

ОБРАЗАЦ 6

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ
и
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 19.5.2025. године (број одлуке: IV-04/292/14) одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом: „Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике”, кандидата **Ненада Тодића**, студента докторских академских студија Машинског инжењерства, за коју је именован ментор др Слободан Савић, редовни професор.

На основу података којима располажемо достављамо следећи:

ИЗВЕШТАЈ
О ОЦЕНИ УРАЂЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Подаци о докторској дисертацији
1.1. Наслов докторске дисертације:
Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике
1.2. Опис докторске дисертације (навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, шема, графикона, једначина и референци) (до 500 карактера):
Докторска дисертација је написана на 125 страница и подељена је у 8 поглавља која су логички и тематски повезани: Увод; Математичко моделирање радних процеса у клипно аксијалној пумпи; Експериментално испитивања процеса у клипно аксијалној пумпи; Структура, организација и примена компјутерског програма за математичко моделирање; Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара; Резултати идентификације и оптимизације радних и конструктивних параметара; Закључна разматрања и Прилог. Докторска дисертација садржи 48 слика, 10 табела, 111 референци.
1.3. Опис предмета истраживања (до 500 карактера):
Предмет истраживања представља идентификацију и оптимизацију радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике. Истраживања су спроведена у циљу унапређења карактеристика клипно-аксијалних пумпи. Развијен је оригинални математички модел који обезбеђује теоријску основу за анализу и оптимизацију радних процеса. Верификација развијених модела је потврђена кроз експериментална испитивања. Овај интегрисани, теоријско-експериментални приступ омогућио је прецизну анализу радних процеса и идентификацију кључних параметара пумпе.

1.4.Анализа испуњености полазних хипотеза:

Анализом приказаних резултата и закључака може да се констатује да су хипотезе постављене на почетку истраживања, у пријави теме докторске дисертације под називом "Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике", у потпуности испуњене.

Дисертација указује на методолошки ригорозан приступ у анализи сложеног понашања ових хидрауличких машина. Полазне хипотезе, које су представљале нужне апроксимације реалних физичких процеса, формулисане су са циљем успостављања математичког оквира за моделирање и експерименталну верификацију кључних радних и конструктивних параметара.

Претпоставка о занемаривању кинетичке енергије флуида у одређеним контролним запреминама, уз образложење релативно ниских брзина протока у тим сегментима у поређењу са излазним водом, представља стандардну праксу у поједностављивању хидродинамичких анализа. Слично томе, елиминација утицаја силе гравитационог поља, заснована на претпоставци доминације хидродинамичких сила, уобичајена је у анализи проточних машина у устаљеним радним режимима. Увођење концепта квазистационарности за процесе унутар комора и цилиндара, уз експлицитну зависност параметара од угла ротације погонског вратила, представља рационалан приступ у анализи периодичних процеса у ротационим машинама. Насупрот томе, препознавање нестационарне природе струјања у цевоводима, уз претпоставку његове једнодимензионалности, омогућило је адекватну анализу динамичких ефеката у хидрауличком систему. Коначно, третирање истицања кроз зазоре као квазистационарног процеса представља уобичајено инжењерско поједностављење при моделирању губитака запремине.

Верификација наведених хипотеза кроз компаративну анализу резултата математичког модела и емпиријских података стечених експерименталним путем потврђује валидност примењених апроксимација у дефинисаним радним условима. Успешно потврђене хипотезе представљају значајан научни допринос, јер утемељују методолошки оквир за даљу анализу и оптимизацију клипно аксијалних пумпи водне хидраулике. Дисертација пружа увиде у понашање сложених система и поставља чврсту основу за будућа истраживања усмерена ка побољшању њихове ефикасности и поузданости.

1.5.Анализа примењених метода истраживања:

Анализа примењених метода истраживања у дисертацији кандидата Ненада Тодића, под називом "Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике" показује промишљен и свеобухватан приступ сложенем инжењерском проблему. Интеграција комплементарних метода обезбедила је вишеструку анализу карактеристика ових значајних хидрауличких компонената.

Математичко моделирање, уз примену рачунарског програма AKSIPVH, представљао је темељни стуб истраживања. Развијени теоријски модели пружили су неопходан аналитички оквир за симулацију и предвиђање понашања пумпе у различитим експлоатационим режимима и под варијабилним конструктивним параметрима. Овај приступ омогућио је ефикасну евалуацију осетљивости перформанси на промене у дизајну и радним условима.

