

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Овде

**Предмет:** Извештај о испуњености услова за избор у истраживачко звање истраживач-сарадник кандидата Ђорђа М. Новковића, дипл. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду бр. 718/1 од 16.03.2018. године, именовани смо за чланове Комисије са задатком да према Закону о научноистраживачкој делатности (Сл. Гласник РС, бр. 110/2005, 50/2006 - испр., 18/2010 и 112/2015), Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (Сл. Гласник РС, бр. 24/2016 и 21/2017), као и према Статуту Машинског факултета Универзитета у Београду (септембар 2013), утврдимо испуњеност услова за избор у истраживачко звање истраживач-сарадник, кандидата Ђорђа М. Новковића, дипл. инж. маш.

На основу прегледа достављене документације, Комисија подноси следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Биографски подаци**

Ђорђе М. Новковић је рођен 17. 06. 1976. године у Карловцу, СР Хрватска, СФРЈ. Основну школу је завршио 1990. године у Крстињи, СР Хрватска, СФРЈ. Средњу техничку школу је завршио 1994. године у Војнићу у Републици Српској Крајини. Машински факултет у Бања Луци у Републици Српској уписао је 1994. године. Због присилног исељења из Републике Српске Крајине студије је 1995. године наставио на Машинском факултету у Приштини, АП Косово, Р. Србија. Током студија на Машинском факултету у Приштини био је студент генерације, тако да је 1997. године добио диплому „истакнути студент“. Због исељења Машинског факултета из Приштине, студије је 1999. године наставио на Факултету техничких наука у Косовској Митровици. Због отежаних услова студирања, студије је завршио 2004. године на Одсеку за термотехнику и термоенергетику Факултета техничких наука у Косовској Митровици са просечном оценом 8,68 (осам и 68/100). Одбранио је дипломски рад из предмета *Механика флуида* под насловом „Проблем струјања уља у цилиндричном клизном лежају“ са оценом 10 (десет). Учествовао је на 42. такмичењу студената машинства са просторе бивше Југославије - „Машинијада“, на Копаонику 2002. године. Такмичио се из предмета: Математика II, Динамика, Механика флуида и Отпорност материјала и остварио је запажене резултате. Од 2005. године је запослен као асистент на Факултету техничких наука у Косовској Митровици. Држао је нумеричке вежбе из предмета: Механика флуида, Хидрауличне и пнеуматске машине, Пумпе вентилатори и компресори, Хидропнеуматска техника и Механика. Од 25.10.2016. запослен је као стручни сарадник-

лаборант за материјале механику и саобраћај на Факултету техничких наука у Косовској Митровици. На Машинском факултету Универзитета у Београду је школке 2010/11. године уписао докторске студије. Положио је све испите са просечном оценом 9,93 (девет и 93/100). Током докторских студија из појединих предмета је остварио запажене резултате, који су документовани у виду обимних и садржајних семинарских радова. Одлуком Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, одобрена је му је израда докторске дисертације под називом *Моделирање и нумерички прорачуни струјања нестишљивог флуида у правим конусним дифузорима*.

Пилот обуку за енергетског саветника у организацији Машинског факултета у Београду и Јапанске агенције за међународну сарадњу је успешно завршио 11.12.2017. године.

Говори енглески језик и активно се служи рачунаром. Под оперативним системом Windows активно користи низ софтверских пакета за моделирање и нумеричке прорачуне струјања. У оквиру софтверског пакета ANSYS успешно користи модуле CFX, ICEM CFD, BladeGen, TurboGrid, DesignModeler, Meshing. Активно користи ANSYS WorkBench интегрисано програмско окружење за интерактивни рад са свим модулима софтверског пакета ANSYS. Користи софтверски пакет Pipe Flow Ekspert који се примењује за нумеричке прорачуне магистралних и разгранатих цевовода. За тродимензионално моделирање машинских делова и склопова и њихове прорачуне методом коначних елемената успешно користи софтвер SolidWorks. За израду техничких цртежа примењује софтвер SolidWorks и AutoCAD. Активно изводи алгебарске, диференцијалне и нумеричке прорачуне применом софтвера Wolfram Mathematica. Активно се служи интернетом и програмским алатима у оквиру пакета Microsoft Office. Познаје програмски језик Fortran.

Под оперативним системом Linux активно се служи софтверским пакетом отвореног кода OpenFOAM који се користи за нумеричке прорачуне у механици континуума. Успешно користи Anjuta и Code::Blocks компајлере за програмске језике C и C++. Користи wmake C++ компајлер софтвера OpenFOAM. Похађао је курсеве C и C++ програмирања тако да самостално програмира и модификује постојеће софтверске пакете отвореног кода писане у C и C++ програмском језику. Примењује софтвер Gnuplot за израду дијаграма и номограма. Користи софтвер TexMAKER за израду писаних докумената применом LaTeX језика. Активно користи софтвер Xfig који се примењује за израду једноставнијих цртежа и скица.

