

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Милоша А. Лазаревића,  
маст. инж. маш., студента Докторских студија

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 189/7 од 11.06.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Милоша А. Лазаревића, мастер инжењера машинства**, под насловом

**„Термохидраулика хоризонталног генератора паре за вреловодне нуклеарне реакторе мање снаге“**

Након прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. УВОД**

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат **Милош А. Лазаревић**, студент Докторских студија, уписао је прву годину Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2022/23. године. Током студија положио је све испите предвиђене планом и програмом Докторских студија са просечном оценом 9,88 и одбранио је пројекат идеје докторске дисертације.

Кандидат је 16.12.2025. године поднео захтев број 1887/1 за одобрење теме докторске дисертације на Машинском факултету Универзитета у Београду. За ментора је предложио др Владимира Стевановића, редовног професора Машинског факултета Универзитета у Београду.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 189/2 од 24.02.2026. године именована је Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације „Термохидраулика хоризонталног генератора паре за вреловодне нуклеарне реакторе мање снаге“ у следећем саставу:

- др Сања Миливојевић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет,
- др Владимир Стевановић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет,
- др Дарко Раденковић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет,
- др Милан Петровић, научни сарадник, Универзитет у Београду, Машински факултет,
- др Милица Илић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду.

Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је

одлуку бр. 189/4 од 26.03.2026. године о прихватању теме докторске дисертације под називом „Термохидраулика хоризонталног генератора паре за вреловодне нуклеарне реакторе мање снаге“ и именован је ментор проф. др Владимир Стевановић. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Милоша Лазаревића, маг. инж. маш. одлуком број 61206-1214/2-26 од 22.04.2026. године.

На основу обавештења проф. др Владимира Стевановића да је кандидат Милош Лазаревић завршио докторску дисертацију под насловом „Термохидраулика хоризонталног генератора паре за вреловодне нуклеарне реакторе мање снаге“ и предлога Катедре за термоенергетику, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је одлуку број 189/7 од 11.06.2026. године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Сања Миливојевић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет,
- др Владимир Стевановић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет,
- др Дарко Раденковић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет,
- др Милан Петровић, научни сарадник, Универзитет у Београду, Машински факултет,
- др Милица Илић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду.

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација Милоша Лазаревића, под насловом „Термохидраулика хоризонталног генератора паре за вреловодне нуклеарне реакторе мање снаге“ припада области техничких наука - машинство, ужа научна област термоенергетика, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

Ментор др Владимир Стевановић је редовни професор на Катедри за термоенергетику Машинског факултета Универзитета у Београду. У претходних 10 година има 19 радова објављених у часописима са импакт фактором са СЦИ листе.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Милош Лазаревић је рођен [REDACTED]. Основну школу и IX београдску гимназију „Михаило Петровић Алас“ завршио је у Београду. На Машински факултет Универзитета у Београду се уписао 2016. године. Основне академске студије је завршио 2019. године са просечном оценом 8,98 (осам и 98/100). Исте године уписује Мастер академске студије на модулу за Термоенергетику, а завршава их 2022. године са просечном оценом 9,60 (девет и 60/100). Мастер рад на тему „Нумеричка симулација нестационарног хлађења вреловодног нуклеарног реактора“ одбранио је у јуну 2022. Докторске студије је уписао 2022. године такође на Машинском факултету Универзитета у Београду.

Током Основних академских студија био је стипендиста Министарства просвете Републике Србије, док је током Мастер академских студија био стипендиста компаније Енергопројект Ентел. Више пута је награђиван од стране факултета за изванредан успех остварен у току студија. Од октобра 2022. године је запослен као машински инжењер у компанији Енергопројект Ентел. На Машинском факултету Универзитета у Београду, на Катедри за термоенергетику, запослен је од маја 2023. год. до априла 2025. год. као истраживач приправник у оквиру програма „Зелени програм сарадње науке и привреде“ Фонда за науку Републике Србије на пројекту „TPP-RSU“. Након завршетка пројекта код

Фонда за науку, запослен је на Машинском факултету Универзитета у Београду у периоду од маја 2025. до фебруара 2026. године као истраживач приправник, а од марта 2026. године као самостални стручно-технички сарадник у Лабораторији за генераторе паре и нуклеарне реакторе.

Кандидат Милош Лазаревић је аутор и коаутор 5 научних радова, од чега су три рада објављена у водећим међународним часописима са SCI листе (категорије M21a, M21 и M22) док су два рада штампана у целини у материјалима скупова међународног значаја (категорија M33). Учествовао је у раду „Међународне конференције о нуклеарном инжењерству“ (International Conference on Nuclear Engineering - ICONE) у организацији Америчког удружења машинских инжењера (ASME) у Прагу од 4. до 8. августа 2024. године и добио је награду за најбољи научни рад у категорији студентских радова из Европе. У периоду од 17. до 19. децембра 2024. године је био учесник „Радионице о избору, финансирању, сигурности и безбедности малих модуларних реактора у организацији Основне инфраструктуре за одговорно коришћење технологије малих модуларних реактора Сједињених Америчких Држава“ („US Foundational Infrastructure for Responsible Use of Small Modular Reactor Technology – FIRST“), у оквиру које је изложио резултате сопствених истраживања. У периоду од 19. до 30. јануара 2026. године прошао је 72-часовну обуку о нуклеарним електранама са ВВЕР реакторима снаге 1200 MWe у оквиру Техничке академије компаније Росатом. У периоду од 2. до 6. фебруара 2026. год. је био учесник Треће међународне зимске техничке школе „Знање и технологије будућности у нуклеарној индустрији“ и истоимене конференције, у Обнинску, у Руској Федерацији. У оквиру такмичарског дела конференције је освојио прву награду за пројекат идеје малих модуларних фузионих реактора. Као супервизор студентског тима учествовао је на првом националном такмичењу „Global HackAtom“ у Србији, на коме је његов тим освојио прво место. Такмичење, у организацији компаније „Росатом“ и Националног истраживачког нуклеарног универзитета „МИФИ“ из Москве, усмерено је на развој иновативних решења у области савремених нуклеарних технологија и унапређење комуникације са јавношћу. У јуну 2026. године изабран је за члана „Impact Team 2050“, међународног омладинског саветодавног тела генералног директора компаније „Росатом“, који окупља младе стручњаке из различитих земаља ради развоја међународне сарадње и иницијатива у области нуклеарних технологија и одрживог развоја.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1. Садржај дисертације**

Докторска дисертација Милоша Лазаревића, под називом „Термохидраулика хоризонталног генератора паре за вреловодне нуклеарне реакторе мање снаге“ садржи: 121 страну формата А4, 26 слика, 6 табела и списак коришћене литературе који садржи 73 референце.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Генератори паре у нуклеарним енергетским постројењима
3. Преглед досадашњих истраживања
4. Тродимензионално моделирање термохидрауличких процеса у хоризонталном генератору паре
5. Резултати нумеричких симулација
6. Закључак

Поред наведеног, дисертација садржи резиме на српском и енглеском језику, списак ознака, списак слика, списак табела, као и биографију аутора, изјаву о ауторству, изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу 1 је изложен кратак осврт на развој нуклеарне енергетике, дат је преглед садашњег стања у примени нуклеарних енергетских реактора, са посебним освртом на развој малих модуларних реактора и образложен је значај истраживања термохидрауличких процеса у генераторима паре који се примењују код нуклеарних система за производњу паре са вреловодним реакторима. Истакнут је значај генератора паре за сигуран, поуздан и ефикасан рад нуклеарне електране, с обзиром на његову структурну и функционалну улогу предаје топлоте са примарног реакторског циркулационог круга на секундарни циркулациони круг парног турбопостројења и баријере потенцијалном испуштању радиоактивног материјала ван примарног циркулационог круга реактора. Након ових уводних разматрања, која су истовремено и мотив истраживања, дефинисан је задатак истраживања у оквиру докторске дисертације, који се састоји од: (а) извођења аналитичких израза који повезују промене димензија генератора паре и величине површина за размену топлоте са променама снаге и термохидрауличких параметара у генератору паре, као и (б) примене физичких и математичких модела и нумеричких метода за нумеричке симулације термохидрауличких процеса у генераторима паре у циљу одређивања радних услова и параметара процеса који обезбеђују сигуран, поуздан и ефикасан рад, а који се огледа у одређивању максималне густине снаге у сноповима топлотноразмењивачких цеви, при којој се обезбеђују довољне сигурносне маргине да не дође до засушења топлотноразмењивачких површина на секундарној страни генератора паре, нарушавања стабилности површине двофазне мешавине изнад цевних снопова, великих брзина паре на површини двофазне мешавине које би довеле до одношења капи или великих брзина двофазне мешавине око цеви у снопу који би довеле до вибрација цеви. На крају Увода, приказана је структура докторске дисертације са садржајем појединих поглавља.

У поглављу 2 су приказани генератори паре вертикалне и хоризонталне конструкције, који се користе у нуклеарним електранама са вреловодним реакторима велике снаге, као и генератори паре, који су интегрални део реакторских посуда малих модуларних реактора. Указано је како поједине конструктивне карактеристике унутрашње структуре хоризонталних генератора паре утичу на термохидрауличке процесе и параметре генератора паре, као што су положај и уравнотежење површине двофазне мешавине, сепарација капи из струје паре и организација природне циркулације двофазне мешавине у спусним каналима и кроз топлотноразмењивачке цевне снопове.

У поглављу 3 је дат преглед истраживања термохидрауличких процеса у хоризонталним генераторима паре на експерименталним инсталацијама и путем спровођења нумеричких симулација. Приказани су физички и математички модели помоћу којих су описани термохидраулички процеси двофазног струјања око цеви у снопу и прелаз топлоте са реакторског хладиоца, који струји унутар цеви у снопу и двофазне мешавине воде и паре са кључањем, која струји око цеви у снопу. На примерима нумеричких и експерименталних резултата приказане су основне карактеристике динамике двофазног струјања и размене топлоте са испаравањем.

У поглављу 4 је приказан модел „два флуида“, који је у докторској дисертацији коришћен за нумеричке симулације тродимензионалних термохидрауличких процеса у генератору паре, а који обухвата билансне једначине масе, количине кретања и енергије течне и парне фазе и конститутивне корелације за предвиђање транспортних процеса на разделним површинама фаза. Након тога је приказан нумерички метод који је коришћен за решавање система билансних једначина, односно система парцијалних диференцијалних једначина елиптичког типа за задате почетне и граничне услове. Примењени нумерички метод је заснован на дискретизацији простора помоћу контролних запремина и итеративном полуимплицитном решавању спрегнутог система једначина за одређивање поља притиска и брзина сваке од фаза, метод SIMPLE („Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations“).

На крају поглавља 4 докторанд је дао сопствени допринос путем извођења аналитичких израза који одређују промену снаге, односно продукције паре у зависности од промене свих димензија генератора паре у истом односу, при чему се обезбеђује сличност термохидрауличких процеса на секундарној страни, као што су промена брзине струјања двофазне мешавине и запреминског удела паре дуж висине топлотноразмењивачког цевног снопа. На крају поглавља је дата табела са радним параметрима и димензијама површина за размену топлоте у пуноразмерном генератору паре уграђеном у нуклеарној електрани ВВЕР 1000 и мањем генератору паре код кога су геометријским скалирањем све димензије умањене на 50% од величине пуноразмерног генератора. При томе је анализирана зависност између пречника цеви за размену топлоте и површине за размену топлоте и процесних величина као што су топлотна снага генератора паре, средња вредност запреминског топлотног флуksа и брзине струјања реакторског хладиоца унутар цеви за размену топлоте. Наведене вредности одређују димензије и граничне параметре за нумеричке симулације тродимензионалних термохидрауличких процеса генератора паре, које су спроведене у наредном поглављу 5.

У поглављу 5 су приказани резултати нумеричких симулација термохидрауличких процеса у хоризонталном генератору паре. Приказана је валидација примењеног физичког и математичког модела и нумеричког поступка решавања билансних једначина поређењем прорачунских резултата са доступним експерименталним подацима добијеним мерењима на хоризонталном генератору паре пуне величине. Након тога анализирана је термохидраулика умањеног модела генератора паре у зависности од вредности запреминског топлотног флуksа и различитих нивоа топлотне снаге. Приказане су расподеле релативног притиска, запреминског удела паре, брзине течне и парне фазе у пуноразмерном и умањеном генератору паре. Посебна пажња посвећена је утицају скалирања на положај нивоа двофазне мешавине, интензитет природне циркулације, расподелу парне фазе и услове при којима се може остварити термохидрауличка сличност између генератора паре великих димензија уграђеног у нуклеарној електрани ВВЕР 1000 и његовог умањеног модела. Добијени резултати потврђују да се обезбеђује сличност термохидрауличких процеса на секундарној страни генератора паре великих димензија и умањеног генератора паре, чије су димензије одређене помоћу оригиналних аналитичких израза докторанда приказаним у претходном поглављу 4. Резултати такође показују да се термохидраулички параметри двофазног струјања, као што су брзине воде и водене паре, запремински удео паре и положај површине двофазне мешавине, код генератора паре пуноразмерних и умањених димензија, налазе у истим границама.

У поглављу 6 кандидат је истакао научни значај резултата остварених у докторској дисертацији, указао је на њихову примењивост у инжењерској пракси и могуће правце даљег истраживања.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Истраживање термохидрауличких процеса у генераторима паре умањених димензија у односу на генераторе паре великих димензија, који су уграђени у стандардне нуклеарне електране, савремено је с обзиром на то да је у току развој малих модуларних реактора који у компактним решењима малих нуклеарних електрана обезбеђују електричну снагу до 300 MWe, као и развој унапређених решења нуклеарних електрана мање снаге у распону од 400 до 600 - 700 MWe. Нуклеарне електране мањих снага и мали модуларни реактори се развијају у циљу повећања економичности, децентрализације и диверзификације коришћења нуклеарне енергије. Савременост истраживања се огледа и у томе што Међународна агенција за атомску енергију бележи садашњи развој преко 80 типова малих модуларних реактора, од којих преко 60% је засновано на генерацији паре и различитим решењима генератора паре.

Кандидат је у истраживању користио оригинални приступ скалирања, односно пресликавања термохидрауличких процеса са потврђених решења генератора паре, уграђених у нуклеарним електранама велике снаге са вишедеценијским експлоатационим искуством, на генераторе паре умањених димензија, који би се примењивали код нових решења нуклеарних електрана умањене снаге или у спрези са малим модуларним реакторима. Оригиналност се огледа у примени нумеричких симулација термохидрауличких процеса у генераторима паре у процесу скалирања, као и развоју оригиналних аналитичких зависности између односа димензија и односа топлотних снага генератора паре, при чему се обезбеђује сличност термохидрауличких процеса.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Списак литературе која је коришћена у дисертацији је дат као посебна целина, где су литерални наводи дати према абecedном реду, а у тексту се наводе презименом првог аутора и годином публикавања. Прегледом цитиране литературе, може се закључити да је кандидат при изради дисертације користио актуелну и референтну литературу.

На основу цитиране литературе кандидат је приказао тренутно стање у области истраживања развоја генератора паре, развоја метода скалирања димензија нуклеарне опреме и термохидрауличких процеса, указао је на нерешене проблеме и поставио је циљеве истраживања у оквиру дисертације. Кандидат је коректно проучио и цитирао наведене изворе.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање термохидрауличких процеса у хоризонталним генераторима паре је спроведено применом физичког модела који је заснован на: (а) тродимензионалном једнофазном и двофазном струјању воде и водене паре на секундарној страни генератора паре и једnodимензионалном струјању воде унутар цеви топлотноразмењивачких цевних снопова, (б) струјној неравнотежи воде и водене паре, која подразумева различите векторе брзина течне и гасне фазе, (в) термичкој неравнотежи која узима у обзир прегрејање или потхлађење течне фазе у односу на стање сатурације одређено притиском у двофазној мешавини, при чему је уведена претпоставка да је пара у стању сатурације у двофазној мешавини. Струјна неравнотежа у физичком моделу подразумева међуфазно треће течне и гасне фазе на разделним површинама фаза, а термичка неравнотежа подразумева да у дијабатском двофазном току доведена количина топлоте не доводи до тренутног испаравања, већ се оно одвија коначном брзином коју треба одредити одговарајућим неравнотежним моделом испаравања. Такође, кондензација до које долази при додиру паре са водом или топлотноразмењивачким зидом, који су потхлађени у односу на стање сатурације, одвија се коначном брзином. Битна карактеристика примењеног физичког модела је и да се струјање воде и водене паре око цеви у снопу посматра као струјање кроз порозну средину. Двофазно струјање је математички описано моделом „два флуида“, тако што су билансне једначине масе, количине кретања и енергије формиране за сваку од фаза у двофазном току. Транспортни процеси на разделним површинама фаза су одређени применом одговарајућих конститутивних корелација. Добијени систем парцијалних диференцијалних једначина се нумерички решава применом методе коначних запремина и SIMPLE алгорита. Примена физичког и математичког модела и нумеричког поступка решавања парцијалних диференцијалних једначина је валидирана поређењем нумеричких резултата са расположивим експерименталним резултатима доступним у литератури, а који су добијени на реалном генератору паре у погону нуклеарне електране ВВЕР 1000. Димензије и термохидраулички гранични услови који су примењени при истраживању рада генератора паре умањених димензија су одређени аналитичким изразима изведеним из енергетског биланса рада генератора паре, а које дају зависност између димензија

генератора паре, површина и пречника цеви за размену топлоте и топлотне снаге генератора паре, односно продукције паре.

Примена тродимензионалног модела „два флуида“ за симулацију термохидрауличких процеса у генератору паре је адекватна с обзиром на то да се на секундарној страни генератора паре одвија слободно формирана природна циркулација воде и двофазне мешавине воде и водене паре, са изразитом струјном неравнотежом, то јест разликом брзина течне и парне фазе, како по интензитету, тако и по правцу струјања. Такође, примењени модел узима у обзир и термичку неравнотежу између фаза, с обзиром на то да пара долази у додир са потхлађеном водом и да при испаравању долази до одређеног прегрејања течне фазе. Развијени аналитички поступак за одређивање умањених димензија генератора паре на основу димензија генератора паре великих димензија и снаге, који су потврђени у раду нуклеарних електрана, показало се адекватним с обзиром на то да је остварена сличност термохидрауличких процеса између генератора паре великих и умањених димензија, то јест термохидраулички параметри код генератора паре скалираних-умањених димензија, као што су брзине струјања двофазне мешавине, положај нивоа двофазне мешавине и запремински удели паре у цевним сноповима, јесу у опсезима као код великих генератора паре, чија је сигурност, поузданост и економичност рада потврђена у пракси.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Развијени физички и математички модел и поступак нумеричке симулације термохидраулике генератора паре омогућавају поуздано предвиђање поља брзина, запреминског удела паре, притиска и енталпије, односно температуре воде и водене паре на секундарној страни генератора паре, промену температуре реакторског хладиоца која струји унутар топлотноразмењивачких цеви, просторну расподелу запреминског топлотног флукса у цевним сноповима и сходно томе генерацију паре. Добијени резултати су примењиви при конструкцији како генератора паре за нуклеарне електране великих снага, реда величине 1000 MWe и више, тако и при конструкцији генератора паре за нуклеарне електране мање снаге, укључујући и нова решења малих модуларних реактора. Развијени модели и поступак нумеричког прорачуна омогућавају одређивање максималне вредности запреминског топлотног флукса у цевном снопу, односно максималне топлотне снаге и сходно томе максималне продукције паре у генератору паре, уз обезбеђење довољне маргине топлотне снаге за сигуран и поуздан погон, како самог генератора паре, тако и интегралног постројења нуклеарне електране.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Чланови Комисије сматрају да је кандидат Милош Лазаревић током израде докторске дисертације показао стручност, знање и способност да самостално препозна и систематски решава инжењерске и научне проблеме, да користи расположиву литературу и примењује савремене методе истраживања. Остварени резултати докторске дисертације показују способност кандидата за самостални научно-истраживачки рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру докторске дисертације су спроведене нумеричке симулације термохидрауличног понашања хоризонталног генератора паре великих димензија уграђеног у нуклеарну електрану ВВЕР 1000 и генератора паре умањених димензија, при чему су умањене димензије одређене геометријским скалирањем свих димензија са великог на умањени генератор паре у истом односу. Добијени резултати термохидрауличких

нумеричких симулација обухватају просторну расподелу запреминског удела паре, положај нивоа двофазне мешавине, брзине течне и парне фазе на секундарној страни генератора паре, просторну расподелу запреминске густине снаге у топлотноразмењивачким цевним сноповима, топлотну снагу генератора паре и масени проток генерисане паре, при чему се обезбеђује сличност термохидрауличких процеса на великом генератору паре и генератору паре умањених димензија. У оквиру процеса скалирања развијени су аналитички изрази који дају зависност између димензија генератора паре, које обухватају величину топлотноразмењивачке површине, димензије цевних снопова и пречник цеви и који обезбеђују сличност термохидрауличких процеса на великом генератору паре и генератору паре умањених димензија, што је потврђено спроведеним нумеричким симулацијама.

Развијени поступак скалирања геометрије хоризонталног генератора паре обезбеђује сличност термохидрауличких процеса и заснован је на аналитичким изразима, који повезују димензије генератора паре са топлотном снагом и генерацијом паре, као и на примени тродимензионалних симулација термохидрауличких процеса у генератору паре.

Истраживање је мотивисано потребом за развојем компактнијих и конструктивно рационалнијих решења генератора паре за примену у нуклеарним реакторима мале и средње снаге, при чему је један од кључних захтева задржавање повољних радних и безбедносних карактеристика које су већ потврђене код генератора паре великих ВВЕР постројења.

С обзиром на наведене остварене резултате, научни доприноси у оквиру докторске дисертације су:

- формулисање аналитичких релација између промена димензија хоризонталног генератора паре, чије су димензије умањене (скалиране) у односу на конструктивне димензије у пракси потврђеног решења генератора паре велике снаге и промене процесних параметара, као што су запреминска густина снаге у топлотно-размењивачком цевном снопу, као и укупна топлотна снага, при чему се обезбеђује сличност термохидрауличких процеса у генераторима паре великих и умањених димензија (овај допринос је приказан у потпоглављу 4.5. „Моделирање геометрије пуноразмерног и умањеног хоризонталног генератора паре“ и потпоглављима 4.5.1. „Утицај скалирања геометрије на топлотну снагу генератора паре“, 4.5.2. „Утицај пречника цеви на вредност запреминског топлотног флукса“ и 4.5.3. „Радни параметри пуноразмерног ХГП и умањеног модела“, на странама од 68 до 78 ) ;
- примена моделског приступа и компјутерског програма за симулације и анализе термохидрауличких процеса у хоризонталним генераторима паре у циљу одређивања максималне топлотне снаге, при чему се обезбеђује термичка и хидрауличка сигурност и поузданост уз максималну економичност погона генератора паре (овај допринос је приказан у потпоглављу 5.2. „Термохидраулика умањеног модела хоризонталног генератора паре у зависности од вредности запреминског топлотног флукса“ на странама од 84 до 92 ).

Наведени научни доприноси кандидата су објављени у раду публикованом у врхунском међународном часопису, **категорија M21**:

1. **M.A. Lazarevic**, V.D. Stevanovic, S. Milivojevic, M.M. Petrovic, Nexus between geometry and thermal-hydraulic scaling of horizontal steam generator, Nuclear Engineering and Design, Vol. 445, 2025, article 114487, pp. 1-15, doi.org/10.1016/j.nucengdes.2025.114487,

у раду публикованом у зборнику радова међународне конференције, **категорија M33**:

2. **M. Lazarevic**, V. Stevanovic, M.M. Petrovic, S. Milivojevic, M. Ilic, Scaling of Horizontal Steam Generator Based on Three-Dimensional Thermal-Hydraulic Simulations, Proceedings of the 31<sup>st</sup> International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-31), Prague, Czech Republic, August 4-8, 2024, paper ICONE31-136502. doi.org/10.1115/ICONE31-136502

и у саопштењу са међународног скупа штампано у изводу, **категорија M34**:

3. **M. Lazarevic**, V. Stevanovic, S. Milivojevic, M.M. Petrovic, Modelling of Three-Dimensional Thermal-Hydraulics of Horizontal Steam Generator, Proceedings of the 2nd

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживање у оквиру приказане докторске дисертације кандидата Милоша Лазаревића обухвата сложене процесе тродимензионалног једнофазног и двофазног струјања са кључањем у сложеним геометријама унутрашње структуре хоризонталних генератора паре. Истраживање је спроведено применом савремених научних метода нумеричке механике флуида и моделирањем двофазних струјања. По свеобухватности разматраног проблема и сложености примењених истраживачких метода, остварени резултати су јединствени и представљају значајан научни допринос. Међутим, с обзиром на сложеност како проблема који се решава, тако и примењених метода, сагледавају се могућности даљег рада у овој области. Примењени приступ моделирања двофазног струјања око цеви у снопу као струјање кроз порозну средину, може се унапредити моделирањем струјања кроз слободан струјни простор око цеви уз коришћење поступка паралелног програмирања и спровођењем нумеричких симулација на рачунским машинама већег капацитета и брзине рачунања- суперкомпјутери. Утицај турбуленције у двофазном току је узет у обзир посредно кроз запреминске силе трења течне и парне фазе на цевима у снопу и као међуфазно трење на разделним површинама течне и парне фазе, тако да даљи рад може бити усмерен ка увођењу модела турбуленције двофазног струјања у до сада развијени модел двофазног струјања.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Резултати остварени у оквиру докторске дисертације кандидата Милоша А. Лазаревића су објављени у радовима [1,2,3] наведеним у потпоглављу 4.1 овог Извештаја.

У раду [1] објављеном у међународном часопису категорије M21, приказан је научни допринос из докторске дисертације у виду аналитичких релација које дају зависност између скалирања геометрије и топлотне снаге генератора паре (потпоглавље 3.1 у [1] и потпоглавље 4.5.1. у докторској дисертацији) и зависност између пречника цеви и запреминог топлотног флуksа у цевном снопу (потпоглавља 3.2 и 3.3 у [1] и потпоглавља 4.5.2. и 4.5.3 у докторској дисертацији). Научни допринос који се односи на примену нумеричких термохидрауличких симулација у поступку скалирања геометрије и термохидрауличких процеса генератора паре, приказан је у поглављу 4. рада [1], односно у потпоглављу 5.2 докторске дисертације.

У раду [2] усмено саопштеном на међународној конференцији и одштампаном у зборнику радова конференције, приказани су резултати добијени применом метода за скалирање генератора паре, који је развијен у оквиру докторске дисертације. У раду [3] који је саопштен на међународној конференцији и који је штампан у изводу, приказан је проблем скалирања генератора паре и илустрован је резултатима оствареним у докторској дисертацији.

### **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

На основу прегледа докторске дисертације, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је докторска дисертација под називом „**Термохидраулика хоризонталног генератора паре за вреловодне нуклеарне реакторе мање снаге**“ кандидата **Милоша А. Лазаревића**, маг. инж. маш., урађена према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и да је у складу са Статутом и Правилником о докторским студијама Машинског

факултета Универзитета у Београду. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији, Комисија констатује да је кандидат Милош А. Лазаревић, маг. инж. маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања и да докторска дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносима у научној области Машинско инжењерство, ужа научна област Термоенергетика. Кандидат је дошао до оригиналних научних резултата који су успешно верификовани и који се могу применити у инжењерској пракси.

Имајући у виду све наведено, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом **„Термохидраулика хоризонталног генератора паре за вреловодне нуклеарне реакторе мање снаге“** кандидата **Милоша А. Лазаревића**, студента Докторских студија, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 08.07.2026. год.

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
др Сања Миливојевић, ред. проф.  
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....  
др Владимир Стевановић, ред. проф.  
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....  
др Дарко Раденковић, ванр. проф.  
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....  
др Милан Петровић, научни сарадник  
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....  
др Милица Илић, виши научни сарадник,  
Институт за нуклеарне науке „Винча“,  
Институт од националног значаја за Републику Србију,  
Универзитет у Београду