

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1189/6Веће научних области техничких наука

(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

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

(Број захтева)

19.11.2020. 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:

СТЕФАН (СРБОБРАН) РУДАКОВИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **СТЕФАН (СРБОБРАН) РУДАКОВИЋ** уписан на Докторске студије 2014. год.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА (A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS)

Универзитет је дана 15.06.2020. год. својим актом под бр. 61206-1375/1-20 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА (A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS)Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **СТЕФАН (СРБОБРАН) РУДАКОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 17.09.2020. године, одлуком факултета под бр. 1189/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Игор Бачкалов</u>	<u>Ванр. проф.</u>	<u>Бродоградња</u>	<u>Машински факултет Београд</u>
2. <u>Др Милорад Моток</u>	<u>Ред. проф.</u>	<u>Бродоградња</u>	<u>Машински факултет Београд</u>
3. <u>Др Маркос Мигес Гонсалес</u>	<u>Ванр. проф.</u>	<u>Бродоградња</u>	<u>Технички факултет, Универзитет у Коруњи</u>

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 19.11.2020. године.ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАпроф.др Радивоје Митровић

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: 1189/4
Датум: 19.11.2020. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 64. Статута Машинског факултета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и реферата Комисије у саставу: др Игор Бачкалов, ванр. проф., ментор, др Милорад Моток, ред. проф и др Маркос Мигес Гонсалес, ванредни професор, Технички факултет, Универзитет у Корунји о оцени докторске дисертације „Иновативни приступ процени стабилитета речно-морских бродова (A novel approach to stability assessment of river-sea ships)“ студента докторских студија **Стефана Рудаковића, магист. инж. маш.**, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 19.11.2020. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА (A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS)“** студента **СТЕФАНА РУДАКОВИЋА, магист. инж. маш.**

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Стефана Рудаковића, студента докторских академских студија

Одлуком Наставно-научног већа бр. 1189/2 од 17.09.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације (у даљем тексту, Комисије) кандидата Стефана Рудаковића, студента докторских академских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, под називом:

A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS

**ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА
РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА**

На основу увида у завршену дисертацију, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Увод

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Стефан Рудаковић, маг. инж. маш. уписао је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2014/15. Кандидат је захтев за одобрење теме докторске дисертације под насловом “A novel approach to stability assessment of river-sea ships” („Иновативни приступ процени стабилитета речно-морских бродова“), заведен под бројем 2425/1 поднео 23.12.2019. године и за ментора је предложио др Игора Бачкалова, ванредног професора Машинског факултета Универзитета у Београду.

Одлуком Наставно-научног већа број бр. 54/2 од 21.01.2020. године именована је Комисија за оцену научне заснованости теме и подобности кандидата у саставу:

- др Игор Бачкалов, ванредни професор (ментор), Машински факултет Универзитета у Београду
- др Милорад Моток, редовни професор, Машински факултет Универзитета у Београду
- др Маркос Мигес Гонсалес, ванредни професор, Технички факултет, Универзитет у Корунји.

Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је 14.05.2020. године Одлуку бр. 54/4 којом се прихвата научна заснованост теме докторске дисертације, констатује да кандидат Стефан Рудаковић испуњава услове за израду докторске дисертације под насловом “A novel approach to stability assessment of river-sea ships” („Иновативни приступ процени стабилитета речно-морских бродова“) и за ментора се именује в. проф. др Игор Бачкалов. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду донело је Одлуку бр. 61206-1375/1-20 од 15.06.2020. године којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Стефана Рудаковића, под наведеним насловом.

На основу обавештења в. проф. др Игора Бачкалова број 1185/1 од 28.08.2020. године да је кандидат Стефан Рудаковић, завршио докторску дисертацију, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је 17.09.2020. године Одлуку бр. 1189/2 о именовању Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Игор Бачкалов, ванредни професор (ментор), Машински факултет Универзитета у Београду
- др Милорад Моток, редовни професор, Машински факултет Универзитета у Београду
- др Маркос Мигес Гонсалес, ванредни професор, Технички факултет, Универзитет у Коруњи.

1.2. Научна област дисертације

Научна област докторске дисертације под насловом “A novel approach to stability assessment of river-sea ships” („Иновативни приступ процени стабилитета речно-морских бродова“) је Машинство. Ужа научна област је бродоградња, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Стефан Рудаковић рођен је 3. маја 1989. у Београду. Пошто је завршио IX београдску гимназију (2004-2008), Кандидат је уписао основне академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду (2008-2011). Након завршетка основних академских студија, кандидат је уписао мастер академске студије Модула за бродоградњу такође на Машинском факултету Универзитета у Београду (2011-2014). Током завршне године мастер академских студија, кандидат је примио награду Машинског факултета за изузетан успех у школској 2012/13. години. Кандидат је одбранио мастер рад под називом „Пробабилистичка анализа утицаја слободног бока на стабилитет малог вишенаменског теретног брода“ 2014. године чиме је стекао звање Мастер инжењера машинства (бродоградње). По завршетку мастер академских студија, кандидат је уписао докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду, 2014. године.

