

**Олександр Олегович Каніфольський** (канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри)<sup>1</sup>

**Микола Миколайович Конотопець** (канд. техн. наук, доцент, професор кафедри)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

<sup>2</sup>Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

## КОЕФІЦІЄНТИ ПОВНОТИ КОРПУСУ КОРАБЛЯ ПЕРЕХІДНОГО РЕЖИМУ РУХУ

У статті запропоновано рекомендації щодо вибору коефіцієнтів повноти корпусів кораблів перехідного режиму руху. Проаналізовано дані по існуючим кораблям та суднам вітчизняного та закордонного виробництва. Зроблено статистичний аналіз значень коефіцієнтів загальної повноти. Надано рекомендації, щодо вибору коефіцієнта поздовжньої повноти. Запропоновано формули, що необхідні при проектуванні швидкісних кораблів та суден. Ці плавзасоби експлуатуються в перехідному режимі руху, для якого характерно зростання опору води, тому важливо приділяти більше уваги проектуванню їх форми.

**Ключові слова:** коефіцієнти повноти корпусу; перехідний режим руху; корвет; катер.

### Вступ

Актуальність проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Перехідний режим руху плавзасобів в даний час вивчений недостатньо повно. Для цього варіанту експлуатації кораблів характерна наявність не тільки гідростатичних сил підтримки, але і поява гідродинамічної складової. Корабель при русі отримує диферент на корму, також відбувається загальна зміна осадки. Для зменшення опору води при русі вкрай важливо правильно вибрати коефіцієнти повноти корпусу майбутнього корабля. Необхідно відзначити, що в перехідному режимі можуть експлуатуватися різні типи кораблів, але в цій статті розглянуті дані по деяких з них: корветам, патрульним і ракетним катерам.

**Аналіз останніх досліджень, публікацій.** В існуючій літературі з проектування швидкохідних суден і кораблів перехідного режиму, зазвичай розглядається перша частина цього режиму руху від чисел Фруда за водотоннажністю  $F_{rV} = 1$  ( $F_{rL} = 0,4$ ) до  $F_{rV} = 2$  ( $F_{rL} = 0,7$ ). Діапазон відносних швидкостей від  $F_{rV} = 2$  до  $F_{rV} = 3$  залишився недослідженим. Необхідно з'ясувати прийнятні значення коефіцієнтів повноти корпусу швидкохідного однокорпусного корабля. Основна мета при виборі коефіцієнта загальної повноти судна  $c_b$  - це мінімізація опору води при русі судна, що особливо важливо для суден і кораблів перехідного режиму руху, хоча цей коефіцієнт враховується і при оцінці інших морехідних і експлуатаційних якостей судна.

Для початку перехідного режиму руху, при числах Фруда по довжині більш ніж 0.4 і менш ніж 0.6, в якості середнього значення пропонується прийняти коефіцієнт загальної повноти корпусу судна рівним 0,5 [1].

Для цього ж діапазону відносних швидкостей існує формула Ліндблада  $c_b = 1,085 - 1,68F_{rL}$  [2].

$$\text{Застосовуючи формулу } c_b = \frac{0,425 \pm 0,025}{F_{rL}^{0,25}} \quad [3],$$

можна оцінити коефіцієнти загальної повноти суден, з відносною швидкістю менше ніж  $F_{rL} = 0,6$ .

Тому **мета статті** полягає у з'ясуванні прийнятних значень коефіцієнтів повноти корпусу кораблів перехідного режиму руху, зробити статистичний аналіз даних та дати рекомендації для вибору цих показників при проектуванні.

### Викладення основних положень матеріалу статті

У роботі [4] запропонована формула  $c_b = 0,62 - 0,34F_{rL}$ , в якій враховані статистичні дані різних авторів, а також дані по сучасним побудованим швидкохідним поромам. Ця формула застосовується до суден перехідного режиму руху при відносних швидкостях  $0,4 \leq F_{rL} \leq 0,7$ . Трансформувавши цю формулу з урахуванням того, що  $F_{rL} = 0,29F_{rV} + 0,11$ , отримаємо

$$c_b = 0,58 - 0,1F_{rV} \quad (1)$$

У книзі [5] відзначено, що коефіцієнт загальної повноти для глісерів не є характерним параметром і не так важливий, як для суден з меншими швидкісними характеристиками, і тому зазвичай не розглядається в теоретичних дослідженнях. В цьому ж першоджерелі запропоновані статистичні дослідження щодо коефіцієнтів загальної повноти глісерів та запропоновано діапазон значень цього коефіцієнта в межах від 0,3 до 0,6.

