

УДК 532.512.:629.735.35

О.О. РАССТРИГІН, д-р техн. наук (Центр. науково-дослідний ін-т озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І МОРЕПЛАВНОСТІ ШВИДКІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Запропоновано методику чисельних досліджень гідродинамічних характеристик для оцінки мореплавності транспортних засобів водного й амфібійного базування у разі поздовжнього руху по водній поверхні на дозвукових швидкостях, який реалізовано з використанням синтезу різних методів та методик.

Предложена методика численных исследований гидродинамических характеристик для оценки мореходности транспортных средств водного и амфибийного базирования при продольном движении по водной поверхности на дозвуковых скоростях, который реализован с использованием синтеза разных методов и методик.

Постановка проблеми. Серед проблем створення високоефективних транспортних засобів (ТЗ) різного призначення, які взаємодіють з водною поверхнею (водного й амфібійного базування — ВАБ): літаки-амфібії, гідролітаки, екраноплани, швидкісні кораблі, катери, судна на повітряній подушці та ін., важливе значення займає забезпечення їхньої надійності в процесі експлуатації.

Відомо, що ефективність використання таких ТЗ багато в чому залежить від їхньої мореплавності, яка визначається гідродинамічними характеристиками (ГХ). Зрослі швидкості руху розглянутих ТЗ, у першу чергу, літальних апаратів (ЛА) ВАБ на злітно-посадочних режимах (ЗПР) приводять до підвищення гідродинамічних навантажень на елементи їхньої конструкції у разі контакту з водною поверхнею, що під час експлуатації можуть викликати нестійкість руху, деформації і руйнування днищ човнів. Із практики льотно-морських випробувань ЛА ВАБ відомо, що перевантаження, які діють на елементи їхніх днищ, суттєво, а іноді й багаторазово перевищують значення відповідних параметрів у разі польоту в атмосфері. Суттєві гідродинамічні навантаження діють і на корпуси сучасних швидкісних суден у процесі їхнього

руху по схвильованій водній поверхні, що призводить до необхідності обмеження швидкості при застосуванні корабельного озброєння, а в цілому до зниження їхньої мореплавності.

У зв'язку з відзначеним, особливе місце у разі забезпечення достатньої мореплавності, а отже й надійності ТЗ, які розглянуто, займає проблема забезпечення достовірної розрахункової інформації про ГХ уже на стадії проектування, що залишається досить актуальною. Дотепер вона вирішується, як правило, двома основними підходами: розрахунковим, з використанням напівемпіричних або чисельних моделей і фізичним моделюванням у гідроканалах (гідробасейнах) або на відкритій воді за допомогою протягань геометрично подібних моделей об'єктів, що досліджуються. Остаточне доведення здійснюється в процесі натурних випробувань зразків [1].

Аналіз відомих результатів досліджень і публікацій. З роботи [2] відомо, що рішення задачі нестационарної взаємодії тіл з вільною поверхнею рідини (глісування, посадка на воду) в загальній постановці надзвичайно складне. У зв'язку з цим традиційно виконують її спрощення шляхом зведення просторового завдання до плоского [3]. Такий підхід, зокрема, реалізується за використання загаль-

© О.О. РАССТРИГІН, 2014

ноприйнятого й широко застосовуваного для подібного роду завдань методу плоских перетинів (МПП) [2, 3].

Використання МПП передбачає розгляд вертикальних площин, що перпендикулярні поздовжній осі, розташовані на відомій (заданій) відстані від початку нерухомої системи координат. Плин рідини в цій площині приймається двомірним, що викликано прониканням у рідину й деформацією контуру, який утвориться, у разі перетинання тілом розглянутої площини. В цьому випадку вертикальна сила визначається тільки геометрією контуру та його рухом щодо рідини. Гідродинаміка перетинів на різних фазах занурення контуру в рідину визначається використанням аналітичних теорій у лінійній постановці задачі [1–3]. Сумарні ГХ об'єктів визначаються інтегруванням по їхній змоченій довжині елементарних сил і моментів за розрахунковими перетинами.

Поряд з певною оперативністю одержання при цьому окремих інтегральних ГХ об'єктів, що досліджуються, за рахунок використання аналітичних залежностей для розрахунку гідродинаміки перетинів такий підхід має істотне обмеження, яке пов'язано з можливістю його реалізації лише для плоскокілеватих форм профілів. У той же час геометрія контурів (перетинів) днищ сучасних ТЗ ВАБ має досить складне профілювання, в результаті чого інформація, яку отримано з використанням відзначеного вище апарата, може значно відрізнитися від реальної й вимагає надалі корегування розрахункової моделі за результатами фізичного моделювання. Це не оперативно, дорого й може бути справедливим лише для конкретного гідродинамічного компонента ТЗ. У зв'язку з відзначеним, доцільно виконувати роботи, які спрямовано на вдоско-

налювання методик гідродинамічних досліджень й які доцільно створювати на основі синтезу різних методів та методик.

У цій роботі передбачається викласти методику розрахунку ГХ, яку засновано на синтезі методу дискретних вихрів і МПП [3,6] для наступного її використання в завданні оцінки мореплавності ТЗ ВАБ у разі їхнього поздовжнього руху за водною поверхнею різного стану.

Результати досліджень. Основним режимом руху ТЗ ВАБ за водною поверхнею є поздовжній, який й прийнято надалі за основу при розробці методики. В рамках загальноприйнятого підходу, що використовує МПП [3], надалі в роботі для розрахунку ГХ перетинів запропоновано використовувати результати розрахунку контурів, які вертикально занурюють в ідеальну вагому рідину за методикою [7], що реалізує нелінійну математичну модель [8], яка вільна від обмежень на геометрію контурів (шпангоутів днищ човнів) і показала достатню ефективність у разі розрахунків їхніх ГХ. Необхідно відзначити, що запропонований підхід не виключає можливості використання результатів ГХ контурів (шпангоутів), які отримано експериментально, наприклад, в ударних (брязкових) камерах [9].

Прийmemo стандартні декартові системи координат: нерухому $Oxyz$ і рухому, яку пов'язано з центром мас ТЗ, $O_1\xi\eta\zeta$ (рис. 1).

Початок нерухомої системи координат зафіксуємо в довільній точці O , вісь Ox напрямимо за місцевою горизонталлю в напрямку руху, вісь Oy – вгору, вісь Oz – вправо, перпендикулярно осям Ox і Oy .

Початок рухливої системи координат O_1 сполучимо з центром мас об'єкта, що досліджується, вісь $O\xi$ направимо уздовж його вісі симетрії в напрямку руху, вісь $O\eta$ – перпендикулярно осі $O\xi$ вгору, вісь $O\zeta$ – вправо, перпендикулярно осям $O\xi$ і $O\eta$.

Кутове положення ТЗ щодо нерухомої системи координат визначається кутами тангажу ν , диференту φ і нахилу траєкторії (посадки) θ . Через невеликі значення кута посадки θ надалі прийнято $\nu \approx \varphi$, отже $\sin \nu \approx \nu$, а вер-

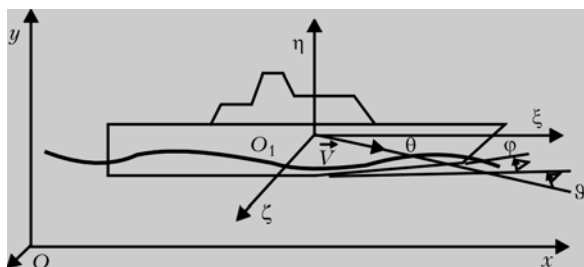


Рис. 1. Системи координат

тикальну силу в перетинах змоченої частини днища човна будемо вважати рівною нормальній [3].

У якості характерного лінійного розміру надалі прийнята напівширина на головному редані або в міделевому перетині — b .

Для числових досліджень ГХ теоретичне креслення обводів корпусу ТЗ ВАБ розбивається на N перетинів (з рівномірним або довільним кроком залежно від складності геометрії компонування), які перпендикулярні нижній будівельній горизонталі. Для кожного j -того перетину ($j = 1, \dots, N$) формується масив вихідних геометричних даних, які використовуються надалі в якості опорних розрахункових, а також попередньо розраховуються ГХ цих же перетинів — безрозмірні коефіцієнти нормальної $C_n(\xi, \bar{\eta})$ і архімедової сил $A(\xi, \bar{\eta})$ (визначається як поточна занурена площа контуру в перетині ξ по безрозмірній глибині занурення $\bar{\eta} = \eta/b$). Для обчислення безрозмірного коефіцієнта приєднаної маси $\bar{m}(\xi, \bar{\eta})$ поточного перетину ξ використовується очевидна залежність, що впливає з теоретичних викладень [3]

$$C_n(\xi, \bar{\eta}) = \frac{d\bar{m}(\xi, \bar{\eta})}{d\bar{\eta}(\xi)}. \quad (1)$$

Відповідно до запропонованого підходу [10, 11] коефіцієнти нормальної гідродинамічної сили $C_n(\xi, \bar{\eta})$ надалі визначаються за допомогою реалізації математичної моделі [8] (апробованої при числових дослідженнях ГХ килеватих тіл для випадку їхнього вертикального занурення в рідину [7]) для плоских контурів (шпангоутів) нескінченної маси. Методику визначення $C_n(\xi, \bar{\eta})$ докладно розглянуто в роботі [10]. За наявності відповідних експериментальних даних ГХ по конкретних шпангоутах днища човна методика дозволяє їхнє використання в якості вихідних даних поряд з розрахунковими.

Для підвищення точності числового інтегрування характеристик, які необхідно визначити, в методиці виконується додатково дискретизація на n перетинів із кроком $\Delta\xi_i$ уздовж кільової лінії із наступним використанням у розрахунках процедури інтерполяції

(лінійної, квадратичної і кубічної сплайн інтерполяції; i — номер поточного інтерпольованого перетину) вихідних геометричних параметрів за N перетинами.

З урахуванням згаданого нижче, наведено остаточні вирази в скінченних величинах для розрахунку стаціонарних значень ГХ ТЗ ВАБ, вихідна інформація про ГХ перетини якого визначається відповідно до методології [10].

Рівняння для сумарних стаціонарних складових гідродинамічних і гідростатичної піднімальних сил R_y^* визначається як

$$R_y^* = \sum_{i=1}^n f_y^*(\xi_i, \eta)_{\Delta\xi_i}, \quad (2)$$

де $f_y^*(\xi_i, \eta)$ — сумарна стаціонарна складова гідродинамічних $f_{гд}^*(\xi_i, \eta)$ і гідростатичної $f_{гс}^*(\xi_i, \eta)$ піднімальних сил перетину [10].

Сумарні коефіцієнти системи лінійних алгебраїчних рівнянь A_{kl} ($k = 1; l = 1, \dots, 3$) — за змінними параметрами [11], що визначають зміну сумарної гідродинамічної піднімальної сили, обчислюються за наступними виразами

$$\begin{aligned} A_{11} &= \rho b^2 \sum_{i=1}^n \bar{m}(\xi_i, \bar{\eta})_{\Delta\xi_i}; \\ A_{12} &= \rho b^2 \sum_{i=1}^n \bar{m}(\xi_i, \bar{\eta})_{\xi_i \Delta\xi_i}; \\ A_{13} &= \rho b^2 \sum_{i=1}^n \bar{m}(\xi_i, \bar{\eta}) (\vartheta + \eta'_k(\xi_i))_{\Delta\xi_i}, \end{aligned} \quad (3)$$

де ρ — щільність води; $\eta'_k(\xi_i)$ — похідна ординати кілю в поточному перетині за довжиною човна.

За аналогією з вищенаведеним вираз для сумарної стаціонарної складової горизонтальної сили R_x^* буде мати такий вигляд

$$R_x^* = \sum_{i=1}^m f_x^*(\xi_i, \eta)_{\Delta\xi_i}, \quad (4)$$

а сумарні коефіцієнти A_{kl} ($k = 2; l = 1, \dots, 3$) [10] визначаються за наступними виразами

$$\begin{aligned}
 A_{21} &= \rho b^2 \sum_{i=1}^n \bar{m}(\xi_i, \bar{\eta})(\vartheta + \eta'_k(\xi_i))_{\Delta} \xi_i, & A_{31} &= \rho b^2 \sum_{i=1}^n \bar{m}(\xi_i, \bar{\eta})(\xi_i + \eta'_k(\xi_i)\eta_1(\xi_i, \eta))_{\Delta} \xi_i; \\
 A_{22} &= \rho b^2 \sum_{i=1}^n \bar{m}(\xi_i, \bar{\eta})(\vartheta + \eta'_k(\xi_i))\xi_{i\Delta} \xi_i, & A_{32} &= \rho b^2 \sum_{i=1}^n \bar{m}(\xi_i, \bar{\eta})(\xi_i + \eta'_k(\xi_i)\eta_1(\xi_i, \eta))\xi_{i\Delta} \xi_i, \quad (9) \\
 A_{23} &= \rho b^2 \sum_{i=1}^n \bar{m}(\xi_i, \bar{\eta})(\vartheta + \eta'_k(\xi_i))_{\Delta}^2 \xi_i. & A_{33} &= \rho b^2 \sum_{i=1}^n \bar{m}(\xi_i, \bar{\eta})(\xi_i + (\vartheta + \eta'_k(\xi_i))\eta'_k(\xi_i)\eta_1(\xi_i, \eta))_{\Delta} \xi_i.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Аналогічним чином визначиться сумарна стаціонарна складова M_z^* поздовжнього моменту M_z

$$M_z^* = \sum_{i=1}^n (f_y^*(\xi_i, \eta)\xi_i + f_{y_{гд}}^*(\xi_i, \eta)\eta'_k(\xi_i)\eta_1(\xi_i, \eta) +$$

$$+ f_{y_{гс}}(\xi_i, \eta)\eta'_k(\xi_i)\eta_2(\xi_i, \eta) + f_{тp}(\xi_i, \eta)\eta_3(\xi_i, \eta))_{\Delta} \xi_i,$$

де $f_{тp}(\xi_i, \eta)$ — сила тертя перетину; $\eta_1(\xi_i, \eta)$, $\eta_2(\xi_i, \eta)$, $\eta_3(\xi_i, \eta)$ — плечі додатка гідродинамічних, гідростатичної і сил тертя в перетині відповідно.

Для визначення значень $f_{тp}(\xi_i, \eta)$ у методі використовується коефіцієнт тертя — C_f , якій обчислюється за відомою інтерполяційною формулою Прандтля–Шлихтинга для тертя плоских пластин, що обтікаються безмежним потоком при турбулентному прикордонному шарі [1]

$$C_f = \frac{0,455}{(\lg Re)^{2,58}}, \tag{7}$$

де Re — число Рейнольдса за змоченою довжиною кіля l_k ,

$$Re = \frac{V l_k}{\nu}, \tag{8}$$

де ν — кінематична густина рідини; V — швидкість руху ТЗ у воді.

Сумарні коефіцієнти A_{kl} ($k = 3; l = 1, \dots, 3$) [10] обчислюються за наступними виразами

Дослідження динаміки поведінки ТЗ ВАБ на водній поверхні, коли має місце зміна кінематичних параметрів, припускає для розглянутого випадку рішення відповідної системи диференціальних рівнянь [11].

Для спрощення форм запису введемо наступні позначення:

$$\begin{aligned}
 m_{\Sigma} &= \left(m_c + \sum_{i=1}^n m_i \right); & m_{\Sigma} &= \left(\sum_{i=1}^n m_i l_i \right); \\
 J_{z\Sigma} &= \left(m_c R^2 + \sum_{i=1}^n m_i l_i^2 \right),
 \end{aligned} \tag{10}$$

де m_{Σ} , n_{Σ} , $J_{z\Sigma}$ — маса ТЗ з додатковою масою вантажів, поздовжній момент від додатково розміщених вантажів і сумарний момент інерції (з урахуванням додаткових вантажів) щодо поперечної осі відповідно; m_c , m_i — маса ТЗ і додаткові зосереджені маси відповідно; l_i — плечі додаткових мас, які зосереджено, щодо центра мас ТЗ; R — радіус інерції ТЗ без додаткових зосереджених мас.

Тоді з обрахуванням (9) система рівнянь поздовжнього руху [11] щодо параметрів \ddot{x} , \ddot{y} , \ddot{u} (прискорення центра мас ТЗ уздовж осей Ox , Oy і кутове прискорення обертання щодо осі O_z відповідно) в матричному виді буде виглядати наступним чином:

$$\begin{aligned}
 & \begin{vmatrix} -A_{11} \\ m_{\Sigma} + A_{21} \\ n_{\Sigma} + A_{31} \end{vmatrix} \ddot{y} + \begin{vmatrix} -A_{12} \\ m_{\Sigma} + A_{22} \\ n_{\Sigma} + A_{32} \end{vmatrix} \ddot{u} + \\
 & + \begin{vmatrix} m_{\Sigma} + A_{13} \\ -A_{23} \\ -A_{33} \end{vmatrix} \ddot{x} = \begin{vmatrix} P_{дв} - X_a - F_{x\Sigma} \\ F_{y\Sigma} + Y_a + P_{дв} \nu - m_{\Sigma} g \\ M_{z\Sigma}^* + M_{za} - P_{дв} \eta_{дв} - n_{\Sigma} g \end{vmatrix}, \tag{11}
 \end{aligned}$$

де $P_{дв}$, $\eta_{дв}$ — тяга силової установки й плече її дії щодо центра мас; $F_{y\Sigma}^*$, $F_{x\Sigma}^*$ — складові сумарних гідродинамічних і гідростатичної сил уздовж осі $O_1\eta$ й поздовжньої сили від сил, що перераховано вище й сили тертя уздовж осі $O_1\xi$ відповідно; Y_a , X_a — аеродинамічні піднімальна сила й сила лобового опору; $M_{z\Sigma}^*$, M_{za} — сумарні моменти, які діють на ТЗ щодо осі $O_1\xi$ від складових $F_{y\Sigma}^*$, $F_{x\Sigma}^*$ і Y_a , X_a відповідно.

Визначення аеродинамічних характеристик (АХ) припускає використання, в загальній методології створення моделі гідродинамічних досліджень, синтезу чисельних методик, що реалізують в окремому блоці окологоризонтальної аеродинаміки лінійні й нелінійні математичні моделі (залежно від компонувань, які досліджуються), а також інженерних методик для розрахунку характеристик, які обумовлені в'язкістю середовища.

Врахування впливу схвильованої водної поверхні реалізується за допомогою відомої моделі, яка відображає двовимірне нерегулярне хвилювання.

Чисельна реалізація методики, яку запропоновано, в разі інтегрування системи диференціальних рівнянь (11), яку наведено, дозволяє моделювати поздовжній рух ТЗ, що досліджується, за воднею поверхнею з врахуванням можливих вертикальних і кутових коливань.

У якості прикладу реалізації методики, що наведено, на рис. 2 відображено результати розрахунку деяких ГХ (зворотньої гідродинамічної якості — ε) для різних значень центрування \bar{x}_g судна БК-1 за коефіцієнтом статичного навантаження $C_{\Delta} = 0,598$ і різних швидкостях Fr_{Δ} у порівнянні з результатами експериментальних досліджень моделі судна в гідробасейні [13].

Аналіз матеріалу, який викладено, свідчить про достатню узгодженість розрахункових та експериментальних даних щодо ГХ та підтверджує роботоспроможність методики, яку наведено.

Висновки

Використання методики, що запропоновано, дозволяє реалізувати в процесі математичного

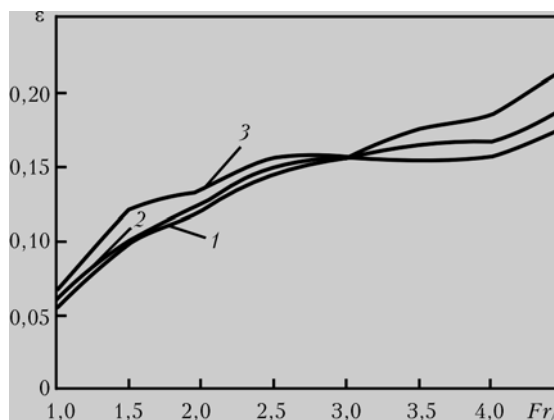


Рис. 2. Зміна зворотньої гідродинамічної якості ε за числом Фруда Fr_{Δ} для моделі судна БК-1 при $C_{\Delta} = 0,598$ та різних центруваннях \bar{x}_g : 1 — $\bar{x}_g = 0,35$; 2 — $\bar{x}_g = 0,40$; 3 — $\bar{x}_g = 0,45$

моделювання одержання необхідної інформації про ГХ об'єктів, які досліджувано, (балансувальні характеристики, стійкість руху за різних вихідних даних: мореплавність, динамічні характеристики в разі розгону за воднею поверхнею різного стану, вплив відмінних керуючих факторів на процес руху, оцінки навантаження конструкції ТЗ і можливий вплив на психофізіологічні характеристики екіпажів та а ін.).

Таким чином, методика оцінки ГХ ТЗ ВАБ, яку наведено в даній роботі, і особливості її чисельної реалізації дозволяють теоретично досліджувати особливості їхньої загальної гідродинаміки, урахувати особливості АХ і ГХ у разі прийняття проектних рішень на етапах загального проектування, що мають досить актуальне значення для створення енергетично ефективних компонувань сучасних ТЗ ВАБ різного призначення. ■

Список літератури

1. Косоуров К.Ф. Теоретические основы гидроавиации (Гидромеханика гидросамолета). — М.: Воениздат, 1961. — 600 с.
2. Логвинович Г.В. Гидродинамика течений со свободными границами. — К.: Наукова думка, 1973. — 247 с.
3. Тихонов А.И. Гидродинамические силы, действующие на плоскокилеватые пластины при неустановившемся глиссировании // Сб. работ по гидродинамике ЦАГИ. — М., 1959. — С. 167–182.
4. Wagner H. Uber Stoss-und Gleitvorgagne an der Oberflache von Flussigkeiten // ZAMM, 1932. — Н. 4. — Р. 193–215.
5. Логвинович Г.В. Погружение профилей в жидкость, удар и глиссирование // Тр. ЦАГИ. — М., 1958. — Вып. 707. — 40 с.

6. Белоцерковский С.М., Ништ М.И. Отрывное и безотрывное обтекание тонких крыльев идеальной жидкостью. — М.: Наука, 1978. — 351 с.
7. Майборода О.М., Расстригин О.О., Кумпаненко В.М. Методика розрахунку нелінійних нестационарних гідродинамічних характеристик типових шпангоутів днищ човнів літальних апаратів водного і амфібійного базування при симетричному зануренні у рідину з замивом вилиць // Зб. наук. праць ЦНДІ ОБТ ЗСУ, 2003. — Вип. 12. — С. 119–127.
8. Майборода А.Н. Математическая модель гидродинамики для тела, пересекающего свободную поверхность идеальной несжимаемой жидкости. — Докл. АН УССР. Сер.А. — К. — 1991. — № 5. — С. 50–53.
9. Тихонов А.И. Вопросы глассирования и удара о воду килеватых тел. — М.: Изд-во ЦАГИ. — 1980. — Вып. 2086. — С. 202–221.
10. Расстригин А.А., Майборода А.Н., Михалочкин Н.А. Методологические основы синтеза методов в задаче определения гидродинамических характеристик летательных аппаратов водного и амфибийного базирования для оценки их мореходности при продольном движении по водной поверхности // Пр. VI Міжнародн. наук.-техн. конф. «АВІА-2004», НАУ, Київ 26–28 квітня 2004 р. — С. 33.72–33.75.
11. Расстригин А.А. Некоторые аспекты методологического подхода к повышению эффективности гидродинамического проектирования летательных аппаратов водного и амфибийного базирования // Сб. научн. тр. IV Междунар. науч.-техн. конф. «Гидротехнологии, навигация, управление движением и конструирование авиационно-космической техники», 21–23 апреля 2003 г. — НТУ «КПИ», Киев. — Т. 2. — 2003. — С. 173–183.
12. Коврижных Л.Д., Тихонов А.И. Глассирование килеватой пластины по волне // Ученые записки ЦАГИ. — Т. XX. — № 1. — 1989. — М.: Изд-во ЦАГИ, 1989. — С. 13–22.
13. Егоров И.Т., Буньков Н.М., Садовников Ю.М. Ходкость и мореходность глассирующих судов. — Л.: Судостроение, 1978. — 336 с.

УДК 623.983

А.В. ДЕРЕПА, канд. техн. наук (Центр науково-дослідний ін-т озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

ВЛАСТИВОСТІ ПЛАСКОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ, ЯКУ ВЕРТИКАЛЬНО ОРІЄНТОВАНО, В ПРИСУТНОСТІ АБСОЛЮТНО ЖОРСТКОЇ СФЕРИ, ЩО ЛЕЖИТЬ НА МЕЖІ РОЗПОДІЛУ СЕРЕДОВИЩ «ВОДА–ПОВІТРЯ»

Проведено дослідження кількісних оцінок звукового поля плоскої антенної решітки, яку вертикально орієнтовано, в присутності корпусу надводного корабля, який моделюється як абсолютно жорстка сфера, що лежить на межі розподілу середовищ «вода–повітря».

Проведено исследование количественных оценок звукового поля плоской вертикально ориентированной антенной решетки в присутствии корпуса надводного корабля, который моделируется как абсолютно жесткая сфера, лежащая на границе раздела сред «вода–воздух».

Постановка проблеми. Створення перспективних засобів гідроакустичного озброєння надводних кораблів тісно пов'язано з проблемами підвищення ефективності гідроакустичних станцій (ГАС), які встановлюються на них. У зв'язку з цим особливу гостроту ви-

кликає питання про вплив корпусу корабля, обтічників та інших конструктивних елементів носія ГАС на її електроакустичні параметри. Існуюча сьогодні схема створення нових ГАС не прив'язує їхні параметри до конкретного корабля-носія. Вимоги до них задаються, виходячи з умов експлуатації їх у безмежному

© А.В. ДЕРЕПА, 2014