Током докторских академских студија, 2015. године, кандидат је провео три месеца на усавршавању у класификационом друштву „Bureau Veritas“ у Антверпену, где је учествовао у развоју класификационих правила за речно-морске бродове. Током четворомесечног студијског боравка на Универзитету у Трсту, 2018. године, у оквиру програма студентске мобилности Erasmus+, радио је део истраживања за потребе докторске дисертације.

Кандидат је био члан Локалног организационог комитета 16. Међународне радионице о стабилитету брода (ISSW2017), најзначајнијег научног скупа у овој области, одржане у Београду, у јуну 2017. Кандидат је члан два професионална удружења: Royal Institution of Naval Architects (RINA) и Друштва бродограђевних инжењера и техничара (ДБИТ). Током 2017. године, Стефан Рудаковић је био вођа тима студената бродоградње „Confluence Belgrade“, који је, у конкуренцији више од 20 тимова из читавог света, остварио запажени успех (друго место у једној од категорија) на такмичењу „Hydrocontest 2017“ у Сен Тропеу.

Стефан Рудаковић активно програмира у софтверском окружењу Wolfram Mathematica. Кандидат је аутор оригиналног компјутерског програма за прорачун стабилитета брода у

складу са Другом генерацијом критеријума стабилитета неоштећеног брода. Осим тога, кандидат је активни корисник софтвера који се користи у бродоградњи: Seaway и ShipMO (за прорачун понашања брода на таласима), DELFTship (за прорачун бродске хидростатике и стабилитета), као и LaTeX, AutoCAD, Rhinoceros, итд.

Кандидат је објавио три рада у научним часописима и три рада на међународним научним скуповима. Кандидат је први аутор два рада објављена у међународним часописима изузетне вредности (категорије M21a).

Од новембра 2014. године, Стефан Рудаковић је био ангажован у пројекту Технолошког развоја Министарства образовања, науке и технолошког развоја “Развој нове генерације сигурних, ефикасних и еколошких бродова”, бр. TR35009. Истраживање за потребе докторске дисертације делимично је финансирано средствима из овог пројекта. Од јуна 2017. године, кандидат учествује у пројекту NOVIMAR (NOVel Iwt and MARitime transport concepts) који се изводи у оквиру програма Horizon 2020 R&I Programme Mobility for Growth Европске комисије.

У школској 2014/15. години кандидат је био ангажован у настави на предметима Пловност и стабилитет брода 1 (на основним академским студијама), и Пловност и стабилитет брода 2 и Понашање брода на таласима (на мастер академским студијама). У периоду од октобра 2015. до децембра 2019. Стефан Рудаковић је био запослен као асистент на предметима Пловност и стабилитет брода 1, Завршни испит, Пловност и стабилитет брода 2 и Понашање брода на таласима.

Кандидат течно говори енглески језик, и самостално пише техничке извештаје и научне радове на енглеском.

2. Опис дисертације

2.1. Садржај дисертације

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Introduction
(Увод)
2. Review of the present stability regulations for river-sea ships
(Преглед постојећих правила о стабилитету речно-морских бродова)
3. Review of the Second Generation Intact Stability Criteria
(Преглед Друге генерације критеријума стабилитета брода у неоштећеном стању)
4. Application of the Second Generation Intact Stability Criteria to river-sea ships
(Примена Преглед Друге генерације критеријума стабилитета брода у неоштећеном стању на речно-морске бродове)
5. Consideration of appropriate environmental conditions
(Анализа одговарајућих временских услова)
6. Roll damping estimation of river-sea ships
(Прорачун пригушења ваљања речно-морских бродова)
7. Effective wave slope coefficient of river-sea ships
(Коефицијент ефективног нагиба таласа речно-морских бродова)
8. Natural roll period of river-sea ships
(Сопствени период ваљања речно-морских бродова)
9. Regression models for natural period and effective wave slope coefficient
(Регресиони модели за прорачун сопственог периода ваљања и коефицијента ефективног нагиба таласа)
10. Introducing operational limitations of river-sea ships with respect to maximum significant wave height

(Експлоатациона ограничења речно-морских бродова на основу максималне значајне висине таласа)

11. Development of Vulnerability Level 1 of Dead Ship Condition for river-sea ships

(Развој Првог нивоа рањивости речно-морских бродова на стабилитет брода под дејством бочног ветра и таласа)

12. Conclusion

(Закључак).