Проаналізувавши попередні дані можна відзначити, що в дослідженнях, які є в літературі, практично відсутні формули по вибору коефіцієнта загальної повноти корпусу судна для кораблів перехідного режиму руху, з відносними

швидкостями  $0,7 \leq Fr_L \leq 1$ . Такі числа Фруда по довжині відповідають числам Фруда по водотоннажності  $2 \leq Fr_V \leq 3$ .

Для отримання формули, що дозволить розрахувати коефіцієнт загальної повноти корпусів перехідного режиму руху, з відносними швидкостями  $2 \leq Fr_V \leq 3$ , можливе застосування даних по побудованим суднам і кораблям для цих відносних швидкостей. Були використані дані по швидкохідним однокорпусним поромам, корветам і патрульним катерам [6], рис. 1. На цьому ж рисунку круглим типом маркера показані дані по корвету проекту 1124М і ракетному катеру проекту 1241.1 [7].

Для оцінки відхилення величини коефіцієнта загальної повноти від його середнього значення необхідно обчислити дисперсію, яка характеризує розкиданість випадкової величини і визначається середнім значенням квадрата відхилення випадкових величин від математичного очікування.

$$D_\zeta = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{(c_{b_i} - c_{b_{cp}})^2}{m} = 0,0029 \quad (2)$$

Середньоквадратичне відхилення (стандарт)

$$\left| \sigma_\zeta = \sqrt{D_\zeta} = 0,05 \right| \quad (3)$$

Існуюча в теорії ймовірностей нерівність Чебишева стверджує, що випадкова величина в основному приймає значення, близькі до свого середнього.

Випадкова величина, що досліджується, не розподіляється по нормальному закону, але можна відзначити, що практично всі точки, в діапазоні відносних швидкостей, на рисунку 1, потрапляють у поле, охарактеризоване формулою.

$$c_b = c_{bc} \pm 1,5\sigma = 0,41 \pm 0,08 \quad (4)$$

В [2] наводяться рекомендації різних дослідників щодо вибору коефіцієнта поздовжньої повноти  $c_p$ , при  $0,45 < Fr_L < 0,6$ . В основному в цьому швидкохідному режимі пропонується значення цього коефіцієнта, яке відповідає мінімуму опору води при русі, в межах 0,62-0,65.

Рекомендації щодо вибору цього коефіцієнта дано також в [8]. Необхідно з'ясувати які значення коефіцієнта поздовжньої повноти прийнятні, при числах Фруда по довжині  $0,7 \leq Fr_L \leq 1$ , що відповідає другій половині перехідного режиму руху. В цьому дослідженні виявляються корисними дані роботи [6], в якій зазначено, що значення коефіцієнта поздовжньої повноти, що сприяють зниженню опору води, при числах Фруда по водотоннажності близько 2,5 лежать в межах від 0,6 до 0,66. Цей діапазон відповідає значенням цього ж коефіцієнта для першої половини перехідного режиму руху.

Рекомендації по вибору коефіцієнта повноти площі ватерлінії дані в [4]. Для швидкохідних водотоннажних суден з відносними швидкостями  $0,45 \leq Fr_L \leq 0,7$  важливі форми і кути загострення носових і кормових гілок ватерлінії, тому що вони впливають не тільки на ходовість, а й на площу палуб. Величина кута загострення носової гілки ватерлінії на один борт, за рекомендаціями різних дослідників, на відносних швидкостях  $Fr_L > 0,4$  повинна становити  $10-14^\circ$ . Шлях розрахунку значень коефіцієнта повноти площі ватерлінії, із застосуванням різних математичних кривих наведено в [4]. В результаті розрахунків отримано середнє значення  $c_w$  біля 0,82. Дані роботи [6], свідчать про те, що значення коефіцієнта повноти площі ватерлінії, що сприяють зниженню опору води, при числах Фруда по водотоннажності близько 2,5 лежать в межах від 0,72 до 0,82, що відповідає тим значенням, які отримані в [4] для швидкохідних однокорпусних водотоннажних суден, що експлуатуються в першій половині перехідного режиму.

Значення коефіцієнтів повноти мідель – шпангоута  $c_m$  і вертикальної повноти  $\chi$  легко обчислити при відомих  $c_b$ ,  $c_w$  та  $c_p$ , по

$$\text{формулам } c_m = \frac{c_b}{c_p} \text{ та } \chi = \frac{c_b}{c_w}.$$

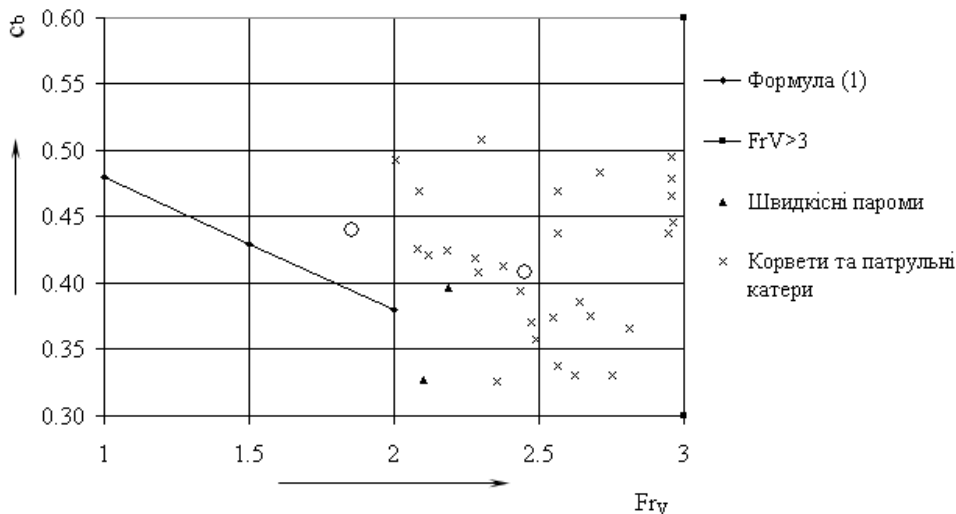


Рис. 1. Значення коефіцієнта загальної повноти корпусу для суден і кораблів перехідного режиму руху

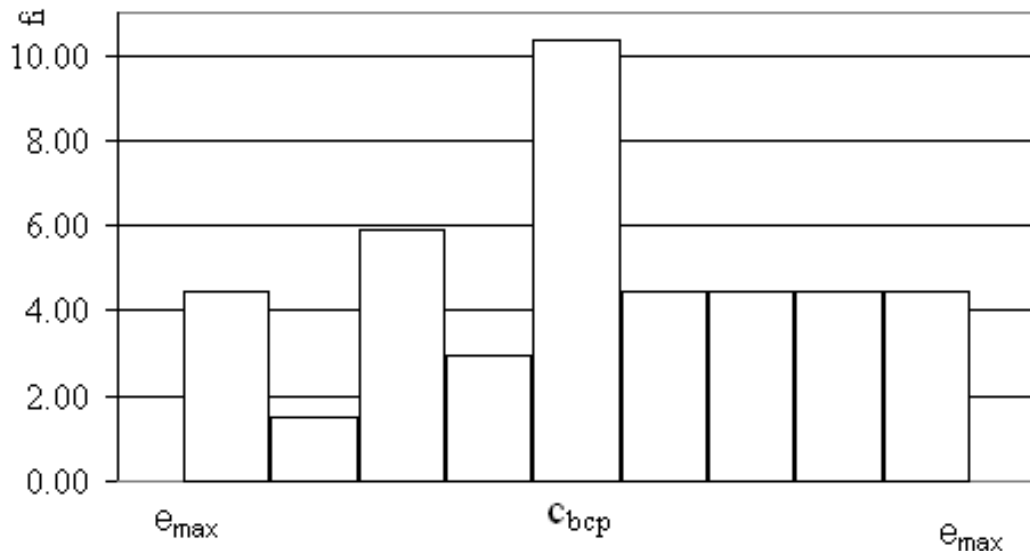


Рис. 2. Гістограма відхилень від середнього значення коефіцієнта загальної повноти корпусу судна, для суден та кораблів перехідного режиму руху

### Висновки

Таким чином для суден та кораблів з відносними швидкостями  $1 \leq Fr_V \leq 2$  коефіцієнт загальної повноти корпусу судна може бути визначений за формулою  $c_b = 0,58 - 0,1Fr_V$ , а для кораблів та

суден з числами Фруда  $2 \leq Fr_V \leq 3$ , по формулі  $c_b = c_{bc} \pm 1,5\sigma = 0,41 \pm 0,08$ . Решта коефіцієнтів повноти корпусу судна та корабля перехідного режиму руху може бути призначена відповідно до рекомендацій цієї статті.

### Література

1. **Бронников А. В.** Проектирование судов / Бронников А. В. – Л. : Судостроение, 1991. – 319с. 2. **Ногид Л. М.** Проектирование формы судна и построение теоретического чертежа / Ногид Л. М. – Л. : Судпромгиз, 1962. – 242 с. 3. **Ашик В. В.** Проектирование судов / Ашик В. В. – Л. : Судостроение, 1985. – 319 с. 4. **Канифольский А. О.** Определение главных размерений быстроходных однокорпусных водоизмещающих судов на начальных стадиях проектирования: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.08.03. - Одесса: ОНМУ, 2003. – 20 с. 5. **Ваганов А. М.**

Проектирование скоростных судов / Ваганов А. М. – Л. : Судостроение, 1978. – 279 с. 6. **Sui C. Fung.** Resistance prediction and parametric studies for high-speed displacement hulls. // Navale Engineers Journal. – March 1987. – P. 64-89. 7. **Заблоцкий В. П.** Корабли и суда военно-морских Сил Украины / В. П. Заблоцкий, В. В. Костриченко. – Донецк : УкЦентр, 1998. – 40с. 8. **Канифольский А. О.** Анализ основных параметров формы быстроходных однокорпусных водоизмещающих судов / Канифольский А. О. Вісник одеського державного морського університету. – 2001. – №6. – С. 62-68.

## КОЭФИЦИЕНТЫ ПОЛНОТЫ КОРПУСОВ КОРАБЛЕЙ ДЛЯ ПЕРЕХОДНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ

*Александр Олегович Канифольский (канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры)<sup>1</sup>*  
*Николай Николаевич Конопцев (канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры)<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина*

<sup>2</sup>*Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

В статье предложены рекомендации по выбору коэффициентов полноты корпусов кораблей для переходного режима движения. Проанализированы данные по существующим кораблям и судам отечественного и зарубежного производства. Сделан статистический анализ значений коэффициентов общей полноты. Даны рекомендации относительно выбора коэффициента продольной полноты. Предложены формулы, необходимые при проектировании скоростных кораблей и судов. Эти плавсредства эксплуатируются в переходном режиме движения, для которого характерно возрастание сопротивления воды, поэтому важно уделять больше внимания проектированию их формы.

**Ключевые слова:** коэффициент полноты корпуса; переходный режим движения; корвет; катер.

THE COMPLETENESS COEFFICIENTS OF SHIP HULL FOR TRANSITIONAL MODE

Oleksandr O. Kanifolskyi (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of a Department)<sup>1</sup>

Mykola M. Konotopets (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of a Department)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

<sup>2</sup>National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The recommendations for choosing the completeness coefficients of ship hull for transitional mode are proposed in the article. The existing domestically and foreign produced ships and vessels data are analyzed. The statistical analysis of the common completeness coefficients value was made. The recommendations concerning choice of the prismatic coefficient are given. The formulas as may be necessary for designing high-speed ships are offered. These boats are operated in the transitional mode, which is characterized by an increasing water resistance, so it is important to implement the increased focus on boats form design.

**Keywords:** completeness coefficients of ship hull; transitional mode; corvette; autoboat.

References

1. Bronnikov A.V., (1991), Planning of courts: monograph. [Proektirovanie sudov], Sudostroenie, Leningrad, 319 p.
2. Nogid L.M., (1962), Planning of form of ship and construction of theoretical draft, [Proektirovanie formy sudna i postroenie teoreticheskogo chertezha] monograph Sudpromgiz, Leningrad, 242 p.
3. Ashik V.V., (1985), Planning of courts: monograph, [Proektirovanie sudov] Shipbuilding, Leningrad, 319 p.
4. Kanifolskyi, A.O. (2003), Determination of main size of high-speed single-hull displacement courts on the initial stages of planning, [Opredelenie glavnnykh razmereniy byistrohodnykh odnokorpusnykh vodoizmeshchayushchikh sudov na nachalnykh stadiyah proektirovaniya], Author's thesis. avtoref. Dis kand. tech. nauk, spec: 05.08.03, Odessa, 20 p.
5. Vaganov A.M., (1978), Planning of speed courts, [Proektirovanie skorostnykh sudov], monograph. Shipbuilding, Leningrad, 279 p.
6. Sui C. Fung., (1987), Resistance prediction and parametric studies for high-speed displacement hulls, Navale Engineers Journal, March, pp. 64–89.
7. Zablocki V.P., Kostrichenko V.V., (1998), Ships and vessels of the Naval Forces of Ukraine, [Korabli i suda voenno-morskih Sil Ukrainyi], monograph. UkCentre, Donetsk, 40p.
8. Kanifolskyi, A.O., (2001), Analysis of basic parameters of form of high-speed single-hull displacement courts, [Analiz osnovnykh parametrov formy byistrohodnykh odnokorpusnykh vodoizmeshchayushchikh sudov], News of Odessa national maritime university. №6. p. 62-68.

Отримано: 7.10.2014 p.