

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

54/4
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)14.05.2020.
(Датум)**ЗАХТЕВ**
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

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

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Бродоградња

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: СТЕФАН (СРБОБРАН) РУДАКОВИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд3. Година дипломирања: 2014.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____

6. Година одбране магистарске тезе: _____

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2014.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 14.05.2020.
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.**ДЕКАН**
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАпроф. др Радивоје Митровић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 54/4
Датум: 14.05.2020. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Стефана Рудаковића**, маст. инж. маш., бр. 2425/1 од 23.12.2019. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Игор Бачкалов, ванр. проф., др Милорад Моток, ред. проф. и др Маркос Мигес Гонсалес, ванр. проф., Технички факултет, Универзитет у Коруњи, број 54/3 од 12.05.2020. године, а 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 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 14.05.2020. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **СТЕФАН РУДАКОВИЋ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS (ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА)»**.

За ментора студенту **Стефану Рудаковићу**, именује се **др Игор Бачкалов, ванр. проф.**

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата Стефана Рудаковића, студента докторских академских студија, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. 54/2 од 21.01.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме и подобности кандидата Стефана Рудаковића, студента докторских академских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, за израду докторске дисертације под називом:

A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS

ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

1.1.1. образовање

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 вишенаменог 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.

1.1.2. Студијски боравци, стручне праксе и усавршавања

Током мастер академских студија, 2012. године, Стефан Рудаковић је боравио на двонедељној стручној пракси у бродоградилишту „Vahali“ у Београду, и на једномесечној пракси у аустријској агенцији за управљање унутрашњим пловним путевима „viadonau“ у Бечу.

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.

1.1.3. Додатне (ваннаставне) активности

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.

1.1.4. Друге вештине од важности за докторске студије

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

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

1.2.1. Докторске академске студије

Кандидат је уписао докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду, 11. новембра 2014. године. Статус Кандидата је у складу с одредбама Закона о високом образовању Републике Србије. Кандидат је, до сада, на докторским академским студијама остварио 120 ЕСПБ бодова и све испите је положио са највишом оценом, 10. У наставку је дат списак испита које је Кандидат положио.

Семестар	Предмет	ЕСПБ	Оцена
1	Виши курс математике	5	10
1	Нумеричке методе	5	10
1	ОМНИР и комуникација	5	10
1	Динамика брода	5	10
1	Истраживање и публиковање – I	10	10
2	Одабрана поглавља из механике флуида	5	10

2	Савремене тенденције у прорачуну бродских конструкција	5	10
2	Одабрана поглавља из бродске хидродинамике	5	10
2	Истраживање и публикување – II	15	10
3	Динамичка оптерећења брода на таласима	5	10
3	Таласна кретања течности	5	10
3	Истраживање и публикување – III	20	10
4	Истраживање и публикување – IV	8	10
4	Пројекат идеје докторске дисертације	22	10
Укупно ЕСПБ		120	

1.2.2. Научни радови и технички извештаји

Кандидат је објавио три рада у научним часописима и три рада на међународним научним скуповима. Кандидат је први аутор два рада објављена у врхунским међународним часописима (категорије M21). Кандидат је такође објавио и један рад у националном часопису међународног значаја (категорија M24). Кандидат је објавио и представио три рада (штампана у целини у зборницима радова) на реномираним међународним конференцијама из бродоградње (категорија M33). Посебно треба нагласити да су два од ова три научна скупа (ISSW и STAB) посвећена стабилитету, динамици и сигурности брода, што је управо и предмет предложене теме докторске дисертације. У наставку је списак научних радова које је објавио Кандидат.

Научни рад	Категорија
<u>Rudaković, S.</u> , 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 = 2.73).	M21
<u>Rudaković, S.</u> , Bulian, G., Bačkalov, I., 2019, “Effective wave slope coefficient of river-sea ships”, Ocean Engineering, Vol. 192, paper 106427 (ISSN 0029-8018, IF = 2.73).	M21
Bačkalov, I, <u>Rudaković, S.</u> , 2017, “Influence of freeboard on ship stability in rough weather: a probabilistic analysis”, FME Transactions Vol. 45, No. 1, pp. 45-50.	M24
<u>Rudaković, S.</u> , Bačkalov, I., 2018, “Operational limitations of river-sea ships in the framework of the Second Generation Intact Stability Criteria”, Proceedings of the 13 th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB 2018), Kobe, pp. 271-282 (ISBN 978-4-908678-11-0).	M33
<u>Rudaković, S.</u> , Bačkalov, I., 2017, “On application of standard methods for roll damping prediction to inland vessels”, Proceedings of the 16 th International Ship Stability Workshop (ISSW 2017), Belgrade, pp. 159-166 (ISBN 978-86-7083-935-9).	M33
Bačkalov, I., Kalajdžić, M., Momčilović, N., <u>Rudaković, S.</u> , 2016, “A study of an unconventional container vessel concept for the Danube”, Proceedings of the 13 th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures PRADS’2016, Copenhagen, pp. 593-601 (e-ISBN 978-87-7475-473-2).	M33

Осим тога, Кандидат је аутор два техничка извештаја о истраживању обављеном током специјализације у класификационом друштву „Bureau Veritas“ у Антверпену и током студијског боравка на Одсеку за инжењерство и архитектуру Универзитета у Трсту:

Технички извештај

Rudaković, S., 2018, “Effective wave slope and natural roll frequency for river-sea ships: direct calculation and development of simplified regression formulae”, Project: 2017-1-IT02-KA107-035527, Trieste.

Rudaković, S., 2015, “Hydrodynamic analysis of inland navigation vessels”, Bureau Veritas, Inland Navigation Management, Antwerp.

1.2.3. Учешће у истраживачким пројектима

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 Европске комисије Horizon 2020 R&I Programme Mobility for Growth.

1.2.4. Учешће у настави

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 је био члан и шест комисија за одбрану Дипломског / Мастер рада.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу информација представљених у овом Реферату, Комисија закључује следеће:

- Стефан Рудаковић је способан за научноистраживачки рад под менторским вођством и са потребним степеном самосталности.
- Стефан Рудаковић разуме и способан је да имплементира фундаментална теоријска знања из стабилитета и динамике брода, бродске хидродинамике, математичког моделовања физичких и метеоролошких феномена, итд.
- Стефан Рудаковић је способан за рад са савременим рачунарским алатима, што је од суштинског значаја за истраживање у области стабилитета и динамике брода.
- Стефан Рудаковић је способан да на одговарајући начин представи резултате добијене током истраживања у писаном облику (у виду научних радова и техничких извештаја) као и у усменом облику (у виду презентација на конференцијама, на састанцима истраживачких пројеката, предавањима, итд.).

Сходно томе, Комисија сматра да је Стефан Рудаковић подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Предмет истраживања

Предложена тема докторске дисертације тиче се једног од фундаменталних аспеката бродоградње: стабилитета брода у неоштећеном стању. Прецизније, тема се односи на проблем стабилитета речних бродова у морској пловидби, тј. на стабилитет речно-морских бродова који су у употреби широм света: у Белгији, Француској, Руској федерацији, Индији, Кини, итд. Истраживање је мотивисано чињеницом да, иако и индустрија и регулаторна тела увиђају потребу за побољшањем сигурности речно-морских бродова, сама тема је недовољно истражена. Јединствен приступ сигурности речно-морских бродова (сличан међународном регулаторном оквиру за морске бродове, успостављеном под окриљем Међународне поморске организације) не постоји. Уместо тога, у употреби су различите полу-емпиријске, приближне и поједностављене методе чија је примена, у начелу, ограничена на одређена подручја и бродове одређених карактеристика, типичне за разматрану област пловидбе. Ниво сигурности остварен постојећим методама принципијелно је непознат. У појединим случајевима, ове методе могу чак непотребно строго да ограничавају пловидбу речно-морских бродова. Због тога, сматра се да би адекватна процедура за процену стабилитета допринела не само сигурности речно-морских бродова, већ и њиховој ефикасности. Употребом тачнијег математичког модела физичких појава од значаја за стабилитет брода, могла би да се оствари мање конзервативна процена стабилитета и да се, према томе, прошире границе сигурне пловидбе.

2.2. Циљеви истраживања

Основни циљ истраживања је да осмисли процедуру за процену стабилитета речно-морских бродова изложених бочном ветру и таласима, узимајући у обзир реалне временске услове и напредну хидродинамику. Процедура треба да се заснива на математичком моделу нелинеарног ваљања брода под дејством стохастичког ветра и нерегуларних таласа, узимајући у обзир спрезање са другим љуљањима и пробабилистички приступ процени стабилитета.

2.3. Релевантна библиографија

Предложена тема је у складу са актуелним истраживањима у области стабилитета брода, због чега постоји велики број релевантних библиографских јединица, од којих су у наставку дате само најзначајније. Примена теорије вероватноће, динамике брода и механике флуида (хидродинамичке и статистичке теорије таласних кретања течности) у развоју Друге генерације критеријума стабилитета (SGISC), приказани су у студијама Belenky et al (2011), и Umeda & Francescutto (2016). Развој SGISC у формалним оквирима Међународне поморске организације (ИМО) одвија се дуже од деценије; процедуре, примена и теоријске основе SGISC, предмет су и многих ИМО докумената, као што су ИМО (2016a) и ИМО (2016b). Међу најзначајнијим радовима посвећеним математичким моделима сила и момената који делују на брод на таласима налазе се Himeno (1981) и Kawahara et al (2009), који се баве моментом пригушења ваљања, и Salvesen et al (1970) и Tasai (1971) који се, између осталог, баве утицајем дифракције таласа и спрегнутих љуљања на таласима на побудне моменте ваљања. Могућност примене пробабилистичког прорачуна губитка стабилитета услед великих амплитуда ваљања речно-морских бродова и попречних убрзања у кормиларницама ових бродова разматра се у раду Bačkalov (2019).

Bačkalov, I., 2019. "A probabilistic analysis of stability regulations for river-sea ships", In: Belenky, V., Spyrou, K., van Walree, F., Almeida Santos Neves, M., Umeda, N. (Eds.), Contemporary Ideas on Ship Stability - Risk of Capsizing. Fluid Mechanics and its Applications, 119. Springer, Cham, pp. 707–723.

Belenky, V., Bassler, C., Spyrou, K.J., 2011, "Development of Second Generation Intact Stability Criteria", Hydromechanics Department Report, Naval Surface Warfare Center, USA.

Himeno, Y., 1981, "Prediction of ship roll damping – State of the art", Report No. 239, College of Engineering, University of Michigan.

IMO, 2016a, SDC 4/5/1/Add.3-Annex 4, "Draft Explanatory Notes on the vulnerability of ships to the dead ship stability failure mode", Submitted by Japan, London.

IMO, 2016b, SDC 4/5/1/Add.4-Annex 5, "Draft Explanatory Notes on the vulnerability of ships to the excessive acceleration stability failure mode", Submitted by Japan, London.

Kawahara, Y., Maekawa, K., Ikeda, Y., 2009, "A Simple Prediction Formula of Roll Damping of Conventional Cargo Ships on the Basis of Ikeda's Method and Its Limitation", Proceedings of the 10th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, (STAB2009), St. Petersburg, Russia, pp. 387-398.

Peters, W., Belenky, V., Bassler, C., Spyrou, K., Umeda, N., Bulian, G., Altmayer, B., 2011, "The Second Generation Intact Stability Criteria: An Overview of Development", SNAME Transactions, Vol. 121.

Salvesen, N., Tuck, E.O., Faltinsen, O., 1970, "Ship motions and sea loads", Transactions SNAME 78, pp. 250-287.

Tasai, F., 1971, "On the Sway, Yaw and Roll Motions of a Ship in Short Crested Waves", Reports of Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Vol. XIX, No. 62, 36p

3. Полазне хипотезе

Основна хипотеза коју докторска дисертација треба да потврди или оповргне је могућност да се за процену стабилитета речно-морских бродова у неоштећеном стању, под дејством бочног ветра и таласа, користи пробабилистички приступ. У том смислу, докторска дисертација треба да испита да ли SGISC представља адекватно решење за проблем процене стабилитета речно-морских бродова. Хипотеза се заснива на фундаменталном принципу SGISC, према којем процена стабилитета брода треба да почива, у што већој мери, на динамици и хидродинамици брода у реалним временским условима, уместо на полу-емпиријским методама које су у употреби. SGISC, према томе, треба да буде примењива и на тзв. неконвенционалне бродове, који се од стандардних бродова разликују по техничким и/или експлоатационим карактеристикама. Захваљујући својим специфичним својствима (високим вредностима односа дужине и ширине, ширине и газа, коефицијената пуноће истиснућа и пуноће главног ребра, релативно ниском слободном боку, итд.) због којих се разликују од стандардних морских бродова и врло посебном профилу експлоатације (који подразумева пловидбу речних бродова морем), речно-морски бродови се заиста могу сматрати неконвенционалним. Према томе, предложеним истраживањем тестира се и способност SGISC да, на адекватан начин, узме у обзир специфичности бродова.

4. Научне методе истраживања

Током прве године докторских студија, Кандидат је провео три месеца на усавршавању у одсеку за речне бродове класификационог друштва „Bureau Veritas“ у Антверпену (BV DNI), који је одговоран за развој класификационих правила за речно-морске бродове. Усавршавање

у BV DNI омогућило је Кандидату да проучава како специфичности речно-морских бродова, тако и различите прописе о сигурности овог типа бродова који су у употреби широм света.

Кандидат је оформио базу речних и речно-морских бродова која може да се користи у нумеричким експериментима потребним за проверу основних хипотеза дисертације. База садржи неопходне податке (укључујући и геометрију тупа) више од 50 бродова, и обухвата све класе речних бродова погодних за ограничену пловидбу морем.

