићу, одобри израда докторске дисертације под насловом **„Процесне перформансе суперсоничног гасног ејектора са конвергентно-дивергентном млазницом са профилисаним вретеном“** у оквиру уже научне области Процесне технике.

У Београду 19.02.2018.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Србислав Генић, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Милош Бањац, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Мирјана Стаменић, доцент
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Бранислав Јаћимовић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду – Машински факултет

Dr.ing. Dorin Lelea, редовни професор
Универзитета Политехника Темишвар – Машински факултет

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме ментора: Србислав ГенићЗвање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

Бр.	Аутори, наслов чланка, часопис	ISSN	Impact
1	Genić, S., Jaćimović, B., Milovančević, U., Ivošević, M., Otović, M., Antić, M., Thermal performances of a "black box" heat exchanger in district heating system, Heat and Mass Transfer/Waerme- und Stoffuebertragung (2018) vol. 54, no. 3, pp. 867-873 DOI: 10.1007/s00231-017-2182-5	1432-1181	1.233
2	Jaćimović B., Genić S., Budimir N. J., Jarić M. S., Techno-Economic Evaluation of Residue Exhaustion in Batch Rectification Ethanol Production Plant, Thermal Science, (2017), vol. 21 no. 6, pp. 2971-2980 DOI: 10.2298/TSCI160601267J	0354-9836	1.093
3	Radanov B., Genić S., Jacimovic B., Heat Transfer Coefficient for Condensation of Steam on Freely Formed Falling Liquid Jets, AIChE Journal, (2016), vol. 62, no. 7, pp. 2579-2584 DOI: 10.1002/aic.15233	0001-1541	2.836
4	Jacimovic N., Genić S., Jacimovic B., Novel method for validation of experimental data for direct contact condensers with zero vapor outflow, Applied thermal engineering, (2015), vol. 91, pp. 1134-1140 DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2015.08.052	1359-4311	3.043
5	Kolendic P., Genić S., Jacimovic B., Cupric N., Jakimov S., Radanov B., Modeling of the Working Cycle of the Pressure-Powered Pump, Thermal Science, (2015), vol. 19 no. 3, pp. 1051-1058 DOI: 10.2298/TSCI131223021G	0354-9836	0.939
6	Jaćimović B., Genić S., Budimir N. J., Jarić M. S., Techno-economic optimization of plant for raw ethanol production based on experimental data, International Journal of Heat and Mass Transfer (2014) vol. 79, pp 639-646. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.07.085	0017-9310	2.383

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCle листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCle листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо

образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11,M12,M13,M14,M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односно дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.



ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум 19.02.2018.

М.П.

Проф. др Радивоје Митровић