Служи се аналогном електроником. Познаје теоријске основе примене активних и пасивних електронских компоненти. Поседује практично знање о полупроводницима и полупроводничким електронским компонентама попут диода, транзистора, дијака, тријака и тиристора. Познаје технику лемљења и примену мултифункционалних аналогних и дигиталних електричних мерних инструмената. Бави се самоградњом аналогних електроничких склопова и користи софтверски пакет TINA под оперативним системом Windows за нумеричку симулацију аналогних електроничких кола. Истражује електрична и електроничка кола за контролу снаге електричног грејања и контролу потрошње електричне енергије.

## **2. Педагошка активност**

У току свог досадашњег рада на Факултету техничких наука у Косовској Митровици, кандидат је, држао наставу из предмета: Механика флуида, Хидрауличне и пнеуматске машине, Пумпе вентилатори и компресори, Хидропнеуматска техника и Механика. Настава коју је кандидат држао односила се на нумеричке вежбе. План предмета Хидрауличне и

пнеуматске машине обухвата хидрауличне и пнеуматске турбомашине, тако да је већина предмета из којих је кандидат држао вежбе допринела томе да кандидат подигне своје теоријско знање о струјању у турбомашинама на виши ниво. Тако је кандидат овладао савременим техникама моделирања и прорачуна струјања у труробашинама применом рачунара. Знање које стекао кандидат је преносио својим студентима редовним одржавањем нумеричких вежби. Захваљујући посвећеном раду многи студенти су слушајући наставу имали прилику да стекну висок ниво инжењерског знања о струјању нестишљивог и стишљивог флуида у турбомашинама. Из предмета Механика кандидат је држао вежбе студентима Одсека за електротехнику и рачунарско инжењерство. План предмета Механика обухвата статику, отпорност материјала и статику флуида. Током вишегодишњег одржавања наставе студенти су успешно полагали испите из предмета из којих је кандидат држао вежбе, стичући при томе неопходно теоријско и инжењерско знање из наведених предмета.

### 3. Библиографски подаци

#### Група радова 3.1

##### **Радови у међународним часописима – SCI листа, M23**

1. Novković Đ. M., Burazer J. M, Ćočić A. S. (2016): Comparison of different CFD software performances in the case of an incompressible air flow through a straight conical diffuser, Thermal Science OnLine-First, 12 pages, <https://doi.org/10.2298/TSCI161020329N>, <http://thermalscience.vinca.rs/pdfs/papers-2017/TSCI161020329N.pdf>

#### Група радова 3.2

##### **Радови у националним часописима међународног значаја, M24**

1. Radenković D. R, Burazer J. M, Novković Đ. M. (2014): *Anisotropy analysis of turbulent swirl flow*, FME Transactions, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, 42 (1): 19-25, UDC 621, ISSN 1451-2092, doi: 10.5937/fmet1401019R  
[http://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol42/1/03\\_dradenkovic.pdf](http://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol42/1/03_dradenkovic.pdf)
2. Novković Đ. M, Lečić M. R, Burazer J. M, Radenković D. R. (2014): *Flow simulations in a small bulb turbine using two-equation turbulence models*, FME Transactions, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, 42 (2): 118-127, UDC 621, ISSN 1451-2092, doi: 10.5937/fmet1402118N  
[http://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol42/2/04\\_djnovkovic.pdf](http://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol42/2/04_djnovkovic.pdf)

#### Група радова 3.3

##### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини, M33**

1. Маричић, Н., Новковић, Ђ., Анђелковић, Љ., “*Contribution to Definition of Locations for Micro Hydroelectric Power Plants on Water Currents in the North of Kosovo and Metohija*”, XV Међународно саветовање “ЕНЕРГЕТИКА” (15<sup>th</sup> International Conference “ENERGY”), стр. 265-270, ISSN:0354-8651, UDC: 621.22.002/.004 (497.115), Савез енергетичара Србије, Златибор, Србија, 26-29. март 2009.
2. Маричић, Н., Новковић Ђ., Анђелковић, Љ., “*Contribution to the Decrease of Environmental Pollution in the North of Kosovo and Metohija*”, II Међународни симпозијум “Заштита животне средине у индустријским подручјима” (2<sup>nd</sup> International Symposium “Environment Protection in Industrial Areas”), стр. 306-310, ISBN: 978-86-80893-23-5, CIP: 502/504 (082) 504.5:66(082), COBISS.SR-ID 158065164, Факултет техничких наука, Косовска Митровица, Србија, 28-29. април 2009.

3. Маричић, Н., Новковић, Ђ., Марковић, Ђ., Анђелковић, Љ., “*Banki Waters' Turbine Procedure Description and Software Development*”, XVI Међународно саветовање “ЕНЕРГЕТИКА” (16<sup>th</sup> International Conference “ENERGY ”), стр. 82-86, ISSN:0354-8651, UDC: 621.311.21:621.224.001.573, Савез енергетичара Србије, Златибор, Србија, 23-26. март 2010.
4. Новковић, Ђ., Маричић, Н., Јевтић, М., “*Flow Simulations in Propeller Turbine Using CFD*”, XXVIII Међународно саветовање “ЕНЕРГЕТИКА” (18<sup>th</sup> International Conference “ENERGY ”), стр. 233-239, ISSN:0354-8651, UDC: 622.224.015:532, Савез енергетичара Србије, Златибор, Србија, 27-30. март 2012.
5. Маричић, Н., Новковић, Ђ., Марковић, Ђ., Арсић, Н., Анђелковић, Љ., “*Rebuild Proposal to Mini Hydro Power Plant on the River Ћећево*”, XXVIII Међународно саветовање “ЕНЕРГЕТИКА” (18<sup>th</sup> International Conference “ENERGY”), стр. 240-246, ISSN:0354-8651, UDC: 621.22.018, Савез енергетичара Србије, Златибор, Србија, 27-30. март 2012
6. Новковић, Ђ., Маричић, Н., Јевтић, М., Главчић, З., “*Improving a Small Bulb Turbine Performances Using CFD* ”, XXIX Међународно саветовање “ЕНЕРГЕТИКА” (19<sup>th</sup> International Conference “ENERGY”), стр. 309-316, ISSN:3554-8651, UDC: 621.134.5, Савез енергетичара Србије, Златибор, Србија, 26-29. март 2013.
7. Новковић, Ђ., Маричић, Н., Главчић, З., “*CFD Simulations in a Small Bulb Turbine with Adjustable Runner Blades*”, IV Српски (XXIX Југословенски) конгрес теоријске и примењене механике (4<sup>th</sup> Serbian (29<sup>th</sup> Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics), стр. 449-454, ISBN: 978-86-909973-5-0, СР: 531/534(082), COBISS.SR-ID 198308876, Српско друштво за механику, Врњачка Бања, Србија, 04-07. јун 2013.
8. Новковић, Ђ., Маричић, Н., Јевтић, М., “*Improvement of Pico Hydropower Plant on the Radovljanska River*”, IV Интернационални симпозијум о заштити животне средине и управљању током материјала (4<sup>th</sup> International Symposium on Environmental and Material Flow Management) – EMFM14, стр. 32-38, ISBN:978-86-6305-029-7, Технички факултет Бор, Бор, Србија, 31. октобар-2. Новембар 2014.
9. Новковић, Ђ., Маричић, Н., Јевтић, М., “*The Impact of Change Impeller Speed on Regulation of Small Bulb Turbine with Adjustable Guide Vanes* ”, XXX Међународно саветовање “ЕНЕРГЕТИКА” (30<sup>th</sup> International Conference “ENERGY”), стр. 369-376, ISSN: 0354-8651, UDC: 629.224.001, Савез енергетичара Србије, Златибор, Србија, 25-28. март 2014.
10. Новковић, Ђ., Маричић, Н., Јевтић, М., “*Numerical Flow Simulation in the Francis-99 Turbine*”, XXXI Међународно саветовање “ЕНЕРГЕТИКА”(31<sup>th</sup> International Conference “ENERGY”), стр. 311-318, ISSN: 0354-8651, UDC: 621.224.001.573, Савез енергетичара Србије, Златибор, Србија, 24-27. март 2015.
11. Новковић, Ђ., Маричић, Н., Јевтић, М., “*Numerical Flow Simulations in Conical Diffuser*”, XXXII Међународно саветовање “ЕНЕРГЕТИКА” (32<sup>nd</sup> International Conference “ENERGY”), стр. 234-240, ISSN: 0354-8651, UDC: 621.186.1.001.573, Савез енергетичара Србије, Златибор, Србија, 22-25. март 2016.
12. Novković Đ. M., Burazer J. M., Ćočić A. S., Lečić M. R., “*Numerical research of the swirl-free flow in Azad diffuser*”, 6<sup>th</sup> International Congress of Serbian Society of Mechanics, Turbulence Mini-symposium, Mountain Tara, Serbia, 19-21. June 2017.

13. Jevtić M., Tomović M., Klimenta D., Novković Đ., "Energy-Economic Analysis of Hybrid System for Remote Pond Supply", International Scientific and Technical Conference, "Computer Modelling and Simulation – 2014" (COMOD 2014), Sankt-Peterburgsky Gosudarstvenny Politekhničesky Universitet, pp. 118-122, ISSN:978-5-7422-4494-3. Sankt Peterburg, Russia, 02-04. July 2014.

#### Група радова 3.4

##### **Саопштење са међународног скупа штампано у изводу, М34**

1. Novković Đ, Lečić M, Burazer J, Radenković D. (2015): Numerical flow simulations in the Agnew micro hydro turbine, Turbulence workshop – International Symposium, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Aug. 31st – Sept. 2nd, 2015, Proceedings on USB, ISBN 978-86-7083-865-9

