

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

1267/5

(Број захтева)

18.08.2014. године

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

МИЛАНА (ДРАГАН) КАЛАЈЦИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **МИЛАН (ДРАГАН) КАЛАЈЦИЋ** уписан на Докторске студије 2006. године.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Подноео је захтев за израду докторске дисертације:

КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА

Универзитет је дана 26.03.2012. год. својим актом под бр. 06-17793/19-12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **МИЛАНА (ДРАГАН) КАЛАЈЦИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 19.06.2014. године, одлуком факултета под бр. 1267/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Милан Хофман	Ред.проф. у пензији	Бродоградња	Машински факултет Београд
2. Др Дејан Радојчић	Ред.проф.	Бродоградња	Машински факултет Београд
3. Др Милорад Моток	Ред.проф.	Бродоградња	Машински факултет Београд
4. Др Игор Бачкалов	Доцент	Бродоградња	Машински факултет Београд
5. Др Александар Симић	Доцент	Бродоградња	Машински факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 17.07.2014. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1267/4
Датум: 17.07.2014. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 30. Закона о високом образовању (Сл.гласник 76/05, 100/07 и 44/10) и чл. 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и извештаја Комисије у саставу: др Милан Хофман, ред.проф. МФ у пензији, ментор, проф.др Дејан Радојчић, проф.др Милорад Моток, доц.др Игор Бачкалов и доц.др Александар Симић, о оцени докторске дисертације „Кретање једрилице под дејством променљивог ветра“ докторанта Милана Калајџића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 17.07.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцenu и одбрану докторске дисертације **„КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА“** докторанта **МИЛАНА КАЛАЈЏИЋА, дипл.инж.маш.**

Извештај о оцени и одбрани докторске дисертације, по истеку рока од 30 дана увида јавности, доставља се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милана Калајџића, дипл. инж. маш., студента докторских студија

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр.1267/2 од 19. јуна 2014.године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милана Калајџића, дипл. инж. маш. под насловом:

КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА

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

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Милан Калајџић, дипл. инж. маш, уписао је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2006/2007. године. На његов захтев, школске 2009/2010. године одобрен му је статус мировања (због служења војног рока), а школске 2013/2014. године поново продужен статус студента докторских студија. Након што је положио све испите и стекао све друге неопходне услове, кандидат Милан Калајџић, дипл.инж. маш., пријавио је израду докторске дисертације 24. јануара 2012. године Катедри за бродоградњу Машинског факултета у Београду (арх.бр.176/1). Кандидат је за ментора предложио редовног професора др Милана Хофмана.

На основу пријаве кандидата, Колегијум наставника Катедре за бродоградњу је 07. фебруара 2012. године предложио Комисију за подношење извештаја о испуњености услова кандидата и научне заснованости предложене теме докторске дисертације, у саставу: проф. др Милан Хофман, проф. др Дејан Радојчић, проф. др Милорад Моток, доц. др Игор Бачкалов и проф. др Владета Чолић са Саобраћајног факултета у Београду (арх.бр.176/2). Одлуком ННВ бр.176/3 од 09. фебруара 2012. године овај предлог је прихваћен.

Комисија је 27. фебруара 2012. године поднела Извештај у коме Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду предлаже да одобри тему докторске дисертације под насловом „КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА“, наводећи да кандидат испуњава законске услове и да је предложена тема адекватна за израду докторске дисертације (арх.бр.176/4).

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници која је одржана 26. марта 2012. године, донело је одлуку 06-17793/19-12 и дало сагласност да се одобрава рад на предложеној теми докторске дисертације под менторством редовног професора др Милана Хофмана. На основу добијене сагласности, Наставно-научно веће Машинског факултета доноси Закључак бр.660/1 од 04.

априла 2012. године којим се одобрава рад на теми докторске дисертације „КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА“ докторанта Милана Калајџића, дипл. маш. инж., а за ментора дисертације именује проф. др Милан Хофман.

Ментор др Милан Хофман, редовни професор у пензији, упутио је 17. јуна 2014. године Декану и Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду допис о завршетку докторске дисертације (арх.бр.1267/1). Том приликом је предложена комисија за оцену и одбрану дисертације у саставу: проф. др Дејан Радојчић, проф. др Милорад Моток, доц. др Игор Бачкалов, доц. др Александар Симић и проф. др Милан Хофман, редовни професор МФ у пензији.

Наставно-научно веће је на седници 18/1314 одржаној 19. јуна 2014. године усвојило обавештење о завршетку дисертације кандидата и донело Одлуку (бр.1267/2) о именовању предложених чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.2. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација „КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА“ припада области техничких наука, односно машинству и ужој научној области бродоградња – динамика брода, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милан Калајџић рођен је 25. августа 1982. године у Београду. Основну школу завршио је у Скели, а гимназију у Обреновцу. Дипломирао је 09. октобра 2006. године на Машинском факултету Универзитета у Београду, на Смеру за бродоградњу, са просећном оценом 9.37 и оценом 10 на дипломском испиту. Тема дипломског рада била је: Ефикасност речних гурачких састава при превозу контејнера. Уписао је докторске студије на Смеру за бродоградњу Машинског факултета школске 2006/07. године. На основу тога је, као стипендиста Министарства науке, ангажован на Катедри за бродоградњу Машинског факултета, и то као сарадник у настави и као истраживач на пројекту Технолошког развоја TP-6317A и (касније) TP- 14012. Од септембра 2010. године запослен је на Машинском факултету као асистент с пуним радним временом на групи предмета Бродоградње. На основу резултата остварених у претходном периоду, додељена му је прва (Т1) категорија истраживача, и као такав је ангажован на пројекту Технолошког развоја TP-35009 (Развој нове генерације сигурних, ефикасних, еколошких (СЕ-ЕКО) бродова).

Милан Калајџић завршио је Машински факултет у року, са просечном оценом на стручним предметима Смера за бродоградњу 10.00. Током студија није пао, нити поништио, ниједан испит. Добио је, као студент додипломских студија низ награда и признања. Проглашаван је 2004, 2005. и 2006. године за најбољег студента III, IV и V године студија Машинског факултета. Проглашен је, 2006. године, за првог дипломираног студента генерације 2001/2002, а 2007. године за Студента генерације 2005/2006. Машинског факултета. Добио је, 2005. године, награду Фонда Михајло Пупин Српске народне одбране из Америке, а 2007. године награду „Проф. др Војислав К. Стојановић“ Удружења универзитетских професора и научника Србије, као најбољи студент V године студија.

Још од почетка ангажовања као стипендиста Министарства науке, Милан Калајџић учествује у извођењу наставе на Смеру за бродоградњу Машинског факултета. Држао је (и држи) аудиторне вежбе из предмета Бродски системи, Пловност и стабилитет брода, Пројектовање брода и Рачунарски алати у

бродоградњи. Такође обавља преглед пројеката на предметима Пловност и стабилитет брода и Пројектовање брода. Учествује у припреми и прегледу испитних задатака, као и дипломских радова из предмета на којима је ангажован.

Милан Калајџић је коаутор четири рада који су објављени у међународним часописима, од тога два рада су објављена у часописима са СЦИ листе.

Током докторских студија и рада на пројектима Технолошког развоја, кандидат се бавио са неколико различитих тема из области бродоградње. Прикључио се истраживачкој групи која је проучавала сигурност брода под дејством ветра и таласа и, у оквиру тих истраживања, објавио два заједничка рада и једно техничко решење. Бавио се и бродском хидродинамиком и, у оквиру ових истраживања, објавио два заједничка рада и остварио два техничка решења. Бавио се, у оквиру стручних активности, и прорачунима стабилитета неоштећених, оштећених и насуканих бродова, као и бродским мерењима у реалним условима пловидбе. Радио је и на прорачунима уређаја за конверзију енергије таласа у електричну енергију.

Као члан истраживачког тима Катедре за бродоградњу Машинског факултета Универзитета у Београду добио је међународну награду из области бродоградње „The 2007 Royal Institution of Naval Architects (RINA) and Lloyd’s Register Educational Trust SHIP SAFETY AWARD“, (Годишњу награду за сигурност бродова, коју додељује британско Краљевско друштво бродоградитеља и Лојд регистар). Награда је добијена за допринос развоју нових правила о сигурности брода базираних на ризику од наплављивања и превртања: „Development of risk-based ship stability regulations“.

Добио је, 2010. године, међународну награду „WAKENAM Prize“ за рад „Fifty Years of the Gawn-Burrill KCA Propeller Series“, коју му је доделило британско Краљевско друштво бродоградитеља (RINA), за најбољи рад аутора млађег од 30 година, објављен у часописима Друштва.

Милан Калајџић је одржао и два предавања на скуповима Друштва бродограђевних инжењера и техничара ДБИТ,

„Нове методе провере стабилитета речних бродова“,

„Мерење и анализа апсорбције снаге, вибрација и буке на броду за превоз расутог терета ERLYNE“,

на којима је представио своје истраживачке активности.