Експериментална верификација путем испитивања на наменски конструисаном пробном столу имала је кључну улогу у успостављању кредибилитета теоријских предвиђања. Мерење релевантних радних карактеристика, укључујући проток, притисак и температуру радног медијума, обезбедило је есенцијалне емпиријске податке за валидацију нумеричких модела, чиме је потврђена њихова адекватност у приказивању стварног понашања пумпе.

Примена методе коначних елемената (МКЕ) представља додатни слој аналитичке софистицираности. Ова метода је омогућила детаљну анализу поља напона, деформација и струјања флуида унутар разводне плоче, критичне компоненте пумпе, пружајући вредне увиде у локалне феномене који нису директно мерљиви експерименталним техникама. Разумевање ових локалних ефеката је кључно за идентификацију потенцијалних места отказа и за оптимизацију конструктивних решења у циљу повећања поузданости и ефикасности.

Синергија комплементарних истраживачких метода – теоријског моделирања, експерименталне верификације и нумеричке анализе – представља мултидисциплинарни приступ решавању сложеног инжењерског проблема. Ова интеграција обезбеђује робусну основу за извођење поузданих закључака и формулисање научно утемељених препорука за анализу и оптимизацију клипно аксијалних пумпи водне хидраулике.

1.6. Анализа испуњености циља истраживања:

Дисертација под насловом "Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике" представља значајан научни напор усмерен ка побољшању степена корисности ових специфичних хидрауличних машина. Свеобухватним приступом којим је обједињено математичко моделирање и прецизна експериментална испитивања применом специјализоване лабораторијске опреме, идентификовани су кључни радни и конструктивни параметри који директно утичу на енергетску ефикасност. Ова методолошка ригорозност омогућила је квантификацију утицаја појединачних параметара на степен корисности и идентификовање области за његову потенцијалну оптимизацију.

Током израде дисертације ефикасно су искоришћене могућности постојећег рачунарског програма AKSIPVH за нумеричку симулацију сложених хидродинамичких процеса унутар пумпе. Применом напредних нумеричких техника и алгоритама за идентификацију карактеристичних параметара система и вишекритеријумску оптимизацију, истраживање је отворило нове перспективе у побољшању укупних перформанси, са посебним нагласком на максимизацију степена корисности клипно аксијалних пумпи. Формиране су вредне теоријске и практичне смернице за будући индустријски развој усмерен ка постизању виших нивоа степена корисности.

Са циљем да одговори на растуће захтеве за енергетски ефикаснијим хидрауличним системима, истраживачки напори били су фокусирани на рационализацију енергетских токова унутар саме пумпе, што је у директној вези са подизањем степена корисности. Резултати спроведених оптимизационих анализа указали су на обећавајуће стратегије за смањење хидрауличких губитака и повећање укупне енергетске ефикасности пумпи, што значајно доприноси побољшању њихових експлоатационих карактеристика и смањењу укупних трошкова експлоатације.

Интегралним приступом, који је комбинација теоријске анализе, експерименталне валидације и нумеричке оптимизације, уз помоћ програма AKSIPVH, ова дисертација представља значајан корак ка продубљивању разумевања комплексних феномена који се јављају током рада клипно аксијалних пумпи водне хидраулике. Са јасно дефинисаним циљем подизања њиховог степена корисности на виши ниво, резултати овог истраживања несумњиво представљају трајни научни и инжењерски допринос у овој важној области хидрауличног инжењерства.

Сви задаци и очекивања дефинисани у оквиру циљева истраживања докторске дисертације у потпуности су испуњени.

1.7.Анализа добијених резултата истраживања и списак објављених научних радова кандидата из докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број¹, категорија):

Докторска дисертација кандидата Ненада Тодића, усмерена на идентификацију и оптимизацију радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике, реализована је кроз свеобухватан истраживачки процес. Интеграција експерименталних истраживања, развоја софистициране мерне опреме, анализе триболошких аспеката, математичког моделирања и примене оптимизационих метода, резултирала је конкретним сазнањима о понашању пумпе и предложеним оптималним решењима. Добијени резултати не само да проширују научно разумевање пумпи водне хидраулике, већ пружају и практичне смернице за развој ефикаснијих и одрживијих хидрауличких компоненти и система.

Резултат овог процеса је низ публикованих научних радова који презентују конкретне закључке и представљају значајан допринос истраживању. Анализа добијених резултата, потврђена овим публикацијама, свеобухватно и темељно илуструје спроведени истраживачки рад и његов значај за област водне хидраулике.

Кандидат је показао потпуно разумевање ове тематике и у потпуности је овладао принципима научно-истраживачког рада, од прегледа литературних извора, постављања хипотеза, осмишљавања и спровођења експерименталних истраживања, анализе и дискусије резултата, што се најбоље показује кроз радове објављене у међународним и домаћим научним часописима, и на међународним конференцијама, као први аутор или коаутор.