Кандидат треба да спроведе велики број (око 700000) нумеричких тестова, користећи оригинални компјутерски програм који је сам развио, како би се, на бродовима из базе, утврдио утицај појединих карактеристика брода (метацентарске висине, положаја кормиларнице, површине изложене ветру, угла наплављивања, итд.) и временских услова на индексе губитка стабилитета. Математички модели ваљања брода решаваће се нумерички, а резултати нумеричких експеримената биће анализирани стохастичком и регресионом анализом.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да докторска дисертација на предложеној тему садржи следеће научне доприносе у области бродске динамике и хидродинамике, и примене статистичке анализе и теорије вероватноће.

- а) Јединствен оквир за процену стабилитета речно-морских бродова у неоштећеном стању, који узима у обзир динамику брода у реалним временским условима и специфичне аспекте хидродинамике речно-морских бродова. Развој оваквог оквира подразумева успостављање одговарајућег математичког модела ваљања брода односно адекватних дефиниција хидродинамичких, реституционих и побудних сила и момената: момента пригушења при ваљању речно-морских бродова, сопствене фреквенције ваљања речно-морских бродова и коефицијента ефективног нагиба таласа, узимајући у обзир специфична својства геометрије тупа оваквих бродова. Оквир би требало да садржи више нивоа комплексности односно тачности, слично приступу који се користи у Другој генерацији критеријума стабилитета. Очекује се да буду развијене процедуре за прорачун Првог и Другог нивоа рањивости и Граница експлоатације речно-морских бродова у односу на могућност губитка стабилитета при резонантном ваљању на бочним таласима и при великим попречним убрзањима. Такав оквир, у овом тренутку, не постоји, као ни потребни математички модели.
- б) Методологија за извођење Првог нивоа рањивости непосредно из резултата Другог нивоа. Таква методологија, за резонантно ваљање брода под дејством бочног ветра и таласа, у овом тренутку, није развијена ни за морске бродове.

Сматра се да предложена докторска дисертација садржи и следеће стручне доприносе.

- в) Методологија за процену ефикасности различитих решења и поступака за побољшање стабилитета речно-морских бродова. Постоји низ решења за побољшање стабилитета и проширење граница експлоатације речно-морских бродова на таласима, што захтева структурисан приступ процени њихове ефикасности. Таква методологија, за речно-морске бродове, у овом тренутку, не постоји.
- г) Предлог јединствених међународних прописа о стабилитету речно-морских бродова. Оквир и процедуре развијене у оквиру докторске дисертације могле би да представљају основу за развој глобално примењивих правила о стабилитету речно-морских бродова. Такви прописи, у овом тренутку, не постоје.

6. План истраживања и структура рада

Кандидат треба да испита у којој мери треба модификовати математички модел нелинеарног ваљања брода изложеног бочном ветру и таласима, који се користи у оквиру Друге генерације критеријума стабилитета неоштећеног брода, узимајући у обзир специфична својства речно-морских бродова. Кандидат треба да предложи одговарајуће вредности прихватљивих граница губитка стабилитета за речно-морске бродове. На основу резултата нумеричких експеримената спроведених на бази бродова, користећи регресиону анализу, Кандидат треба да развије методологију за извођење Првог нивоа рањивости непосредно из Другог нивоа. Кандидат треба да осмисли поступак за прорачун Граница експлоатације речно-морских бродова и да предложи метод за процену ефикасности решења и поступака за побољшање стабилитета речно-морских бродова.

7. Закључак и предлог

На основу анализе теме докторске дисертације коју је предложио Кандидат, циљева дисертације и могућег научног доприноса, и узимајући у обзир све релевантне податке о Кандидату Стефану Рудаковићу, студенту докторских академских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, Комисија сматра да је тема научно заснована и да је Кандидат подобан за рад на предложеној теми. Према томе, Комисија предлаже Већу за докторске студије да Кандидату одобри рад на докторској дисертацији под називом:

A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS

ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА

Научна област предложене докторске дисертације је Машинство. Ужа научна област је бродоградња.

Комисија такође предлаже ванредног професора др Игора Бачкалова за ментора докторске дисертације.

У Београду, 12. марта 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: Evaluation of scientific soundness of the doctoral dissertation topic and eligibility of the Candidate Stefan Rudaković, Ph.D. student

By decision no. 54/2 of Educational and Scientific Council of the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, made on 21.01.2020, we were appointed for the members of the Committee for evaluation of eligibility the candidate and scientific soundness of the topic of the doctoral dissertation of Stefan Rudaković (hereinafter the Candidate), a PhD student at Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade. The proposed topic of the doctoral dissertation is:

A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS

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

Based on the material enclosed with the Candidate's Request, the Committee submits the following

R E P O R T

1. Principal information about the candidate

1.1. Biographical data

1.1.1. Education

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.

1.1.2. Internships and specializations

During the M.Sc. degree studies, Stefan Rudaković carried out two internships, both in 2012: a two-week skills praxis in shipyard “Vahali” in Belgrade, and a one-month internship in Austrian agency for inland waterways management “viadonau” in Vienna, Austria.

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.

1.1.3. Additional (extracurricular) activities

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 team leader of the “Confluence Belgrade” team of students of the Department of Naval Architecture, 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 second place in one of the contest categories).

1.1.4. Other skills relevant for the doctoral studies

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

1.2. Acquired experience necessary for scientific research

1.2.1. Doctoral studies

The Candidate enrolled the Ph.D. degree studies at Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, November 11, 2014. The status of the Candidate is in agreement with the Law on higher education of the Republic of Serbia. In course of the doctoral studies, the Candidate has so far obtained 120 ECTS passing all the exams with the highest mark (10/10). The list of the courses taken by the Candidate is given below.

Semester	Course	ECTS	Mark
1	Advanced course in mathematics	5	10
1	Numerical methods	5	10
1	Organization and methods of scientific research and communication	5	10
1	Ship dynamics	5	10
1	Research and publication – I	10	10
2	Selected chapters in fluid mechanics	5	10

2	Contemporary trends in ship structural design	5	10
2	Selected topics in ship hydrodynamics	5	10
2	Research and publication – II	15	10
3	Wave induced loads on ships	5	10
3	Water waves	5	10
3	Research and publication – III	20	10
4	Research and publication – IV	8	10
4	Elaboration of Ph.D. thesis proposal	22	10
Total ECTS		120	

1.2.2. Scientific publications and technical reports

The Candidate has published six peer-reviewed papers: three papers published in scientific journals and three papers published in international scientific conferences. The Candidate is the first author of two papers published in the top-ranked international scientific journals (category M21). The Candidate has also published one paper in a national journal of international importance (category M24). Finally, the Candidate has published and presented three papers in renowned international conferences in the field of naval architecture, whereby the papers were published in entirety in conference proceedings (category M33). In specific, two of these three events (ISSW and STAB) are dedicated exclusively to ship stability, dynamics and safety, which is exactly the focus of the proposed dissertation topic. The list of the scientific publications of the Candidate is given below.

Scientific publication	Category*
<u>Rudaković, S.</u> , 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 = 2.73).	M21
<u>Rudaković, S.</u> , Bulian, G., Bačkalov, I., 2019, “Effective wave slope coefficient of river-sea ships”, Ocean Engineering, Vol. 192, paper 106427 (ISSN 0029-8018, IF = 2.73).	M21
Bačkalov, I, <u>Rudaković, S.</u> , 2017, “Influence of freeboard on ship stability in rough weather: a probabilistic analysis”, FME Transactions Vol. 45, No. 1, pp. 45-50.	M24
<u>Rudaković, S.</u> , Bačkalov, I., 2018, “Operational limitations of river-sea ships in the framework of the Second Generation Intact Stability Criteria”, Proceedings of the 13 th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB 2018), Kobe, pp. 271-282 (ISBN 978-4-908678-11-0).	M33
<u>Rudaković, S.</u> , Bačkalov, I., 2017, “On application of standard methods for roll damping prediction to inland vessels”, Proceedings of the 16 th International Ship Stability Workshop (ISSW 2017), Belgrade, pp. 159-166 (ISBN 978-86-7083-935-9).	M33
Bačkalov, I., Kalajdžić, M., Momčilović, N., <u>Rudaković, S.</u> , 2016, “A study of an unconventional container vessel concept for the Danube”, Proceedings of the 13 th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures PRADS’2016, Copenhagen, pp. 593-601 (e-ISBN 978-87-7475-473-2).	M33

* According to the criteria of Ministry of Science, Education and Technological Development of the Republic of Serbia

In addition, the Candidate has authored two technical reports on the research activities carried out during the internships in Bureau Veritas in Antwerp and Department of Engineering and architecture at University of Trieste in Trieste:

Technical report

Rudaković, S., 2018, “Effective wave slope and natural roll frequency for river-sea ships: direct calculation and development of simplified regression formulae”, Project: 2017-1-IT02-KA107-035527, Trieste.

Rudaković, S., 2015, “Hydrodynamic analysis of inland navigation vessels”, Bureau Veritas, Inland Navigation Management, Antwerp.

1.2.3. Participation in research projects

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).

1.2.4. Participation in teaching activities

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 was a member of six committees for Master thesis or Diploma thesis defense.