Поред тога, дисертација садржи и пет прилога. Дисертација је написана на енглеском језику.

2.2. Кратки приказ појединачних поглавља

У првом поглављу (Introduction) описан је предмет истраживања и дефинисани су циљеви дисертације. Представљена је и база коју чине подаци о карактеристикама 33 постојећа речна и речно-морска брода, који су коришћени у истраживању представљеном у дисертацији.

У другом поглављу (Review of the present stability regulations for river-sea ships) представљени су постојећи прописи о стабилитету речно-морских бродова и објашњени су разлози због којих се ови прописи сматрају неадекватним.

Треће поглавље (Review of the Second Generation Intact Stability Criteria) посвећено је прегледу Друге генерације критеријума стабилитета неоштећеног брода (SGISC). Описана је хијерархија провере стабилитета према SGISC, представљене су појаве везане за губитак стабилитета на таласима и на тест-бродовима је показано које су појаве релевантне за стабилитет речно-морских бродова.

У четвртом поглављу (Application of the Second Generation Intact Stability Criteria to river-sea ships) испитана је адекватност примене SGISC на речно-морске бродове, прорачуном стабилитета тест-бродова према Другом нивоу осетљивости („рањивости“) у односу на ваљање на бочном ветру и таласима и велика попречна убрзања.

Група поглавља коју чине пето (Consideration of appropriate environmental conditions), шесто (Roll damping estimation of river-sea ships), седмо (Effective wave slope coefficient of river-sea ships) и осмо поглавље (Natural roll period of river-sea ships) посвећена је изменама постојећих математичких модела у SGISC неопходним за примену методологије на речно-морске бродове. Главни научни доприноси дисертације, из угла бродске динамике и хидродинамике, налазе се управо у овим поглављима.

У деветом поглављу (Regression models for natural period and effective wave slope coefficient) предложени су једноставни математички модели за прорачун сопственог периода ваљања и коефицијента ефективног нагиба таласа изведени применом регресионе анализе података добијених нумеричким експериментима.

У десетом поглављу (Introducing operational limitations of river-sea ships with respect to maximum significant wave height) изложен је поступак одређивања Експлоатационих ограничења речно-морских бродова у односу на максималну значајну висину таласа.

Једанаесто поглавље (Development of Vulnerability Level 1 of Dead Ship Condition for river-sea ships) представља Први ниво осетљивости („рањивости“) на губитак стабилитета речно-морских бродова, током ваљања брода на бочном ветру и таласима, који је развијен директно из резултата прорачуна на Другом нивоу осетљивости.

У дванаестом поглављу (Conclusion) констатује се да је потврђена полазна хипотеза истраживања: да се стабилитет речно-морских бродова у неоштећеном стању може адекватно прорачунати и анализирати применом пробабилистичког поступка и да је могуће прилагодити SGISC специфичним својствима разматраног типа бродова. Такође, уочени су даљи, могући правци истраживања.

3. Оцена дисертације

3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидата Стефана Рудаковића је и по садржини, и по форми, у складу са савременим научним радовима овог типа из Бродоградње. Дисертација је посвећена проблему стабилитета речно-морских бродова који у пракси није адекватно решен и који је до сада био предмет веома малог броја научних радова. Решавању проблема приступљено је применом пробабилистичке анализе која се користи у Другој генерацији критеријума стабилитета и која одражава савремене представе о стабилитету брода. Поступак примењен у дисертацији садржи више оригиналних доприноса разумевању проблема стабилитета речних бродова током пловидбе морем и то како оних којих се тичу побољшања математичког модела ваљања брода, тако и оних који се односе на концепт сигурности оваквог вида пловидбе.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У истраживању и током израде дисертације коришћена је адекватна литература. Литературу чине научни радови објављени у књигама које за тему имају стабилитет брода, часописима посвећеним бродоградњи и зборницима радова релевантних међународних симпозијума (пре свега STAB и ISSW), као и документи националних и међународних регулаторних тела која се баве сигурношћу речних, речно-морских и морских бродова (CESNI, IMO и др.). Посебно треба истаћи да је, захваљујући вишемесечним студијским боравцима у иностранству, кандидат био у прилици да у свој научни рад уврсти и литературу која није широко доступна, било због тога што није дигитализована и доступна је само у библиотекама, било због тога што није објављена на енглеском језику, већ на јапанском, немачком и др.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Пробабилистичка анализа стабилитета брода на таласима подразумева решавање диференцијалних једначина љуљања брода, статистичку анализу добијених података и прорачун вероватноће нежељеног догађаја (превртања брода, опасних углова ваљања и великих попречних убрзања у кормиларници). Математичке моделе љуљања, поред инерцијалних и реституционих сила и момената, сачињавају хидродинамичке силе и моменти (додатне масе и пригушења) и побудне силе и моменти који потичу од дејства ветра и таласа. За извођење ових сила и момената неопходна је примена спреге теоријских поступака и експерименталних података.

