

**ФАКУЛТЕТ ЗА МАШИНСТВО И ГРАЂЕВИНАРСТВО  
У КРАЉЕВУ**

Универзитета у Крагујевцу

Универзитет у Крагујевцу  
Број: 862  
Датум: 27. 07. 18  
Краљева, Даскегезил 19.

**1. НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ЗА МАШИНСТВО И ГРАЂЕВИНАРСТВО  
У КРАЉЕВУ И ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У  
КРАГУЈЕВЦУ**

**Предмет:** Извештај комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата Милоша Николића, маг. инж. маш.

Одлуком већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број **IV-04-573/11** од **11.07.2018.** године, именовани смо за чланове комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата **Милоша Николића** мастер инжењера машинства, као и оцену теме докторске дисертације под насловом:

**ПОВЕЋАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА**

која припада научној области машинско инжењерство и ужој научној области обновљиви извори енергије. На основу увида у приложену документацију, Комисија подноси Наставно научно већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу следећи:

**ИЗВЕШТАЈ**

**2. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада**

Увођење субвенционисаних цена електричне енергије из обновљивих извора енергије у Републици Србији резултирало је изградњом већег броја малих хидроелектрана (МХЕ). На појединим електранама изграђеним по увођењу субвенционисаних цена уочени су функционални проблеми и потенцијали за још бољим искоришћењем енергије водотокова. Главни узроци за појаву поменутих проблема су:

- ▶ занемаривање облика промене средње криве трајања протока,
- ▶ неоптимизовање броја, типа, димензија и енергетских параметара турбина,
- ▶ изостављање могућности спрегнутог рада на водотоковима МХЕ-на у низу,

- ▶ невођење рачуна о екстремним климатским појавама попут све сушнијих лета попут оних из 2012., 2013. и 2017. године<sup>1</sup> и краткотрајних бујица са екстремним протоцима попут оних из априла 2014. и јуна 2018. године.

Предмет дисертације су, генерално, два проблема које на постојеће две МХЕ узрокују претходно наведене појаве. Проблеми који се решавају су конкретни и специфични а закључци који треба да се добију њиховим решавањем, из садашње перспективе, би имали општи карактер. Први проблем који се решава јесте неефикасан рад МХЕ-на на малим протоцима а други је неадекватан рад таложника услед неравномерног брзинског поља унутар њега. Решавању наведених проблема, кандидат приступа применом: експерименталног испитивања, метода нелинеарне оптимизације и нумеричке симулације.

Крајњи исход дисертације требао би са техничког и економског аспекта да побољша ефикасност постојећих МХЕ, тј. да:

- ▶ предложи техничко решење за побољшање енергетске ефикасности МХЕ при малим протоцима,
- ▶ да економски најприхватљивије техничко решење за реконструкцију постојећег трокоморног таложника МХЕ.

Са научног аспекта крајњи исход дисертације би требало да:

- ▶ анализира могућност спрезања постојећих каскадних МХЕ у јединствен систем ради повећања укупне производње,
- ▶ са теоријског аспекта размотри и анализира струјне феномене у циљу побољшања ефикасности таложника, са посебним освртом на могућности унапређења његове конструкције.

#### Веза са досадашњим истраживањима

Две су полазне основе дисертације. Прва јесу специфични проблеми који су се јавили у функционисању постојећих МХЕ. Друга основа јесте теоријска и налази се у научним радовима које кандидат наводи у својој пријави. Кандидат жели да повеже и надгради резултате које су истраживачи остварили у решавању оптимизационих проблема код МХЕ и нумеричких симулација примењених у области којом се кандидат бави.

### **3. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке**

#### Предмет рада

Увођење субвенционисаних цена електричне енергије из обновљивих извора енергије у Републици Србији 2009. године трасирало је пут за већа улагања и изградњу малих хидроелектрана (МХЕ). До јуна 2017. године изграђено је 76 електрана са инсталираним капацитетом 49.892 MW. Електране се пројектују на конвенционалан начин. При њиховом пројектовању врло важни функционални параметри се не узимају у обзир:

- ▶ занемарује се облик промене средње криве трајања протока,
- ▶ не оптимизује се број, тип и димензија турбина већ се инсталирани капацитети најчешће узимају на основу постојећег катастра МХЕ,

---

<sup>1</sup> <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/l2017.pdf>

- ▶ на водотоковима са више МХЕ (каскадне електране са малим растојањем од узводног машинског постројења до низводног водозахвата) ретко је узимана у обзир могућност њиховог спрегнутог рада,
- ▶ не посвећује се пажња све израженијим екстремним климатским појавама попут све сушнијих лета (попут оних из 2012., 2013. и 2017. године<sup>2</sup>) и краткотрајних бујица са екстремним протоцима (попут оних из априла 2014. и јуна 2018. године).

Предмет дисертације су проблеми које узрокују на постојећим МХЕ претходно наведене појаве, које се не узимају у обзир приликом њиховог пројектовања. Циљ је да се ублажи њихов штетан ефекат и побољшају поузданост и производња МХЕ.

Многи водотокови су покривени са више МХЕ (на многим рекама постоји већи број узастопних (каскадних) МХЕ) и све оне имају проблем производње при малим протоцима. У дисертацији се анализира могућност оптималне реконструкције оваквих МХЕ и њиховог спрезања у јединствен производни систем ради побољшања укупне производње без нарушавања дефинисаних еколошких стандарда.

Количина и састав седимената и брзина промене протока у рекама су најбитнији параметри за димензионисање таложника и мењају се са променом локације МХЕ. Од ефикасности издвајања седимената директно зависе производња и животни век уграђене машинске опреме. Предмет дисертације је постојећи трокоморни таложник адекватно и по стандардима испројектован и изведен али са неадекватним функционисањем. Конструкциона надградња овог таложника представља другу целину која се обрађује у дисертацији.

#### Научни циљ рада

Да ли спрезање две постојеће каскадне МХЕ у јединствен систем може да унапреди њихову укупну производњу при малим протоцима (током летњих суша) и како на оптимални начин спрегнути две МХЕ? Одговор на ова питање представља циљ првог дела дисертације. У овом делу потребно је дати и оптимално техничко решење којим ће се поменуто спрезање извести.

Како унапредити ефикасност постојећег трокоморног таложника на изведеној МХЕ? Одговор на ово питање треба да понуди други сегмент дисертације у коме кандидат треба да експериментално сними постојеће стање, применом нумеричких симулација предложи техничко решење за конструктивну надоградњу таложника, изврши реконструкцију таложника и експериментално верификује резултате модела на реконструисаном постројењу.

#### Хипотезе од којих се полази

Пројектоване МХЕ имају у периодима летњих суша проблеме са производњом због ниских степена корисности свих турбина при протоцима који су доста нижи од инсталираних. Претпоставка је да се за две узастопне МХЕ може понудити исплативо техничко решење које ће побољшати укупну производњу обе МХЕ при малим протоцима. Циљ је да се при овим условима електране спрегну у јединствен систем.

Уочено је да многи по литератури испројектовани таложници неадекватно издвајају честице из захваћене воде и угрожавају функционалност уграђене машинске опреме.

<sup>2</sup> <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/l2017.pdf>

Претпоставља се да је релативно малим конструкционим изменама могуће унапредити функционалност таложника. Ове измене треба да омогуће адекватан распоред протока по коморама вишекоморних таложника. Циљ је да се адекватна функционалност оствари на најекономичнији начин.

### Методe истраживања

Експериментална, методе оптимизације и нумеричке симулације ће се користити у дисертацији.

Први циљ дисертације би се реализовао применом техноекономске оптимизације на две узастопне МХЕ. Планирано је да се до оптималног решења дође следећим активностима:

- ▶ разматрањем могућности и техничке изводљивости спрезање две постојеће МХЕ у каскадни систем,
- ▶ предлагањем варијантних решења за уградњу додатне(их) турбине(а) за период малих вода (просечно око четири месеца у току године на основу криве трајања протока),
- ▶ дефинисањем техничких и економских параметара предложених варијантних решења,
- ▶ формирањем функције циља на основу дефинисаних техноекономских параметара,
- ▶ дефинисањем ограничења која утичу на функцију циља,
- ▶ решавањем постављеног оптимизационог проблема применом оптимизације нелинеарних непрекидних функција са ограничењима, и
- ▶ анализом и провером добијених решења.

За адекватну реконструкцију трокоморног таложника поступак добијања техничког решења захтевао би хронолошки:

- ▶ експериментално одређивање протока по коморама таложника мерењем при различитим укупним протоцима воде кроз таложник коришћењем хидрометријског крила на основу мерног стандарда SRPS EN ISO 748,
- ▶ у другој фази би се нумерички симулирао проток воде кроз анализирани таложник помоћу алата за симулацију динамике флуида<sup>3</sup>,
- ▶ у трећој фази би се на основу извршених мерења верификовао и калибрисао модел израђен у другој фази,
- ▶ у четвртој фази би се понудила техничка решења за унапређење функционисања таложника и симулирала верификованим моделом,
- ▶ у петој фази би се извело техничко решење, и
- ▶ у последњој фази би се експериментално испитала функционалност изведеног решења.

### Оквирни садржај докторске дисертације

Докторски рад биће изложен у шест поглавља са следећим оквирним садржајем:

1. Потенцијали за коришћење МХЕ
2. Типови МХЕ
3. Повећање производње две каскадне МХЕ при малим протоцима

---

<sup>3</sup> Симулација динамике флуида је у литератури на енглеском језику позната као Computational Fluid Dynamics CFD.

- 3.1. Примена каскадних МХЕ - теоријских разматрања и преглед досадашњих истраживања
- 3.2. Потенцијална техничка решења – избор типа и димензија турбина
- 3.3. Техноекономска анализа варијантних решења
- 3.4. Избор оптималног решења
4. Унапређење функције постојећег таложника
  - 4.1. Типови и карактеристике таложника - преглед конструкција и досадашњих истраживања
  - 4.2. Експериментална испитивања
  - 4.3. Нумеричка симулација струјања – израда модела
  - 4.4. Експериментална верификација модела
  - 4.5. Предлог техничких решења за унапређење рада таложника
  - 4.6. Избор, израда и експериментална верификација изведеног решења
5. Закључак и правци даљих истраживања
6. Литература

**4. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригинални начин анализирања проблема**

Оригиналност теме докторске дисертације и оригиналност идеје која се у њој разрађује базиране су на следећим чињеницама:

- ▶ Проблеми који се решавају су специфични. У дисертацији се полази од посебног и иде ка општем. Полази се од специфичних проблема на конкретним МХЕ-ма а методи који се користе у решавању ових проблема као и предложена решења треба да резултирају општим и применљивим закључцима.
- ▶ У дисертацији се предлаже оригинално решење за побољшање енергетске ефикасности две МХЕ при малим протоцима. У постојећој литератури не постоје довољно детаљно разматрани примери каскадног спајања две МХЕ у јединствен систем ради решавања проблема смањене производње при малим протоцима.

**5. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације**

Научне методе које кандидат треба да примени у дисертацији су: анализа, хипотеза, евалуација и експериментална потврда. Предмет истраживања, основни појмови, обрада експерименталних и рачунских података заснива се на поштовању основних научних принципа области науке којој дисертација припада: Закона одржања масе, Закона одржања количине кретања и Закона одржања енергије. Сви оптимизациони модели који се развијају, сва мерења и експериментална испитивања и све нумеричке симулације које у дисертацији треба да се обаве заснивају се на поштовању напред наведених научних принципа. Ови принципи представљају темељ свега што треба да се реализује у дисертацији. Литература, коју је кандидат доставио у пријави дисертације улива сигурност са аспекта поштовања научних принципа јер је прошла детаљну контролу. Чланови комисије гаје наду да ће кандидат у изради дисертације поштовати набројане принципе као и да ће користити проверене и релевантне изворе података у свом раду.

## 6. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

Милош В. Николић, рођен је 13.05.1990. године у Краљеву. Основну школу завршио је у ОШ „Чибуковачки партизани“ у Краљеву. У средњој Машинско техничкој школи „14. Октобар“ у Краљеву матурирао је на смеру: Машински техничар за компјутерско конструисање.

Основне академске студије на Машинском факултету (сада Факултет за машинство и грађевинарство) у Краљеву уписао је школске 2009/10. године, завршио их у предвиђеном року, и одбранио завршни рад 26.09.2012. године. Током основних студија остварио је просечну оцену 9.77 (девет и 77/100).

Мастер академске студије на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву уписао је школске 2012/13. године, завршио их у предвиђеном року, и одбранио мастер рад 08.09.2014. године, на изборном модулу М2: Енергетско машинство и аутоматско управљање. Током мастер студија остварио је просечну оцену 9.88 (девет и 88/100).

Добитник је више награда за остварени успех током студија. Такође, остварио је резултате на такмичењу у знању „Машинијада“ из предмета, Механика, освојивши прво место у два наврата, и Математика 2, освојивши једно прво и једно друго место.

Током основних и мастер студија био је стипендиста Фонда за младе таленте „ДОСИТЕЈА“ Министарства омладине и спорта Владе Републике Србије.

Докторске академске студије уписао је школске 2014/15. године на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву, модул: машинство.

У периоду од 01.04.2015. до 30.04.2018. године био је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја ангажован на пројекту „РАЗВОЈ ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНОГ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ГАСИФИКАЦИЈУ И КОГЕНЕРАЦИЈУ ЧВРСТЕ БИОМАСЕ“, ев. бр. ТР 33027, као истраживач-стипендиста.

Од 01.05.2018. године запослен је на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву као истраживач-приправник ангажован на пројекту „РАЗВОЈ ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНОГ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ГАСИФИКАЦИЈУ И КОГЕНЕРАЦИЈУ ЧВРСТЕ БИОМАСЕ“, ев. бр. ТР 33027.

Изабран је у истраживачко звање истраживач приправник на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву 15.07.2016. Тренутно је студент III (треће) године докторских академских студија. Положио је све испите предвиђене студијским програмом са просечном оценом 10.

Научно-истраживачка активност кандидата припада области обновљивих извора енергије. Кандидат је објавио 9 научних и стручних радова у домаћим и међународним часописима, као и на међународним скуповима и 2 техничка решења.

На основу увида у његов досадашњи рад сматрамо да је кандидат Милош Николић показао интересовање, склоност и способност за научно-истраживачки рад.

### Објављени радови кандидата

Радови у часописима са SCI листе (категорија М21):

- [1] Карамарковић В., **Николић М.**, Карамарковић Р., Карамарковић М., Марашевић М., "Techno-economic optimization for two SHPPs that form a combined system" *Renewable*

Саопштења на међународним научним скуповима (**категорија М33**):

- [2] Карамарковић Р., Карамарковић В., **Николић М.**, Марјановић М., Design and experimental investigation of a top-fed pellet burner, V Regional Conference Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern Europe, Society of Thermal Engineers, -1, vol. A, no. 5, pp. G102 - G107, issn: 978-86-7877-025-8, Златибор, Србија, 24. - 27. Jun, 2015. (М33)
- [3] Карамарковић В., **Николић М.**, Карамарковић Р., Стојић Н., Optimization of the pipeline diameter for a small hydropower plant: case study, XXXII international conference Energetika, Савез енергетичара, vol. 4, no. 3, pp. 152 - 158, issn: 0354-8651, udc: 621.22.004, Златибор, Србија, 22. - 25. Mar, 2016. (М33)
- [4] Карамарковић Р., Карамарковић В., **Николић М.**, Стојић Н., Energy recovery from unconverted biomass char, International Conference POWER PLANTS 2016, Друштво термичара Србије, vol. 1, no. 1, pp. 328 - 336, issn: ISBN 978-86-7877-027-2, Златибор, Србија, 23. - 26. Nov, 2016. (М33)
- [5] Карамарковић В., Карамарковић Р., **Николић М.**, Стојић Н., Improving power production of a small hydropower plant, International Conference POWER PLANTS 2016, Друштво термичара Србије, vol. 1, no. 1, pp. 337 - 345, issn: ISBN 978-86-7877-027-2, Златибор, Србија, 23. - 26. Nov, 2016. (М33)
- [6] Карамарковић Р., Карамарковић В., **Николић М.**, Стојић Н., Марашевић М., Optimization of flow schemes in radiant recuperators, IX Triennial international conference "Heavy Machinery-НМ 2017", Faculty of Mechanical and Civil Engineering, Kraljevo, pp. F.15 - F.21, isbn: 978-86-82631-89-7, Златибор, Србија, 28. Jun - 1. Jul, 2017. (М33)
- [7] **Николић М.**, Карамарковић В., Карамарковић Р., Марашевић М., Design improvement of a side water intake on a small hydropower plant, IX Triennial international conference "Heavy Machinery-НМ 2017", Faculty of Mechanical and Civil Engineering, Kraljevo, pp. F.51 - F.56, isbn: 978-86-82631-89-7, Златибор, Србија, 28. Jun - 1. Jul, 2017. (М33)
- [8] Марашевић М., Карамарковић В., Стојић Н., **Николић М.**, Новчић Ђ., Designing recuperator on a rotary kiln supplied with enriched air during the calcination of dolomite, IX Triennial international conference "Heavy Machinery-НМ 2017", Faculty of Mechanical and Civil Engineering, Kraljevo, pp. F.29 - F.36, isbn: 978-86-82631-89-7, Златибор, Србија, 28. Jun - 1. Jul, 2017. (М33)

Радови у националним часописима (**категорија М52**):

- [9] Марашевић М., Карамарковић В., Карамарковић Р., Стојић Н., **Николић М.**, Техно-економска анализа конверзије горива у котларници даљинског система грејања, ИМК-14-Истраживање и развој у тешкој машиноградњи, Faculty of Mechanical and Civil Engineering, Kraljevo, vol. 23, no. 2, pp. 25 - 30, issn: 0354-6829, udc: 621, 2017. (М52)

Техничка и развојна решења (**категорија М80**)

- [10] Раде Карамарковић, Владан Карамарковић, Миљан Марашевић, Ненад Стојић, **Милош Николић**, Ђорђе Новчић, **ЛОЖИШТЕ СА СИСТЕМОМ ЗА САМОЧИШЋЕЊЕ**

СТАКЛА ПЕЛЕТ КАМИНА VIOLUX 20, Ново техничко решење примењено на међународном нивоу (M81)

[11]Раде Карамарковић, Владан Карамарковић, Миљан Марашевић, Анђела Лазаревић, Ненад Стојић, **Милош Николић, ИСТОСМЕРНИ РЕАКТОР СА СИСТЕМОМ ЗА ПРЕДГРЕВАЊЕ ВАЗДУХА ЗА ГАСИФИКАЦИЈУ**, Ново лабораторијско постројење. (M83)

Учешће на научно-истраживачким пројектима

1. ТР-33027, финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, 2011-2018, „**Развој енергетски ефикасног постројења за гасификацију и когенерацију чврсте биомасе**“. Руководилац пројекта проф. др Владан Карамарковић. Носилац истраживања Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву.

На основу наведеног у извештају, Комисија доноси следећи

### **ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ**

Милош Николић, мастер инжењер машинства, испунио је све услове предвиђене за израду докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да предложено тему докторске дисертације:



## ПОВЕЋАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА

прихвати и њену израду одобри кандидату Милошу Николићу маг. инж. маш.

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Раде Карамарковић, ванредни професор Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу.

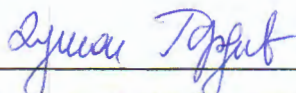
### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. **др Владан Карамарковић**, редовни професор, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, ужа научна област: топлотна техника и заштита животне средине, председник.



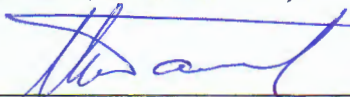
---

2. **др Душан Гордић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Енергетика и процесна техника, члан комисије.



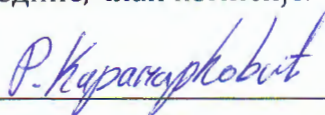
---

3. **др Иван Божич**, ванредни професор, Машински факултет Универзитета у Београду, ужа научна област: Хидрауличне машине и енергетски системи, члан комисије.



---

4. **др Раде Карамарковић**, ванредни професор, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Топлотна техника и заштита животне средине, члан комисије.



---

5. **др Миљан Марашевић**, доцент, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, ужа научна област: топлотна техника и заштита животне средине, члан.



---

У Краљеву,  
Август 2018. године.