1.3. Evaluation of eligibility of the Candidate to work on the proposed topic

Based on the information herein presented, the Committee concludes the following:

- Stefan Rudaković is capable of performing the required scientific research with sufficient degree of independence and under mentorship.
- Stefan Rudaković is capable of understanding and implementing the underlying theory of ship stability and dynamics, ship hydrodynamics, mathematical modelling of environmental conditions, etc.
- Stefan Rudaković is capable of working with contemporary computational tools which is an indispensable part of the research in ship stability and dynamics.
- Stefan Rudaković is capable of appropriately presenting and communicating the results obtained during research in written form (in scientific papers and technical reports), as well as in oral form (in form of presentations in the conferences, project meetings, lectures, etc.).

Therefore, the Committee is of opinion that Stefan Rudaković is eligible to work on the proposed doctoral dissertation topic.

2. Subject and objectives of the research

2.1. Subject of research

The proposed doctoral dissertation topic concerns one of the fundamental aspects of naval architecture: stability of ships in intact condition. More specifically, the topic addresses the problem of intact stability of inland vessels in maritime navigation, i.e. intact stability of river-sea ships which are in operation all over the world: in Belgium, France, the Russian Federation, India, China, etc. The research is motivated by the fact that even though there is a demand from the industry and the authorities for improvement of safety of river-sea ships, the topic itself is insufficiently examined. A common approach to the safety of river-sea vessels (akin to international regulatory framework applicable to seagoing ships and instituted by International Maritime Organization) does not exist. In practice, the safety assessment is largely based on diverse (semi-)empirical, approximate and simplified methods, which are, in principle, design-specific and operational area-specific. This considerably limits their applicability. The safety level achieved with the existing methods is unknown. In some cases, such methods may even unnecessarily limit the operation of the vessels. It is believed that a proper stability assessment procedure would not only contribute to the safety of river-sea ships but that it may even be beneficial for their efficiency; if a more accurate mathematical model of stability-related physical phenomena is employed, its application could result in a less conservative stability assessment and, hence, in expansion of safe navigation conditions.

2.2. Objectives of the research

The main objective of the research is to conceive a procedure for stability assessment of river-sea ships in beam wind and waves, accounting for realistic environmental conditions and advanced hydrodynamics. The procedure is to be based on a mathematical model of nonlinear roll of a ship in stochastic wind and irregular waves, taking also into account coupling with other ship motions, and on a probabilistic approach to stability assessment.

2.3. Relevant bibliography

The proposed topic is in line with the state-of-the-art research in ship stability and, as such, could refer to a number of relevant bibliographic units, whereby only the most important ones are given below. The application of theory of probability, ship dynamics and fluid mechanics (i.e. hydrodynamic and stochastic theory of waves) in the development of the SGISC is described in Belenky et al (2011) and Umeda and Francescutto (2016). The development of the SGISC within the formal IMO framework has been taking place for more than a decade; hence, the procedures, the sample applications and the theoretical background of the criteria are presented in a range of IMO documents, such as IMO (2016a) and IMO (2016b). Among the most important works dedicated to the mathematical modelling of forces and moments acting on a ship in seaway are Himeno (1981), and Kawahara et al (2009), dealing with the roll damping moment, and Salvesen et al (1970) and Tasai (1971) which inter alia deal with the influence of diffraction and coupling of ship motions on roll excitation moments. Possibility of using a probabilistic assessment of stability failures of river-sea ships due to large-amplitude roll motion and high accelerations in the wheelhouse is the subject of Bačkalov (2019).

Bačkalov, I., 2019. "A probabilistic analysis of stability regulations for river-sea ships", In: Belenky, V., Spyrou, K., van Walree, F., Almeida Santos Neves, M., Umeda, N. (Eds.), *Contemporary Ideas on Ship Stability - Risk of Capsizing. Fluid Mechanics and its Applications*, 119. Springer, Cham, pp. 707–723.

Belenky, V., Bassler, C., Spyrou, K.J., 2011, “Development of Second Generation Intact Stability Criteria”, Hydromechanics Department Report, Naval Surface Warfare Center, USA.

Himeno, Y., 1981, “Prediction of ship roll damping – State of the art”, Report No. 239, College of Engineering, University of Michigan.

IMO, 2016a, Sub-committee on Ship Design and Construction, 4th session, Agenda item 5 (SDC 4/5/1/Add.3-Annex 4) “Draft Explanatory Notes on the vulnerability of ships to the dead ship stability failure mode”, Submitted by Japan, London.

IMO, 2016b, Sub-committee on Ship Design and Construction, 4th session, Agenda item 5 (SDC 4/5/1/Add.4-Annex 5) “Draft Explanatory Notes on the vulnerability of ships to the excessive acceleration stability failure mode”, Submitted by Japan, London.

Kawahara, Y., Maekawa, K., Ikeda, Y., 2009, “A Simple Prediction Formula of Roll Damping of Conventional Cargo Ships on the Basis of Ikeda’s Method and Its Limitation”, Proceedings of the 10th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, (STAB2009), St. Petersburg, Russia, pp. 387-398.

Peters, W., Belenky, V., Bassler, C., Spyrou, K., Umeda, N., Bulian, G., Altmayer, B., 2011, “The Second Generation Intact Stability Criteria: An Overview of Development”, SNAME Transactions, Vol. 121.

Salvesen, N., Tuck, E.O., Faltinsen, O., 1970, “Ship motions and sea loads”, Transactions SNAME 78, pp. 250-287.

Tasai, F., 1971, “On the Sway, Yaw and Roll Motions of a Ship in Short Crested Waves”, Reports of Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Vol. XIX, No. 62, 36p.

3. Basic hypotheses

The key hypothesis to be confirmed or refuted by the doctoral dissertation is the possibility to use the probabilistic framework in assessment of intact stability of river-sea ships in beam wind and waves. The doctoral dissertation should examine whether a rational solution could be found in the application of the Second Generation Intact Stability Criteria (SGISC) framework to stability of river-sea ships. The hypothesis is based on the fundamental principle of the SGISC which implies that ship stability assessment should be based, as far as possible, on ship dynamics and hydrodynamics in realistic weather conditions, rather than on semi-empirical methods which are presently in use. The SGISC framework is, therefore, supposed to be applicable to unconventional ships, i.e. the ships which differ from the standard ones due to specific design and/or operational characteristics. Due to their distinct design features (high length-to-beam and beam-to-draught ratios, low freeboard, high block coefficient values, high mid-ship coefficient values, etc.) which set them apart from the standard seagoing ships, and a very particular operational profile (which implies inland vessels sailing at sea) river-sea ships may be indeed considered as unconventional vessels. Therefore, the proposed research could also test the robustness of the SGISC framework to ship distinctiveness.

4. Scientific research methods

During the first year of Doctoral studies, the Candidate has spent three months in Bureau Veritas Inland Navigation Management (BV DNI) in Antwerp. BV DNI was responsible for development of the classification rules for river-sea ships. Thus, the internship in BV DNI enabled the Candidate

to study the specific features of the river-sea ships as well as various stability and safety rules which are applied to this type of ships worldwide.

The Candidate has gathered a considerable database of inland vessels and river-sea ships which are to be used in large-scale numerical experiments necessary for verification of the basic hypotheses of the dissertation. The database comprises more than 50 ships, covering all the classes of inland vessels suitable for limited maritime navigation.

Several series of large-scale numerical experiments (approximately 700000 experiments), using the original computer code developed by the Candidate, are to be conducted on the database of vessels in order to establish the influence of design parameters (metacentric height, wheelhouse elevation, windage area, flooding angle, etc.), and environmental conditions on stability failure indices. Numerical methods are to be used in solving the mathematical models of ship roll, while stochastic analysis and regression analysis are to be used in the analysis of obtained results.

5. Expected scientific contribution

It is expected that the doctoral dissertation on the proposed topic would contain the following scientific contributions in the fields of ship dynamics and hydrodynamics, and application of statistical analysis and theory of probability.

- a) A common framework for intact stability assessment of river-sea ships which considers ship dynamics in realistic weather conditions and incorporates the specific aspects of hydrodynamics of river-sea ships. The development of such framework implies that an adequate mathematical model of ship roll is established, that is, the hydrodynamic, the restoring, and the exciting forces and moments are properly defined. This means that the roll damping moment, natural roll frequency and effective wave slope coefficient of river-sea ships are calculated taking into account their specific hull geometry features. It is foreseen that the framework adopts a multi-tiered approach similar to the one used within the Second Generation Intact Stability Criteria. Within the proposed framework, it is expected that the specific calculation procedures for Vulnerability Level 1, Vulnerability Level 2 and Operational Limitations with respect to Dead Ship Condition and Excessive Accelerations stability failure modes will be developed. Presently, such framework for river-sea ships does not exist.
- b) A methodology to derive the Vulnerability Level 1 assessment procedure from the Vulnerability Level 2 assessment results. Presently, such methodology for the Dead Ship Condition stability failure mode has not been developed even for the seagoing ships.

It is considered that the proposed doctoral dissertation could also contain the following professional contributions.

- c) A methodology to assess and compare the effectiveness of various design and operational measures for improvement of stability of river-sea ships. A range of methods could be employed in an attempt to improve the stability of river-sea ships in seaway and extend their operational limitations, which would require a structured approach to assessment of their effectiveness. Presently, such methodology for river-sea ships does not exist.
- d) A proposal for a unique international regulatory framework for intact stability of river-sea ships. The framework and the procedures developed within the doctoral dissertation would make a solid basis for the development of globally applicable river-sea ship stability rules. Presently, such rules do not exist.

6. Research structure and planning

The Candidate should examine the necessary modifications of the mathematical model of nonlinear roll of a ship in beam wind and waves, which is used within the framework of the SGISC, considering the specific features of river-sea ships. The Candidate should propose the appropriate values of acceptable thresholds of the stability failures relevant for river-sea ships. Based on the results of numerical experiments conducted on the vessels in the database, and using the regression analysis, the Candidate should develop the methodology to derive the Vulnerability Level I assessment directly from the Vulnerability Level 2. The Candidate is to conceive the procedure for assessment of Operational Limitations of river-sea ships, and to propose a method for evaluation of effectiveness of design and operational methods for improvement of stability of river-sea ships.

7. Conclusions and proposal

Based on the analysis of the topic of doctoral dissertation proposed by the Candidate, its objectives and potential scientific contribution, and considering all the relevant information on the Candidate, Stefan Rudaković, Ph.D. student of University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, the Committee finds the topic to be scientifically sound and the Candidate to be eligible to conduct the research on the proposed topic. Therefore, the Committee proposes to the Council for Doctoral Studies to approve the work on the doctoral dissertation titled:

A NOVEL APPROACH TO STABILITY ASSESSMENT OF RIVER-SEA SHIPS

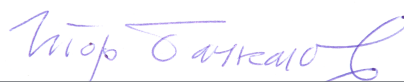
ИНОВАТИВНИ ПРИСТУП ПРОЦЕНИ СТАБИЛИТЕТА РЕЧНО-МОРСКИХ БРОДОВА

The academic discipline of the proposed doctoral dissertation topic is Mechanical Engineering. The sub-discipline is Naval Architecture.

Furthermore, the Committee proposes associate professor Dr. Igor Bačkalov to be the mentor of the doctoral dissertation.

In Belgrade, March 12th, 2020

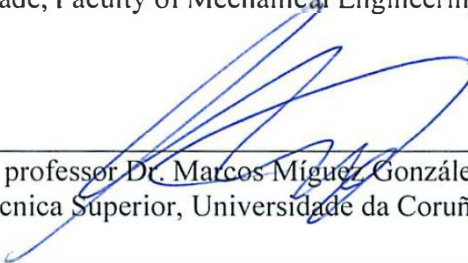
THE COMMITTEE MEMBERS



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 Politécnica Superior, Universidade da Coruña

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Игор Бачкалов

Звање: Ванредни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. 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 = 2.73).
2. Manderbacka, T., Themelis, N., **Bačkalov, I.**, Boulougouris, E., Eliopoulou, E., Hashimoto, H., Konovessis, D., Leguen, J.-F., Míguez González, M., Rodríguez, C.A., Rosén, A., Ruponen, P., Shigunov, V., Schreuder, M., Terada, D., 2019, An overview of the current research on stability of ships and ocean vehicles: The STAB2018 perspective, *Ocean Engineering*, Vol. 186, paper 106090 (ISSN 0029-8018, IF = 2.73).
3. 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 = 2.73).
4. **Bačkalov, I.**, Bulian, G., Rosén, A., Shigunov, V., Themelis, N., 2016, Improvement of ship stability and safety in intact condition through operational measures: challenges and opportunities, *Ocean Engineering*, Vol. 120, pp 353-361 (ISSN 0029-8018, IF = 1.351).
5. **Bačkalov, I.**, Bulian, G., Cichowicz, J., Eliopoulou, E., Konovessis, D., Leguen, J.F., Rosén, A., Themelis, N., 2016, Ship stability, dynamics and safety: Status and perspectives from a review of recent STAB conferences and ISSW events, *Ocean Engineering*, Vol. 116, pp 312-349 (ISSN 0029-8018, IF = 1.351).
6. **Bačkalov, I.**, 2015, Impact of contemporary ship stability regulations on safety of shallow-draught inland container vessels, *Safety Science*, Vol. 72, pp 105-115 (ISSN 0925-7535, IF = 1.672).

7. **Bačkalov, I.**, 2010, Probabilistic safety of estuary vessels based on nonlinear rolling in wind and waves, Transactions RINA, Vol. 152, Part A1, International Journal of Maritime Engineering, pp 1-8 (ISSN 1479-8751, IF = 0.059).
8. **Bačkalov, I.**, Kalajdžić, M., Hofman, M., 2010, Inland vessel rolling due to severe beam wind: a step towards a realistic model, Probabilistic Engineering Mechanics, Vol. 25, No. 1, pp 18-25 (ISSN 0266-8920, IF = 1.252).

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