Списак објављених радова:

1. Todić, N., Savić, S., Gordić, D., Petrović, R., Experimental Research of the Hydrodynamic Processes of an Axial Piston Water Hydraulic Pump, *Machines*, Vol.10, No.9, 2022, pp. -, ISSN 2075-1702, Doi <https://doi.org/10.3390/machines10090728>, [M22].
2. Savić, S., Todić, N., Cvejić, S., Optimization of Axial Piston Water Pumps in the Development Phase, *International Conference Fluid Power 2023, Conference Proceedings*, Maribor, Slovenia, 2023, 20th – 21st September 2023, pp. 67-72, ISBN 978-961-286-781-2, [M33].
3. Todic, N., Savic, S., Stamenkovic, Z., Stojanovic, B., Tribological Aspects of Identification of the Key Causes of Reduction in the Efficiency of Axial Piston Water Hydraulic Pumps, *19th International Conference on Tribology – SERBIATRIB '25*, Kragujevac, 2025, 14 – 16 May 2025, pp. 396-403, ISBN 978-86-6335-128-8, [M33].
4. Todić, N., Savić, S., Jovanović, S., Djordjević, Z., Research of water hydraulic components and systems from aspects of quality of life, *BOOK OF ABSTRACTS, 9th International Scientific Conference - IRMES 2019*, Kragujevac, 2019, 5-7 September, pp. 94-95, ISBN 978-86-6335-061-8 [M34]
5. Todić N., Savić S., Petrović R., Jerković D., Research methodology and development of modern measuring equipment for testing water hydraulic components, *Traktori i pogonske mašine*, Vol.24, No.1/2, pp. 65-71, ISSN 0354-9496, Doi -, 2019. [M52].
6. Todić N., Savić S., Gordić D., Šušteršič V., Development and Experimental Research of a Water Hydraulics Piston Axial Pump - The Most Important Components of the Reverse Osmosis System, *Traktori i pogonske mašine*, Vol.25, No.5, pp. 44-50, ISSN 0354-9496, 2020. [M52].
7. Savić, S., Todić, N., Stojanović, B., Development of Components for a Water Hydraulic Axial Piston Pump - Tribological Aspects of the Research, *1st Deep Tech Open Science Day*

¹ Уколико публикација нема DOI број уписати ISSN и ISBN

Conference, BOOK OF ABSTRACTS, Kragujevac, 2024, April 5, pp. 68, ISBN 978-86-6335-113-4. [M64].

8. Todić, N., Savić, S., Sustainable Development and Environmental Protection with Water Hydraulic Systems - Experimental Research and Development of the System Components, 1st Deep Tech Open Science Day Conference, BOOK OF ABSTRACTS, Kragujevac, 2024, April 5, pp. 99, ISBN 978-86-6335-113-4 [M64].

Имајући у виду наведене чињенице, Комисија сматра да су циљеви истраживања остварени и да су испуњени сви административни услови за одбрану докторске дисертације кандидата Ненада Тодића.

1.8. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области и анализа извештаја о провери докторске дисертације на плагијаризам (до 1000 карактера):

Прегледом дисертације и анализом радова објављених из дисертација, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Ненада Тодића, дипл. маш. инж., „Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике“ представља резултат оригиналног научно-истраживачког рада.

Извештај о плагијаризму показао је минимални степен преклапања у износу од 1% са два извора:

1. 1% сличности је пронађено са изворима у бази *is.fink.rs* што се односи на седам претходно публикованих радова кандидата, који су проистекли из докторске дисертације при чему је кандидат први аутор; библиографских података за три рада који су коришћени у литератури; име институције која је финансирала научно истраживачке пројекте који су цитирани у дисертацији.
2. 1% сличности је пронађено са изворима у бази *kg.ac.rs* што се односи на називе научно истраживачких пројеката цитираних у дисертацији.

Дисертација представља у целини оригиналан и значајан научни допринос у истраживању и развоју савремених метода идентификације и оптимизације параметара клипно-аксијалних пумпи водне хидраулике.

1.9. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области:

Докторска дисертација кандидата Ненада Тодића, дипломираног машиноског инжењера, „Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике“ представља свеобухватно истраживање посвећено унапређењу карактеристика и степена корисности клипно-аксијалних пумпи које се примењују у системима водне хидраулике. Ове пумпе имају кључну улогу у бројним индустријским процесима, а њихова ефикасност и поузданост директно детерминишу укупне перформансе и продуктивност система. Са растућим захтевима за енергетском ефикасношћу и еколошком одрживошћу, оптимизација рада ових пумпи добија изузетан значај.

У оквиру дисертације, развијени су оригинални математички модели који обезбеђују теоријску основу за анализу и оптимизацију радних процеса клипно-аксијалних пумпи. Верификација развијених модела је потврђена кроз детаљна експериментална испитивања рада пумпи у различитим експлоатационим условима. Овај интегрисани, теоријско-експериментални приступ омогућио је прецизну анализу радних процеса и идентификацију кључних параметара који значајно утичу на перформансе пумпе.

Експериментална истраживања обухватила су прецизно мерење и анализу релевантних радних параметара, што је омогућило процену степена корисности, поузданости и стабилности пумпи у различитим режимима рада.

Значајан сегмент дисертације посвећен је примени специјализованог рачунарског програма AKSIPVH, који је коришћен за идентификацију, експерименталну верификацију и оптимизацију радних и конструктивних параметара пумпи. У оквиру дисертације детаљно је приказана структура и организација развијеног програма, његова висока ефикасност симулације и анализе различитих радних услова клипно-аксијалних пумпи за воду.

Резултати спроведеног процеса оптимизације пружају увиде у оптималне услове рада клипно-аксијалних пумпи. Кључни налази оптимизације прецизно су дефинисали оптималне вредности за параметре као што су број клипова, пречник клипа, зазор између клипа и цилиндра, угао нагиба косе плоче

У настојању да се додатно унапреде радне карактеристике и поузданост клипно-аксијалних пумпи за воду, у дисертацији је посвећена значајна пажња анализи инжењерских материјала за израду кључних конструктивних елемената. Посебан акценат стављен је на материјалу полиетер-етеркетон (РЕЕК) због његове изузетне хемијске стабилности у воденој средини, значајне механичке чврстоће и изразите отпорности на хабање. Кроз детаљну анализу различитих типова РЕЕК-а, настоји се идентификовати оптималан материјал за израду разводне плоче и других виталних компоненти, са циљем повећања ефикасности и продужења радног века пумпи.

Дисертација представља значајан научни допринос у домену пројектовања клипно-аксијалних пумпи за воду. Презентовани резултати истраживања отварају нове перспективе за даља унапређења и развој у овој области, са значајним потенцијалом за побољшање степена корисности и поузданости пумпи у различитим индустријским применама.

1.10. Оцена испуњености услова за одбрану докторске дисертације у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

Докторска дисертација кандидата Ненада Тодића, дипломираног машинског инжењера, под називом **"Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно-аксијалних пумпи водне хидраулике"** одговара теми дисертације одобреној одлуком број 01-1/2348-5 од 04.07.2019. године од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и одлуком Већа за техничко технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-806/12 од 09.10.2019. године.

Комисија сматра да су испуњени сви услови за одбрану ове докторске дисертације у складу са студијским програмом, општим актима Факултета инжењерских наука и општим актима Универзитета у Крагујевцу. Оцена за испитивање на плагијаризам је такође позитивна, што потврђује да дисертација представља оригиналан научни рад, без било каквих неовлашћених копирања или прекршаја етичких норми.

Укупно, ова докторска дисертација задовољава све критеријуме за успешну одбрану, како у смислу академске изврности, тако и у контексту практичне примене истраживања у савременим индустријским окружењима.

2. ЗАКЉУЧАК

На основу анализе докторске дисертације и приложене документације Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом **"Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно-аксијалних пумпи водне хидраулике"**, кандидата **Ненада Тодића**, предлаже надлежним стручним органима да се докторска дисертација прихвати и да се одобри њена одбрана.

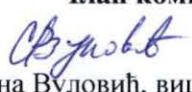
Чланови комисије:

Др Живојин Стаменковић, редовни професор
Машински факултет Универзитета у Нишу
Ужа научна област: Теоријска и примењена
механика флуида

Председник комисије


Др Вања Шуштершич, редовни професор
Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу
Ужа научна област: Енергетика и процесна
техника

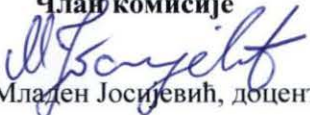
Члан комисије


Др Снежана Вуловић, виши научни сарадник
Институт за информационе технологије
Универзитета у Крагујевцу
Научна област: Техничко-технолошке науке-
информационе технологије

Члан комисије


Др Блажа Стојановић, редовни професор
Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу
Ужа научна област: Машинске конструкције и
механизација

Члан комисије


Др Младен Јосијевић, доцент
Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу
Ужа научна област: Енергетика и процесна
техника

Члан комисије