3.4. Примењивост остварених резултата

Поступци развијени у докторској дисертацији омогућавају прорачун стабилитета речно-морских бродова и одређивање експлоатационих ограничења речних бродова у пловидби морским приобаљем. Осим тога, поступци омогућавају и поређење ефикасности различитих пројектантских и експлоатационих мера за побољшање стабилитета. Због тога, резултати докторске дисертације имају примену како у пројектовању речно-морских бродова, тако и у њиховој експлоатацији, било да су у питању заповедници бродова или регулаторна тела (Заставе или класификациона друштва).

Сматра се, такође, да методе развијене у дисертацији за прорачун пригушења ваљања и коефицијента ефективног нагиба таласа могу имати примену и у другим истраживањима која се односе на стабилитет других типова бродова који имају неке карактеристике геометрије трупа као речно-морски бродови: високе вредности коефицијента пуноће истиснућа и/или високе односе ширине и газа брода.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу увида у докторску дисертацију и познавајући претходни рад кандидата, Комисија сматра да кандидат има све особине потребне за самостални научни рад: етичко понашање, развијену моћ опажања, критичко размишљање, познавање и адекватно коришћење литературе, способност за успешну међународну научну сарадњу, способност за тимски рад и способност за лабораторијски рад. Значајно је рећи и да се кандидат, током вишемесечних

студијских боравака у Белгији и Италији, непосредно упознао с начином рада савремених развојних и истраживачких институција у бродоградњи, и то како у индустрији, тако и у академској средини, што ће бити од великог значаја за његов даљи научни рад.

4. Остварени научни допринос

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији научни допринос кандидата састоји се у успостављању јединствене методологије за процену стабилитета речно-морских бродова у неоштећеном стању, која узима у обзир динамику брода у реалним временским условима и специфичне аспекте хидродинамике речно-морских бродова (поглавља 5 ÷ 10). Научни допринос је верификован радовима објављеним у часописима категорије M21a (видети одељак 4.3).

Поред тога, у дисертацији су остварени и очекивани стручни доприноси: (а) методологија за процену ефикасности различитих пројектантских решења и поступака у експлоатацији за побољшање стабилитета речно-морских бродова (поглавље 10) и (б) предлог јединствених међународних прописа о стабилитету речно-морских бродова (додатак Е).

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Кључни резултати истраживања обухватају доприносе бродској хидродинамици (тачнија процена пригушења ваљања и коректан прорачун коефицијента ефективног нагиба таласа и сопственог периода ваљања речно-морских бродова) и динамици брода (метод прорачуна стабилитета речно-морских бродова заснован на пробабилистичком приступу). Математички модели за прорачун коефицијента ефективног нагиба таласа и сопственог периода ваљања, засновани на регресионој анализи, које је развио кандидат, омогућавају једноставније решавање комплексног хидродинамичког проблема ваљања речно-морских бродова. Коначно, предложена алтернатива постојећем Првом нивоу рањивости стабилитета под дејством бочног ветра и таласа представља потпуно оригиналан приступ, који, колико је познато члановима Комисије, до сада није обрађиван у литератури.

Комисија, такође, сматра да би део истраживања који се односи на процену пригушења ваљања речно-морских бродова било добро потврдити резултатима физичких експеримената у базену за моделска испитивања, као и да би део истраживања у којем су изведени коефицијенти ефективног нагиба таласа био потпунији уколико би постојали прецизнији подаци о радијусу инерције за уздужну тежишну осу овог типа бродова.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос докторске дисертације кандидата Стефана Рудаковића, верификован је објављивањем резултата истраживања у међународним часописима изузетних вредности. У објављеним радовима, кандидат је први аутор и једини аутор без доктората.

Научни рад	Категорија
<u>Rudaković, S., Bačkalov, I., 2019, "Operational limitations of a river-sea container vessel in the framework of the Second Generation Intact Stability Criteria", Ocean Engineering, vol. 183, pp. 409-418 (ISSN 0029-8018, IF = 3.068). https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.05.013</u>	M21a
<u>Rudaković, S., Bulian, G., Bačkalov, I., 2019, "Effective wave slope coefficient of river-sea ships", Ocean Engineering, Vol. 192, paper 106427 (ISSN 0029-8018, IF = 3.068). https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106427</u>	M21a

5. Закључак и предлог

На основу детаљног прегледа докторске дисертације под називом:

A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS

ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА

кандидата Стефана Рудаковића, студента докторских академских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, 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 и Статутом Машинског факултета у Београду.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносом у области техничких наука, ужа научна област бродоградња, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да прихвати Реферат Комисије, да дисертацију под називом “A novel approach to stability assessment of river-sea ships” („Иновативни приступ процени стабилитета речно-морских бродова“) кандидата Стефана Рудаковића, маг. инж. маш., стави на увид јавности и да Реферат упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду и Коруњи, 13. новембра 2020. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Игор Бачкалов, ванредни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

др Милорад Моток, редовни професор
Машински факултет Универзитета у Београду

др Маркос Мигес Гонсалес, ванредни професор
Технички факултет, Универзитет у Коруњи

To:

COUNCIL FOR DOCTORAL STUDIES

Subject: Report on the completed doctoral dissertation of the Candidate Stefan Rudaković, Ph.D. student

By decision no. 1189/2 of Educational and Scientific Council of the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, made on 17.09.2020, we were appointed for the members of the Committee for examination, evaluation and defense of the doctoral dissertation (hereinafter the Committee) of Stefan Rudaković (hereinafter the Candidate), a PhD student at Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, titled:

A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS

**ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА
РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА**

Based on the insight into the completed dissertation, the Committee submits the following

R E P O R T

1. Introduction

1.1. Timeline of the approval of the topic and the completion of the doctoral dissertation

The Candidate Stefan Rudaković, M.Sc. (Mechanical Engineering) enrolled in doctoral studies at University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering in academic year 2014/15. The Candidate has submitted the request for approval of the doctoral dissertation titled “A novel approach to stability assessment of river-sea ships”, request no. 2425/1, on 23.12.2019 and he has proposed Dr. Igor Bačkalov, associate professor at University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering for the mentor of the thesis.

By decision no. 54/2 of Educational and Scientific Council of the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, on 21.01.2020, the Committee for evaluation of eligibility of the candidate and scientific soundness of the topic of the doctoral dissertation was appointed:

- Dr. Igor Bačkalov, associate professor (mentor),
University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering
- Dr. Milorad Motok, full professor,
University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering

- Dr. Marcos Míguez González, associate professor,
Escola Politécnica Superior, Universidade da Coruña.

By decision no. 54/4 of Educational and Scientific Council of the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, on 14.05.2020, the eligibility of the Candidate and scientific soundness of the topic of the doctoral dissertation “A novel approach to stability assessment of river-sea ships” („Иновативни приступ процени стабилитета речно-морских бродова“) were approved and the associate professor Dr. Igor Bačkalov was appointed for the mentor. By decision no. 61206-1375/1-20 the Professional Board of Technical Sciences of University of Belgrade on 15.06.2020 approved the topic of the doctoral dissertation of the Candidate Stefan Rudaković.

Following the announcement made by associate professor Dr. Igor Bačkalov no. 1185/1 on 28.08.2020 that the Candidate Stefan Rudaković completed the doctoral dissertation, by decision no. 1189/2 of Educational and Scientific Council of the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade on 17.09.2020, the Committee for examination, evaluation and defense of the doctoral dissertation was appointed:

- Dr. Igor Bačkalov, associate professor (mentor),
University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering
- Dr. Milorad Motok, full professor,
University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering
- Dr. Marcos Míguez González, associate professor,
Escola Politécnica Superior, Universidade da Coruña.

1.2. Academic discipline of the doctoral dissertation

The academic discipline of the doctoral dissertation titled “A novel approach to stability assessment of river-sea ships” („Иновативни приступ процени стабилитета речно-морских бродова“) is Mechanical Engineering. The sub-discipline is Naval Architecture, for which the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade is the institution of reference.

1.3. Biographical data

Stefan Rudaković was born on 3rd of May 1989 in Belgrade. Having finished IX Belgrade gymnasium (2004-2008), the Candidate enrolled the B.Sc. degree studies at University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering (2008-2011). Following the completion of the B.Sc. degree, the Candidate enrolled the M.Sc. degree studies in Naval Architecture at the same institution (2011-2014). During the final year of M.Sc. degree studies, the Candidate was awarded by the Faculty of Mechanical Engineering for exceptional success in academic year 2012/13. The Candidate defended M.Sc. thesis “A probabilistic analysis of the influence of the freeboard on the stability of a small multipurpose cargo ship” in 2014 thus obtaining the title of the Master of Science in Mechanical Engineering (Naval Architecture). After obtaining the M.Sc. degree, the Candidate enrolled the Ph.D. degree studies in Naval Architecture at University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, in 2014.

During the Ph.D. studies, the Candidate completed a three-month specialization in the classification society Bureau Veritas in Antwerp, Belgium, where he worked on the development of classification rules for river-sea ships in 2015. The Candidate also undertook a four-month research for his Ph.D. thesis at the University of Trieste, Italy, within the Erasmus+ student mobility program in 2018.

Stefan Rudaković was a member of the Local organizing committee of the 16th International Ship Stability Workshop (ISSW2017), the most prominent scientific event in the field of ship stability, held in Belgrade in June 2017. The Candidate is a member of two professional associations:

associate member of the Royal Institution of Naval Architects (AMRINA) and a member of the Society of Naval Architects of Serbia (SNAS). During 2017, Stefan Rudaković was the leader of the “Confluence Belgrade” team which participated in the “Hydrocontest 2017” competition in Saint-Tropez, France. The team led by Stefan Rudaković competed with over 20 teams from all around the world and achieved significant results (i.e. the 2nd place in one of the contest categories).

Stefan Rudaković actively codes in Wolfram Mathematica. The Candidate is the sole author of an original computer code for contemporary intact stability assessment in compliance with the Second Generation Intact Stability Criteria. In addition, the Candidate is an active user of software used in naval architecture: Seaway and ShipMO (for seakeeping calculations), DELFTship (for ship hydrostatics and stability calculations), as well as LaTeX, AutoCAD, Rhinoceros, etc.

The Candidate has published three papers in academic journals and three papers in international conferences. The Candidate is the first author of two papers published in international academic journals of exceptional merit (category M21a).

As of November 2014, Stefan Rudaković has been engaged in the Technology Development Program of Serbian Ministry of Education, Science and Technology Development project “Development of Next Generation of Safe, Efficient, Environmentally Sustainable Ships”, project no. TR35009. The research done for the purpose of the doctoral dissertation was partly funded through this project. As of June 2017, the Candidate participates in Horizon 2020 R&I Programme Mobility for Growth project NOVIMAR (NOVel Iwt and MARitime transport concepts).

During the academic year 2014/15, the Candidate was engaged in teaching activities in courses: Ship Buoyancy and Stability 1 (at B.Sc. degree level of studies), and Ship Buoyancy and Stability 2, and Seakeeping (at M.Sc. degree level of studies). From October 2015 to December 2019 Stefan Rudaković was employed as a teaching assistant in courses: Ship Buoyancy and Stability 1, Final exam for B.Sc. thesis, Ship Buoyancy and Stability 2, and Seakeeping.

The Candidate is fluent in English. The Candidate also demonstrated the capability of writing technical reports and scientific papers in English.

2. The description of the doctoral dissertation

2.1. The contents of the doctoral dissertation

The dissertation is consisted of the following chapters:

1. Introduction
2. Review of the present stability regulations for river-sea ships
3. Review of the Second Generation Intact Stability Criteria
4. Application of the Second Generation Intact Stability Criteria to river-sea ships
5. Consideration of appropriate environmental conditions
6. Roll damping estimation of river-sea ships
7. Effective wave slope coefficient of river-sea ships
8. Natural roll period of river-sea ships
9. Regression models for natural period and effective wave slope coefficient
10. Introducing operational limitations of river-sea ships with respect to maximum significant wave height
11. Development of Vulnerability Level 1 of Dead Ship Condition for river-sea ships
12. Conclusion

In addition, the dissertation contains five Appendices. The dissertation is written in English.

2.2. A brief overview of chapters of the doctoral dissertation

In the first chapter (Introduction) the scope of research was described, and the goals of the dissertation were defined. The vessel database comprising 33 existing inland and river-sea ships which were used in the research for the purpose of the dissertation was presented.

In the second chapter (Review of the present stability regulations for river-sea ships) the current intact stability regulations intended for river-sea ships were presented and it was explained why these regulations are considered to be inadequate.

The third chapter (Review of the Second Generation Intact Stability Criteria) was dedicated to the overview of the Second Generation Intact Stability Criteria (SGISC). The stability assessment procedures according to the SGISC framework was described, the stability failure modes were presented and the test-ships were used to demonstrate the relevance of individual stability failure modes for river-sea ships.

In the fourth chapter (Application of the Second Generation Intact Stability Criteria to river-sea ships) the adequacy of the SGISC for river-sea ships was examined performing the stability calculations for test-ships using the Vulnerability Level 2 of SGISC for Dead Ship Condition and Excessive Accelerations stability failure modes.

The fifth (Consideration of appropriate environmental conditions), the sixth (Roll damping estimation of river-sea ships), the seventh (Effective wave slope coefficient of river-sea ships) and the eight chapter (Natural roll period of river-sea ships) are all dedicated to modifications of the mathematical models used in SGISC which would be necessary for application of the methodology to river-sea ships. The principal scientific contribution of the dissertation, from the point of view of ship dynamics and hydrodynamics, is found in this group of chapters.

In the ninth chapter (Regression models for natural period and effective wave slope coefficient) simple mathematical models for natural roll period and effective wave slope coefficient of river-sea ships were proposed. The mathematical models were derived using the regression analysis of data obtained by numerical experiments.

In the tenth chapter (Introducing operational limitations of river-sea ships with respect to maximum significant wave height) the procedure for calculation of Operational Limitations of river-sea ships with respect to maximum significant wave height was described.

Eleventh chapter (Development of Vulnerability Level 1 of Dead Ship Condition for river-sea ships) introduced Vulnerability Level 1 for Dead Ship Condition of river-sea ships which was developed directly from the results of calculations performed at Vulnerability Level 2.

In the twelfth chapter (Conclusion) it is concluded that the starting hypothesis of the research was confirmed: intact stability of river-sea ships may be adequately assessed and analyzed using the probabilistic approach and that the SGISC could be adapted to specific features of the considered ship type. In addition, further research directions were identified.

3. Evaluation of the doctoral dissertation

3.1 Novelty and originality

Both the contents and the form of the doctoral dissertation of the Candidate Stefan Rudaković are in line with the contemporary scientific works of this type in naval architecture. The dissertation

discusses the problem of stability of river-sea ships which has not been adequately solved by now and which was rarely treated in academic research so far. The problem was approached with the probabilistic analysis used in SGISC and reflecting the contemporary notions of ship stability. The approach used in the dissertation contains several original contributions to understanding of the problem of stability of inland vessels in maritime navigation, concerning both the improvement of the underlying mathematical model, and the concept of safety of this type of navigation.

3.2. A brief overview the referent literature and the literature used in the dissertation

The literature used for the purpose of the research and completion of the dissertation is adequate. The literature is comprised of books specialized in ship stability, academic journals in the field of naval architecture, and proceedings of the relevant international conferences (primarily STAB and ISSW), as well as the documents of the national and international regulatory bodies dealing with safety of inland, river-sea and seagoing ships (CESNI, IMO, etc.). It should be emphasized that, thanks to the study visits abroad, the Candidate had the opportunity to use the literature which was not widely available, either because it was not digitized and hence it was available in libraries only, or because it was not published in English, but in Japanese, German, etc.

3.3. Description and the adequacy of the scientific methods used in the doctoral dissertation

Probabilistic analysis of stability in waves implies solving of differential equations of ship motion, statistical analysis of obtained data and the assessment of probability of an undesirable event (such as ship capsize, large angles of heel, and excessive accelerations in e.g. wheelhouse). In addition to inertial and restoring forces and moments, the mathematical models of ship motions are consisted of hydrodynamic forces and moments (added mass and damping) and external forces and moments (due to wind and waves). To derive these forces and moments it is necessary to couple theoretical considerations with experimental data.

3.4. Applicability of the obtained results

The methodology and associated procedures developed in the doctoral dissertation enable intact stability calculations of river-sea ships and assessment of operational limitations of inland vessels in maritime, coastal navigation. In addition, the methodology allows comparing the effectiveness of various design and operational measures for stability improvement. Therefore, the results of the doctoral dissertation may be applied in design of river-sea ships as well as in operation, either by Masters or by regulatory bodies (Flag States or classification societies).

It is also considered that the methods for roll damping estimation and effective wave slope coefficient calculation, which were developed in the dissertation may be applied in other researches dealing with the stability of ships of other types which, however, share some hull geometry features with the river-sea ships: high values of block coefficient and/or high beam-to-draught ratios.

3.5. Evaluation of the Candidate's ability to independently conduct scientific research

Based on the insight in the doctoral dissertation and knowing the previous work of the Candidate, the Committee is of opinion that the Candidate exhibits all the characteristics necessary to conduct the scientific research independently: ethical behavior, well-developed perception, critical thinking, the knowledge of literature and the adequate use of the literature, ability to successfully participate in international scientific cooperation, team work ability and the ability for the laboratory work. It is noteworthy that, during the study visits to Belgium and Italy, the Candidate had the opportunity to get himself acquainted with modus operandi of the modern research and development institutions in

the field of naval architecture, both in industry and academia. This is expected to be of immense importance for his further scientific endeavors.