Члан је британског Краљевског удружења бродоградитеља RINA (The Royal Institution of Naval Architects) и Друштва бродограђевних инжењера и техничара Србије (ДБИТ).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Милана Калајџића, дипл.инж. машинства, под насловом „КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА“ је документ формата А4, штампан једнострано, са текстом на српском језику на 140 нумерисаних страна. Дисертација садржи укупно осам делова, при чему су списак коришћене литературе и прилози дати као последње две целине. Дисертација садржи следеће делове:

1. Увод
 2. Теоријске основе кретања једрилице,
 3. Стационарно кретање једрилице у воденој струји,
 4. Нестационарно кретања једрилице под дејством променљивог ветра у мирној води,
 5. Нестационарно кретања једрилице под дејством променљивог ветра у воденој струји,
 6. Закључне напомене и смернице за будућа истраживања,
- Литература,
Прилози,

Текст је илустрован са 110 слика и дијаграма, већином у боји, и 16 табела. У попису коришћене литературе наведено је 90 библиографских јединица.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом – уводном поглављу дисертације укратко је описан предмет истраживања и указано на комплексност аеродинамичких и хидродинамичких појава до којих долази при кретању једрилице. Кроз сажет опис појединих проблема које је неопходно решити у циљу моделирања кретања једрилице под утицајем променљивог ветра у воденој струји, објашњени су и постављени циљеви истраживања. Осим тога, у уводном поглављу је представљена структура рада, чиме се олакшава праћење изнете материје. Такође је дат и преглед литературе из разматране области са освртом на развој експериментних, нумеричких и теоријских метода које се користе.

У другом поглављу „Теоријске основе кретања једрилице“ дате су теоријске основе аеро-хидродинамике и динамике једрилице. Приказани су и објашњени поступци за моделирање аеродинамичких сила које делују на једра, и хидродинамичких сила које делују на труп брода. Приказан је и оригинални поступак који узима у обзир утицај водене струје на кретање једрилице. Описан је поступак симулације променљивог, хаотичног ветра на основу енергетског спектра ветра, који до сада није примењиван у проблемима динамике једрилица. Приказан је и поступак оптимизације положаја једара, са циљем добијања максималне узгонске силе једара и повећања брзине пловидбе. На крају су, за претпостављене сложене услове нестационарног кретања једрилице под дејством променљивог ветра у воденој струји, изведене спрегнуте нелинеарне диференцијалне једначине пловидбе једрилице са четири степена слободе кретања. Треба рећи да се у теорији брода користе два приступа при извођењу диференцијалних једначина кретања. Једначине се могу извести у покретном координатном систему везаном за променљиво кретање тежишта брода. Такав поступак се, углавном, користи при решавању проблема везаних за кормиларења брода. Диференцијалне једначине је могуће извести и у инерцијалном координатном систему везаном за стационарно кретање тежишта брода, у односу на који брод врши осциловање. Овај приступ се користи у решавању проблема кретања брода на таласима. За

кретање једрилица су се, по правилу, до сада користиле једначине неинерцијалног координатног система. Аутор је, по први пут, извео једначине динамике једрилице у инерцијалном координатном систему какав се користи при анализи кретања брода на таласима. Овакав приступ, између осталог, омогућава прецизније одређивање хидродинамичких коефицијената, и коришћење већ постојећих програма за њихов прорачун.

У трећем поглављу „Стационарно кретање једрилице у воденој струји“ обрађен је проблем стационарне пловидбе једрилице под дејством константног ветра у присуству речне или морске струје различитог интензитета и правца. Водена струја мења апсолутну брзину пловидбе једрилице, тиме утиче на привидну брзину ветра и мења аеродинамичке силе, што повратно делује на хидродинамичке силе које делују на труп... Проблем је зато неопходно решавати сложеним итеративним поступком, који је развијен у оквиру дисертације, и на основу кога је начињен оригинални компјутерски програм. С обзиром да нису нађени радови који се баве овом проблематиком, и да је у класичној бродској хидродинамици (која не укључује ветар) утицај водене струје крајње једноставан, постојала је бојазан да ће добијена решења бити тривијална. Напротив, добијена је веома интересантна и сложена интеракција брзина водене струје, брзине ветра и брзине једрилице, значајна како за пројектовање једрилице, тако и за примену на регатама које се возе по рекама и областима с јаким морским струјама. Приказ утицаја водене струје на кретање једрилице дат је у форми дводимензионалних поларних дијаграма, за различите интензитета и правце вектора брзине водене струје. По први пут су конструисани и тродимензионални поларни дијаграми, помоћу којих су приказани утицаји промене интензитета и правца вектора брзине водене струје. Резултати добијени у овом поглављу се користе и у наредним поглављима као еталон вредности, за поређење са перформансама при нестационарном кретању једрилице под дејством променљивог ветра.

У четвртном поглављу „Нестационарно кретања једрилице под дејством променљивог ветра у мирној води“ одређена су и анализирана решења нестационарног кретања једрилице под дејством променљивог, хаотичног ветра. Утицај водене струје није узет у обзир. Развијен је оригинални компјутерски програм за нумеричко решавање система спрегнутих, нелинеарних диференцијалних једначина кретања једрилице, и одређивање залетање, ваљање и заносење једрилице у функцији времена. Приказана су и решења модела нестационарног кретања у случају константног ветра, како би се верификовали резултати програма. Треба рећи да модели нестационарног кретања једрилице већ постоје, што се види и из приложеног прегледа литературе. Ипак приступ аутора је и овде оригиналан, он користи „своје“ једначине кретања, дејство ветра симулира преко спектра ветра (што се код једрилица до сада није примењивало) и на оригиналан начин одређује део хидродинамичких коефицијената. Симулирана су кретања једрилице за различите правце променљиве брзине ветра. Вршена је стохастичка анализа добијених кретања, и тражена средња брзина пловидбе једрилице под различитим условима – у случају да се једра поставе у фиксан (оптималан) положај у односу на стационарно кретање, и у случају да је положај једара променљив, и да одговара тренутном оптимуму. Анализиран је утицај брзине и правца ветра, положаја једара, и одређвана средња брзина пловидбе која се постиже правилним позиционирањем једара током реалног, нестационарног једрења.

Коначно, у поглављу пет „Нестационарно кретања једрилице под дејством променљивог ветра у воденој струји“, у проблем се укључује и речна, односно морска струја. Поглавље је садржински слично поглављу четири. Програму за решавање нелинеарних спрегнутих диференцијалних једначина кретања једрилице придодат је и утицај водене струје, и помоћу њега решавано залетање, ваљање и заносење једрилице у

функцији времена. Међутим, за разлику од поглавља четири, и стационарно кретање на које се резултати своде у случају константног ветра представља оригинални допринос рада (видети поглавље три). Анализа коју аутор даје је зато потпуно нова и, по мишљењу Комисије, представља најзначајнији допринос докторске дисертације. Анализира се утицај брзине и правца ветра, брзине и правца водене струје, положај једара, и одређује средња брзина пловидбе која се постиже правилним позиционирањем једара током реалног, нестационарног једрења. Дата је и симулација пловидбе једрилице на регатном пољу, на ком долази до промене интензитета водене струје, и то када кормилар коригује своје кретање у складу с препорукама програма, и када занемари промене интензитета водене струје. Оваквом анализом показује се да утицај водене струје на перформансе једрилице може бити веома значајан.

У шестом поглављу дати су општи закључци проистекли из приказаних истраживања, као и смернице за усавршавање коришћених метода и програма током будућих истраживања.

Након ових шест поглавља дат је списак референтне литературе коришћене током истраживања.

На крају дисертације дато је неколико прилога. Тако је, у Прилогу 1, дат опис једрилице која је, као типичан пример, коришћена током прорачуна. Затим је, у Прилогу 2, приказан већи број поларних дијаграма стационарног кретања одабране једрилице, за различите брзине ветра и водене струје. У Прилогу 3 дате су смернице за мерења перформанси једрилице и анализу измерених резултата помоћу метода приказаних у оквиру дисертације. У Прилогу 4 дат је кратак опис развијеног програма.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Иако се ветар већ дуго не користи за погон комерцијалних бродова, а једрилице имају првенствено спортску и рекреативну сврху, истраживања кретања једрилица су веома бројна, и на њих се примењују најсавременији методи аеро и хидродинамике, динамике, и чврстоће брода. Постоји низ часописа и тематских конференција које се баве баш овом проблематиком. Циљ већине радова из ове области је побољшање перформанси једрилица применом савремених метода, новог софтвера и експерименталних мерења. До недавно, истраживања су се углавном бавила стационарним кретањем једрилица под дејством константног ветра. Тек последње деценије, прешло се на проучавање променљивог ветра и одговарајућег тзв. динамичког једрења. Докторска дисертација „КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА“ у потпуности се уклапа у овај савремени тренд. Уочено је да, до сада, на једрилице није примењен савремени поступак одређивања променљивог, хаотичног ветра на основу семи-емпиријских спектра ветра, са којим су се аутор и ментор бавили при анализи стабилитета брода у олујама (видети радове аутора [1], [3], [6]). Ово је дало подстрек за истраживања динамичког једрења у којима би се флукуације брзине ветра третирале на нов начин. Да би се истраживање проширило и употпунило, придодат је и (до сада занемариван) утицај водене струје. Кандидат је дуго решавао овај проблем, не избегавајући да се упусти и у најсложеније анализе. Сем теоријских знања, применио је своја практична искуства из једрења. Из текста дисертације види се његов ентузијазам и жеља да реши постављени проблем, али и љубав према једрењу и једрилицама. Резултат је, по мишљењу Комисије, савремен и оригиналан рад, који даје веома значајан допринос разматраној проблематици.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је коришћена обимна литература из области динамике брода, посебно кретања једрилица, из области бродске хидродинамике и аеродинамике, као и из области вештачких неуронских мрежа. На тај начин је дат релевантан приказ постојећег стања у областима којима припадају проблеми решени у докторској дисертацији. Могуће је уочити да је литература која разматра нестационарно кретање једрилица настала у последњих 10 година, што додатно сведочи о савремености анализираних проблематике.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методе примењене у овом раду одговарају методологији истраживања у савременим радовима из области динамике брода. Како би се остварио постављени циљ тезе, а услед сложености хидродинамичких и аеродинамичких појава које прате кретање једрилица, при истраживању су коришћене аналитичке, емпиријске и нумеричке методе.

За претпостављене сложене услове нестационарног кретања једрилице под дејством хаотичног ветра у воденој струји, изводе се спрегнуте нелинеарне диференцијалне једначине пловидбе једрилице са четири степена слободе кретања. Силе ветра одређиване су из семи-емпиријских спектра брзине ветра, при чему се, као меродавна, узима привидна брзина ветра која делује на једра. Хидродинамичке силе које делују на труп једрилице, одређују се на бази семи-емпиријских полинома тзв. Делфтске серије једрилица, при чему се, као меродавна брзина, узима релативна брзина једрилице у односу на брзину воде. Диференцијалне једначине кретања се решавају нумеричким путем, и одређује залетање, ваљање, заносење и закретање једрилице у функцији времена. Врши се стохастичка анализа добијених кретања, и тражи средња брзина пловидбе једрилице под различитим условима – у случају да се једра поставе у фиксан (оптималан) положај у односу на стационарно кретање, и у случају да је положај једара променљив, и да одговара тренутном оптимуму. Анализира се утицај брзине и правца ветра, брзине и правца водене струје, положаја једара, и одређује се повећање средње брзине пловидбе које се постиже правилним позиционирањем једара током реалног, нестационарног једрења.

За потребе истраживања развијен је и оригинални рачунарски програм са више модула: један модул се бави проценом отпора једрилице, други модул порачунава стационарно кретање са и без утицаја водене струје, трећи модул прорачунава нестационарно кретање једрилице при променљивом ветру са и без утицаја водене струје.

Аутор је, при решавању сложеног проблема који је постављен, показао да одлично влада неопходним знањима из динамике брода, механике флуида, математике и програмирања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације применљиви су и у научном, али имају и широку практичну примену. Компјутерски програм који је развијен у оквиру дисертације, а који симулира кретање једрилице у нестационарним условима пловидбе, користиће се за даљи истраживачки рад, али и за практичне прорачуне брзине једрилица, њихову оптимизацију и пројектовање. Развијене методе и поступци за

одређивање кључних аеро-хидродинамичких величина везаних за нестационарну пловидбу једрилице са и без утицаја водене струје могу се користити не само за побољшање перформанси приликом пројектовања нових једрилица, већ и за анализу и побољшање постојећих једрилица, њихових делова (једра, изданака, итд.). Могу се користити током једрења, за правилно позиционирање једара, али и за анализу резултата реалних мерења током кретања једрилице. Резултати компјутерских програма развијених у оквиру дисертације омогућавају:

- одабир оптималних димензија и форме једрилице у фази пројектовања,
- одабир димензија и типа изданака трупа (кобилице, кормила, крила, итд),
- одабир димензија и типа једриља (јарбол, једра, итд),
- утицају побољшања аеродинамике и хидродинамике изданака на перформансе једрилице,
- систематску варијацију плана једара, опреме и изданака са циљем налажења најбоље комбинације,
- процену утицаја структурних промена једрилице на њене перформансе,
- анализу резултата добијених из моделских испитивања у базенима и ваздушним тунелима,
- процену отпора при кретању једрилице за одабир помоћног мотора.

Програм отвара и могућност предвиђања и анализе кретања једрилица на регатном пољу, при чему ће бити погодан и за планирање тактике, као и припрему једриличарских тимова за такмичења.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кроз рад на докторској дисертацији који је трајао преко пет година, и кроз остале стручне и научне пројекте у којима је учествовао, кандидат се развио у успешног самосталног истраживача из области бродоградње. Поседује неопходно стручно знање, али и интелектуални потенцијал и друге индивидуалне квалитете (вредноћу, жељу за знањем, упорност, скромност) неопходне за успешан научно-истраживачки рад. То потврђују и радови које је до сада објавио, али и две веома значајне међународне награде британског Краљевског друштва RINA.

Комисија сматра да је за Катедру за бродоградњу веома значајно да има овако успешног младог сарадника.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација, по мишљењу Комисије, представља савремен и оригиналан рад, који даје веома значајан допринос теорији нестационарног кретања једрилице под дејством променљивог ветра. Прецизније, остварени научни доприноси докторске дисертације „КРЕТАЊА ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА“ могу се сумирати у следеће:

- Изведене су оригиналне спрегнуте нелинеарне диференцијалне једначине пловидбе једрилице са четири степена слободе кретања под дејством променљивог ветра у воденој струји;
- Примењен је оригинални начин моделирања ветра, код кога се утицај флукуација ветра одређује преко спектра брзине ветра;
- Решен је проблем стационарног кретања једрилице у воденој струји, и добијена веома интересантна и сложена интеракција брзина водене струје, брзине ветра и брзине једрилице;

- Анализиран је проблем нестационарне пловидбе једрилице под дејством променљивог, хаотичног ветра, без утицаја водене струје. Развијен је оригинални компјутерски програм за нумеричко решавање система спрегнутих, нелинеарних диференцијалних једначина кретања једрилице, и одређивано залетање, ваљање и заношење једрилице у функцији времена.
- Анализиран је проблем нестационарне пловидбе једрилице под дејством променљивог, хаотичног ветра, са утицајем водене струје. Програму за решавање нелинеарних спрегнутих диференцијалних једначина кретања једрилице придодат је утицај водене струје, и решавано залетање, ваљање и заношење једрилице у функцији времена.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Изведени систем диференцијалних једначина динамичког једрења (Поглавље 2), за разлику од других истраживања, користи инерцијални координатни систем везан за стационарно кретање тежиште у односу на које једрилица врши осцилаторна кретања. Овакав приступ омогућава коришћење поступака и програма за одређивање хидродинамичких коефицијената додатне масе и пригушења, раније развијених у оквиру изучавања поморствености брода. У једначинама се утицај флукуација ветра одређује преко спектра брзине ветра, што до сада није коришћено у проблемима динамичког једрења. Такође, једначине по први пут обухватају и сложени утицај водене струје, и због тога их је неопходно итеративно, нумерички решавати.

Поступак и анализирање проблема стационарног једрења у присуству водене струје (Поглавље 3) је потпуно оригинално. С обзиром да је, у класичној бродској хидродинамици која не укључује ветар, утицај водене струје крајње једноставан, постојала је бојазан да ће добијена решења бити тривијална. Напротив, добијена је веома интересантна и сложена интеракција брзине водене струје, брзине ветра и брзине једрилице, значајна како за пројектовање једрилице, тако и за примену на регатама које се возе по рекама и областима с јаким морским струјама.

Познато је да модели и анализа нестационарног кретања једрилице без утицаја водене струје већ постоје. Међутим, приступ аутора је и овде оригиналан, он користи „своје“ једначине кретања, дејство ветра моделира преко спектра ветра, и на оригиналан начин одређује део хидродинамичких коефицијената (Поглавље 4). Приказана је симулација кретања једрилице за различите правце и брзине променљивог ветра. Вршена је стохастичка анализа добијених кретања, и тражена средња брзина пловидбе једрилице под различитим условима – у случају да се једра поставе у фиксан (оптималан) положај у односу на стационарно кретање, и у случају да је положај једара променљив, и да одговара тренутном оптимуму. Анализиран је утицај брзине и правца ветра, положаја једара, и одређивана средња брзина пловидбе која се постиже правилним позиционирањем једара током реалног, нестационарног једрења.

Коначно (Поглавље 5), по први пут решава и анализира проблем нестационарне пловидбе једрилице под дејством променљивог, хаотичног ветра, са утицајем водене струје. Програму за решавање нелинеарних спрегнутих диференцијалних једначина кретања једрилице придодат је утицај водене струје, и решавано залетање, ваљање и заношење једрилице у функцији времена. Треба нагласити да и стационарно кретање на које се резултати своде у случају константног ветра представља оригинални допринос рада (Поглавље 3). Анализа коју аутор даје је зато потпуно нова и, по мишљењу Комисије, представља најзначајнији допринос докторске дисертације. Анализира се утицај брзине и правца ветра,

брзине и правца водене струје, положај једара, и одређује средња брзина пловидбе која се постиже правилним позиционирањем једара током реалног, нестационарног једрења. Дата је и симулација пловидбе једрилице на регатном пољу, на коме долази до промене интензитета водене струје, и то када кормилар коригује своје кретање у складу с препорукама рада, и када занемари промене интензитета водене струје. Оваква анализа показује се да утицај водене струје на перформансе једрилице може бити веома значајан.

На основу свега изнетог, Комисија констатује да је постављени задатак докторске дисертације у потпуности успешно решен. Остварени резултати отварају и низ значајних и интересантних проблема за даља истраживања. Требало би развијеним програмима за динамичко једрење додати још један степен слободе кретања једрилице – закретање, и тиме резултате проширити и на анализу маневра једрилице. На овај начин, могло би се предвидети и планирати понашање једрилица у регатном пољу са јаком воденом струјом. Било би корисно прорачуне допунити низом различитих типова и величина једрилица, и тиме битно проширити анализу утицаја променљивог ветра. Могуће је придодати и утицај плитке воде, који може бити значајан при једрењу на рекама и приобалним морским рутама. Треба, такође, унапредити поступак одређивања аеродинамичких и хидродинамичких коефицијената. Било би изузетно корисно да аутор успе у својој намери, и спроведе мерења перформанси једрилица при реалном нестационарном једрењу, и на тај начин изврши додатну верификацију и (евентуалну) калибрацију програма који је развио.

4.3. Верификација научних доприноса

Као верификација добијених оригиналних резултата наводе се овде објављени радови у међународним часописима, прихваћена техничка решења и научни пројекти у којима је аутор суделовао, а који су везани за истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације. Додатна верификација ће се добити тек кроз будућу практичну и теоријску примену резултата, као и кроз експериментална мерења на реалним једрилицама које аутор намерава да спроведе.

Радови објављени у научним часописима

Категорија M21

1. Bačkalov I., **Kalajdžić M.**, Hofman M., "Inland Vessel Rolling due to Severe Beam Wind: a Step towards a Realistic Model", Journal of Probabilistic Engineering Mechanics, Vol. 25, No. 1, January 2010, pp. 18-25. ISSN: 0266-8920, IF=1.252,

Категорија M23

2. Radojčić, D., Zgradic, A., **Kalajdžić, M.**, Simić, A., "Resistance Prediction for Hard Chine Hulls in the Pre-Planing Regime", Polish Maritime Research, No 2 (82), Vol. 21, pp.9-26, 2014, ISSN: 1233-2585, IF=0.324/2012

Категорија M24

3. Bačkalov I., **Kalajdžić M.**, Hofman M., "On Safety of Inland Container Vessels Designed for Different Waterways ", FME Transactions, ISSN: 1451-2092, Vol 36, No.2, pp 51-57, 2008.

Међународни часопис

4. Radojčić, D., Simić, A., **Kalajdžić, M.**, “Fifty Years of the Gawn-Burrill KCA Propeller Series”, International Journal of Small Craft Technology (The Transactions of RINA), ISSN: 1740-0694, Vol. 151, Part B2, pp.9-17, London, 2009.

Техничка решења

Категорија 85

5. **Калајџић М.**, Хофман М, „Поступак за прорачун, анализу и оптимизацију снаге речних гурачких састава компјутерски програм Convoу®“, Извештај БР02/2009, Пројекат технолошког развоја ТР-14012 (М85+М85)

6. Backalov I., Hofman M., **Kalajdzic M.**, Maksic I., “ASSESSMENT OF SHIP SAFETY IN BEAM WIND AND WAVES/RISK BASED ESTIMATION OF SHIP STABILITY FAILURE IN REALISTIC WEATHER CONDITIONS”, Report BR01/2009, Technology Development Project TR-14012 (M85+M85)

7. **Kalajdžić M.**, Hofman M., “PREDICTION OF SAILING YACHT MOTION IN GUSTING WIND”, Report BR02/2010, Technology Development Project TR-14012 (M85)

Учесће у пројектима Министарства науке

РАЗВОЈ НОВЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ РЕЧНИХ ТЕРЕТНИХ БРОДОВА (ТР-6317А), 2005-2007. године.

РАЗВОЈ СИГУРНИХ, ЕФИКАСНИХ, ЕКОЛОШКИХ (СЕ-ЕКО) БРОДОВА (ТР-14012) 2008-2010. године.

РАЗВОЈ НОВЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ СИГУРНИХ, ЕФИКАСНИХ, ЕКОЛОШКИХ (СЕ-ЕКО) БРОДОВА (ТР-35009) 2011-

Учесће у међународним пројектима

INTERNATIONAL ACCREDITATION OF ENGINEERING STUDIES (144856-TEMPUS-2008-RS-JPGR), 2009-2013

INNOVATIVE DANUBE VESSEL, 2012-2013, EU Strategy for the Danube Region, Priority Area 1a – Mobility and Multimodality

Међународне награде

Кандидат је, као члан истраживачког тима, добио награду „The 2007 Royal Institution of Naval Architects (RINA) and Lloyd’s Register Educational Trust SHIP SAFETY AWARD“. Награда је добијена за допринос развоју нових правила о сигурности брода базираних на ризику од наплављивања и превртања: „Development of risk-based ship stability regulations“.

Кандидат је добио награду „WAKENAM Prize“ британског Краљевског друштво бродоградитеља (RINA) за рад [5], за најбољи рад аутора млађег од 30 година, објављен у часописима Друштва.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу детаљног прегледа докторске дисертације под називом „КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА“ кандидата Милана Калајџића, дипл. инж. машинства, Комисија за оцену и одбрану сматра да дисертација представља оригиналан и веома успешан научно-истраживачки рад из области бродоградње, у коме је аутор дао значајан допринос проблематици нестационарног кретања једрилице под утицајем променљивог ветра и водене струје. Комисија такође сматра да је кандидат кроз дисертацију показао веома висок ниво стручног и теоријског знања, што му, уз интелектуални потенцијал, омогућава даље успешно бављење научно-истраживачким радом. Такође, Комисија констатује да су испуњени и обавезни акредитациони услови: кандидат има два, а ментор пет радова објављених у међународним часописима са ISI-JCR-SCI листе.

Комисија за оцену и одбрану зато констатује да је кандидат Милан Калајџић, дипл. инж. машинства успешно завршио докторску дисертацију „КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА“ и са задовољством предлаже Научно-наставном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати, стави дисертацију на увид јавности и да, у складу са Законом и Статутом Машинског факултета, закаже њену јавну одбрану.

У Београду, 10.07.2014. год.

Чланови комисије за оцену и одбрану:

Проф. др Милан Хофман, ментор, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Дејан Радојчић
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Милорад Моток
Универзитет у Београду, Машински факултет

Доц. др Игор Бачкалов
Универзитет у Београду, Машински факултет

Доц. др Александар Симић
Универзитет у Београду, Машински факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:1267/5
Датум: 17.07.2014. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 63. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1876/1 од 04.10.2013. године и члана 37. Правилника о докторским студијама, Наставно-научно веће на седници одржаној 17.07.2014. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео **МИЛАН КАЛАЈЦИЋ**, дипл.инж.маш. и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „**КРЕТАЊЕ ЈЕДРИЛИЦЕ ПОД ДЕЈСТВОМ ПРОМЕНЉИВОГ ВЕТРА**“

II Универзитет је дана 26.03.2012. године, својим актом број 06-17793/19-12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. Bačkalov I., **Kalajdžić M.**, Hofman M., "Inland Vessel Rolling due to Severe Beam Wind: a Step towards a Realistic Model", Journal of Probabilistic Engineering Mechanics, Vol. 25, No. 1, January 2010, pp. 18-25. ISSN: 0266-8920, IF=1.252
2. Radojčić, D., Zgradic, A., **Kalajdžić, M.**, Simić, A., "Resistance Prediction for Hard Chine Hulls in the Pre-Planing Regime", Polish Maritime Research, No 2 (82), Vol. 21, pp.9-26, 2014, ISSN: 1233-2585, IF=0.324/2012

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за бродоградњу и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић