

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1062/4
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)01.09.2022.
(Датум)**ЗАХТЕВ**
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

МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ УНИВЕРЗАЛНЕ ЧЕТВОРОКВАДРАТНЕ РАДНЕ КРИВЕ ХИДРАУЛИЧНИХ
МАШИНА ЗАВИСАН ОД СПЕЦИФИЧНЕ БРЗИНЕ ОБРТАЊА И ПРИМЕЊЕН У ПРОРАЧУНИМА
ПРЕЛАЗНИХ РЕЖИМА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Хидрауличне машине и енергетски системи

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ЗДРАВКО (ПАВИЋ) ГИЉЕН2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет у Подгорици,
Универзитет Црне Горе3. Година дипломирања: 2011.4. Назив магистарске тезе кандидата: Моделирање хидромеханичких прелазних режима ХЕ Пива
Машински факултет у Подгорици5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: Универзитет Црне Горе6. Година одбране магистарске тезе: 2011.7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2012.Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 01.09.2022
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.**ДЕКАН**
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАпроф. др Владимир Поповић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1062/4
Датум: 01.09.2022. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Здравка Гиљена**, маст. инж. маш., бр. 2239/1 од 06.12.2021. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Милош Недељковић, ред. проф., др Ђорђе Чантрак, ванр. проф. и др Ненад Јаћимовић, ванр. проф., Универзитет у Београду, Грађевински факултет, број 1062/3 од 24.08.2022. 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 64. Статута Машинског факултета - пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 01.09.2022. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ЗДРАВКО ГИЉЕН**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ УНИВЕРЗАЛНЕ ЧЕТВОРОКВАДРАТНЕ РАДНЕ КРИВЕ ХИДРАУЛИЧНИХ МАШИНА ЗАВИСАН ОД СПЕЦИФИЧНЕ БРЗИНЕ ОБРТАЊА И ПРИМЕЊЕН У ПРОРАЧУНИМА ПРЕЛАЗНИХ РЕЖИМА»**.

За ментора студенту **Здравку Гиљену**, именује се **др Милош Недељковић**.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

Предмет: Извештај Комисије за оцену подобности кандидата Здравка Гиљена, магист.инж.маш, научне заснованости теме докторске дисертације и именовању ментора, по одлуци Наставно-научног већа број 1062/2 од 14.7.2022. године.

На основу поднете пријаве за израду докторске дисертације кандидата Здравка Гиљена, магист.инж.маш, број 2239/1 од 6.12.2021. године, дате сагласности Колегијума наставника Катедре за хидрауличне машине и енергетске системе, и Одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 1062/2 од 14.7.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за подношење предметног Извештаја.

Увидом у документацију, коју је докторанд Здравко Гиљен, магист.инж.маш. приложио уз свој захтев за израду докторске дисертације, после разматрања, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1 Општи биографски подаци

Здравко (Павић) Гиљен, магист.инж.маш. рођен је 15. септембра 1974. године у Никшићу, Република Црна Гора. Након завршене основне школе уписао је Средњу машинску школу у Никшићу, коју је завршио као ученик генерације, са дипломским радом „Прорачун пресе за пробијање и сечење“.

На Машинском факултету у Подгорици Универзитета Црне Горе 2002.године завршио је **Основне студије** у трајању од пет година (10 семестара) на одсеку Примењена механика и дизајн. Дипломски рад под називом „Прорачун конструкције дизалице за транспорт јахти“ одбранио је проф.др Зорана Ђулафића са оценом 9 (девет). Двогодишње **мастер студије** уписао је 2009. године на Машинском факултету у Подгорици Универзитета Црне Горе на Одеку за енергетику и завршио их 2011. године са оценом 10 (десет). Магистарски рад под називом „Моделирање хидромеханичких прелазних режима ХЕ Пива“ одбранио је код проф.др Петра Вукославчевића, акад.ЦАНУ, са оценом 10 (десет).

Докторске академске студије уписао је октобра 2012. године на Машинском факултету Универзитета у Београду, на Катедри за хидрауличне машине и енергетске системе. Положио је све испите на докторским студијама, што је детаљно дато у потпоглављу 1.2 овог Извештаја.

Запослен у Електропривреди Црне Горе од 2004. до 2021. године. У периоду јул 2004 – март 2010. радио је на реконструкцији и модернизацији ХЕ Пива. где постоје три Франсис генератора снаге 3 по 117 MW. У 2009. години учествовао је и радио на комплексним испитивањима и мерењима која су вршена на комплетној машинској, хидромеханичкој и електромеханичкој опреми ХЕ Пива свих агрегата у трајању од 3 месеца. Такође је радио на пројектовању и ревизији следећих пројеката за ХЕ Пива: Inspection report - Rehabilitation of Hydro Power Plant Piva; Final report Piva HPP Turbine Site Testing Unit 1; Final test reports of the equipment Hydro Power Plant Piva Unit 1; Final test reports of the equipment Hydro Power Plant Piva Unit 2, Unit 3; Consultant's report on testing of mechanical, hydromechanical and electrical equipment Piva HPP; Final report on the preparatory phase Piva HPP; Final Study on Possible Operation of Machines Hydro Power Plant Piva; Final Study of Possible Capacity Increasing Hydro Power Plant Piva; Final Study on Remaining Life of Equipment Hydro Power Plant Piva; Preliminary Design and Feasibility Study, Rehabilitation and Modernization of HPP Piva; Procurement of Selected Equipment - Turbine Governor HPP Piva; Tender Documents for Electromechanical Equipment.

У периоду од марта 2010. до јуна 2014. године радио је на реконструкцији и модернизацији ХЕ Пива и ХЕ Перућица. У ХЕ Перућица уграђено је седам Пелтонових турбина, првих пет агрегата су 5к40MW, шести и седми агрегати су по 60MW. У 2010. години учествовао је и радио на комплексним мерењима и испитивањима система отворених доводних канала, комплетне механичке, хидромеханичке и електромеханичке опреме у трајању од два месеца. У априлу 2012. године учествовао је у мерењу степена ефикасности Пелтон турбинског агрегата А3 – ХЕ Перућица, мерења су обављена у складу са стандардом IEC 60041. Такође у јулу 2012. године учествовао је у мерењу степена ефикасности агрегата. Пелтон турбине А3 - ХЕ Перућица, мерења су извршена термодинамичком методом. У јулу 2014. године учествовао је у мерењу степена ефикасности Пелтон турбинског агрегата А5 – ХЕ Перућица, мерења су вршена термодинамичком методом. Такође је радио на пројектовању и ревизији следећих пројеката за ХЕ Перућица: Final Report on In-Situ Measuring Campaign (pressurized system - Units 1-7) at Hydro Power Plant Perucica; Final Report on In-Situ Measuring Campaign (open channel system) at Hydro Power Plant Perucica; Study on non-steady flow phenomena in the upstream system , Hydro

Power Plant Perucica; Study on the capacity of the tailrace system, Hydro Power Plant Perucica; Study on the phenomena observed during the operation, Hydro Power Plant Perucica; Studies on Removal and Disposal of Floating Debris Hydro Power Plant – Perućica; Appraisal of environmental and socio-economic impacts and risks Hydro Power Plant Perucica; Draft Final Report on the Study of Phase II Measures and Works Hydro Power Plant Perucica; Report efficiency test Pelton turbine performed according to standard IEC 60041 - Hydro Power Plant Perućica Unit 3; Report efficiency test Pelton turbine performed by thermodynamic method at Hydro Power Plant Perućica Unit 3 and Unit 5.

У периоду **јул 2004 - јун 2014. године** анализирао је комплетну документацију ХЕ Пива и ХЕ Перућица, која је настала током изградње и пуштања у рад хидроелектрана Пива и Перућица, као и комплетну документацију која је настала током рада хидроелектрана до данас. На основу свега наведеног, стекао је завидна знања и искуства из области хидроелектрана, прелазних процеса, кавитације, вибрација и других хидрауличких појава које се јављају у хидротурбинама, цевоводима, водостајима, одводним тунелима, деривационим каналима, која је приказао у магистарском раду где је моделирао хидромеханичке прелазне процесе на Франсис турбини ХЕ Пива.

У периоду **јун 2014. - април 2019. године** ради на новим пројектима: ХЕ Рисан (инсталисана снага 292 MW, 2 агрегата Франсис по 146 MW); ХЕ Комарница (инсталисана снага 96 MW, 2 агрегата Франсис по 48 MW); МХЕ Отиловићи (инсталисана снага 3 MW, 2 агрегата Франсис по 1,5 MW). Радио на пројектовању и ревизији следећих пројеката: Генерални пројекат Хидроелектране Рисан; Пројектни задатак за израду Студије изводљивости са идејним пројектом изградње хидроелектране Комарница; Консултације за тендерску документацију за МХЕ Отиловићи.

У периоду **април 2019 - август 2020**, ради у иностранству на монтажи нове опреме у ХЕ-Карума 612 MW – Уганда, Африка (шест Франсис агрегата по 102 MW). На овом пројекту ради у Консултантској кући – AF Consultant, Баден, Швајцарска, (уз Енергопројект–Београд, Србија), на позицији главног машинског инжењера за контролу и надзор уградње турбинске и генераторске опреме ХЕ–Карума. Ради на одговорним и сложеним пословима монтаже, испитивања и мерења на комплетној механичкој, хидромеханичкој и електромеханичкој опреми ХЕ-Карума (Франсисове турбине, генератори, улазни вентили, доводни цевоводи, предтурбински вентили, сифонски вентили, и друга опрема) агрегата А1, А2, А3, А4, А5, А6 – на 16 месеци.

У периоду **август 2019 - мај 2021 године** ради у иностранству на замени старе и уградњи нове опреме у ХЕ-Нурек 3000 MW – Таџикистан, Централна Азија (9 Франсис агрегата – 8 по 335 MW, 1 од 320 MW). На овом пројекту ради за консултантску компанију Stucki Consultant – Renens (Лозана), Швајцарска, на позицији главног машинског инжењера за контролу и надзор демонтаже старе електро-машинске опреме и уградње нове електро и машинске опреме. опрема турбина и генератора ХЕ–Нурек и сложени радови монтаже, испитивања и мерења на комплетној механичкој, хидромеханичкој и електромеханичкој опреми ХЕ-Нурек агрегата А1-А9 – на 10 месеци.

У периоду **мај 2021 - јун 2022 године** ради у иностранству на монтажи нове опреме у ХЕ-ГЕРД 5200 MW – Етиопија, Африка (тринаест Франсис агрегата по 400 MW). На овом пројекту ради у Консултантској кући – ELC-Electroconsult SpA, Милано, Италија, на позицији главног електро-машинског инжењера за контролу и надзор монтаже турбинске и генераторске опреме за ХЕ-ГЕРД. Ради на одговорним и сложеним пословима монтаже, испитивања и мерења на комплетној механичкој, хидромеханичкој и електромеханичкој опреми ХЕ–ГЕРД постројења (Франсисове турбине, генератори, улазни плочасти затварачи за брзо затварање имају улогу предтурбинских затварача, снабдевање цевоводе, сифонске плоче и другу опрему) агрегати А1-А13 – на 12 месеци.

Октобра 2012. године боравио је у званичној петодневној посети Институту за енергетске системе и термодинамику – Технички универзитет у Бечу на позив проф. др-инж. Кристијана Бауера, Катедра за струјне машине. Током посете Институту учествовао је у веома сложеним пумпно-турбинским испитивањима у лабораторији за хидрауличне турбине, где је стекао драгоцену знања и искуства из области хидрауличних турбина и прелазних процеса.

Током 2012. године имао је званичну посету фабрици хидрауличних турбина Voith Hydro у Сент Пелтену, Аустрија, три дана, на позив др-инж. Леополда Хенингера, главног извршног директора компаније Voith Hydro. Током посете упознао се са комплетним погоном фабрике у коме се производи опрема за хидрауличне турбине (турбинска и хидромеханичка опрема) и стекао значајно искуство и знање из области хидрауличних турбина и прелазних процеса.

Такође, **током 2011. године** био је у званичној посети Лабораторији за испитивање хидрауличних турбина АЛСТОМ – Гренобл Француска у трајању од 4 дана. Присуствовао је испитивањима модела Капланове турбине, где је стекао веома важно професионално искуство. Током ове посете имао је запажено учешће у анализи кавитације и доњег водостаја Франсисове турбине ХЕ Пива са Алстом инжењерима.

У Државној кључној лабораторији за науку о водним ресурсима и хидроенергетици – Универзитету Вухан, Кина – боравио је у званичној посети од **29.02.2016. до 29.03.2016.године** на позив проф. др. Yongguang Cheng-а директора, Секција за истраживање безбедности хидроенергетског система. Посета Државној кључној лабораторији је од непроцењиве важности за израду предметне докторске дисертације, пошто је представљала јединствену прилику за анализу резултата мерених током стационарног стања и прелазних процеса на два модела пумпних турбина инсталираних у овој лабораторији, као и процедуру трансформације података са четвороквадрантних карактеристичних кривих турбина пумпе на Сутерове криве. Посебно се истиче анализа коју је кандидат урадио на проблему динамичких карактеристика у S-регији током прелазног стања – побега пумпне турбине.

На основу стечених знања из области хидротурбина и транзиционих процеса, кроз рад на домаћим (реконструкција и модернизација ХЕ-Пива и ХЕ-Перућица) и иностраним пројектима (изградња нових хидроелектрана ХЕ-Карума, Уганда, Африка, ХЕ-ГЕРД Етиопија, Африка; реконструкције и модернизација ХЕ-Нурек Таџикистан, Централна Азија), и учешће у сложеним лабораторијским испитивањима хидротурбина, аутор је и коаутор одређеног броја радова, на домаћим и међународним конференцијама и симпозијумима, детаљније приказаним у поглављу 1.3 овог Извештаја.

Члан Инжењерске коморе Црне Горе, лиценца за израду пројеката машинских инсталација и дозвола за надзор у току извођења радова на машинским инсталацијама. Војни рок служио је у периоду од децембра 2001. до септембра 2002. године, као морнарички официр за везу Војске СЦГ. Ожењен и отац троје деце, два сина и једне ћерке. Поседује возачку дозволу Б категорије.

Познавање страних језика: Енглески језик – чита и говори.

Познавање рада на рачунару: Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), Matlab, Fortran.

Истраживачке области: Нестационарни и стационарни процеси у хидроелектранама, пумпним турбинама, турбинама, хидромеханичкој опреми, енергијске, кавитацијске и експлоатационе карактеристике хидроенергетских постројења

1.2 Активности на Докторским студијама

Кандидат Здравко Гиљен, магистар инж.маш. уписао је Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2011/2012. године. У циљу реализације Програма усавршавања, положио је следеће обавезне и изборне предмете: • сем.1, ЕСПБ 5 - *Виши курс математике* (проф. др Слободан Радојевић), обавезни, оцена 10, • сем.1, ЕСПБ 5 - *Нумеричке методе* (проф. др Миодраг Спалевић), обавезни, оцена 10, • сем.1, ЕПСБ 5 - *ОМНИРиК* (проф. др Милош Недељковић), обавезни, оцена 10, • сем.1, ЕПСБ 10 – *Истраживање и публикавање I* (проф. др Милош Недељковић), обав./изб., оцена 10, • сем.2, ЕСПБ 5 - *Одабрана поглавља из механике флуида* (проф. др Светислав Чантрак, обавезни, оцена 9, • сем.2, ЕСПБ 5 - *Феномени струјања у турбомашинама – пројектовање решетки и лопатица радних кола* (проф.др Милош Недељковић), изборни, оцена 9, • сем.2, ЕСПБ 5 - *Струјно-техничка мерења* (в.проф. Дејан Илић), изборни, оцена 10, • сем.2, ЕПСБ 15 – *Истраживање и публикавање II* (проф. др Милош Недељковић), обав./изб., оцена 10, • сем.3, ЕПСБ 5 – *Нумеричка механика вишефазних струјања* (проф.др Владимир Стевановић), изборни, оцена 10, • сем.3, ЕСПБ 5 - *Моделска и прототипска испитивања хидрауличних машина* (проф. др Мирослав Бенишек), • сем.3, ЕСПБ 5 - *Феномени струјања у турбомашинама – нумеричка механика флуида* (проф.др Милош Недељковић), изборни, оцена 9, • сем.3, ЕПСБ 20 – *Истраживање и публикавање III* (проф. др Милош Недељковић), обав./изб., оцена 10, • сем.4, ЕПСБ 8 – *Истраживање и публикавање IV* (проф. др Милош Недељковић), обав./изб., оцена 10, • сем.4, ЕПСБ 22 – *Пројекат идеје докторске дисертације* (проф. др Милош Недељковић, проф. др Мирослав Бенишек, проф.др Александар Гајић и други чланови Катедре), обав./изб., оцена 10.

Кандидат Здравко Гиљен је на Докторским студијама положио 4 (четири) обавезна и 5 (пет) изборних предмета (сваки вреди по 5 ЕСПБ) чиме је остварио укупно 45 ЕСПБ, кроз Истраживања и публикавања I-IV остварио је још 53 ЕСПБ, а такође је успешно написао Пројекат идеје докторске дисертације, и одбранио га пред Комисијом Катедре и тиме стекао још 22 ЕСПБ. Дакле, у складу са Правилником о Докторским студијама Машинског факултета у Београду, кандидат је остварио укупно 120 ЕСПБ, чиме је испунио основни услов да пријави докторску дисертацију.

1.3 Списак објављених научних и стручних радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми

Као резултат истраживања кандидат је објавио 15 радова у часописима и на скуповима међународног и националног значаја, овде приказаних обрнуто хронолошки:

- Giljen Z, Nedeljkovic M, Cheng YG (2021). Influences of the pump-turbine specific speed on hydraulic transient processes. *Journal Archives of Civil and Mechanical Engineering*. (UNDER REVIEW).
- Giljen Z, Nedeljkovic M (2018). Radial hydraulic machinery four-quadrant performance curves dependent on specific speed and applied in transient calculations. *Proc. 29th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*, Kyoto, Japan. PaperN^o224, pp.1-10.
- Giljen Z, Nedeljkovic M, Cheng YG (2018). Analysis of four-quadrant performance curves for hydraulic machinery transient regimes. *Proc. 17th International Conference on Fluid Flow Technologies*, Budapest, Hungary. PaperN^o98, pp.1-8.
- Giljen Z, Nedeljkovic M, Heninger L, Bauer C (2018). Complex testing on the installation of the radial pump-turbine model determination of four-quadrant characteristics. *Proc. International Conference Energy and Ecology Industry*, Belgrade, Serbia. ISBN978-86-7466-751-4. PaperN^o1.3, pp.1-8.
- Giljen Z (2017). Pressure oscillations in Piva Hydro Power Plant draft tube –case studies. *Proc. 29th Symposium Fluid Machinery ASME-2017 Fluids Engineering Division Summer Meeting*. Waikoloa, Hawaii, U.S.A. PaperN^o FEDSM2017-69218, pp.1-8.
- Giljen Z (2017). Cavitation of Francis Turbine HPP Piva and applied methods for reducing negative impact. Book of abstracts. *AFM/SHF Conference on Hydraulic Machines and Cavitation, November 8 -9th ENSAM Paris, France*.
- Giljen Z, Nedeljkovic M, Cheng GY (2016). Pump-turbine characteristics for analysis of unsteady flows. Book of abstracts. *28th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*, Grenoble, France. AbstractN^o195, pp.51.
- Giljen Z (2015). Analiza oscilacija pritiska u sifonu francis turbine HE-Piva uslijed prelaznih procesa, *Zbornik radova IV Savjetovanje CIGRE*, Igalo, Crna Gora. pp. 42, <http://cigre.me/page.php?id=189>
- Giljen Z (2014). Numerical and field tests of hydraulic transients at Piva powerplant. *Proc. 27th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*, Montreal, Canada. PaperN^o2.3.5, pp.1-9. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 22(2013) 042010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/22/4/042010>
- Starinac, D. Žugić, D. Vojt, P. Dimitrijević, M. Giljen, Z. Gajić, A. (2014). On-site measurements in pressurized system of high head hydropower plant, *27th IAHR SYMPOSIUM Hydraulic Machinery and Systems*, Montreal, Canada. pp. 76, Print ISSN: 1755-1307, <http://iopscience.iop.org/1755-1315/22/>
- Giljen, Z. Karadžić, U. (2013). Analiza hidromehaničkih prelaznih režima na HE-Piva za slučaj brzog zaustavljanja francisovog agregata, *Zbornik radova III Savjetovanje CIGRE*, Pržno, Crna Gora. pp. 33, <http://cigre.me/page.php?id=121>
- Giljen, Z. Karadžić, U. (2011). Analiza hidromehaničkih prelaznih režima na HE-Piva, *Zbornik radova II Savjetovanje CIGRE*, Pržno, Crna Gora. pp. 28, <http://cigre.me/page.php?id=120>
- Pješčić, S. Giljen, Z. (2010). Kavitacija turbina i metode za smanjenje njenog negativnog uticaja, *Zbornik radova konferencije održavanja "KOD - 2010"*, Ulcinj, Crna Gora. pp. 425 – 430.
- Pješčić, S. Giljen, Z. (2009). Rekonstrukcija i modernizacija HE-Piva u funkciji energetske efikasnosti, *Zbornik radova konferencije održavanja "KOD - 2009"*, Bar, Crna Gora. pp. 309 - 314.

1.4. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Здравко Гиљен, магистар инжењерских наука, својим досадашњим истраживачким активностима показао је посебну заинтересованост, квалитет и изражену способност за научноистраживачки рад. Публиковани научни и стручни радови указују на смисао и жељу кандидата да се бави комплексним научним истраживањима. Досадашња истраживања и објављени радови кандидата у потпуности припадају ужој научној области из које пријављује докторску дисертацију. Биографски подаци, објављени научни радови, аналитичка и експериментална истраживања која је спроводио, као и други набројани резултати, према мишљењу Комисије, **у потпуности квалификују Здравка Гиљена за самосталан, успешан и ефикасан теоријски и експериментални научноистраживачки рад на предложеној докторској дисертацији.**

2. ПРЕДМЕТ, НАУЧНА ОБЛАСТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања дисертације представља анализа прелазних (нестационарних) режима у хидроенергетским постројењима, посебно у хидроелектранама са уграђеним пумпним-турбинама. Имајући у виду изражен утицај четвороквадрантних радних кривих турбомашина на ове режиме, посебно се анализира утицај облика радних кривих пумпних-турбина на прелазни процес, као и утицај специфичне брзине обртања на облик радних кривих.

Научни циљ дисертације је развој методологије за креирање универзалних (општих, генералисаних) једначина (аналитичких израза) за радне криве пумпних-турбина које обухватају утицај специфичне брзине обртања. Потребно је развити методологију анализе већег броја експерименталних података, систематизовати резултате

и урадити синтезу у генералну законитост. Коначни циљ и очекивани допринос је нова метода (добijена применом других научних метода) којом се дефинише универзална законитост (једначина, аналитички израз) четвороквадрантних радних кривих у односу на параметар специфичне брзине, која би се даље генерално користила за прорачуне у стручној примени на реална постројења. Такође, потребно је и практично применити новодобијени модел и упоредити резултате са експерименталним.

2.1 Постојеће стање науке и истраживања у предметној области са прегледом литературе

Научна област дисертације је област хидрауличних машина и енергетских система (примењена механика флуида), одн. понашање хидрауличних машина и система у прелазним процесима. Предмет истраживања су четвороквадрантне радне криве турбомашина, које су потребне код свих прорачуна прелазних режима у турбомашинским системима. У литератури се по правилу користе следеће криве:

- Stepanoff, A. J. (1959). *Radial und Axialpumpen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH;
- Donsky, B. (1961). *Complete pump characteristics and the effects of specific speeds on hydraulic transients*. J Basic Eng, Trans ASME, pp.685-699;
- Chaudhry, M. H. (1979) *Applied hydraulic transients*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, USA;
- Wylie, E. B. & Streeter, V. L. (1993). *Fluid transients in systems*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, USA;

где су те радне карактеристике дате само за три специфичне брзине $nq=25(35)$, $nq=147$, $nq=261$ (за једну радијалну, једну полуаксијалну и једну аксијалну турбомашину). Пројектанти система користе криве најближе анализираној машини, чак и без интерполације. Познато је да се многе апроксимације користе у прорачунима прелазних процеса, па је скоро свака од њих у међувремену у литератури проучавана (нестационарно трење, брзина звука, интеракције флуид-структура,...). Оно што је до сада недовољно истражено и објављено у литератури је утицај (и квалитативни и квантитативни) варијације специфичне брзине.

У дисертацији ће на једном месту, користећи се подацима из расположиве литературе, као и новим који ће бити први пут објављени, бити представљен скуп Сутерових кривих добијених из скупа четвороквадрантних карактеристика за 16 пумпних-турбина са следећим вредностима nq (специфичне брзине обртања): $nq=17,53$ —China; $nq=20,73$ —China; $nq=24,8$ —USA; $nq=26,24$ —China; $nq=27$ —Serbia; $nq=28,6$ —USA; $nq=30,95$ —China; $nq=35,89$ —China; $nq=38$ —China; $nq=41,6$ —Austria; $nq=42,19$ —China; $nq=43,83$ —Russia; $nq=44,93$ —China; $nq=50$ —China; $nq=56$ —China; $nq=68,49$ —Russia); као и сет Сутерових кривих (добијен од сета четвороквадрантних карактеристика) за 21 пумпу са следећим nq : $nq=15,7$; $nq=20,5$; $nq=22,1$; $nq=25$; $nq=25,5$; $nq=28,8$; $nq=30,3$; $nq=37,4$; $nq=41,8$; $nq=64$; $nq=71,9$; $nq=76,1$; $nq=85,1$; $nq=97$; $nq=101$; $nq=123$; $nq=131$; $nq=134$; $nq=147$; $nq=170$; $nq=261$, преузетих из радова Brown RJ, Rogers DC 1980, Thorley RD, Chaudry A 1996, Kittredge CP 1956, и Donsky B 1961.

Затим ће бити детаљно приказан начин и формуле за прерачунавање четвороквадрантних карактеристика Q_{11} , p_{11} , M_{11} у Сутерове криве, уз преглед начина из литературе Chaudhry MH (1979); Wylie EB & Streeter VL (1993); Thorley RD & Chaudry A (1996). Дефинисаће се оптимална тачка за пумпни и турбински радни режим код модела пумпних-турбина за различите nq . Анализираће се оригинална Сутерова метода за прерачунавање четвороквадрантних карактеристика Q_{11} , p_{11} , M_{11} у Сутерове криве, примењена у Thorley RD & Chaudry A (1996). *Pump characteristics for transient flow analysis, Department of Mechanical Engineering & Aeronautics City University, London EC1V0NB*. У дисертацији ће по први пут бити приказане Сутерове криве за пумпе са више различитих специфичних брзина обртања. Такође, дисертација треба да прикаже и анализира оригинал Сутерову методу примењену на турбине, приказану у Zheng XB, Guo PC, Tong HZ, Luo XQ (2012). Improved Suter-transformation for complete characteristic curves of pump-turbine; Institute of Water Resources and Hydro-Electric Engineering, Xi'an University of Technology, China, 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, IOP Publishing, Beijing China.

Неки од даљих литературних извора на које се ослања ова докторска дисертација још су и: Brown RJ, Rogers DC. Development of Pump Characteristics from Field Tests. *J Mech Des* 1980; 102(4): pp.807-817. DOI: [10.1115/1.3254826](https://doi.org/10.1115/1.3254826). Thorley RD. *Fluid Transients in Pipeline Systems*. 2nd ed. ISBN: 978-1-860-58405-3, March 2004, p.302. Li Z, Bi H, Karney B, et al. Three-dimensional transient simulation of a prototype pump-turbine during normal turbine shutdown. *J Hydraulic Res* 2017; 55(4): pp.520-537. DOI: [10.1080/00221686.2016.1276105](https://doi.org/10.1080/00221686.2016.1276105). Chaudhry MH. *Applied hydraulic transients*. New York: Springer-Heidelberg Dordrecht (London), 2014.

Дакле, дисертација би требало да прикаже први пут обједињено велики број Сутерових четвороквадрантних кривих за пумпне-турбине, пумпе и турбине, свих са различитом специфичном брзином обртања, и да затим прикаже методологију анализе свих кривих, у циљу добијања опште законитости изгледа (облика) кривих за различите nq . У ту сврху биће потребно применити методе статистичке анализе, интерполације и регресије, и друге потребне математичке анализе.

Примарни циљ дисертације је да се добије Универзална Сутерова крива за пумпне-турбине заснована на шеснаест скупова Сутерових кривих за горе поменуте пумпне-турбине, као и Универзална Сутерова крива за пумпе заснована на двадесет и једном сету Сутерових крива за горе поменуте пумпе.

Други циљ дисертације је теоријско истраживање и анализа различитих нумеричких модела за прорачун прелазних појава у хидротурбинама. Подаци из скупа Сутерових кривуља за пумпе-турбине и пумпе биће коришћени као улазни подаци за прорачун прелазних процеса у постројењима у којима су уграђене пумпе-турбине и пумпе. За прорачун прелазних процеса користиће се програм др Душана Обрадовића, програм од - Wylie EB & Streeter VL (1993), програм од Chaudhry MH (1979), као и комерцијални AFT Impulse програм. Писањем дисертације стећи ћу виша стручна знања из области прелазних процеса и допринећу развоју математичких модела за прорачун прелазних процеса са већим фокусом на саму турбомашину, и њене комплетне четвороквадрантне карактеристике.

Важна су и претходна експериментална истраживања која је кандидат спровео и то: Експериментално одређивање четвороквадрантних карактеристика у лабораторијама са инсталацијама пумпних-турбина у Бечу – Аустрија, и у Вухану, Кина у Кључној националној лабораторији за водне ресурсе и хидроенергетику Народне Републике Кине. У наведеним лабораторијама налазе се инсталације модела пумпних-турбина, у лабораторији у Бечу налази се инсталација једне пумпне турбине $pq=41,6$ док у лабораторији у Вухану налазе се инсталације две пумпне турбине са истим $pq=38$ код којих су различити геометријски профили лопатица радних кола и улазне ивице. Детаљан приказ ових истраживања дат је у Пријави кандидата.

3. ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ

На основу прегледа литературе и стања у истраживачкој области, рад у дисертацији ће се заснивати на следећим основаним хипотезама:

- Експерименталне четвороквадрантне криве верно описују радне режиме пумпних-турбина и представљају сигуран основ за анализу усмерену на зависност од специфичне брзине обртања pq . Ради усмерења анализе првенствено на овај утицај, други мање утицајни параметри се неће узимати у обзир.
- Статистичка обрада резултата апроксимације експерименталних кривих ради добијања универзалне математичке зависности урадиће се са довољном тачношћу, тако да не буде постојало веће одступање у резултатима прорачуна прелазних режима.
- Универзални математички модел четвороквадрантних радних кривих треба да буде довољно једноставан за будућу примену у пракси, пошто се очекује његово лако програмирање и коришћење уместо датотека за поједине пумпе и интерполацију података.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Имајући у виду сложеност прикупљања бројних података, њихове анализе и обраде, као и математичког моделирања, у овој докторској дисертацији планира се коришћење следећих метода:

1. Организовање података и њихова анализа, прерачунавање и цртање различитих дијаграма ради поређења и припреме за анализу – **рачунарске методе**. Притом део података је из сопствених мерења, што значи да би се користиле и – **експерименталне методе**, као и методе **статистичке обраде** тих података;
2. Рачунарска и аналитичка обрада података и дијаграма, како уопште, тако и по појединим параметрима – **статистичка и математичка анализа**;
3. Формирање алгоритма за генерализацију једначина којима би се вршило моделирање – **рачунарске методе и математичка анализа**;
4. Примена методе и добијање универзалне законитости - методе за програмску имплементацију алгоритма – **рачунарске методе**.
5. Примена универзалне законитости – њено тестирање на примерима из праксе – **рачунарске методе**.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

На основу свега приказаног у поглављима 2, 3 и 4, очекивани научни допринос, као резултат истраживања у оквиру ове дисертације, требало би да буде:

- **дефинисање методологије** за креирање универзалних (општих, генералисаних) једначина за радне криве пумпних-турбина које обухватају утицај специфичне брзине обртања;
- **дефинисање универзалне законитости** као новог математичког модела четвороквадрантних радних кривих пумпних-турбина.

Стручни допринос би се огледао у примени изведеног модела на случајеве из праксе – тестирање валидности модела и анализа одступања.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања, у оквиру предметне докторске дисертације, реализује се кроз следеће фазе:

1. Анализа стања у истраживачкој области;
2. Преглед и критичка анализа литературних извора и претходних истраживања релевантних за различите приступе;
3. Прикупљање и формирање велике базе четвороквадрантних кривих, укључујући и сопствена мерења;
4. Развој методе засноване на синтези обрађених аналитичких и експерименталних података;
5. Тестирање и практична експериментална верификација новоразвијене методе и модела;
6. Дискусија о будућим правцима развоја.

Оквирна структура предложене докторске дисертације обухвата следеће целине:

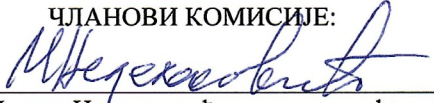
1. Увод
2. Предмет истраживања – опис проблема
3. Стање науке и преглед досадашњих истраживања
4. Дефинисање задатка и циља дисертације
5. Експериментална истраживања
 - Инсталација, мерни уређаји
 - Параметри који се варирају
 - Измерени резултати
6. Аналитичка и рачунарска истраживања
 - Методе за анализу и прорачун података
 - Елементи програмске обраде
 - Резултати
 - Развој методе за синтезу резултата и добијање генералне законистости
 - Генералисане четвороквадрантне криве пумпних-турбина
7. Тестирање генералисаних кривих на реалним примерима из праксе
8. Закључци и дискусија
9. Литература
10. Прилози

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

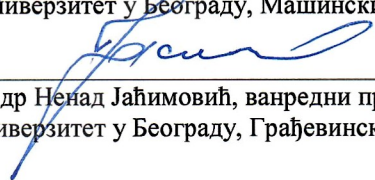
На основу анализе пријаве докторске дисертације кандидата Здравка Гиљена, магист.инж.маш. број 2239/1 од 6.12.2021. године, а сходно сагласности Колегијума наставника Катедре за хидрауличне машине и енергетске системе, и Одлуци Наставно-научног већа број 1062/2 од 14.7.2022. године, Комисија за подношење овог Извештаја закључује да тема докторске дисертације: **Математички модел универзалне четвороквадрантне радне криве хидрауличних машина зависан од специфичне брзине обртања и примењен у прорачунима прелазних режима**, јесте научно утемељена тема адекватна за израду докторске дисертације у научној области: **машинско инжењерство** (хидрауличне машине и енергетски системи), као и да кандидат Здравко Гиљен испуњава све законске и суштинске услове који га квалификују за рад на предметној докторској дисертацији. За ментора се предлаже проф. др Милош Недељковић, досадашњи потенцијални ментор.

Београд, 24.8.2022. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:


др Милош Недељковић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет


др Ђорђе Чантрак, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет


др Ненад Јаћимовић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

Универзитет у Београду
Машински факултет

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: **Милош Недељковић**

Звање: **редовни професор**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI)
листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1	Hutli Ezddin Ali Farag ,Petrovic Petar B, Nedeljkovic Milos SR, Legrady David (2021) Automatic Edge Detection Applied to Cavitating Flow Analysis: Cavitation Cloud Dynamics and Properties Measured through Detected Image Regions, FLOW TURBULENCE AND COMBUSTION, vol. , br. , str. - (Article; Early Access)	M22
2	Hutli Ezddin, Nedeljkovic Milos SR, Czifrus Szabolcs (2020) Study and Analysis of the Cavitating and Non-Cavitating Jets Part Two Parameters Controlling the Jet Action and a New Formula for Cavitation Number Calculation, THERMAL SCIENCE, vol. 24, br. 1, str. 407-419 (Article)	M23
3	Hutli Ezddin, Nedeljkovic Milos SR, Czifrus Szabolcs (2020) Study and Analysis of the Cavitating and Non-Cavitating Jets Part One Parameters Controlling Force, Power, and the Jet Behavior, THERMAL SCIENCE, vol. 24, br. 1, str. 393-406 (Article)	M23
4	Hutli Ezddin Ali Farag, Fekete Tamas, Nedeljkovic Milos SR (2019) Surface characteristics and cavitation damage progress in ductile materials, ENGINEERING FAILURE ANALYSIS, vol. 106, br. , str. - (Article)	M21
5	Hutli Ezddin Ali Farag, Nedeljkovic Milos SR, Bonyar Attila (2019) Dynamic behaviour of cavitation clouds: visualization and statistical analysis, JOURNAL OF THE BRAZILIAN SOCIETY OF MECHANICAL SCIENCES AND ENGINEERING, vol. 41, br. 7, str. - (Article)	M22
6	Hutli Ezddin Ali Farag, Nedeljkovic Milos SR, Bonyar Attila (2018) Controlled modification of the surface morphology and roughness of stainless steel 316 by a high speed submerged cavitating water jet, APPLIED SURFACE SCIENCE, vol. 458, br. , str. 293-304 (Article)	M21a
7	Hutli Ezddin Ali Farag, Nedeljkovic Milos SR, Bonyar Attila (2018) Cavitating flow characteristics, cavity potential and kinetic energy, void fraction and geometrical parameters - Analytical and theoretical study validated by experimental investigations, INTERNATIONAL JOURNAL OF HEAT AND MASS TRANSFER, vol. 117, br. , str. 873-886 (Article)	M21a
8	Hutli Ezddin Ali Farag, Nedeljkovic Milos SR, Bonyar Attila, Legrady David (2017) Experimental study on the influence of geometrical parameters on the cavitation erosion characteristics of high speed submerged jets, EXPERIMENTAL THERMAL AND FLUID SCIENCE, vol. 80, br. , str. 281-292 (Article)	M21
9	Hutli Ezddin Ali Farag, Nedeljkovic Milos SR, Bonyar Attila, Radovic Nenad A, Llic Vojislav, Debeljkovic Aleksandra D (2016) The ability of using the cavitation phenomenon as a tool to modify the surface characteristics in micro- and in nano-level, TRIBOLOGY INTERNATIONAL, vol. 101, br. , str. 88-97 (Article)	M21
10	Hutli Ezddin Ali Farag, Nedeljkovic Milos SR, Radovic Nenad A, Bonyar Attila (2016) The relation between the high speed submerged cavitating jet behaviour and the cavitation erosion process, INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIPHASE FLOW, vol. 83, br. , str. 27-38 (Article)	M21

Декан Факултета

Београд, 24.8.2022.год.

проф. др Владимир Поповић