#### Група радова 3.5

##### **Саопштење са домаћег скупа са међународним учешћем штампано у целини, М63**

1. Маричић, Н., Новковић, Ђ., "Истраживање могућности градње микро хидроелектрана на северу Косова и Метохије", Регионална конференција "Индустријска енергетика и заштита животне средине у земљама Југоисточне Европе" - ИЕЕР 2008, Зборник радова на CD, Тематска област - V, ISBN: 978-86-7877-010-4, СР: 620.9(082)(0.034.2) 502/504(082) (0.034.2), COBISS.SR-ID 149511948, Друштво термичара Србије, Златибор, Србија, 24-28. јун 2008.
2. Новковић, Ђ., Маричић, Н., Марковић, Ђ., Анђелковић, Љ., "Оптимизација пречника турбинског цевовода деривационе мини хидроелектране", II Регионална конференција "Индустријска енергетика и заштита животне средине у земљама Југоисточне Европе" - ИЕЕР 2010, Зборник радова на CD, Тематска област-5, ISBN: 978-86-7877-012-8, СР: 620.9(082)(0.034.2) 502/504(082) (0.034.2), COBISS.SR-ID 176061964, Друштво термичара Србије, Златибор, Србија, 22-26. јун 2010.
3. Марковић, Ђ., Маричић, Н., Новковић, Ђ., Анђелковић, Љ., "Оптималан избор локације машинске зграде мале хидроелектране на Чечевској реци", II Регионална конференција "Индустријска енергетика и заштита животне средине у земљама Југоисточне Европе" - ИЕЕР 2010, Зборник радова на CD, Тематска област-5, ISBN: 978-86-7877-012-8, СР: 620.9(082)(0.034.2) 502/504(082) (0.034.2), COBISS.SR-ID 176061964, Друштво термичара Србије, Златибор, Србија, 22-26. јун 2010.
4. Маричић, Н., Марковић, Ђ., Новковић, Ђ., Анђелковић, Љ., "Revitalization of Small Hydropower Plant on the River Čečevo", II Конференција "Одрживи развој и климатске промене" (2<sup>nd</sup> Conference "Sustainable Development and Climate Change") - SUSTAINNIS 2010, ISBN:978-86-6055-004-2, Машински факултет у Нишу, Ниш, Србија, 13-15. септембар 2010.
5. Новковић, Ђ., Маричић, Н., Јевтић, М., Анђелковић, Љ., "Reconstruction of Small Hydro turbine on the Jablanica Pond", IV регионална конференција "Индустријска енергетика и заштита животне средине у земљама Југоисточне Европе" (4<sup>th</sup> Regional Conference "Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern European Countries")- ИЕЕР 2013, тематска област - IV, ISBN: 978-86-7877-023-4, СР: 620.9(082)(0.034.2) 502/504(082)(0.034.2), COBISS.SR-ID: 199209996, Друштво термичара Србије, Дивчибаре, Србија, 26-29. јун 2013.

## Истраживач у научним пројектима

1. Пројекат енергетске ефикасности Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије за период од 2007. до 2009. године бр. – 273017, под називом *Истраживање могућности градње мини хидроелектрана на водотоцима северног Косова и Метохије и дефинисање њиховог спрегнутог рада*; руководилац: др Никола Маричић, ред. проф.
2. Пројекат енергетске ефикасности Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије за период од 2009. до 2011. године бр. – 18011, под називом *Истраживање и развој мини хидроелектране на Чечевској реци*; руководилац: др Никола Маричић, ред. проф.
3. Пројекат технолошког развоја Министарства просвете, науке и технолошког развоја за период од 2011. до 2015. године бр. 33046, под називом *Развој модела мале хидроелектране за изоловано напајање рибака, и микромреже са различитим обновљивим изворима енергије*; руководилац: др Мирољуб Јевтић, ред. проф.

## 4. Приказ радова

Истраживања кандидата Ђорђа М. Новковића, дипл. инж. маш. су интердисциплинарна. Главне области истраживања су теоријска и нумеричка истраживања турбулентних струјања, истраживања струјања у турбомашинама, обновљиви извори енергије, енергетска ефикасност и регулација потрошње енергије.

### Група радова 3.1

У раду 3.1.1 се разматра моделирање турбулентног безвихорног струјања у правом конусном дифузору. Анализира се утицај моделирања турбуленције на дводимензионалном и тродимензионалном прорачунском домену, као и разлике у примени комерцијалног софтвера Ansys CFX и софтвера отвореног кода OpenFOAM. Нумеричке мреже су израђене применом софтвера ANSYS ICEM CFD. За моделирање турбуленције је коришћен стандардни к-е модел. Бољи резултати су добијени прорачуном на тродимензионалном прорачунском домену. Оба софтвера имају за резултат слична одступања у профилима брзиског поља.

### Група радова 3.2

У раду 3.2.1 се анализирају резултати мерења профила средњих брзина и турбулентних напона у турбулентном вихорном струјању. У циљу процене степена анизотропности коришћене су инваријантна мапа, коју су предложили Ламли и Њуман, као и барицентрична мапа. Приказане су математичке основе описивања анизотропности тензора турбулентних напона за обе мапе. Откривено је да постоји значајан утицај вихора на анизотропност турбуленције. Коришћење мапа анизотропности показује да су различити региони вихорног струјања окарактерисани различитим стањима анизотропности. При струјању воде кроз хидрауличну турбину иза радног кола може настати вихорно струјање. Предмет рада 3.2.2 су нумеричке симулације струјања у малој цевној турбини. Геометрија радног кола, преткола и оклопа анализирани турбине конструисана је симултаном применом програмских алата софтверског пакета ANSYS и софтвера SolidWorks. Низом узастопних нумеричких симулација и кориговањем моделиране геометрије остварени су задани пројектни услови. Након финалне корекције геометрије урађени су нумерички прорачуни с циљем поређења различитих турбулентних модела (k- $\epsilon$ , k- $w$  и SST) у погледу интегралних карактеристика турбине. Показано је да се помоћу јединственог модела турбуленције не

може свеобухватно описати струјно поље у турбини. Анализом расподеле статичког притиска по контурама лопатица радног кола турбине указано је на постојање извесне аналогije између хомогене турбуленције и потенцијалног струјања.

### Група радова 3.3

На основу истраживања у оквиру Пројекта ЕЕ-273017 Министарства за науку и технолошки развој у раду 3.3.1 су приложени резултати којима се дефинишу потенцијалне локације за градњу мини хидроелектрана на водотоцима севера Косова и Метохије. За сваку од анализираних локација извршена је минимална техно-економска анализа и део тих резултата је изложен у раду. На бази ових резултата развијена је студија изводљивости и идејни пројект за изградњу мини хидроелектране на Чечевској реци. У раду 3.3.2 је на основу процењених бруто снага хидропостројења дефинисаних у Пројекту ЕЕ-273017 Министарства за науку и технолошки развој израчунато смањење потрошње угља у термоелектранама, уколико би се изградиле мини хидроелектране на предложеним локацијама. Након тога су на основу процењеног смањења снаге термоелектрана процењени и ефекти смањења загађења животне средине у виду смањења емисије угљен диоксида, метана и азотних оксида. Предмет рада 3.3.3 је систематизација познатих поступака за прорачун мини хидроелектране са Банки турбином. На основу познатих поступака прорачуна је применом програмског језика Fortran развијен интерактивни софтвер помоћу кога се на бази улазних податка добијају конструктивни параметри Банки турбине и цевовода којим се Банки турбина снабдева водом. Развијени софтвер је тестиран у домену специфичних бројева обртаја који одговарају примени Банки турбина. При томе је постигнуто значајно убрзавање поступка одређивања конструктивних параметара Банки турбине у односу на класичан потупак прорачуна. Рад 3.3.4 обухвата нумерички прорачун струјања у пропелерној турбини конструисаној скалирањем радног кола моделске пропелерне турбине познатих карактеристика. Геометрија радног кола и преткола моделске турбине су скениране на нумеричкој координантој машини, при чему су генерисани Solid Edge фајлови који је импортовани у софтвер SolidWorks. Затим је извршено скалирање импортоване геометрије на задане пројектне услове применом теорије сличности. Након тога је програмским алатима у софтверу Ansys урађена нумеричка мрежа за прорачун струјања у скалираној турбини. Струјање у турбини је прорачунато применом софтвера ANSYS CFX и RNG k-ε модела турбуленције. Нумерички добијене перформансе скалиране турбине су упоређене са скалираним перформансама моделске турбине које су добијене применом теорије сличности. При томе је добијено добро слагање резултата.

У раду 3.3.5 анализирана је могућност реконструкције деривационе мини хидроелектране на Чечевској реци на северу Косова и Метохије. Машинска зграда предметне мини хидроелектране је потопљена изградњом акумулационог система Газиводе. На основу постојећег стања деривационог канала, водостана и цевовода под притском, и двогодишњег мерења протока правоугаоним преливом, дефинисани су пројектни улови рада турбине. За дефинисане пројектне услове, применом развијеног софтвера за прорачун Банки турбине су дефинисани конструктивни параметри Банки турбине. Урађена је прелиминарна техно-економска анализа исплативости реконструкције предметне мини хидроелектране. Предмет рада 3.3.6 је побољшање перформанси пропелерне турбине променом геометрије оклопа турбине уградњом правог конусног дифузора и прилагођавањем геометрије радног кола и преткола новонасталим условима струјања. У раду је анализирана скалирана турбина која је била предмет Рада 3.3.4. Низом узастопних нумеричких симулација применом софтвера

ANSYS CFX и k-ε модела турбуленције, уз симултане корекције геометрије радног кола и преткола, извршена је оптимизација геометрије радног кола и преткола турбине са измењеним оклопом. Прорачуном струјања у турбини са коригованом геометријом постигнуте су значајно боље вредности нумерички срачунатих перформанси. Поред тога, у овом раду је на улазном и излазном пресеку радног кола вршено нумеричко осредњавање обимске брзине флуида и пројекције апсолутне брзине флуида на обимски правац. При томе је показано да настаје значајна грешка уколико се размењени рад у колу турбине рачуна применом осредњених вредности брзина у Ојлеровој једначини. Овде је теоријски изведен поправни коефицијент за корекцију размењеног рада у колу уколико се он рачуна применом осредњених вредности брзина у Ојлеровој једначини за турбомашине. Изведени поправни коефицијент је нелинеарна функција полупречника главчине и полупречника оклопа радног кола. *Рад 3.3.7* се односи на нумеричке симулације перформанси нерегулисаних и једноструко регулисаних мале цевне турбине. Једнострука регулација регулисане цевне турбине вршена је закретањем лопатица радног кола турбине. Нумеричке симулације су изведене применом SST k- $\omega$  модела турбуленције и софтвера ANSYS CFX. Симулације у једноструко регулисној турбини су вршене за 7 различитих положаја лопатица радног кола. Симулације у нерегулисној турбини су вршене за 7 различитих вредности протока. Овде је нумерички доказано да перформансе нерегулисане турбине нагло опадају са променом протока. Нумеричким симулацијама на једноструко регулисној турбини добијена је значајно мања промена снаге турбине са променом протока. Нумеричким симулацијама добијене су радне криве снаге, јединичног струјног рада и степена корисности анализираних турбина. Нумерички је симулирана и зависност промене протока при промени положаја лопатица радног кола турбине. При томе је добијена линеарна зависност угла положаја лопатице радног кола и протока кроз једноструко регулисану турбину.

У *раду 3.3.8* је нумерички симулирано струјање у цевној турбини која је уграђена у мало хидропостројење које користи отпадну воду из рибњака. Ово мало хидропостројење се користи за изоловано напајање електричном енергијом пастрмског рибњака Јабланица на Радованској реци код Бољевца. Нумерички је симулиран утицај закретања лопатица спроводног апарата на перформансе анализираних турбина. Нумерички прорачуни су изведени применом програмских алата софтверског пакета ANSYS и применом SST k- $\omega$  модела турбуленције. При томе су нумерички добијене зависности промене снаге и степена корисности турбине у зависности од протока и угла положаја лопатица спроводног апарата. Наведене анализе су вршене с циљем да се у постојећој нерегулисној цевној турбини примени једнострука регулација закретањем лопатица спроводног апарата. Због великих осцилација протока воде постојећом нерегулисаним цевном турбином се није могао постићи стабилан рад овог малог хидропостројења при малим протоцима воде у летњем периоду. На основу изведених нумеричких прорачуна кандидат је применом софтвера SolidWorks моделирао и конструисао регулациони спроводни апарат. Спроводни апарат је израђен на основу урађене техничке документације и уграђен је уместо спроводног апарата са фиксним лопатицама. Уградњом регулационог спроводног апарата остварен је стабилан рад овог малог хидропостројења при малом протоку воде у летњем периоду. У циљу даљег побољшања перформанси ове турбине настао је *рад 3.3.9* у коме је анализиран утицај промене броја обртаја радног кола за сваки од неколико изабраних углова положаја спроводног апарата. Наиме, познато је да при променљивом протоку у цевним турбинама најбоље перформансе има двоструко регулисана цевна турбина. Међутим, израда радног



кола са регулишућим лопатицама је неисплативо решење за цевне турбине мале снаге. Због тога је кандидат имао идеју да струјање у радном колу ове турбине прилагоди положају спроводног апарата променом броја обртаја радног кола, уместо прилагођавања методом закретања лопатица радног кола. За сваки од неколико одабраних положаја спроводног апарата било је потребно нумеричким симулацијама одредити оптимални преносни однос између турбине и асинхроног генератора са констанним бројем обртаја. Константан број обртаја асинхроног генератора овог малог хидропостројења одржава се помоћу електроничког управљачког уређаја са великом брзином одзива, који врши прераспodelу произведене снаге између потрошача и баласт грејача. Уместо континуалне промене преносног односа између турбине и асинхроног генератора, анализирана је степенаста промена преносног односа, као технички прихватљивије решење с обзиром на споре промене расположивог протока током године. Изложена идеја је симулирана применом CFD модула софтверског пакета ANSYS уз примену SST k-w модела турбуленције. За сваки од углова положаја спроводног апарата нумеричким симулацијама је одређен оптимални број обртаја радног кола турбине. На крају су формиране криве промене снаге и степана корисности добијене нумеричким симулацијама струјања у турбини са регулационим спроводним апаратом и степенастом променом броја обртаја радног кола. Поред тога, на основу изведених нумеричких симулација формирана је зависност промене оптималног броја обртаја радног кола турбине од угла положаја спроводног апарата. Добијена промена је приближно линеарна. Увођењем додатне регулације ове мале цевне турбине применом степенасте промене броја обртаја радног кола добијено је значајно побољшање њених перформанси.

За валидацију нумеричких прорачуна струјања у воденим турбинама користе се тестни примери који нису широко распрострањени попут тестних примера за једноставне случајеве турбулентних струјања. Тестни пример трубулентног струјања у Францис турбини је предмет нумеричких симулација које су иведене у раду 3.3.10. Овде је изршена нумеричка симулације струјања у једном стационарном радном режиму Францис турбине применог софтвера ANSYS CFX и SST k-w модела модела тубуленције. Прорачунски домен ове турбине има веома сложену геометрију, тако да нумеричка мрежа има број ћелија који превазилази прорачунске могућности персоналног рачунара. Извесним захватима на мрежи применом софтвера ANSYS ICEM CFD кандидат је редуковао број ћелија мреже ове турбине на приближно 5 милоина ћелија, што је омогућило прорачун струјања на персоналном рачунару. На основу резултата нумеричке симулације добијене су нумеричке вредности притиска на дефинисаним локацијама испред радног кола, у радном колу и иза радног кола ове турбине. Добијене нумеричке вредности притиска су се добро сложиле за експерименталним вредностима притиска. Нумерички добијене вредности поља брзине упоређене су са расположивим експерименталним вредностима дуж два радијална правца у конусном дифузору сифона турбине. При томе је показано да је у присисству вихора лакше предвидети профил аксијалне брзине него профил обимске компоненте брзине. У овом раду су нумерички срачунати и параметри који описују енергетске карактеристике турбине и дати су у виду табеларних вредности у карактеристичним пресецима турбине. Овај рад је потврдио недостатке примене линеарних модела турбуленције на моделирање вихорног струјања у правим конусним дифузорима. Због ограничених рачунарских ресурса којима располаже, кандидат није био у могућности да настави квалитетно тестирање осталих модела турбуленције на овом тестном примеру турбине.

Предмет анализе у раду 3.3.11 је ERCOFTAC тестни пример вихорног струјања у правом конусном дифузору. Нумеричка симулација струјања на овом тестном примеру је урађена коришћењем софтвера ANSYS CFX уз примену стандардног k-ε модела турбуленције. Овде је добијено боље слагање нумеричких и експериментално добијених вредности изван вихорног језгра. У вихорном језгру су добијена значајна одступања која потврђују недостатак примене линеарних модела турбуленције на вихорно струјање правим конусних дифузорица. Претпостављено је да је присуство вихора главни разлог слабих резултата k-ε модела, што је могло бити потврђено тестирањем овог модела турбуленције на безвихорном струјању. Због тога је у наставку ових истраживања, у оквиру рада 3.3.12 стандардни k-ε модел турбуленције тестиран при условима безвихорног струјања у правом конусном дифузору коришћењем софтвера отвореног кода OpenFOAM, уз примену стандардног k-ε модела и LRR пуног напонског модела турбуленције. Нумерички добијени резултати су на анализираном тестном примеру упоређени са експерименталним резултатима. При томе је показано да у случају безвихорног струјања без одвајања граничног слоја стандардни k-ε модел даје врло добре резултате у предвиђању поља брзине, а слабе резултате у предвиђању поља турбулентних напона. LRR пуни напонски модел је овде дао слабије резултате од стандардног k-ε модела турбуленције. У овом раду је уочен значај утицаја нивоа турбулентне кинетичке енергије на тачност моделирања турбуленције применом модела турбуленције који се заснивају на RANS методологији. Предмет рада 3.3.13 је енерго-економска оптимизација изолованог хибридног електроенергетског система мале снаге, који се користи за изоловано напајање пастрмског рибака електричном енергијом. Овај систем обухвата спрегу више обновљивих и необновљивих извора енергије. Сваки од извора енергије даје допринос систему својом количином енергије, при чему се цене производње за сваки од извора разликују, те стога постоји потреба одређивања оптималног удела сваког извора у систему с обзиром на најнижу цену производње енергије. Наравно, најнижа цена производње енергије би се добила када би извор са најнижом ценом производње покрио целокупну захтевану производњу, али у анализираном случају то није било могуће. На располагању је било више извора енергије ограничених вршних снага, те је стога применом софтвера HOMER одређен оптимални удео сваког од извора енергије при коме је добијена минимална цена производње електричне енергије.

#### Група радова 3.4

У раду 3.4.1 извршен је нумерички експеримент упоређивања различитих линеарних двоједначинских модела турбуленције на примеру турбулентног струјања у цевној турбини типа Agnew. Овај тип водене турбине карактерише саосан положај правог конусног дифузора и вратила турбине које је нагнуто под углом  $45^\circ$  у односу на хоризонталну раван. Нумеричким симулацијама применом различитих модела турбуленције добијено је добро слагање аксијаних профила брзине у дифузору. Између профила радијалне брзине добијена су већа одступања, а такође међусобним упоређивањем добијених профила обимске брзине уочене су значајне разлике. Иако је нумеричким симулацијама добијана извесна разлика у профилима брзина постигнуто је јако добро слагање перформанси турбине срачунатих применом различитих модела турбуленције. Перформансе турбине се рачунају применом интегралних параметра струјања и овде је показано да нумеричким интегралњем физичких величина по површима радних и спроводних органа турбине може доћи до значајног поништавања супротносмерних одступања. Тако се ствара илузија да је струјно поље тачно прорачунато, док реално постоје значајне грешке у прорачуну струјног поља. Због тога је

закључено да перформансе турбине нису меродавни параметри за оцену успешности примене одређеног модела турбуленције.

### Група радова 3.5

У раду 3.5.1 су изложени резултати истраживања водотока у општинама Лепосавић и Зубин Поток са аспекта могућности изградње малих хидроелектрана. На бази извршених истраживања формирана је база података са основним хидролошким подацима о потенцијалним локацијама за изградњу малих хидроелектрана. Формирање базе података са основним хидролошким подацима базирано је на мерењу протока применом правоугаоног прелива. За поједине локације, из формиране базе, процењена је хидрауличка бруто снага и извршена је, у потребном обиму, техно-економска анализа. На крају је за разматране локације извршена процена ефеката уштеде чврстих и течних горива и ефеката заштите животне средине због коришћења воде као обновљивог извора енергије. Истраживање је рађено као пројекат-студија ЕЕ-273017 Министарства за науку Републике Србије. У раду 3.5.2 је рађена оптимизација пречника турбинског ценовода деривационе мини хидроелектране. Анализирани су трошкови изградње турбинског ценовода с обзиром на цену материјала цеви и трошкови губитака енергије услед хидрауличног трења у цеви. Суперпонирањем хиперболичке криве трошкова губитака услед хидрауличног трења и линеарних трошкова цене материјала цеви добија се конвексна крива укупних трошкова. Према тачки минимума конвексне криве укупних трошкова одређен се оптимални пречник турбинског ценовода деривационе мини хидроелектране на Чечевској реци. Даљом анализом настао је рад 3.5.3 у коме је вршена техно-економска анализа избора локације машинске зграде мини хидроелектране на Чечевској реци. Избор локације је сведен на техно-економску анализу два варијантна решења, од којих је након спроведене анализе изабрано економски исплативије варијантно решење. Наставком техно-економске анализе ове мини хидроелектране настао је рад 3.5.4 у коме су процењени укупни трошкови њене реконструкције. Затим је на основу субвенционисане цене електричне енергије из обновљивих извора процењен период отплате инвестиције за наведену мини хидроелектрану. Закључено је да је улагање у ову мини хидроелектрану економски исплативо, јер је добијен кратак временски рок поврата уложених средстава. У раду 3.5.5 је применом нумеричких симулација анализирано више варијантних решења цевне турбине која је део малог хидропостројења за изоловано напајане електричном енергијом пастрмског рибњака Јабланица на Радованској реци код Бољевца. На основу процењених перформанси варијантних решења мале цевне турбине предложено је варијантно решење којим се остварује најбоље искоришћавање расположиве хидроенергије. Предложено варијантно решење подразумева примену цевне турбине типа Agnew, чија је конструкција овде већ описана.

### **5. Мишљење Комисије о испуњености услова**

Ђорђе М. Новковић, дипл. инж. маш, има седми степен стручне спреме. Дипломирао је на Одсеку за термотехнику и термоенергетику Факултета техничких наука у Косовској Митровици, као студент генерације школске 1995/96. године, са просечном оценом у току студија 8,68 (осам и 68/100).

Квантитативно исказивање досадашњег научноистраживачког рада кандидата Ђорђа М. Новковића, дипл. инж. маш, у складу са важећим Правилником, приказано је у табели која следи.

Категорија резултата	Опис	Јединична вредност	Број резултата	Међузбир
M23	Рад у међународном часопису	3	1	3
M24	Рад у националном часопису међународног значаја	3	2	6
M33	Саопштење са међународног скупа штампано у целини	1	13	13
M34	Саопштење са међународног скупа штампано у изводу	0,5	1	0,5
M63	Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини	0,5	5	2,5
			<b>Укупно:</b>	<b>25,0</b>

На основу укупне вредности квантификатора резултата приказане у табели, закључује се да кандидат има смисла за научноистраживачки рад. На више од половине објављених радова кандидат је први аутор, што указује на значајну меру самосталности у истраживању. Утицајност објављених радова се огледа у томе што радови кандидата имају укупно 9 (девет) хетероцитата.

Кандидат има значајно искуство у извођењу наставе на Факултету техничких наука у Косовској Митровици, на укупно 5 (пет) предмета, на различитим нивоима студија.

Ђорђе М. Новковић је положио испите из свих предмета на докторским студијама са просечном оценом 9,93 (девет и 93/100). На Универзитету у Београду му је одобрена израда докторске дисертације под називом *Моделирање и нумерички прорачуни струјања нестишљивог флуида у правим конусним дифузорима*. Докторска дисертација је у фази израде.

## 6. Закључак и предлог за избор

На основу увида у приложени материјал и анализе квалитета објављених радова и саопштења, учешћа у научноистраживачким пројектима и радног искуства, Комисија за избор кандидата **Ђорђа М. Новковића**, дипл.инж.маш, констатује да кандидат испуњава све услове за избор у звање **истраживач-сарадник** у складу са чланом 80 Закона о научноистраживачкој делатности, чланом 8 Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача, као и у вези са чланом 66 Статута Машинског факултета Универзитета у Београду.

Комисија стога, са задовољством, предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да усвоји овај Извештај и изабере Ђорђа М. Новковића, дипл. инж. маш. у звање истраживач-сарадник.

У Београду, 21. 03. 2018. године.

Комисија

1.

др Милан Лечић, ред. проф.  
Машински факултет Универзитета у Београду

2.

др Александар Ђоћић, доцент  
Машински факултет Универзитета у Београду

3.

др Светислав Чантрак, ред. проф. у пензији  
Машински факултет Универзитета у Београду