# Стручни критички осврт

**Стефан С. Рудаковић, *A novel approach to stability assessment of river-sea ships* („Иновативни приступ процени стабилитета речно-морских бродова“). Докторска дисертација. Београд: Машински факултет Универзитета у Београду, 2020, xvi + 162 стр. (основни текст на штампаним странама 1–124; библиографија од стр. 125, прилози од стр. 131). Научна област машинство, ужа научна област бродоградња. Ментор др Игор Бачкалов; чланови комисије др Милорад Моток и др Маркос Мигес Гонсалес. Рад је писан на енглеском језику. Отворени приступ: НаРДуС.**

---

## I Предмет, грађа и мерило

Дисертација узима за предмет проблем који бродоградбена пракса дуго носи као отворен, а научна литература готово није обрадила у целини: процену стабилитета речно-морских бродова у неоштећеном стању — речних бродова који уз испуњене техничке и временске услове редовно плове приобалним морем — на основу вероватносног оквира Друге генерације критеријума стабилитета неоштећеног брода (SGISC). Рад се свесно ограничава на два облика губитка стабилитета за која су ти бродови рањиви — ваљање на бочном ветру и таласима (Dead Ship Condition) и велика попречна убрзања (Excessive Acceleration) — и то ограничење образлаже физички, а не пуком селекцијом: „river-sea ships are vulnerable to the following two: Dead Ship Condition (DSC) and Excessive Acceleration (EA)“ (стр. 2). Циљ је постављен као пројектантски, изградити поступак: „the goal of the research is to conceive a procedure for intact stability assessment of river-sea ships when sailing in maritime environment, accounting for realistic environmental conditions and advanced hydrodynamics“ (стр. 1).

Пре свега осталог ваља изрећи мерило, изричито и без изузетка. Рукопис је био завршен и предат средином септембра 2020. године: ментор је 28. августа 2020. обавестио факултет да је дисертација готова, а Комисија за преглед, оцену и одбрану именована је 17. септембра 2020. Рад се стога овде мери искључиво према прописима, стандардима, документима међународних тела, литератури и стању струке који су постојали и били доступни пре тог тренутка. Ништа што је настало касније није мерило. То се посебно тиче Привремених смерница о SGISC (IMO, MSC.1/Circ.1627), одобрених на 102. заседању Одбора за поморску безбедност у новембру и објављених 10. децембра 2020: оне су после рока и ни у једном делу нису основ замерке. Меродавно стање SGISC на рок јесу документи седнице SDC 7

(фебруар 2020), које рад и наводи. То правило важи и за списак литературе овог осврта — свака његова јединица објављена је пре рока, изузев саме дисертације, реферата комисије и записа у НаРДуС-у, уз назнаку издања тамо где је потребно.

Наводи из дисертације преносе се дословно, у наводницима, на језику на коме је рад писан (енглески), са бројем штампане стране у загради. Бројеви у самом осврту пишу се по српском правопису (децимални зарез), што није налаз о раду. Формални услов облика испуњен је: Упутство Универзитета у Београду о облику и садржају докторске дисертације (2019) допушта да се рад брани на другом језику уз обавезне српске насловне стране, Сажетак и кључне речи (Упутство допушта ћирилицу или латиницу; дисертација их има ћирилицом).

## II Шта рад доноси

Осврт је дужан да почне оним што дисертација јесте, јер је то и највећи део онога што она вреди.

Прво и најчвршће, рад доноси аналитички утемељен налаз о недостатку методе за пригушење ваљања коју SGISC препоручује. Показано је да поједностављена Икедина метода (Kawahara и сар., 2009) за пуне форме трупа даје физички немогуће, негативно вртложно пригушење, и то не као пуку неконвергенцију решавача него као последицу структуре полинома вртложне компоненте, чији члан вишег реда постаје негативан и надмашује члан нижег реда за блок-коефицијент изнад приближно 0,84. Тај налаз рад поштено проширује и ван предмета: „the problem of negative eddy making component is not limited to inland vessels, but affects sea-going ships with high block coefficient, too“ (стр. 122). Вредност тог места независна је од броја испитаних бродова, јер почива на алгебри методе, а не на узорку.

Друго, рад показује да за пуне форме речно-морских бродова поједностављени IMO метод правоугаоних пресека и тачан тродимензиони Froude-Krylov метод дају готово једнак коефицијент ефективног нагиба таласа, и то физички објашњава: „The overall good matching between these two methods is a consequence of the full hull forms of river-sea ships, with long parallel middle bodies and high midship coefficients“ (стр. 71). То је практично вредан, добро поткрепљен резултат: он оправдава коришћење простог метода за овај тип брода.

Треће, рад даје употребљиве инжењерске алате: регресионе моделе за сопствену фреквенцију ваљања и за коефицијент ефективног нагиба таласа изведене из систематских прорачуна сведеног тродимензионог модела; графике експлоатационих ограничења с индексима OLI1 и OLI2, који стабилитет своде на однос само две величине и „could serve as a tool for comparing vessels“ (стр. 110); и предложени параметарски критеријум нивоа 1 за DSC, чија је предност над

постојећим у SGISC у томе што „both lower and upper limits of metacentric height can be estimated“ (стр. 119). Рационални облик модела за ефективни нагиб конструисан је тако да сам поштује физичке асимптоте, „enabling regression formula to follow the properties of“ (стр. 96) граничних вредности. Све измене обједињене су у један применљив поступак: „The consolidated procedures for stability assessment of river-sea ships considering all the modifications of the SGISC Vulnerability Level 2 for Dead Ship Condition and Excessive Accelerations presented in the thesis, are given in Appendix E“ (стр. 123).

Четврто — и то одређује како се чита цео критички слој — рад је доследно поштен према сопственим границама. Он не крије да су кључни улази претпостављени: „The actual vertical centre of gravity is not known, thus only position of metacentre KM is reported, obtained by the hydrostatic calculations based on input hull forms.“ (стр. 5); отворено означава стање знања, „there seems to be no studies on effective wave slope of river-sea ships“ (стр. 60); поштено извештава о негативном резултату који мотивише остатак рада, „the calculations returned no results. A closer examination showed that calculations were unable to carry out convergence of the standard deviation of roll velocity“ (стр. 36); суви радијус инерције изричито издваја као нерешено питање, „kxx is a missing link in stability assessment of not only inland vessels and river-sea ships, but also sea-going ships“ (стр. 89); а предложени ниво 1 сам означава као приказ начела, „is just a case study of the principle“ (стр. 119). Та врста уздржаности чини оцену рада веродостојнијом и, како ће се видети, највећи део онога што треба поправити већ је негде у раду тачно именовано.

Најзад, ваља рећи и оно што надилази појединачне вредности: где год су се тврдње рада могле сравнити с изворним поступцима, документима и уџбеничком физиком, у највећем делу су се показале тачним. Носеће једначине поступака DSC и EA верно преносе оквир SGISC, физички описи облика губитка стабилитета су тачни, а приписивања туђих налаза (Mizuno, Fujino, Yamagata, Watanabe, Umeda, Blume, Tasai) сагласна су с оним што рад тврди. Та поузданост основе није споредна: она уопште омогућава да се о раду расправља овако детаљно.

## III Циљ, хипотеза и метод

Циљ је постављен јасно и проверљиво, и у делу који се тиче саме изградње поступка испуњен је: свака компонента SGISC заиста је испитана и по потреби измењена — временски услови, пригушење, ефективни нагиб таласа и сопствена фреквенција, експлоатациона ограничења и ниво 1. То је најбоље испуњен део циља.

Реч „хипотеза“ у самом раду се не појављује; о полазној хипотези говори тек реферат комисије (в. одељак X). То није мана — пројектантски рад по природи изграђује и приказује поступак, а не тестира емпиричку хипотезу природнонаучним огледом —

али ваља приметити да оцена адекватности прорачуна, коју реферат приписује раду, у самом раду није операционализована ниједном мером: нема моделских испитивања, референтни метод је усвојен као претпоставка, а дугорочни стандарди су означени привременим.

Језгро метода јесу сопствени рачунарски програми за ниво 2. Њихова провера коректно је описана: „The codes were validated based on the available test cases provided in IMO documents (IMO, 2013, 2016e). Furthermore, the codes were cross-checked in cooperation with other researchers“ (стр. 2). Овде треба бити и строг и правичан. Строг: за прописани, добро дефинисан регулаторни поступак слагање с показним примерима IMO и с независним имплементацијама других истраживача јесте *верификација*, не *валидација* — а по општеприхваћеном оквиру струке (ITTC, *7.5-03-01-01: Uncertainty Analysis in CFD*, 2017) валидација по дефиницији захтева упоредне експерименталне податке; називати верификацију „validation“ терминолошки је непрецизно. Правично: исти документ дозвољава верификацију као засебан, легитиман корак „when conditions permit“, а експериментална валидација регулаторног рачунског поступка није у обиму тезе и рад је не тврди. Реч, дакле, треба уједначити, али је провера кода на прописаним примерима стандардна и довољна за његову исправност.

Осетљивије је питање претпостављених улаза. Кључне величине — вертикални положај тежишта и лака маса, а преко њих и опсези метацентарске висине, те суви радијус инерције — нису познати него претпостављени, а утицај те неизвесности на индексе није приказан студијом осетљивости, иако је метацентарска висина најутицајнији улаз за оба разматрана облика губитка стабилитета. Општа метролошка норма струке (JCGM 100:2008, GUM, т. 0.1) захтева да уз резултат стоји нека мера његовог квалитета да би се могла оценити поузданост; овде најутицајнији улази улазе без такве оцене. Рад ту слабост знатно ублажава тиме што ради с *опсезима* метацентарске висине, а не с једном вредношћу, чиме део неизвесности апсорбује, и што недостатак методе за процену сувог радијуса инерције отворено означава као стање струке, а не као сопствени пропуст. Ипак, студију осетљивости на претпостављене улазе требало би додати.

Поновљивост је ограничена и то ваља рећи као ограничење, не као грешку: појединачни извори базе нису именовани, форме трупа су реконструисане, највећа забележена брзина преузета је с неименованог и неархивираног веб-места за праћење бродова, а сирови подаци (табеле офсета, велики број прорачуна нивоа 1) нису приложени. Овде се то не узима заману: прилози с расподелама и графицима валидације уз опис поступка омогућавају начелну, ако не и потпуну репродукцију.

## IV Прописи, критеријуми и приказ литературе

Прегледна поглавља (2 и 3) не носе главне резултате, али постављају основ, и у највећем делу су тачна и уредно приписана изворима. Систематски упоредни приказ шест регулаторних оквира изведен је с тачним увидом да су прописи локацијски специфични и међусобно неупоредиви, а критичко читање туђег прописа доводи до конкретног налаза: „the wind effects are neglected in the calculations, which is the main shortcoming of the current regulation, affecting accuracy of stability assessment.“ (стр. 10). Одмерена је и научна опрезност: „There are no reports of Parametric Roll in river-sea ships, to the best of the author’s knowledge.“ (стр. 18).

Две замерке у овом делу стоје, обе лаке. Прва је анахрони упут: на стр. 15 списак од пет облика губитка стабилитета, укључујући велика попречна убрзања, приписан је Анексу 3 документа IMO (2005b), док тај анекс носи наслов *Dynamic phenomena* и мод великих убрзања не садржи — што и сам рад тачно наводи на стр. 19, где стоји да тај облик губитка стабилитета није поменут управо у документу IMO (2005b). Реч је о унутрашњој непрецизности упута (стр. 15 наспрам стр. 19), а не о неразумевању историјата: реченица почиње речју „eventually“, а коначних пет модова наведено је тачно. Друга је снага уопштавања: закључак да речно-морски бродови нису рањиви на три од пет облика губитка стабилитета изведен је применом нивоа 1 на само три тест-брода. Ту је, међутим, физички аргумент робустан (мала брзина искључује залетање и залетно скретање, пуне форме смањују промену водне линије), а израчунате вредности су далеко од прагова, па је реч о запажању које би требало формулисати као оивичено тест-бродовима, а не као доказ за цео тип.

## V Математички модел ваљања, временски услови и пригушење

Овде је тежиште главног доприноса, и овде су замерке најсадржајније, али ниједна не руши носећи налаз о негативном пригушењу, који је аналитички чврст.

Најтежа замерка у овом делу тиче се домета предложене поправке вртложне компоненте. Поправка отклања физички немогуће негативно пригушење и даје исправан тренд — што рад јасно каже — али је прилагођена на само шест бродова у уском опсегу блок-коефицијента (0,798–0,851), а изведена је ослонцем на класичну Икедину методу коју сам рад признаје несигурном за пуне форме. За стварне речно-морске бродове, чији блок-коефицијент иде до близу 0,92, рачуна се с ограниченом вредношћу, а рад отворено бележи да поправка и тада вишеструко потцењује класичну процену и да „an accurate estimation of the eddy making component of such full-bodied vessels remains a task for the future“ (стр. 54). Поправка, дакле, обезбеђује позитивност и смер, али не и потврђену тачност за пуније трупове — управо опсег већине разматраних бродова. Ту треба бити и правичан: препоручена метода струке

за нумеричку процену пригушења (ITTC, *7.5-02-07-04.5: Numerical Estimation of Roll Damping*, 2011) изричито се сме користити у одсуству података из огледа и сама упозорава на ограничења баш за мале односе газа и ширине и за пресеке који знатно одступају од уобичајеног трупа — па је ауторов налаз у сагласју с духом те препоруке, а не у сукобу с њом.

Рани негативни налаз (без љуљних кобилица прорачун не даје резултате) прво је приказан као особина поступка, „it seems that the two described procedures are unsuitable for application to river-sea ships“ (стр. 38), а тек у поглављу 6 објашњен стварним физичким узроком. Тиме налаз није артефакт кода — што га и чини вредним — али га је требало на том месту тако и означити. Уз то, формулацију да се узимањем граничне вредности методе ван њеног опсега „the limiting value was used, thus excluding the potential source of error“ (стр. 38) ваља ублажити: примена методе ван опсега замењује једну неизвесност другом, а не уклања извор грешке. Слична је природа „прелома“ на кривама индекса, које и сам рад повезује с уским опсезима методе — „This is one more parameter of the Simplified Ikeda’s method, for which the applicability range is often narrower than river-sea ship particulars“ (стр. 56).

Измена временских услова — тежиште поглавља 5 — изведена је из једног пловног подручја (белгијска обала): једна табела учесталости мора, један осредњени спектар и један однос ветра и таласа добијен уклапањем на измерене податке, без исказане мере квалитета тог уклапања, уз ренормализацију ограничене табеле коју документи IMO не прописују (рад то и бележи). Бројчани опсези метацентарске висине зато важе за то подручје, што рад отворено означава: услови су „are location-specific and most certainly they are inapplicable to other regions“ (стр. 39). Овде је правично рећи двоструко: сам поступак прилагођавања услова подручју управо је оно што SGISC допушта, а избор осредњеног JONSWAP спектра сагласан је с препорученом праксом за спектре и статистику окружења (DNV GL, *RP-C205: Environmental conditions and environmental loads*, издање септембар 2019); спорна је општост бројчаних закључака, не легитимност поступка. Из истог круга је закључак да је DSC преовлађујући облик губитка стабилитета за овај тип брода: поткрепљен је сликама и физичким очекивањем, али изведен из три тест-брода, па га треба узети као налаз за разматране бродове.

Најзад, тврдња да поступак даје реалнију, мање конзервативну процену није поткрепљена поређењем опсега метацентарске висине с оним што важећи локацијски прописи или експлоатациона пракса дозвољавају на истим бродовима — рад је упоређен само с немодификованим SGISC. Забележени несклад с праксом у Северном мору рад при том користи конструктивно, да мотивише исправку пригушења, а недостајући упоредни подаци (стања крцања, офсети страних бродова) нису били доступни.

## VI Ефективни нагиб таласа, сопствени период и регресиони модели

Осовина овог дела јесте избор сведеног тродимензионог модела за референтну („најтачнију“) вредност, и на њему почива низ оцена тачности. Тај избор образложен је физичким расуђивањем — „is assumed to be the most accurate among the considered methods, because it better represents hydrodynamic effects“ (стр. 67) — при чему сам метод „it is an approximate method because it neglects the effect of damping“ (стр. 60), а за речно-морске бродове нема огледа који би потврдио да он даје тачнији резултат. Отуд све оцене типа већа тачност мере се према референци чија апсолутна тачност за овај тип брода није показана. Ту је језгро замерке стварно, али га треба тачно омерити: реч „assumed“ показује да сам рад референцу узима као претпоставку, не као доказ; метод је физички богатији (спрега ваљања са заношењем и скретањем); а поређења остају ваљана као *релативна* нумеричка чињеница, независно од апсолутне тачности. Из истог круга је и оцена да су Froude-Krylov методе конзервативније: да су конзервативније од сведеног модела показано је нумерички на целој бази, а да „the Froude-Krylov approximation tends to be conservative“ (стр. 59) у смислу прецењивања стварног ваљања закључује се по аналогији с ранијим огледима на другим типовима бродова, што је уверљиво поткрепљено, али за овај тип није директно експериментално потврђено. У прилог опрезу иде и сопствено самоограничење домашаја: резултати „should not be considered as valid for conventional sea-going ships, which are usually featuring lower longitudinal and vertical prismatic coefficients“ (стр. 77).

Још једно ограничење улазне стране рад не разматра изричито: хидродинамички коефицијенти референтног метода добијени су трака-теоријским кодом, чија тачност опада баш за пуне форме великог односа ширине и газа и малог газа; будући да је ефективни нагиб таласа однос момената и да је слагање метода различите сложености добро, утицај тог ограничења је вероватно ублажен, али би га ваљало експлицитно оценити.

Најозбиљнија и правилно постављена замерка овог дела јесте изостанак стандардних мера квалитета уклапања. Регресионе формуле — главни практични допринос — приказане су само дијаграмима расипања и интерквартилним опсегом, „the interquartile range (i.e. 50% of all data) is within the range of“ (стр. 98) уских граница, али без вредности коефицијента детерминације, корена средње квадратне грешке ни стандардних грешака коефицијената, што отежава независну оцену њихове поузданости. Уз то, избор предиктора описан је речима, „After thorough examination and tests, three non-dimensional parameters were taken, which are presumed to make the best regression“ (стр. 92), без приказаног квантитативног критеријума, а оно што рад назива интервалом предвиђања јесте емпиријски перцентилни појас резидуала сталне ширине, „obtained after removing 2.5% of the

largest positive errors, and 2.5% of the largest negative errors“ (стр. 93). То се разликује од интервала предвиђања у уобичајеном значењу, који се шири с удаљавањем предиктора од средине и укључује резидуалну варијансу (Montgomery, Peck & Vining, *Introduction to Linear Regression Analysis*, 5. изд., 2012, §2.5); реч „approximated“, коју рад додаје, ту непрецизност поштено сигнализира, а сам поступак — робусна регресија с итеративно поновно тежинским најмањим квадратима, Хуберовом функцијом и скалирањем резидуала медијаном апсолутних одступања, „robust regression with iteratively re-weighted least squares using Huber weighting function and using median absolute deviation (MAD) scaling of residuals was used“ (стр. 92) — устаљен је и прикладан. Оцене веће тачности изнете су као уверење — „the results are believed to be more accurate“ (стр. 87), „the better representation of the physical model has increased the accuracy of the assessment“ (стр. 89) — и физички су образложене, али нису бројчано измерене нити упоређене с независном (експерименталном) референцом, које за овај тип брода није било; референца поређења остаје сам модел, „results obtained by the 3DOF linear hydrodynamic approach will be deemed as the benchmark data“ (стр. 83), па је оно што одељак о валидацији чини заправо провера преносивости формула на бродове ван скупа за регресију, а не потврда наспрам стварности. Отуд и уопштавање „the newly developed formulae are considered to be applicable to all vessels of the same type“ (стр. 103) треба омеђити скупом и опсезима применљивости; рад то делом сам чини, условљавајући применљивост препоруком да се особине конкретног брода упореде с корелационим прегледом из прилога. Слаба идентификованост двају коефицијената рационалног модела, најзад, стоји као чињеница, али са занемарљивом последицом коју је аутор документовао: „the results are not very sensitive to variations“ (стр. 97) тих коефицијената.

## VII Експлоатациона ограничења, ниво 1 и стандарди сигурности

Овде је најтежа појединачна замерка целог рада, и она је унутрашња противречност у носећем улазу. Дугорочни стандард за DSC на нивоу 2 наведен је недоследно: на стр. 28 рад усваја вредност 0,06 (која одговара SGISC), а на стр. 112, изводећи ниво 1, узима „the same standard as in SGISC“ (стр. 112) уз вредност 0,006 — десет пута строжу. Да није реч о пукој словној омашки, него о вредности стварно примењеној у поглављу 11, показује поређење опсега метацентарске висине: за исти брод и исте услове поглавље 10 (уз стандард 0,06) даје знатно шири опсег него табела 11.3 у поглављу 11, што одговара строжем прагу. Последица је да су бројке поглавља 10 и 11 непосредно неупоредиве, а цела регресија нивоа 1 калибрисана је на прагу који је истовремено погрешно означен као SGISC-ов. Замерку ублажава — али не поништава — то што су стандарди изричито означени привременим, „provisional long-term standards will be used“ (стр. 112), а сам ниво 1 као приказ начела; поступак

извођења нивоа 1 из нивоа 2 не зависи од саме вредности прага, па поновно извођење с 0,06 мења коефицијенте, али не и метод. Неусаглашеност се, ипак, мора исправити.

Из истог прага следе и две даље слабости. Конзервативност нивоа 1 у односу на ниво 2 није измерена него уграђена конструкцијом — „the formulae are modified by simply increasing the interval by the most extreme difference between the values calculated by the Level 2 and the formulae“ (стр. 114), чиме је „the Vulnerability Level 1 is somewhat less precise, but always more conservative than the Level 2“ (стр. 114). За критеријум нижег реда конзервативност је, додуше, свестан и легитиман безбедносни циљ, а не наводна независна потврда; али реченицу о постигнутој доследности између нивоа треба тако и читати — као опис пројектног циља, не као валидациони налаз. Уз то, за неке бродове тако проширене формуле дају инвертован (празан) опсег прихватљиве метацентарске висине: доња граница нивоа 1 већа је од горње, па предложени ниво 1 брод уопште не пропушта. У вишеслојном приступу празан опсег нивоа 1 није логичка противречност — значи да брод не пролази поједностављени филтер и да процену преузима ниво 2 — али то рад не коментарише, а на једном месту с тим стоји и права противречност у формулацији: реченица да брод C по нивоу 1 може пловити до одређене висине таласа не следи из табеле 11.3, у којој је опсег нивоа 1 за тај брод празан на свим висинама, док „Level 1 results are always more conservative then the Level 2 results, although the Level 1 results have somewhat reduced range of acceptable metacentric heights“ (стр. 117) остаје тачно по појединачној граници. Тврдња „до 2 m“ заправо описује оперативно ограничење по нивоу 2 из поглавља 10, а не пролаз по нивоу 1; квалитативни закључак да је тај брод најограниченији јесте тачан, али противречност у формулацији треба исправити, тим пре што је ниво 1 означен као приказ начела.

Остале замерке овог дела су лакше и рад их углавном сам оивичава: регресија је сужена на две класе унутрашњих пловних путева (веће дужине) јер су краћи бродови давали веће расипање — што је наведено и уграђено у опсег применљивости, али критеријум одбацивања није бројчано изражен; цео ниво 1 почива на једној претпостављеној вредности сувог радијуса инерције, без анализе осетљивости; нема мера квалитета уклапања за регресионе моделе нивоа 1; а независна валидација сведена је на један брод ван скупа за развој — што рад не преувеличава, држећи применљивост у оквиру приказа начела и најављујући да би већа база дала прецизније формуле. Као стручни допринос, овде вреди још једном истаћи транспарентно означавање стандарда привременим и оцену да предложени критеријум процењује и доњу и горњу границу метацентарске висине.

## VIII Једначине, слике, табеле и језик

Формалних недостатака има више и скупљени су, али ниједан не дира резултат ни закључак.

У одштампаним једначинама поступка потврђене су три словне омашке у слогу: у изразу за спектар нагиба таласа изостао је степен (на члану уз квадрат таласног броја), у имениоцу израза за амплитуду ваљања недостаје квадрат на једном члану, а у амплитудском фиту пригушења квадратни чинилац гласи 4/(4π) уместо 4/(3π). Све три виде се у самом PDF-у, дакле нису последица издвајања текста, али ниједна не погађа резултате: кодови су верификовани на показним примерима IMO, а унутрашња доследност амплитудског и стохастичког облика показује да је реч о омашки у слогу, не у извођењу. Ту су и појмовне и ознаковне непрецизности: спектрални момент нултог реда двапут је назван „first moment“ (иако га рад исправно дефинише као нулти); иста величина носи две ознаке у суседним једначинама, а ниједна није у списку симбола; цео одељак о DSC носи индекс „EA“ заостао из ранијег извођења; углови у корацима и у интегралу означени су различито; газ је час означен са $d$, час са $T$. Позивања на једначине местимично су погрешна: на месту где се уводи интеграција Froude-Krylov момента упућује се на дефинициону једначину уместо на ону која тај интеграл заиста даје, а на кораку поновне процене нова формула означена је бројем дефиниционе структуре уместо бројем поправке. У закључку поглавља 9 фреквентно зависна регресија означена је бројем облика функције, док потпуни модел обухвата и коефицијенте у наредној једначини.

У сликама и табелама потврђене су формалне грешке: натпис једне табеле дословно понавља натпис претходне (о промени полуга), иако табела приказује параметарско ваљање; шема структуре примене SGISC у тексту се упућује као табела, а заправо је слика; уз Фрудов број, бездимензиону величину, стоји ознака јединице у чворовима, док су саме вредности исправно бездимензионе — што је, по међународном мерилу за писање величина и јединица (BIPM, *The International System of Units (SI)*, 9. изд., 2019: у једном изразу користи се само једна јединица, а Фрудов број је количник брзине и корена производа убрзања и дужине), груба омашка мере без последице по бројеве. Натпис једне илустративне криве најављује да су употребљене средње вредности очекиване метацентарске висине, а за два од три брода приказана вредност није аритметичка средина наведеног опсега; описни опсези коефицијената форме, ограђени знаком приближности, не обухватају екстреме из табеле 1.1. У бази бродова остале су три различите бројке о структури по типовима (стр. 3, табела 1.1 и прилог A с 31 бродом): разлика у укупном броју (33 наспрам 31) документовано је издвајање двају бродова за валидацију и није противречност, али означавање типова заиста је недоследно (ниједан ред није означен као брод за генерални терет, а сви нетанкерски теретни бродови носе исту ознаку), што рад делом објашњава тврдњом

„the hull shape and the dimensions of European inland vessels are not significantly influenced by the vessel type“ (стр. 3). У неколико редова табеле 1.1 призматични коефицијент не задовољава однос са блок- и главноребреним коефицијентом — доказане омашке у испису, али без последица, јер тај коефицијент не улази ни у један прорачун стабилитета, а бродови нису ни тест- ни валидациони. Слично, блок-коефицијенти и газови истих бродова разликују се међу табелама 1.1, 6.1 и 6.3 (у једном случају газ прелази дубину брода, што је очита словна грешка): то погађа следивост улаза, не носећи налаз о пригушењу, а делом је објашњиво поновном дигитализацијом форми и усвојеним стањима крцања. Добро образложен избор базе — „19 vessels in total have the beam close to 11.4 m“ (стр. 3), у вези с ширином преводница — и поштена ограда „Although the obtained values are approximate, they will be used for analyses in the thesis.“ (стр. 6) показују да су ове непрецизности ствар лектуре и уједначавања, не разумевања.

Језик је, најзад, место које тражи пажљиву коначну редактуру. У раду писаном на страном језику има већи број словних и граматичких омашки, скупљених и у завршним, најчитанијим поглављима („instaled“, „Codition“, „Excesive“, „Frude-Krylov“, „shot-term“, „coefficient“ без слова, „then“ уместо „than“, „dependant of“ и слично), као и колебања у терминима (accuracy и precision, validation и verification, „river-sea ship“ и „inland vessel“). Ниједна не мења значење ни резултате, али би их пре објављивања требало исправити.

## IX Научни апарат

Научни апарат уредан је и међусобно затворен: нема ни висећих позивања ни неоцитираних јединица, регулаторна грађа доследно је означена ознаком седнице или издања, слике преузете из туђих извора уредно су приписане, а једини интернет извор носи датум приступа. Пронађене слабости су ограничене и претежно техничке, али стварне.

Најозбиљнија је дупликат: две ознаке из истог реда додатака (IMO 2016c и IMO 2016d) воде на дословно истоветну јединицу (исти документ SDC 4/5/1/Add.3), при чему у низу недостаје један додатак, а овај је унет двапут; обе се ознаке цитирају у тексту, па у систему аутор–година читалац стиче утисак да су у питању два документа. Из истог круга је двосмислено истогодишње позивање: два различита рада истог првог аутора из исте године нису разликована ознакама 2016a/2016b, па се позивање не може недвосмислено разрешити. Четири јединице немају назив зборника, часописа ни установе, међу њима и носећа методска референца поглавља о пригушењу (Kawahara и сар., 2009) — извори су у ужој области препознатљиви, али попис би, ради непосредне проверљивости, требало допунити тим пољима, што и међународно мерило за библиографско навођење (ISO 690:2010) поставља као елемент потпуне референце. Лакше су и чисто техничке: у једној јединици година

зборника погрешно понавља годину суседне (наведено је „ISSW 2017“ уз рад из 2011); називи часописа пишу се типографски недоследно због аутоматског форматирања; и две словне омашке у именима зборника и коаутора. Ниједна од ових не нарушава могућност провере већине навода, а све су лако отклоњиве.

## X Однос рада и реферата комисије

Реферат комисије оцењује рад као оригинално научно дело с научним доприносом у ужој области бродоградња и његове чињеничне исказе рад потврђује: дванаест поглавља, пет прилога, база од 33 брода, рад на енглеском, коришћена литература и на јапанском и немачком. Испуњен је и формални услов за одбрану: Правилник о докторским студијама на Универзитету у Београду (2016, чл. 34) тражи бар један објављен рад у ком је кандидат први аутор или аутор с највећим доприносом, а реферат наводи два рада категорије М21а (међународни часопис изузетних вредности, у смислу Правилника о вредновању научноистраживачких резултата, Сл. гласник РС 24/2016, 21/2017, 38/2017), у оба је кандидат први аутор. Тиме је и поновна употреба сопствених, раније објављених радова у дисертацији — коју рад транспарентно означава на почетку изведених поглавља — не само дозвољена него и последица прописаног услова да рад мора бити објављен пре одбране.

Два места траже прецизирање, и оба су чињеница о склопу, без оцене рада. Прво, реферат наводи да се у дванаестом поглављу констатује „потврђена полазна хипотеза истраживања“; у самом раду, међутим, реч „хипотеза“ се не појављује, а закључно поглавље не именује нити формално потврђује хипотезу — та формулација припада реферату, не раду, а оцена адекватности прорачуна није у раду поткрепљена мером. Друго, реферат међу доприносе убраја предлог јединствених прописа у прилогу Е: тај прилог заиста доноси обједињене поступке, али без усвојених дугорочних стандарда предлог прописа остаје недовршен, што рад и сам признаје. Најзад, препорука комисије да би део о пригушењу ваљања ваљало потврдити моделским испитивањима, а процену ефективног нагиба таласа прецизнијим подацима о радијусу инерције, у пуном је сагласју с властитим признањима рада (изостанак огледа; суви радијус инерције као нерешено питање) и представља тачну и оправдану примедбу.

## XI Шта остаје

Кад се све сабере, добија се оцена коју вреди изрећи у једном комаду, без ублажавања и без претеривања.

Дисертација Стефана Рудаковића солидан је и самостално изведен рад који бродоградбеној науци доноси нешто што није имала: прилагођавање вероватносног оквира SGISC специфичностима речно-морских бродова, изведено до једног

применљивог поступка, и уз то један аналитички чврст и оригиналан налаз — да поједностављена метода за пригушење ваљања, препоручена у SGISC, за пуне форме трупа даје физички немогуће негативно вртложно пригушење, и то не само за речне него и за морске бродове високог блок-коефицијента. Уз тај налаз стоје и практично вредни резултати: показано блиско слагање простог и тачног метода за ефективни нагиб таласа код пуних форми, употребљиви регресиони модели, индекси експлоатационих ограничења и предложени ниво 1 који процењује и доњу и горњу границу метацентарске висине. Основа рада, тамо где се могла сравнити, у највећем делу држи, а рад је доследно поштен према сопственим границама.

Слабости су, по оцени овог осврта, четвороструке, и ниједна не руши носеће доприносе. Прва и најтежа јесте недоследан дугорочни стандард за DSC (0,06 наспрам 0,006), због кога су бројке поглавља 10 и 11 непосредно неупоредиве и на коме је калибрисан цео предложени ниво 1; та неусаглашеност мора се исправити, а конзервативност нивоа 1, будући уграђена конструкцијом, мора се и представити као пројектни циљ, а не као измерена доследност — уз разрешење инвертованих (празних) опсега метацентарске висине и противречне реченице о пловидби брода C. Друга је извештавање о поузданости: регресиони модели, који су главни практични допринос, приказани су без стандардних мера квалитета уклапања (коефицијент детерминације, корен средње квадратне грешке, стандардне грешке коефицијената), а оно што се назива интервалом предвиђања јесте перцентилни појас резидуала — те мере треба додати, а термин прецизирати. Трећа је ослонац оцена тачности на референцу која за овај тип брода није експериментално потврђена и која занемарује пригушење: релативна поређења остају ваљана, али апсолутне оцене веће тачности треба држати као оправдано очекивање, а не као измерен резултат — што рад, где год их износи, и сам сигнализира речима уверења. Четврта је домет уопштавања: закључци о речно-морским бродовима као типу и о преовлађујућем DSC изведени су из три тест-брода, једног пловног подручја и претпостављене расподеле сувог радијуса инерције, а бројчани опсези метацентарске висине важе за једно подручје, па их треба омеђити на разматране бродове и то подручје; насупрот томе, налаз о негативном вртложном пригушењу аналитички је утемељен и остаје оправдано опште важећи. Уз то стоји ред лакших, лекторских и апаратских исправки (словне омашке, натписи табела и слика, јединица уз Фрудов број, дупликат и двосмислена позивања у попису).

Изнад свега тога стоји једна правилност: провере поступака и приказ туђих решења изведени су брижљивије него сопствене оцене и уопштавања, па је највећи део онога што треба поправити већ негде у раду тачно урађено — само на спорном месту изостављено или недоследно спроведено.

Пет измена биле би, по оцени овог осврта, најплодније у евентуалном монографском издању или наставку истраживања. Прво, ускладити дугорочни стандард за DSC кроз поглавља 10 и 11 и поново извести ниво 1, уз разрешење празних опсега и противречне реченице о пловидби. Друго, за све регресионе моделе дати стандардне мере квалитета уклапања и уредити термин интервала предвиђања. Треће, додати анализу осетљивости индекса на најнеизвесније улазе (вертикални положај тежишта, суви радијус инерције) и, где је могуће, потврдити пригушење моделским испитивањима — што предлаже и комисија, а рад сам најављује као „a novel experimental model test“ (стр. 124). Четврто, омеђити опште закључке на разматране бродове и подручје, задржавајући опште важење само за аналитички утемељени налаз о пригушењу. Пето, спровести коначну лектуру и допунити попис литературе (назив зборника код јединица које га немају, разрешење дупликата и истогодишњих позивања).

Уз ту врсту редакције — која у највећем делу не тражи ново истраживање него доследно спровођење онога што је рад већ започео — ова дисертација остаје вредан и употребљив допринос, чији би налаз о пригушењу и обједињени поступак имали шта да кажу и струци и телима која уређују стабилитет речно-морских бродова.

---

## Литература

### Предмет осврта

Рудаковић, Стефан С., *A novel approach to stability assessment of river-sea ships* („Иновативни приступ процени стабилитета речно-морских бродова“) [докторска дисертација]. Машински факултет Универзитета у Београду, 2020. (НаРДуС, https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/18384.)

Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Стефана Рудаковића, Машински факултет Универзитета у Београду, У Београду и Коруњи, 13. новембра 2020.

### Стандарди и препоруке струке (важећи на рок)

BIPM. *The International System of Units (SI)*. 9. изд. Sèvres: BIPM, 2019.

DNV GL. *Recommended Practice DNVGL-RP-C205: Environmental conditions and environmental loads*. Издање септембар 2019.

ISO. *ISO 690:2010 — Information and documentation — Guidelines for bibliographic references and citations to information resources*. 3. изд. Женева: ISO, 2010.

ITTC. *Recommended Procedures and Guidelines 7.5-02-07-04.5: Numerical Estimation of Roll Damping*. Effective Date 2011 (Rev. 00).

ITTC. *Recommended Procedures and Guidelines 7.5-03-01-01: Uncertainty Analysis in CFD, Verification and Validation Methodology and Procedures*. Effective Date 2017 (Rev. 03).

JCGM. *JCGM 100:2008 — Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*. BIPM, 2008.

**Регресиона анализа**

Montgomery, D. C., Peck, E. A. & Vining, G. G. *Introduction to Linear Regression Analysis*. 5. изд. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.

**Формални оквир докторских студија (важећи на рок)**

Универзитет у Београду. *Упутство о облику и садржају докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду*. Београд, 2019.

Универзитет у Београду. *Правилник о докторским студијама на Универзитету у Београду*. Гласник Универзитета у Београду, бр. 191, 24.05.2016.

Министарство просвете, науке и технолошког развоја РС. *Правилник о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*. Сл. гласник РС 24/2016, 21/2017, 38/2017.

---

*Наводи из дисертације преузети су дословно, на језику на коме је рад писан (енглески), с бројем штампане стране у загради. Тврдње о поступцима SGISC, прописима и документима IMO мерене су према стању важећем средином септембра 2020; Привремене смернице MSC.1/Circ.1627 (децембар 2020) су после тог рока и нису коришћене као мерило. Бројеви у осврту писани су по српском правопису.*