4. Realized scientific achievements

4.1 Review of the accomplished scientific contributions

The major scientific achievement of the Candidate is establishment of a unique methodology for intact stability assessment of river-sea ships, considering ship dynamics in realistic weather conditions and specific hydrodynamic aspects of river-sea ships (chapters 5-10). The scientific achievement was verified by papers published in M21a category journals (see section 4.3).

Additionally, expected professional contributions of the dissertation were achieved: (a) the methodology for assessment of efficiency of various design and operational measures aimed at intact stability improvement of river-sea ships (chapter 10) and (b) the proposal for common international regulations on stability of river-sea ships (Appendix E).

4.2. Critical analysis of research results

The key research results include the contributions to ship hydrodynamics (a more accurate roll damping assessment and a correct calculation of effective wave slope coefficient and natural roll period of river-sea ships) and ship dynamics (stability assessment of river-sea ships based on probabilistic approach). Mathematical models for effective wave slope coefficient and natural roll period, based on regression analysis, developed by the Candidate, enable simpler solving of the complex hydrodynamic problem of rolling of river-sea ships. Finally, the proposed alternative to existing Vulnerability Level 1 of Dead Ship Condition represents an original approach, which, to the best of knowledge of the Committee, so far has not been presented in literature.

The Committee also considers that the part of the research related to the roll damping of river-sea ships would benefit from model tests, and that the part of research related to the effective wave slope coefficient would be more complete if more precise data on dry radius of gyration of this ship type existed.

4.3. Verification of scientific achievements

The scientific achievements of the doctoral dissertation of the Candidate Stefan Rudaković were verified by publishing of results of the research in international academic journals of exceptional merit. The Candidate was the first author and the only author without the PhD degree in the published papers.

Paper	Category
<u>Rudaković, S., Bačkalov, I., 2019, “Operational limitations of a river-sea container vessel in the framework of the Second Generation Intact Stability Criteria”, Ocean Engineering, vol. 183, pp. 409-418 (ISSN 0029-8018, IF = 3.068). https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.05.013</u>	M21a
<u>Rudaković, S., Bulian, G., Bačkalov, I., 2019, “Effective wave slope coefficient of river-sea ships”, Ocean Engineering, Vol. 192, paper 106427 (ISSN 0029-8018, IF = 3.068). https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106427</u>	M21a

5. Conclusion and proposition

Based on the detailed review of the doctoral dissertation titled:

A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS

ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА

by the Candidate Stefan Rudaković, Ph.D. student at University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, the Committee for examination, evaluation and defense of the doctoral dissertation ascertains that the completed doctoral dissertation is written in line with standards of scientific research, and that it fulfills the condition laid down by the Law on higher education and the Statute of the Faculty of Mechanical Engineering at University of Belgrade.

The Committee for examination, evaluation and defense of the doctoral dissertation concludes that the dissertation is an original work with a scientific contribution in the field of technical sciences, (sub-discipline Naval Architecture), and consequently proposes Educational and Scientific Council of the Faculty of Mechanical Engineering at University of Belgrade to accept the Committee Report, to make available to the public dissertation titled “A novel approach to stability assessment of river-sea ships” by the Candidate Stefan Rudaković, M.Sc., and to submit the Report for final approval to the Professional Board of Technical Sciences of University of Belgrade.

In Belgrade and A Coruña, November 13th, 2020

THE COMMITTEE MEMBERS

Associate professor Dr. Igor Bačkalov
University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering

Full professor Dr. Milorad Motok
University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering

Associate professor Dr. Marcos Míguez González
Escola Politecnica Superior, Universidade da Coruña

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1189/5
Датум: 19.11.2020. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017 и 27/2018-др. закон), члана 48. Правилника о докторским студијама, члана 64. Статута Машинског факултета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 19.11.2020. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА (A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS)“** студента **СТЕФАНА РУДАКОВИЋА**, магист. инж. маш.

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-1375/1-20 од 15.06.2020. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

Категорија M21a

Rudaković, S., Bačkalov, I., 2019, “Operational limitations of a river-sea container vessel in the framework of the Second Generation Intact Stability Criteria”, Ocean Engineering, vol. 183, pp. 409-418 (ISSN 0029-8018, IF = 3.068).

<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.05.013>

Rudaković, S., Bulian, G., Bačkalov, I., 2019, “Effective wave slope coefficient of river-sea ships”, Ocean Engineering, Vol. 192, paper 106427 (ISSN 0029-8018, IF = 3.068).

<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106427>

Одлуку доставити: студенту, ментору, Катедри за бродоградњу и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић