

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Бојана П. Ивљанина, дипл.маш.инж.

Одлуком 1458/2 од 14.06.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Бојана П. Ивљанина, дипл.маш.инж. под насловом

ДВОФАЗНО СТРУЈАЊЕ ПРИ ПОВРАТНОМ ХИДРАУЛИЧКОМ УДАРУ

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат мр Бојан П. Ивљанин, дипл.инж.маш. је 01.07.2009. године на Машинском факултету Универзитета у Београду, одбранио магистарску тезу „Истраживање утицаја карактеристика Капланових турбина на нормалне прелазне режиме хидроелектрана“ и тиме стекао звање магистра техничких наука – машинство, ужа научна област хидроенергетика. Ментор магистарске тезе је био професор др Александар Гајић.

Кандидат мр Бојан П. Ивљанин, дипл.инж.маш. је 29.11.2011. године Већу за докторске студије Машинског факултета Универзитета у Београду поднео захтев за израду докторске дисертације са предлогом теме, захтев број 2953/1. По добијању сагласности Катедре за хидрауличне машине и енергетске системе и Катедре за термоенергетику Машинског факултета Универзитета у Београду, број 58/1 од 11.01.2012. године, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је Одлуку број 58/2 од 12.01.2012. године којом именује Комисију за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу:

- др Владимир Стевановић, ред. проф., Универзитет у Београду, Машински факултет
- др Александар Гајић, ред. проф., Универзитет у Београду, Машински факултет
- др Никола Рајаковић, ред. проф., Универзитет у Београду, Електротехнички факултет

На основу извештаја Комисије бр. 58/3 од 19.01.2012. године и одлуке ННВ бр. 58/4 од 26.01.2012. године, поднет је захтев Машинског факултета Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, које је на седници одржаној 27.02.2012. године донело Одлуку бр. 06-17338/15-12, да се мр Бојану П. Ивљанину, дипл.инж.маш., даје сагласност на предлог теме докторске дисертације „Двофазно струјање при повратном хидрауличком удару“, а под менторством др Владимира Стевановића, ред. професора.

Закључком број 412/1 од 01.03.2012. године Декан је закључио да се одобрава рад на теми докторске дисертације мр Бојана Ивљанина, дипл. маш. инж., под називом „ Двофазно струјање при повратном хидрауличком удару“ под менторством проф. др Владимира Стевановића, редовног професора Машинског факултета Универзитета у Београду.

На основу захтева мр Бојана Ивљанина, дипл. маш. инж., уз сагласност ментора проф. др Владимира Стевановића и Шефа Катедре за хидрауличне маши и енергетске системе, да му се продужи рок за израду докторске дисертације, Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку број 322/2 од 02.03.2017. године којом се одобрава продужење рока за израду докторске дисертације од 27.02.2017. године до 27.02.2018. године.

На основу захтева мр Бојана Ивљанина, дипл. маш. инж., уз сагласност ментора проф. др Владимира Стевановића, Шефа Катедре за хидрауличне машине и енергетске системе и Продекана за наставу, да му се продужи рок за израду докторске дисертације, Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку број 319/2 од 08.02.2018. године којом се одобрава продужење рока за израду докторске дисертације од 27.02.2018. године до 30.09.2018. године.

На основу обавештења проф. др Владимира Стевановића, ментора, број 1458/1 од 12.06.2018. године, да је мр Бојан П. Ивљанин завршио докторску дисертацију, као и сагласности Катедре за хидрауличне машине и енергетске системе, Наставно-научно веће Машинског факултета донело је Одлуку број 1458/2 од 14.06.2018. године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Владимир Стевановић, ред. проф., Универзитет у Београду, Машински факултет
- др Сања Миливојевић, доцент, Универзитет у Београду, Машински факултет
- др Никола Рајаковић, проф. Електротехничког факултета у пензији.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација мр Бојана П. Ивљанина, под насловом „Двофазно струјање при повратном хидрауличком удару“, припада области техничких наука – машинство, ужа научна област хидрауличне машине и енергетски системи, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

Израдом докторске дисертације руководио је др Владимир Стевановић, редовни професор на Катедри за термоенергетику Машинског факултета Универзитета у Београду. Проф. Стевановић је носилац предмета Моделирање прелазних процеса и Нумеричка механика вишефазних струјања на докторским студијама, као и предмета Двофазна струјања са фазним прелазом и Компјутерске симулације струјнотермичких процеса и CFD на мастер академским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду. До сада је објавио преко 10 радова у часописима категорије М21 из области моделирања и компјутерских симулација двофазних струјања, које обухватају и феномене хидрауличког удара.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Бојан Ивљанин је рођен 16.04.1976.год. у Београду где је 1990. године завршио основну школу. На крају осмогодишњег школовања био је добитник диплома „Вук Караџић“ и „Светозар Марковић“. Године 1994. је завршио средњошколско образовање у Шестој београдској гимназији на природноматематичком смеру са дипломом „Вук Караџић“. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је 1994. године где је и дипломирао 15.12.2000. године на смеру Хидроенергетика. Просечна оцена током студирања износила је 8,23 (осам и 23/100). Дипломски рад је радио из предмета Хидрауличне преноснице који је одбранио са оценом 10 (десет).

У периоду од 01.02.2001. до 22.02.2002. године је као стипендиста ресорног Министарства за науку, као таленат обдарен за научноистраживачки рад, радио на Машинском факултету Универзитета у Београду на Катедри за хидрауличне машине и енергетске системе. Школске 2001/2002 године уписао је последипломске студије на Катедри за хидрауличне машине и енергетске системе, на којој је децембра 2006. године положио све предвиђене испите да би 01.07.2009. године одбранио магистарску тезу под називом

„Истраживање утицаја карактеристика Капланових турбина на нормалне прелазне режиме хидроелектрана“ и стекао академски назив магистра техничких наука у области машинства. У периоду од 1994-2002 године на Институту за стране језике одслушао је и положио све курсеве енеглеског језика са највишим оценама, укључујући и курс FCE of Cambridge.

Решењем Декана Машинског факултета у Београду – бр. 339/1 од 19.03.2002. године, а на основу сагласности Наставно-научног већа од 21.02.2002. године, 22.02.2002. године засновао је радни однос у звању асистент-приправник за наставне предмете Турбомашине и хидрауличне преноснице на Машинском факултету Универзитета у Београду на Катедри за хидроенергетику, до 22.02.2006. године. Од 06.09.2004. до 15.09.2005. године одслужио је војни рок у цивилној служби. Решењем Декана Машинског факултета у Београду – бр. 108/4 од 08.06.2007. године, а на основу одлуке Изборног већа број 108/3 од 07.06.2007. године, 08.06.2007. године поново је изабран у звање асистент-приправник на Машинском факултету Универзитета у Београду, на Катедри за хидрауличне машине и енергетске системе, за период до 08.06.2010. године.

Након одбране магистарске тезе 01.07.2009. године, изабран је у звање асистента за ужу научну област Хидрауличне машине и енергетски системи 25.01.2010. године. У исто звање је реизабран 10.09.2012. године, решењима декана Машинског факултета у Београду – бр. 116/2 од 25.01.2010. године, а на основу одлуке Изборног већа МФ – бр. 116/1 од 21.01.2010. године, као и решењем декана Машинског факултета у Београду – бр. 554/6 од 12.07.2012. године, а на основу одлуке Изборног већа МФ – бр. 554/5 од 12.07.2012. године. Анексом уговора о раду број 11/88 закљученим дана 26.05.2014. године, продужен му је радни однос у звању асистента до 26.01.2016. године заведен под бројем 11/57 од 10.09.2015. године.

Решењем декана Машинског факултета у Београду – бр. 157/2 од 26.01.2016. године, а на основу члана 36. Статута Машинског факултета бр. 1876/1 од 04.10.2013. године, распоређен је на радно место сарадник у лабораторији – магистар на Катедри за хидрауличне машине и енергетске системе, до 26.01.2017. године, а решењем декана Машинског факултета у Београду – бр. 187/1 од 24.01.2017. године, а на основу члана 36. Статута Машинског факултета бр. 1876/1 од 04.10.2013. године, поново је распоређен је на радно место сарадник у лабораторији – магистар на Катедри за хидрауличне машине и енергетске системе у периоду од 27.01. 2016. године до 26.01.2018. године. Од 28.01.2018. године запослен је у Иновационом центру Машинског факултета на пословима формирања јединственог информационог система, формирања интерне мреже и интегрисања у факултетску мрежу, где је у радном односу и данас.

Школске 2003./2004. и 2005./2006. године изводио је аудиторне вежбе из предмета Техничко цртање на Катедри за техничке науке Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

У току свог рада од 01.02.2001. године на Машинском факултету је изводио наставу на основним студијама кроз аудиторне и лабораторијске вежбе из предмета: Топлотне машине – Турбокомпресори, Теоријске основе турбомашина, Турбомашине, Хидрауличне преноснице, а од 2006. године применом Болоњског процеса изводио је вежбе на предметима Увод у енергетику, Основе турбомашина, Примена турбомашина, Хидрауличне преноснице као и Основе турбомашина – Завршни предмет.

Од програмских језика и пакета користи: Microsoft Office, AutoCAD, док у потпуности влада енглеским и руским језиком о чему сведоче дипломе Института за стране језике у Београду.

Члан је више организационих одбора за међународне конгресе из области проблема струјања у хидрауличним машинама.

Марта 2010. године положио је стручни испит из области машинства и стекао лиценцу број 430 издату од стране Инжењерске коморе Србије.

Објавио је већи број радова који су публиковани у стручним часописима или су презентовани на међународним конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Бојана П. Ивљанина, дип.инж.маш. под насловом „**Двофазно струјање при повратном хидрауличком удару**“, написана је на српском језику, ћириличним писмом. Докторска дисертација има 110 страна формата А4, 39 слика, 1 табелу.

Дисертација се састоји од следећих поглавља:

1. Увод
2. Досадашња истраживања двофазних струјања при повратном хидрауличком удару
3. Хомогени модел нестационарног двофазног струјања течне и гасне фазе
4. Конститутивне корелације за одређивање размене масе и количине кретања на разделним површинама у двофазном току
5. Нумеричко решавање модела нестационарног струјања применом методе карактеристика
6. Резултати нумеричких симулација хидрауличког удара у двофазном току – валидација развијеног модела и компјутерског програма
7. Резултати нумеричких симулација повратног хидрауличког удара у хидроелектрани са Каплановом турбином
8. Закључак
9. Литература

Осим наведеног, дисертација садржи проширени резиме на српском и енглеском језику, садржај, номенклатуру, биографију аутора, као и прилоге: изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **првом поглављу** Увод приказан је механизам одвијања повратног хидрауличког удара у двофазном току, значај изучавања ове појаве са становишта сигурности хидроенергетских постројења и кратак преглед садржаја рада.

У **другом поглављу** је дат приказ резултата досадашњих истраживања повратног хидрауличког удара при коме долази до издвајања некондензујућих гасова из течне фазе са или без испаравања течности, у зависности од минималне вредности притиска у нестационарном току флуида. Указује се на постојеће експерименталне резултате и карактеристике нумеричких модела и резултата. На основу сагледавања постојећег стања изучавања појаве, дефинисани су задаци истраживања спроведених у оквиру докторске дисертације кандидата.

У **трећем поглављу** је развијен физички и математички модел хомогеног двофазног струјања течне и гасне фазе у струјном каналу променљивог попречног пресека. Дефинисане су претпоставке о хомогеном двофазном струјању и развијене су билансне једначине којима се описује нестационарно двофазно струјање хомогеног флуида са или без размене масе на разделним површинама течне и гасне фазе, услед издвајања и апсорпције некондензујућег гаса и услед фазног прелаза испаравањем и кондензацијом.

У **четвртном поглављу** су приказани развијени модели за апсорпцију и десорпцију у двофазном току воде и ваздуха, развијени модели адијабатског испаравања и кондензације воде и водене паре на притисцима нижим од атмосферског, као и модели примењени за одређивање трења при нестационарном струјању и брзине звука у једнофазном и двофазном току.

Поступак нумеричког решавања развијеног модела методом карактеристика је приказан у **поглављу пет**. Полазне парцијалне диференцијалне једначине у хиперболичком облику, које описују биланс масе и количине кретања, применом методе карактеристика су

преведене у систем обичних диференцијалних једначина, које су дефинисане за карактеристичне правце дефинисане кретањем таласа притиска у просторно-временском координатном систему. Диференцијали зависно променљивих су апроксимирани коначним разликама и диференцијалне једначине су преведене у систем алгебарских једначина који омогућава експлицитно нумеричко решавање проблема нестационарног струјања.

У **поглављу шест** су приказани резултати валидације развијених модела и компјутерског програма. Приказане су нумеричке симулације спроведених експеримената хидрауличног удара са кавитацијом. Добијени нумерички резултати су упоређени са измереним вредностима на лабораторијским инсталацијама и на изведеној хидроелектрани и добијено је задовољавајуће слагање.

У **поглављу седам** су приказани резултати спроведене нумеричке симулације и анализе повратног хидрауличног удара у хидроелектрани са Каплановом турбином. Приказује се механизам издвајања ваздуха у води, са или без испаравања воде, као и динамика двофазног струјања низводно од радног кола турбине, у зависности од брзине затварања спроводног апарата. Спроведена је анализа добијених резултата од значаја за сигурност постројења.

У **осмом поглављу** дисертације дата су закључна разматрања са критичким освртом на остварене резултате спроведених истраживања. Истакнут је научни допринос дисертације и примењивост резултата истраживања у оквиру пројектовања и анализа сигурности хидроенергетских постројења.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Двофазно струјање при коме долази до повратног хидрауличног удара је тема савременог истраживања, како због свог значаја за сигурност различитих хидрауличких постројења, тако и због недовољног познавања механизма размене масе и количине кретања на разделним површинама у двофазном току, при чему ови процеси одређују амплитуде и брзине простирања таласа притиска при хидрауличком удару, то јест динамика њиховог одвијања непосредно утиче на сигурност постројења у прелазним режимима при којима долази до кавитације. На савременост истраживања указује и публикавање радова на тему хидрауличног удара са кавитацијом у врхунским међународним часописима у последњих неколико година.

Спроведено истраживање је оригинално јер је развијен нови модел двофазног струјања при повратном хидрауличком удару. Постојећи стандардни модели хидрауличног удара са кавитацијом су засновани на већем броју претпоставки о двофазном струјању, као што су: (а) минимални притисак при кавитацији је притисак засићења одређен температуром течности, (б) гасна фаза је сконцентрисана у чворовима нумеричке мреже, док је струјни канал између чворова испуњен течношћу, (в) брзина звука у запреминама са двофазном мешавином је једнала нули, (г) запремина гасног простора је одређена инерцијом кретања разделне површине стуба течности и гасне запремине, при чему се брзина размене масе на разделној површини течности и паре не узима у обзир, итд. За разлику од овог стандардног приступа, модел двофазног струјања који је развијен у докторској дисертацији, заснован је на брзини размене масе између фаза. Развијени су модели за предвиђање величине разделне површине између фаза и масеног флукса апсорпције и десорпције ваздуха у води, односно испаравања и кондензације у неравнотежним условима размене масе. Коначно, брзина размене масе се одређује као производ разделне површине и масеног флукса. Показује се да амплитуда и брзина простирања таласа притиска зависи од брзине размене масе на разделним површинама фаза.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Литература обухвата укупно 83 референце, које су највећим делом научни и стручни радове објављени у водећим међународним часописима, затим следе дисертације и књиге које се односе на термодинамику и механику флуида двофазних струјања, нумеричку механику флуида, кавитацију итд. Прегледом листе коришћених радова закључује се да је кандидат имао на располагању и проучио доступну референтну литературу. Она је послужила као полазна основа за формирање прегледа досадашњих истраживања и релевантан приказ тренутног стања у области. Кандидат је коректно проучио и цитирао наведене изворе.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

При изради дисертације примењене су научне методе неопходне при нумеричко-аналитичком моделирању и валидацији добијених резултата, као што су:

- Анализа резултата публикованих научних и стручних радова из области простирања таласа притиска у хидрауличким системима, појаве хидрауличног удара, двофазних струјања течности и гасне фазе, размене масе услед фазног прелаза, апсорпције и десорпције,
- Примена теоријских модела за математичко описивање двофазног струјања течне и гасне фазе,
- Развој теоријских и полуемпиријских модела за предвиђање размене масе на разделним површинама у двофазном току течне и гасне фазе,
- Развој и примена нумеричке методе карактеристика за решавање система парцијалних диференцијалних једначина хиперболичног типа које описују нестационарно струјање компресибилног флуида,
- Примена методе Рунге-Куте за решавање система обичних диференцијалних једначина у оквиру симулације динамичког раста мехура,
- Развој алгоритама и компјутерских програма за симулације и анализе проблема примењене механике флуида, термодинамике и простирања супстанције,
- Методе анализе и валидације нумеричких резултата поређењем са експериментално измереним величинама.

На основу приказаног, може се закључити да су у изради докторске дисертације коришћене адекватне теоријске и нумеричке методе за предвиђање двофазног струјања при повратном хидрауличком удару.

3.4. Применљивост остварених резултата

Кандидат мр Бојан П. Ивљанин, дип.инж.маш. је у раду на докторској дисертацији остварио значајне научне резултате, чија је примена значајна за сигурносне анализе хидрауличких и хидроенергетских постројења у циљу предвиђања прелазних услова при којима долази до појаве двофазног струјања са хидрауличким ударом. Развијени компјутерски програм се може користити при пројектовању и анализама сигурности прелазних услова у нормалном погону или при деловању поремећаја или при деловању турбинског регулатора на промене снаге, фреквенце и брзине обртања генератора, као и при хидрауличком удару насталом услед промена снаге пумпи, хидротурбина или пумпи-турбина и/или промена положаја лопатица спроводног апарата, регулационих или преградних затварача и засуна, испад хидротурбина или пумпи итд. Добијени резултати показују амплитуде, брзине простирања, периоде и пригушења таласа притиска у цевним системима и

компонентама хидрауличких постројења, што је подлога за одређивање механичких оптерећења којима нестационарна струја флуида и таласи притиска делују на структуру цевовода, посуда, ослонце и овешења, унутрашње елементе хидрауличких машина итд.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Чланови Комисије сматрају да је кандидат показао да има смисао и знање неопходно да самостално препозна и систематски решава инжењерске и научне проблеме, примењујући савремене теоријске и нумеричке методе и анализе нумеричких и експерименталних резултата, да користи расположиву литературу и да успешно влада савременим истраживачким методама. Резултати докторске дисертације доказ су способности кандидата за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени су следећи научни доприноси:

- развој аналитичког модела за предвиђање брзине издвајања (десорпције) масе ваздуха раствореног у води по јединици запремине двофазне мешавине, у условима када је локални притисак флуида нижи од притиска засићења ваздуха у води, односно за предвиђање брзине апсорпције ваздуха у води по јединици запремине двофазне мешавине, у условима када је локални притисак флуида виши од притиска засићења ваздуха у води; брзина издвајања и апсорпције ваздуха по јединици запремине се одређује као производ концентрације разделне површине између течне и гасне фазе и масеног флукса прелаза масе, при чему је масени флукс пропорционалан разлици стварног масеног удела ваздуха у води и равнотежног масеног удела који је одређен локалним притиском;
- развој аналитичког модела за предвиђање брзине испаравања воде по јединици запремине двофазне мешавине, у условима када је локални притисак флуида нижи од локалног притиска засићења фазног прелаза одређеног температуром воде, односно за предвиђање брзине кондензације паре по јединици запремине двофазне мешавине, у условима када је локални притисак флуида виши од притиска засићења фазног прелаза одређеног температуром воде; брзина испаравања и кондензације по јединици запремине се одређује као производ концентрације разделне површине између течне и гасне фазе и масеног флукса фазног прелаза, при чему је масени флукс пропорционалан разлици температуре воде и температуре сатурације одређене локалним притиском;
- развијен је алгоритам и компјутерски програм за симулације и анализе нестационарног струјања хомогене двофазне мешавине са разменом масе између течне и гасне фазе услед десорпције и апсорпције некондензујућег гаса, као и услед адијабатског испаравања и кондензације у условима динамичке промене притиска.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне научне литературе и сагледавања постојећих решења из области докторске дисертације, може се констативати да су резултати истраживања у тези значајни и да су применљиви у пракси.

Научни доприноси наведени у тачки 4.1 представљају унапређење научних знања у поређењу са постојећим стањем. Развијени су модели који предвиђају механизме размене масе између фаза у двофазном току при коме долази до хидрауличног удара, при чему амплитуде таласа притиска и динамика њиховог простирања током хидрауличног удара у највећој мери зависи од наведене међуфазне размене масе и следствено томе од

запреминског удела гасне фазе и брзине простирања звука у двофазној мешавини. До сада коришћене методе су биле засноване на претпоставкама о одвијању двофазног струјања (наведеним у другом пасусу подпоглавља 3.1 Реферата), које не омогућавају сагледавање утицаја неких битних параметара на динамику хидрауличког удара, као што су почетни удео ваздуха раствореног у води, ниво достигања минималног притиска при хидрауличком удару и утицај минималног притиска на брзину међуфазног прелаза масе, запремински удео гасне фазе у двофазној мешавини, брзину простирања таласа притиска, пригушење таласа притиска и периоде осциловања у струјним каналима.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија M22 - Истакнути међународни часопис

1. **Ivljanin, B.**, Stevanovic, V., Gajic, A.: Water hammer with non-equilibrium gas release, International Journal of Pressure Vessels and Piping, ISSN 0308-0161, 2018., DOI: 10.1016/j.ijpvp.2018.07.009. (IF2017=1.543)

Категорија M51 - Истакнути национални часопис

2. Gajić A., Ignjatović B., Predić Z., **Ivljanin B.**: Test of Cam Characteristic of The Kaplan Turbine by On-Site Measurement, FME Transactions, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, New Series, Vol.33, Number 3, 2005.

Категорија M33 - Саопштења са међународних скупова штампана у целини

3. Gajić A., Pejović S., **Ivljanin B.**: Reverse Waterhammer – Case Studies, International Conference on Case Studies in Hydraulic Systems – CSHS '03, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2003.
4. Gajić A., **Ivljanin B.**: Characteristics of the Kaplan Turbine and Its Influence on the Normal Transient Regimes, Процеедингс IAHR WG Meeting on Cavitation and Dynamic Problems in Hydraulic Machinery and Systems, Brno, Czech Republic, 2009.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације под називом „Двофазно струјање при повратном хидрауличком удару“, кандидата мр Бојана П. Ивљанина, дипл. инж. маш., Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду.

На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана тематика значајна и актуелна у стручној и научној јавности, констатује се да је кандидат мр Бојан П.Ивљанин, дипл. инж. маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Кандидат је остварио оригиналне резултате моделирања и компјутерских симулација двофазног струјања при повратном хидрауличком удару. Развио је механистичке моделе размене масе на разделним површинама течне и гасне фазе при десорпцији и апсорпцији некондензујућег гаса у течности и адијабатског испаравања и кондензације у двофазном току који настаје при кавитацији у течности и при коме долази до хидрауличког удара. Развијени модели и компјутерски програм су валидирани поређењем добијених нумеричких резултата са расположивим експерименталним подацима. Развијени метод је од значаја за сигурносне анализе хидроенергетских постројења. Његова примена је показана на примеру симулације и анализе повратног хидрауличког удара хидроелектране са Каплановом турбином. Резултати истраживања су публиковани у истакнутом међународном часопису категорије M22.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносом у области техничких наука - машинство, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да прихвати Реферат Комисије, да дисертацију под називом „Двофазно струјање при повратном хидрауличком удару“ стави на увид јавности и да Реферат упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 06.07.2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Владимир Стевановић, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Сања Миливојевић, доцент
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Никола Рајаковић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет