

Većeslav ČORIĆ Tabainov spektar

Dva su osnovna problema u analizi pomorstvenosti broda. Prvi se odnosi na analitičko definiranje valovite površine mora, dok je drugi problem vezan za određivanje dinamičkog odziva broda na valovima. Rad pod naslovom *On the Motion of Ships in Confused Seas*, objavljen 1953. godine u New Yorku na godišnjoj skupštini SNAME, predstavlja prekretnicu u brodograđevnoj struci. Tim radom utemeljena je analiza njihanja broda na morskim valovima. Objavili su ga brodograđevni inženjer Manley St. Denis i oceanolog Willard J. Pierson. Sintetizirajući dotadašnja znanja iz oceanografije i teorije broda i nekih srodnih disciplina, autori su postavili relativno jednostavnu formulaciju vječnoga problema brodogradnje i pomorstva – problema njihanja broda na morskim valovima [1]:

morski valovi \times odzivni operator \times
preslikavanje u frekvencijskoj domeni
= odziv broda¹

Ova, naoko jednostavna formula, može se prikazati i objasniti logičkim dijagramom na sljedećoj slici. Međutim i prvni pogled na sliku otkrit će da je u toj jednostavnoj jednadžbi u stvari sadržan vrhunski doprinos suvremene fizike, fizike koja tu prestaje biti klasična i postaje suvremena – fizika stohastičkih procesa.

Prema riječima samih autora, predloženi matematički model nastao je kao odgovor na konstruktivnu raspravu i brojne primjedbe koje su, na jedan od prvih publiciranih radova na tu temu, lit. [2], priložili najveći autoriteti brodograđevne struke s početka 50-ih godina prošloga stoljeća: Manning, Todd, Crawford, admiral Perry, Korvin-Kroukovsky i osta-

¹ U originalu: *Seawy \times Response amplitude operator \times Frequency mapping = Ship response*

Adresa autora:

Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu,
Ivana Lučića 5, 1000 Zagreb
e-mail veceslav.coric@efzg.hr



Tonko Tabain - brodograđevni inženjer, znanstvenik i sveučilišni profesor (1923. – 2010.) okružen kolegama, veteranima hrvatske brodogradnje na XVIII. simpoziju *Sorta* održanom 2008. godine u Puli (Slijeva nadesno: Mladen Klasić, Kazimir Frić, T.T., Miro Dubravčić, Josip Tolja, Ivo Vrandečić, Frano Marochini, Leo Marion i Slobodan Budeč)

li. Analogno matematičkim modelima koji su se već koristili u nekim drugim tehničkim disciplinama, ponajviše u elektrotehnici (teorija signala), autori su riješili problem stoljećima prisutan u brodogradnji (Euler) – problem oscilatornoga gibanja (njihanja) broda kao krutoga tijela na morskim valovima. U predloženom rješenju St. Denis i Pierson zamislili su brod kao linearni oscilator sa 6 stupnjeva slobode gibanja, pobuđen stohastičkim uzbuđnim procesom. Uz ključnu pretpostavku linearnosti, u modelu je prisutna i pretpostavka ergodičnosti (uključuje stacionarnost i homogenost) uzbuđnoga procesa (morski valovi) - $X(t)$ i odzivnoga procesa (njihanje broda) - $Y(t)$. Dok pretpostavka linearnosti omogućuje jednostavnu relaciju između uzbuđenja i odziva, pretpostavka ergodičnosti omogućuje primjenu autokorelacijskih funkcija $R_{XX}(\tau)$, $R_{YY}(\tau)$ kao statističkih mjera ulaznog i izlaznog procesa (Gaussovski procesi). Primjenom poznatog *Wiener – Khinchinog* teorema, koji povezuje te dvije funkcije u Fourierov transformacijski par:

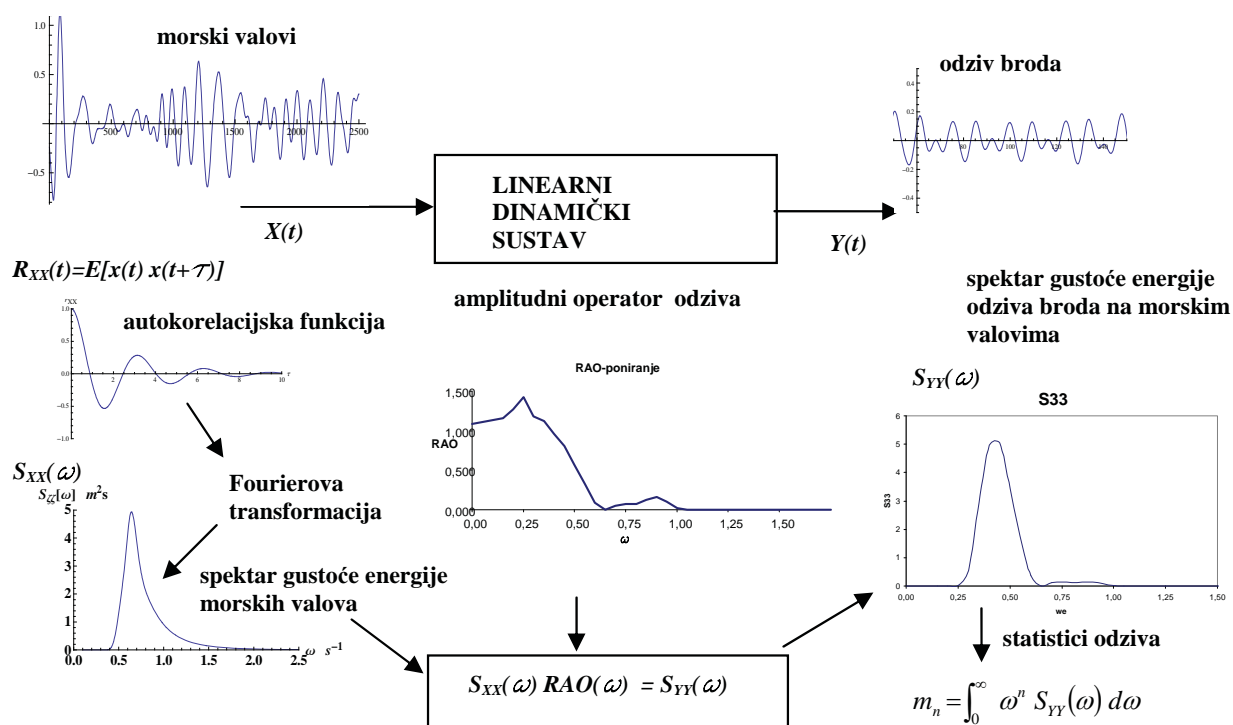
$$S_{XX}(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} R_{XX}(\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau$$

$$R_{XX}(\tau) = 2 \int_0^{\infty} S_{XX}(\omega) e^{i\omega\tau} d\omega$$

može se jednostavno izraziti varijanca odzivnoga slučajnog procesa $Y(t)$:

$$\text{Var}(Y) = m_{Y0} = \int_0^{\infty} S_{YY}(\omega) d\omega$$

Zbog postavljene pretpostavke linearnosti, metoda je egzistirala kao hipoteza sve do mjerenja kojeg je 1961. godine, u Davidsonovom hidrodinamičkom laboratoriju Stevensonovog instituta u New Jerseyu izveo Mladen Fancev, u to vrijeme mladi inženjer *Instituta za brodsku hidrodinamiku* u Zagrebu, lit. [3]. Dokazavši valjanost metode na valovima umjerenog mora, metoda dobiva zeleno svjetlo za široku primjenu (elaborat iz lit. [3] jedan je od najcitiranijih tekstova u brodograđevnoj stručnoj literaturi ranih 60-ih godina).



Odziv broda na morskim valovima

Spoznajući važnost rada kojega su objavili St. Denis i Pierson, profesor Tonko Tabain, dr.sc., dipl. inženjer brodogradnje, redovito je njegovim citiranjem započinjao predavanja Teorije pomorstvenosti na diplomskom i poslijediplomskom studiju brodogradnje, na *Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu*. Poznavanje ruske stručne brodograđevne literature, nedostatan poznate u to vrijeme na zapadu (doba hladnog rata), omogućilo mu je nadopunjavanje citata s ne manje važnim doprinosima ruskih matematičara, hidrodinamičara i brodograđevnih inženjera: Haskinda, Blagovešenskog, Eki-mova i dr., lit.[4], [5], [6]. Zahvaljujući jednakom zanimanju kojeg je T. Tabain imao i za brodogradnju i za oceanografiju, osobno je s lakoćom sintetizirao taj rezultat dviju, dotad odvojenih znanstvenih disciplina - brodogradnje, iz tehničkoga područja i oceanografije koja pripada području prirodnih znanosti. Međutim, odmah je uočio da se praktična primjena metode u inženjerskoj praksi temelji na realnome modelu morskih valova, na pouzdanoj funkciji njihove spektralne gustoće energije - $S_{XX}(\omega)$. Bez te funkcije koja prikazuje organizaciju valne energije u frekvencijskom području, cijeli model ima samo akademski značaj.

Primjena opisanog modela njihanja broda na morskim valovima ubrzo se raširila u brodograđevnoj praksi. Kako kakvoća broda u znatnoj mjeri ovisi o njegovom odzivu na morskim valovima, metoda se počela primjenjivati u osnivanju, projektiranju i eksploataciji posebnih jedinica, osobito brodova ratnih mornarica. Fotografije plovidbe u paralelnom kursu američkog razarača *U.S. 710* i ruskog razarača *Kotlin*, na valovima sjevernog Atlantika, obišle su u kratko vrijeme cijeli svijet (početkom 60-ih godina prošloga stoljeća). Superiorno ponašanje na valovima, koje je tom prigodom demonstrirao ruski razarač, dokazalo je uporabljivost metode. Naime, projekt ruskog razarača bio je izveden iz serije američkih razarača, ali uz primjenu optimizacije njihanja na morskim valovima. Ubrzo metoda analize pomorstvenosti temeljena na citiranom radu [1] postaje sve više prisutna i kod osnivanja standardnih brodova. Eksplozivni razvoj pučinskih objekata morske tehnike bio bi nemoguć bez primjene opisanog modela.

U Hrvatskoj je istraživanja na tom važnom području pokrenuo Tonko Tabain 1967. godine kad je prešao s mjesta pomoćnika načelnika Odjeljenja za brodogradnju u *Institutu za brodogradnju*

u Zagrebu, na mjesto šefa skupine za istraživanje valova i gibanja broda na valovima, u *Institutu za brodsku hidrodinamiku* u Zagrebu. On se nije slučajno našao na tom radnom mjestu. Morski valovi i njihanje broda na morskim valovima kod njega su rano pobudili ne samo profesionalno zanimanje, već i duboku osobnu sklonost tom području. To zanimanje počelo je i prije pojave spomenutoga ključnog rada St. Denisa i Piersona. Njegovo zanimanje za tu problematiku često je graničilo sa strašću, što ne iznenađuje ako se zna da se vrlo rano posvetio tom fenomenu. Već je kao student 1949. godine objavio rad pod naslovom "Valovi na moru", napisan za Rektorovu nagradu, lit. [4].

Nakon integracije *Instituta za brodogradnju* i *Instituta za brodsku hidrodinamiku* u *Brodarski institut* 1967. godine, T. Tabain ostaje u Sektoru za brodsku hidrodinamiku novog instituta. Vodeći je istraživač za problematiku valova i gibanja broda na valovima. U svojoj opsežnoj i uspješnoj inženjerskoj i istraživačkoj djelatnosti T. Tabain postavlja temelje novoj disciplini u hrvatskoj brodograđevnoj praksi. Uvodi kao novost teoriju pomorstvenosti. Bavi se razvojem hidrodinamike njihanja broda na valovi-

ma, ali istodobno pokreće i istraživanja morskog okoliša, osobito vjetra i valova. Pribavlja i razvija prve računalne programe za potporu u analizi njihanja broda na valovima (program ARGOSI), te potiče nabavu potrebnih instrumenata i opreme za mjerenje u bazenu i na moru. Rezultate istraživanja primjenjuje na brodove ratne mornarice i na specijalne brodove.

Nakon nepunih 8 godina rada na novoj disciplini, T. Tabain spremno prenosi svoje znanje i iskustvo kolegama i studentima na studiju brodogradnje. Od 1975. godine predaje u ugovornom odnosu Osnove teorije pomorstvenosti, odnosno Ponašanje broda na valovima kako se taj kolegij zvao u početku. Na poslijediplomskom studiju brodogradnje i pomorske tehnike predavao je predmete Primjena spektralnih metoda u brodskoj hidrodinamici i Gibanje broda na valovima, te predmete Pomorstvenost u projektiranju broda i Teorija pomorstvenosti. Doktorirao je 1985. godine na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, obranivši disertaciju pod nazivom "Predskazivanje valjanja malih brodova pri istovremenom djelovanju nepravilnih valova i vjetra". Bio je član Savjeta Brodarskog instituta u razdoblju od 1972. do 1974. godine, te član Naučnog vijeća tog instituta od 1978. do 1982. godine, a 1983. godine izabran je za člana Znanstvenoga savjeta za pomorstvo Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti.

Najveći doprinos u bogatom stručnom i znanstvenom opusu T. Tabaina njegov je rad na sustavnome mjerenju spektra energije valova Jadranskog mora i definiranje empirijskog oblika spektralne gustoće energije valova. Nakon desetgodišnjih istraživanja i mjerenja, od 1967. do 1977. godine, objavio je prvi standard stanja Jadranskog mora opisan jednodimenzionalnim empirijskim spektrima gustoće valne energije, lit. [8]. Standard se temelji na generičkoj formi više parametarskih spektara koja ima oblik umnoška triju funkcija valne frekvencije:

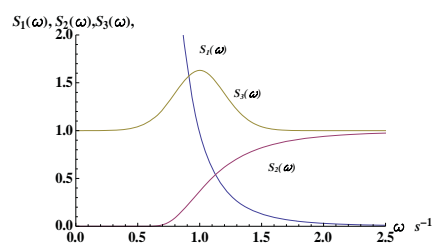
$$S_{XX}(\omega) = \frac{A}{\omega^r} \cdot e^{-\frac{B}{\omega^q}} \cdot \gamma^{p(\omega)} = S_1(\omega) \cdot S_2(\omega) \cdot S_3(\omega)$$

Oblik funkcije usvojen je u oceanografiji nakon brojnih mjerenja koja su intenzivno započela nakon Drugoga svjetskog rata. Prvi faktor opisuje spektar valne energije u području viših frekvencija, gdje

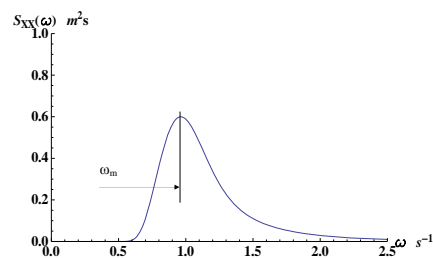
je ta energija uglavnom posljedica djelovanja gravitacije. Poznati oceanolog Phillips pokazao je dimenzionalnom analizom da je taj dio energije proporcionalan, lit. [7]:

$$S_1(\omega) \propto g^2 \omega^{-5} \quad \omega \geq \omega_m$$

Srednji faktor djeluje kao stabilizirajuća funkcija (step funkcija) u području niskih valnih frekvencija, priložena slika. Njezin oblik prilagođen je zapažanjima oceanologa koji su ustanovili da valna energija raste mnogo brže u području niskih frekvencija. Prve dvije funkcije, odnosno njihov produkt – $S_1(\omega) \cdot S_2(\omega)$ daju poznati Pierson-Moskowitzev,



a) – Komponente formule



b) – Spektar gustoće

Struktura formule empirijskoga spektra gustoće valova

odnosno Brethschneiderov oblik empirijske funkcije gustoće spektra valova, koji je općenito prihvaćen za otvorena mora i oceane. Treći faktor, funkcija $S_3(\omega)$ je korekcija toga spektra za lokalna mora zbog utjecaja ograničenoga privjetrišta i vremenski ograničenog djelovanja vjetra. On određuje širinu spektra, tj. rasprostiranje spektra oko vršne frekvencije ω_m .

Parametri spektra r , q , A i B određuju se na temelju rezultata mjerenja spektra energije morskih valova u naravi. Za eksponente valne frekvencije ω u pravilu su prihvaćene vrijednosti $r = 5$, $q = 4$, dok se za parametar A može prema Phillipsu uzeti, lit. [7]:

$$A = \alpha g^2$$

ili ga izraziti odnosom značajne valne visine $H_{1/3}$ i karakterističnoga perioda T . Parametar B u $S_2(\omega)$ određuje položaj maksimuma spektra:

$$\omega_m = \sqrt[4]{\frac{4}{5} B} \quad T_m = \frac{2\pi}{\omega_m}$$

Širinu energetskoga spektra, odnosno njegovu oštrinu kod zatvorenih mora određuje treći faktor koji je redovito oblika:

$$S_3(\omega) = \gamma \exp\left(-\frac{(\omega - \omega_m)^2}{2(\sigma \omega_m)^2}\right)$$

gdje je γ parametar oštrote spektra čija vrijednost može varirati između 1 i 10. Parametar σ je parametar oblika spektra. Spektar opisan odabranim i određenim parametrima mora zadovoljiti, u skladu s Wiener-Khinchinovima teoremom, sljedeći uvjet:

$$H_{1/3} = 4.0 \sqrt{m_0} = 4.0 \left(\int_0^\infty S_{XX}(\omega) d\omega \right)^{1/2}$$

gdje je m_0 varijanca valnih amplituda izmjenjenoga stanja mora ($H_{1/3} = 2 \zeta_{a1/3}$).

Nakon desetgodišnjega sustavnog mjerenja morskih valova na 14 različitih pozicija, od sjevernog do južnog Jadrana, T. Tabain je formulirao jednodimenzionalni valni spektar u sljedećem obliku:

$$S(\omega) = 0.862 \frac{0.0135 g^2}{\omega^5} \exp\left[-\frac{5.186}{H_{1/3}^2 \omega^4}\right] \gamma^{p(\omega)}$$

Parametri u formuli dobiveni su statističkom analizom 160 izmjerenih spektara odabranih između 300 samostalnih mjerenja stanja mora, kao i mjerenjima na pokusnim plovidbama i s platforma, lit. [5], [6]:

$$A = 0.862 \times 0.0135 g^2$$

$$B = \frac{5.186}{H_{1/3}^2}$$

$$\gamma = 1.63$$

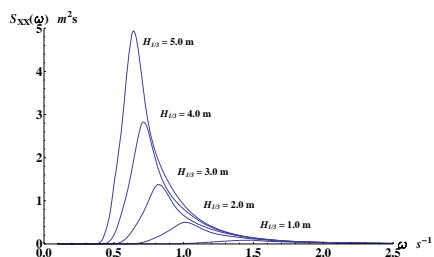
$$p = \exp\left[-\frac{(\omega - \omega_m)^2}{2\sigma^2 \omega_m^2}\right];$$

$$\sigma = \begin{cases} 0.08 & \text{za } \omega \leq \omega_m \\ 0.10 & \text{za } \omega > \omega_m \end{cases}$$

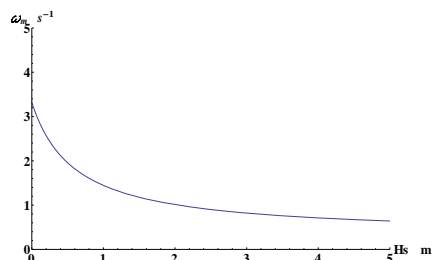
Regresijskom analizom određena je vrlo korisna funkcija ovisnosti vršne frekvencije spektra ω_m i značajne valne visine $H_{1/3}$:

$$\omega_m = 0.32 + \frac{1.80}{H_{1/3} + 0.60}$$

Oblik Tabainovoga spektra za razvojanja mora od $H_{1/3} = 1,0$ do $5,0$ m prikazuje dijagram na priloženoj slici, dok je odnos vršne frekvencije ω_m i značajne valne visine $H_{1/3}$ prikazan na slici ispod.



Tabainov spektar za Jadransko more kod značajnih valnih visina $H_{1/3} = 1,0$ do $5,0$ m



Dijagram vršne frekvencije valnoga spektra

Odmah nakon objavljivanja Tabainov spektar našao se u uporabi, kako u brodograđevnoj struci tako i u brodograđevnoj znanosti. O tome svjedoči T. Tabain u nizu navedene literature u svom radu u [10], u kojem je revidirao spektar objavljen u lit. [9]. Primjena njegova spektra puno je šira i opsežnija od navedenoga popisa i ima znatan učinak u gospodarskom i znanstvenom smislu. Može se kazati da je Tabainov spektar valova postao hrvatski brand.

Radi kurioziteta vrijedno je spomenuti primjenu njegova spektra u kineskom znanstvenom časopisu, u članku koji je objavljen uz pomalo, u znanosti neuobičajene manire². U tom časopisu osvanuo je na kineskom jeziku članak [11], koji predstavlja doslovno prepisan članak [12] sa svim formulama, istim oznakama, istim ilustrativnim primjerom talijanske kočarice, i numeričkim rezul-

tatima dobivenim kineskim programom. Pritom je preuzet i Tabainov spektar Jadranskog mora, izostavljajući referencije iz originala, tj. ime autora spektra i pripadnost geografskom području. Time kineski čitatelji stječu dojam da je riječ o originalnom spektru valova kineskoga priobalja. Ali tu ovoj priči nije kraj. Da bi ona bila još zanimljivija, kineski članak je očito smatran istaknutim djelom, koje zaslužuje pozornost širega kruga čitatelja (kao da među milijardu i 300 milijuna Ki-

neza nema dovoljno čitatelja), pa je preveden natrag na engleski u gotovo izvorni oblik, lit.[13]. Tako je životno djelo Tonka Tabaina, njegov spektar energije valova Jadranskog mora, krenulo putovima njegova slavnog zemljaka, Korčulanina Marka Pola, i našlo se u dalekoj Kini.

Za veselu prirodu Tonka Tabaina vezane su mnoge priče, od kojih su neke zabilježene u knjigama Igora Belamarića, najboljega pisca među brodarima. Jedna takva zgoda odnosi se upravo na stvaranje

Preslik dijela iz lit. [11]

随机横浪中船舶倾覆概率的时域分析方法

刘利琴, 唐友刚, 郑宏宇, 谷家扬 (天津大学建筑工程学院, 天津 300072)

摘要: 为了研究随机海浪中船舶航行安全域的构造及生存概率的预报方法, 考虑阻尼和复原力矩的非线性及海浪的随机性, 建立随机横浪中船舶运动的随机非线性微分方程. 综合考虑船舶运动的瞬态状态和窄带海浪谱, 采用简谐加速度方法在时域内求解横浪随机微分方程, 进行随机倾覆过程的数值模拟, 构造船舶航行的安全域, 计算船舶安全航行的生存概率. 选取不同的初始条件及随机波浪参数, 在横浪初值平面上构造了一条长 30.27 m 渡船航行的安全域, 预报了不同有义波高作用下渡船安全航行的生存概率. 采用本文方法, 可以从数量上预报船舶在随机海浪中的生存概率.

关键词: 随机横浪; 船舶倾覆; 安全域; 生存概率
中图分类号: U661.3 文献标志码: A 文章编号: 0493-2137(2006)02-0165-05

Analysis Method of Capsizing Probability in Time Domain for Ships in Random Beam Waves

LIU Li-qin, TANG You-gang, ZHENG Hong-yu (School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The methods for constructing safe domain and survival probability of ships in random beam waves are studied. The random nonlinear differential equation of ship motion in random beam waves is established. Considering the transient state of ship motion and narrow band wave spectrum, the harmonic acceleration method is used to solve the random differential equation in time domain, and the numerical simulation of the random capsizing process is carried out. The safe domain of ship navigation is constructed on the initial value plane, and the survival probability of ship navigation is predicted. Thus the survival probability of ship navigation in random beam waves is predicted. Thus the survival probability of ship navigation in random beam waves is predicted.

Keywords: random beam waves; ship capsizing; safe domain; survival probability

尽管设计过程中船舶满足了国际和国内稳性标准, 但船在横浪中由于失稳而倾覆的现象时有发生. 满足现有稳性规范的船舶倾覆事件之所以发生, 是因为目前的稳性标准是根据流体静力学理论来评判船在风浪中是否发生倾覆. 这种方法忽略了船舶运动的时域特性、频域特性以及海浪的随机性. 目前, 国内

3 算例计算分析

算例的技术参数为: 船舶的总长为 30.27 m, 湿线长 25.00 m, 船宽 6.90 m, 型深 4.96 m, 吃水 2.67 m, 排水量 1.95×10^4 kg; 有效质量惯性力矩 $I = 1.078 \times 10^4$ kg·m²; 初稳性高 GM = 0.962 m, 初横摇固有频率 $\omega_0 = 1.32$ rad/s, 阻尼力矩系数 $d_1 = 0.020$ s⁻², $d_2 = 0.01648$ s⁻², 恢复力矩系数如图 1 所示, 进行曲线拟合得到: $k_1 = 1.7737$ s⁻², $k_2 = -0.518291$ s⁻², $k_3 = 0.030680$ s⁻². 考虑如下窄带形式的功率谱:

$$S(\omega) = 0.862 \frac{0.0135 g^2}{\omega^2} \exp\left[-\frac{5.186}{\omega^2 H_{1/3}^2}\right] \cdot P = \exp\left[-\frac{(\omega - \omega_m)^2}{2\sigma^2 \omega_m^2}\right] \quad (13)$$

式中 $H_{1/3}$ 为有义波高, $\omega_m = 0.32 + \frac{1.80}{H_{1/3} + 0.6}$ s⁻¹, $\sigma = 0.08$ s⁻¹ ($\omega < \omega_m$), $\sigma = 0.10$ s⁻¹ ($\omega > \omega_m$).

² Bez nužnoga citiranja originala lit. [12]

spektra valova. Dok su se sve brodice na Jadrano sklajnale pred nevremenom u sigurne luke, Tonko je u *Brodarskom institutu* čekao poziv iz *Mornaričkoga opitnog centra*, da bi isplovio s vojnom brodicom i natjeravao posadu u potragu za valom maksimalne visine, koji definira vrh spektra i čini ga različitim od drugih valnih spektara.

Zadnje predavanje u javnosti Tonko Tabain održao je na Plitvicama 2007. godine, kada se odazvao pozivu organizatora skupa *The 22nd International Workshop on Water Waves and Floating Bodies* i predstavio spektar Jadranskog mora, njegovo stvaranje i specifičnost pred eminentnim skupom danas vodećih hidrodinamičara kao što su Newman, Breslin, Faltinsen i dr.

Literatura

- [1] ST. DENIS, M., PIERSON, J. W.: On the Motions of Ships in Confused Seas; *SNAME Annual Meeting* 1953.
- [2] WEINBLUM, G., ST. DENIS, M.: On the Motions of Ships at Sea; *SNAME Annual Meeting* 1950.
- [3] FANCEV, M.: A Check on the Linearity of a Ship Motion Systems; *Stevens Institute of Technology*, Davidson Laboratory; New Jersey 1961
- [4] HASKIND, M.D.: Gidrodinamičkaja teorija kački korablja na volnii; *PMM* 10;1946.
- [5] BLAGOVEŠENSKII, S. N.: Kačka korablja; *Sudpromgiz*; 1954.
- [6] EKIMOV, V. V.: Verovatnostnije metodlji v stroiteljnoi mehanike korablja; *Sudostroenie*, Lenjingrad 1966.
- [7] PHILLIPS, O. M.: The equilibrium Range in the Spectrum of Wnd-generated Waves; *J. Fluid Mech.*, 4, 426-434
- [8] TABAIN, T.: Valovi na moru; Majski festival studenata *Zagrebačkoga Sveučilišta*; Zagreb; 1949.
- [9] TABAIN, T.: The Proposal for Standard of Sea State for the Adriatic; *Brodogradnja* 25(1974)3-4
- [10] TABAIN, T.: Standard Wind Wave Spectrum for Adriatic Sea Revisited (1977 – 1997); *Brodogradnja* 45(1997) 4
- [11] LIU Li-qin;, TANG You-gang, ZHENG Hong-yu, Gu Jia-yang: Analysis Method of Capsizing Probability in Time Domain for Ships in Random Beam Waves; *Journal of Tianjing University*; Vol. 39, No. 2, 2006, (na kineskom)
- [12] SENJANOVIĆ, I., CIPRIĆ, G., PARUNOV, J.: Nonlinear Ship Rolling and Capsizing in Rough Sea; *EUROMECH*; Prague, 1996.
- [13] LIU Li-qin, TANG You-gang, LI Hongxia: Analytical Method of Capsizing Probability in Time Domain for Ships in Random Beam Seas; *Front. Archit. Civ. Eng. China*; 2007, 1 (3):361-366; (© Higher Education Press and Springer-Verlag 2007)



Schlemmer

POLYFLEX savitljive cijevi su:

- izrađene od poliamida
- samogasive
- free of halogen
- RoHS
- UV otporne
- velike kemijske i temperature otpornosti
- certificirane po GL i DNV

Schlemmer nudi cjeloviti sustav zaštite elektroinstalacije s jednakim karakteristikama.

- cijevi
- cijevne uvodnice
- konektori
- kabelaške uvodnice
- pričvrtni pribor
- veze

POLYFLEX CIJEVI I KABELSKE UVODNICE

BEOVIĆ

Beović d.o.o., 10292 Šenkovec, Vatrogasna 2, tel.: +385 1 3395 577, fax: +385 1 3396 690, www.beovic.hr, e-mail: info@beovic.hr