

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗМІРНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ НА ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА

О.М. Шумило

к.т.н., професор кафедри суднових енергетичних установок та технічної експлуатації,
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,
ORCID ID: 0000-0003-0574-1954

Анотація

Модернізація є одним з напрямів підвищення конкурентоспроможності судноплавних компаній, зокрема тих, які провадять морський круїзний бізнес. Для морських круїзних суден, життєвий цикл яких складає понад тридцять років, характерно проведення робіт з модернізації, одним з особливих напрямків якої є збільшення довжини судна за рахунок виготовлення додаткової вставки корпусу. При реалізації цього проєкту отримуємо судно з власними оновленими (відміними від судна-прототипу) технічними, експлуатаційними, економічними характеристиками, що потребує додаткових досліджень морехідних якостей і енергозабезпечення.

Життєвий цикл пасажирського флоту, на відміну від флоту торговельного, характеризується багато більшою вартістю і тривалістю, тому і стратегія модернізації його повинна мати особливі підходи і напрямки.

У зв'язку з чим роботі запропоновано удосконалену структуру напрямків проведення модернізації пасажирських суден, які зосереджуються на реновації корпусу, конверсії, переобладнанні суднових інженерних систем і комплексів та внутрішньосуднової архітектури.

Оцінка морехідних якостей, зокрема ходовості, модернізованого судна вимагає попереднього проведення аналізу факторів, які впливають на розрахункове визначення водотоннажності, осадки, коефіцієнтів повноти суден з додаванням циліндричної вставки. Удосконалено метод визначення безрозмірних коефіцієнтів повноти, який полягає в забезпеченні мінімальної висоти надводного борту у відповідності до вимог Міжнародної конвенції про вантажну марку. Виконано кількісну оцінку впливу подовження суден на їх геометричні характеристики на прикладі суден-кандидатів на проведення розмірної модернізації, що дасть можливість проводити уточненні розрахунки ходовості.

Ключові слова: пасажирське судно, розмірна модернізація, циліндрична вставка, геометричні характеристики корпусу.

IMPACT OF DIMENSIONAL MODERNIZATION ON THE GEOMETRIC
CHARACTERISTICS OF A PASSENGER SHIP

O.M. Shumylo

PhD in Engineering, Professor at the Department of Ship Power Plants
and Technical Operation,
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0003-0574-1954

Summary

Modernization is one of the ways to increase the competitiveness of shipping companies, in particular those that conduct sea cruise business. For marine cruise ships, the life cycle of which is more than thirty years, it is typical to carry out modernization works, one of the special directions of which is to increase the length of the ship due to the addition of an additional hull insert. When implementing this project, we get a ship with its own updated (different from the prototype ship) technical, operational, and economic characteristics, which requires additional research into seaworthiness and energy supply.

The life cycle of the passenger fleet, unlike the commercial fleet, is characterized by a much higher cost and duration, therefore the strategy of its modernization should have special approaches and directions. The work proposes an improved structure of directions for carrying out the modernization of passenger ships, which focus on hull renovation, conversion, conversion of ship engineering systems and complexes, and in-ship architecture. An analysis of the factors influencing the calculation of the tonnage, draft, and fullness coefficients of ships with the addition of a cylindrical insert was carried out. The method of determining dimensionless coefficients of completeness has been improved, which consists in ensuring the minimum height of the freeboard in accordance with the requirements of the International Convention on Cargo Marking. A quantitative assessment of the impact of lengthening ships on their geometric characteristics was performed using the example of candidate ships for dimensional modernization.

Key words: *passenger ship, dimensional modernization, cylindrical insert, geometric characteristics of the hull.*

Постановка проблеми і огляд літератури. Сучасний етап розвитку галузі морських круїзних перевезень демонструє сталий розвиток. Вона впевнено долає наслідки, заподіяні епідемією вірусу SARS-CoV-2, і поступово досягає на показників перевезення пасажирів до 2019 року, динаміка зростання яких досягла більше ніж 22,2 млн. пасажирів на рік. Даний тренд зростання попиту згідно прогнозам експертного середовища буде залишатися і в найближчому майбутньому. Очевидне рішення судновласників, яке випливає з цього, – спорудження нових лайнерів, що призводить до завантаження суднобудівних фірм, найбільші з яких STX Europe, Mitsubishi Heavy Industries, Mayer Werft і Fincantieri – завантажені, і мають замовлення на роки вперед. Крім того, швидкому задоволенню попиту перешкоджає висока вартість спорудження цих суден і досить значна, в порівнянні з транспортними суднами, тривалість виробництва – в середньому 1,5 роки.

Альтернативні стратегічні рішення щодо задоволення попиту – придбання бувшого у використанні судна або оренда суден у інших компаній (фрахт), що може

викликати ускладнення, обумовленні зростанням цього ринку – зменшенням відповідних пропозицій.

Серед системних рішень щодо розвитку круїзних компаній є модернізація свого флоту, яка зменшує рівень морального і фізичного старіння суден, є потужним інструментом збільшення її конкурентоспроможності. Так вона має переваги спорудження нових суден – покращення техніко-економічних і техніко-експлуатаційних характеристик, і відповідним чином зменшує недоліки – високу вартість і тривалість виробництва. Вартість модернізації пасажирських суден може досягати від 10% до 30% від початкової вартості виготовлення судна даного проекту [1, 2], при цьому пасажиромісткість збільшується на 15%...20%.

Мета дослідження. Метою дослідження є удосконалення методу визначення геометричних характеристик пасажирських суден при їх розмірній модернізації.

Досягнення мети базується на послідовному розгляді наступних задач:

- 1) визначення основних напрямів модернізації пасажирських суден і її структури;
- 2) дослідження впливу розміру циліндричної вставки на геометричні характеристики судна абсолютні і відносні;
- 3) кількісна оцінка зміни водотоннажності, осадки, коефіцієнтів повноти в залежності від нової довжини судна, що залежить від додаткової вставки корпусу.

Дослідження особливостей впливу розмірної модернізації і переобладнання на визначення елементів і характеристик пасажирського судна. На сьогоднішній час існує низка визначень і тлумачень терміну модернізація, які дають сутнісну і разом з тим узагальнену характеристику цього процесу. На нашу думку, вони не віддзеркалюють унікальності і особливості судноплавної індустрії, і пропонуємо таку трактовку – модернізація системний процес вдосконалення, покращення конкурентоспроможності пасажирських суден з забезпеченням екологічних, безпекових норм і правил, регламентованих міжнародним морським і національним законодавством шляхом застосування науково-дослідних, конструкторських, технологічних, фінансово-економічних заходів і процедур.

Модернізація суден шляхом збільшення їх розмірів мала давню практику застосування в торговому судноплаванні, оскільки враховуючи вагому вартість будівництва суден, вона виступає як ефективний інструмент конкурентоспроможності судноплавної компанії. Не зважаючи на збільшення кількості нових суден, термінів їх окупності, в світовому масштабі зберігається сталий попит на їх модернізацію. До речі слід відмітити, що провідні українські суднобудівні і судноремонтні підприємства мають відповідний досвід у виконанні таких робіт, тільки за останні три роки було модернізовано: на суднобудівному заводі «Океан» (м. Миколаїв) суховантажне судно проекту 17620 типу «Буг»; на суднобудівному і судноремонтному підприємстві «Дунайсудноремонт» (м. Ізмаїл) балкери «Stavr», «St. Constantine», багатопільові судна проекту RSD041 і «Dremora 3» за проектами Морського інженерного бюро (м. Одеса).

Однозначної трактовки щодо структури об'єму поняття «модернізація суден» поки що не сформульовано. Різні дослідники вкладали в нього окремих зміст і визначали модернізацію судна як: розмірну модернізацію і переобладнання (проф. Гундобін А., проф. Фінкель Г.), конверсію, що проводиться трьома напрямками (проф. Єгоров Г.О.), переобладнання, реновацію і модернізацію

СЕУ (проф. Лазарев О.М.). Разом з тим для життєвого циклу пасажирських суден, враховуючи їх високу вартість, характерно періодичне проведення модернізацій різного об'єму і складності, що потребує додаткового аналізу структури модернізаційних робіт [3–13]. Структурно етапи модернізації пасажирських суден пропонується подати у вигляді відповідної схеми (рис. 1), яка змістовно охоплює найбільші групи робіт.



Рис. 1. Структура основних напрямків при проведенні модернізації пасажирського судна

Розглянемо кожний напрямок модернізації згідно рис.1. Реновація (від лат. *renovation* – оновлення) в морській індустрії застосовується як процес реконструкції, покращення, оновлення корпусу без внесення змін в його структуру. Здійснювати даний процес було запропоновано на початку 90-х років минулого сторіччя кваліфікаційним товариством Норвежським БюроVeritas (Det Norske Veritas) і англійським Регістром Ллойда (Lloyd's Register). Підсумковими результатами реновації є отримання відповідного сертифікату класифікаційного товариства – *hull renovation*, що засвідчує рівні реновації 1SS, 2SS і 3SS. Ці рівні вказують на відповідність стану корпусу після п'яти, десяти та п'ятнадцяти років експлуатації відповідно. Враховуючи незначну ступінь пошкодження металоконструкцій корпусів пасажирських суден в результаті експлуатації, реновація для них проводиться обмежено на відміну від корпусів вантажних суден.

Конверсія (від лат. *conversion* – перетворення, заміна) в практиці суднобудування і судноремонту передбачає модифікацію конструкції корпусу, його елементів і структури, яка здійснюється з метою зміни призначення судна, збільшення розмірів судна, будівництва нових суден з залученням частини старих односерійних. В результаті конверсії отримуємо судно з новими техніко-експлуатаційними і техніко-економічними характеристиками.

Переобладнання судових інженерних систем і комплексів, полягає в заміні морального і фізично застарілого обладнання, яке не відповідає сучасним економічним, екологічним технічним критеріям.

Переобладнання внутрішньо-судової архітектури – приміщень, зон відпочинку, розваг, сервісу, харчування, кают, здійснюється достатньо регулярно протягом життєвого циклу пасажирського судна, який 25 і більше років.

Основну уваги серед перехованих етапів заслуговує конверсія, що забезпечує збільшення розмірів судна, в літературі для такого вид конверсії розповсюджена назва розмірна модернізація. Збільшення розмірів суден здійснюється одномірним двомірним, тримірним зростанням розмірів корпусу.

Одномірне збільшення корпусів здійснюються за наступними технічними рішеннями:

- додаванням циліндричної вставки в районі мідель-шпангоута, (наприклад круїзні лайнери: «MSC Armonia» (58625 GT, 2001 року будівництва), «MSC Sinfonia» і «MSC Lyrica» (59058 GT, 2003 року будівництва), «MSC Opera» (59058 GT, 2004 року будівництва);
- заміна кормової частини іншою зі збільшеним розміром (пасажирське судно «Astoria»-«Stockholm» 12165 GT, 1948 року будівництва);
- заміна носової частини;
- збільшення висоти судна, що досягається додатковим нарощуванням верхніх палуб.

При двомірному збільшенні корпусів технологія конверсії передбачає сукупність операцій зі збільшення довжини і висоти судна, що досягається шляхом додавання: циліндричної вставки в районі мідель-шпангоута, заміною носової та/або кормової частини, палуби (декількох) палуб надбудови корпусу (круїзне судно «Costa neoRomantica 53049 GT, 1993 року будівництва). Двомірне збільшення здійснити теоретично також можливо, якщо, крім довжини збільшити і ширину корпусу, але, враховуючи складність конструкції пасажирських лайнерів, такі проекти практично не реалізуються. Аналогічного висновку можна прийти, розглядаючи роботи по тримірному збільшенню судна – довжини, ширини, висоти.

Незважаючи на величезний досвід науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, який накопичено в світовій і вітчизняній практиці проектування суден, при проведенні розмірної модернізації судна зі змінами, що вносяться в конструкцію корпусу, відбувається відповідний вплив на його геометричні параметри і співвідношення, і тому виникає необхідність провести їх додаткові дослідження і розрахунки.

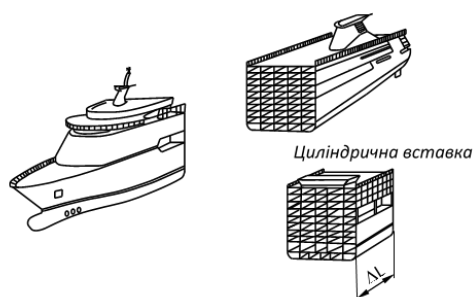


Рис. 2. Вставка додаткової секції в районі мідель-шпангоуту пасажирського судна

Розглянемо найпоширеніший вид розмірної модернізації, що характеризується найнижчою собівартістю робіт – додавання циліндричної вставки в області мідель-шпангоута рис.1, і визначимо нову довжину судна

$$L = L_0 + \Delta L, \quad (1)$$

де L_0 – початкова довжина судна,

ΔL – довжина додаткової секції (циліндричної вставки).

Міжнародна Конвенція з вантажної марки 1966 р. (International Convention on Load line 1966) [14], яка у вноормовує значення мінімальної висоти борта в залежності від довжини судна. Ці значення подаються в конвенції в табличному вигляді – Free board table, на підставі якої отримуємо графічне представлення функції $F = F(L)$

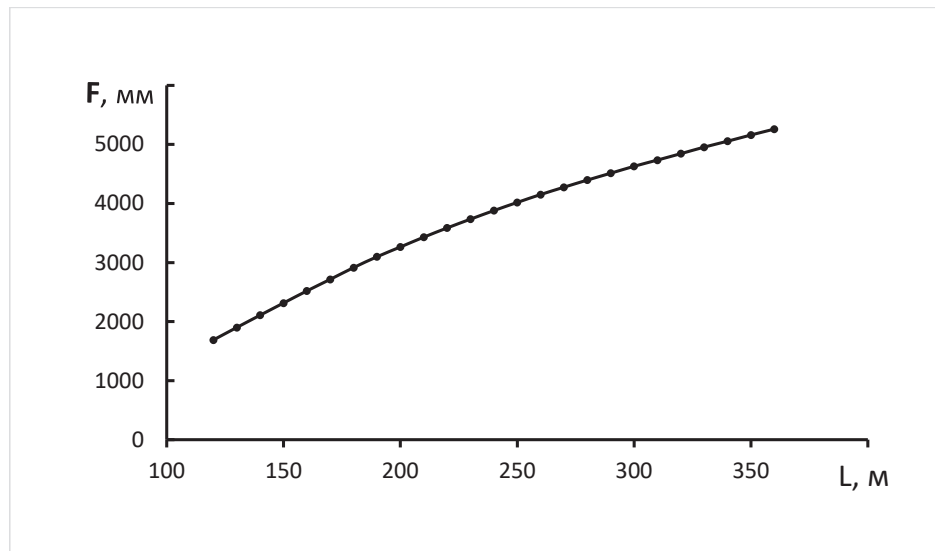


Рис. 3. Графік залежності висоти F надводного борту від довжини судна L

Хоча цей графік являє собою нелінійну функцію, окремі ділянки якої в межах фізично обґрунтованої величини збільшення корпусу $L = L - L_0$, можуть бути апроксимовані лінійною функцією. Користуючись рівнянням прямої, що проходить через одну точку виду $y - y_0 = k(x - x_0)$, запишемо

$$F - F_0 = k_F (L - L_0) = k_F L, \quad (2)$$

де F_0 – висота надводного борту до подовження судна,

F – висота надводного борту після подовження судна.

k_F – кутовий коефіцієнт прямої, який має такий фізичний зміст: характеризує відносне збільшення висоти величини F при збільшенні довжини судна на 1 м, тобто

$$k_F = \frac{F - F_0}{L - L_0} \quad (3)$$

У зв'язку з лінійною апроксимацією кривої (рис. 3) на ділянці подовження судна $L - L_0$ з урахуванням формули (3), отримаємо залежність що дозволяє визначати значення коефіцієнта k_F в залежності від довжини судна

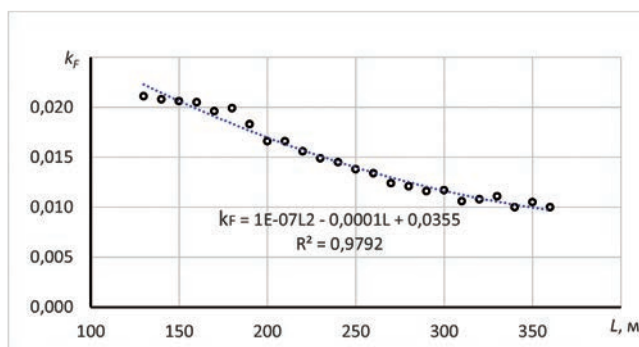


Рис. 4. Графік залежності коефіцієнта k_F від довжини судна L

Очевидно, що зі збільшенням висоти надводного борту F осадка зменшується, на величину T , тобто нова осадка збільшеного судна

$$T = T_0 - \Delta T = T_0 - k_F L, \quad (4)$$

де T_0 – осадка судна до подовження.

Враховуючи сідлова їсть судна значення коефіцієнту k_F , отриманого за рис. 4, рекомендується збільшити в 1, 003 рази [3].

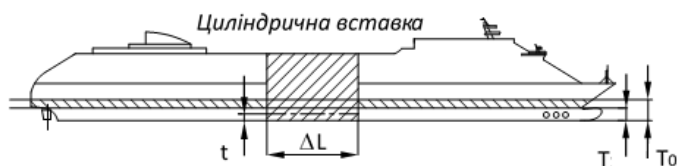


Рис. 5. Зменшення осадки судна при подовженні судна за допомогою циліндричної вставки

Додаткова циліндрична вставка дозволяє збільшити початкову водотоннажність судна, але разом з тим завдяки виникненню додаткової плавучості зменшується осадка T , що призводить до зменшення загальної водотоннажності збільшеного судна, таким чином отримуємо вираз для об'ємної водотоннажності

$$V = V_0 + V_{L_0 \rightarrow L} - V_{T_0 \rightarrow T}, \quad (5)$$

де V_0 – початкова водотоннажність судна,

$V_{L_0 \rightarrow L}$ – об'єм циліндричної вставки, що подовжує судно, при новій осадці T ,

$V_{T_0 \rightarrow T}$ – зміна (втрата) об'єму судна за рахунок збільшення надводного борта (зменшення осадки).

Перший об'єм визначаємо за очевидним рівнянням

$$V_{L_0 \rightarrow L} = \beta_T B T \Delta L, \quad (6)$$

де β_T – коефіцієнт повноти мідель-шпангоута при осадці T ;

B – ширина судна;

ΔL – довжина вставки.

З урахуванням виразу (4) рівняння (6) запишеться у вигляді

$$V_{L_0 \rightarrow L} = \beta_T B (T_0 - k_F L) \Delta L = \beta_T B T_0 \Delta L - \beta_T B k_F L^2, \quad (7)$$

Другий об'єм $V_{T_0 \rightarrow T}$ підраховується за залежністю

$$V_{T_0 \rightarrow T} = \left(\frac{A_0 + A}{2} \right) k_F \Delta L, \quad (8)$$

де A_0 – початкова площа конструктивної ватерлінії при початковій осадці T_0 ,
 A – площа конструктивної ватерлінії при новій осадці T .

Таким чином, рівняння (5) буде перетворено до виду

$$V = V_0 + \beta_T B T_0 \Delta L - \beta_T B k_F L^2 - \left(\frac{A_0 + A}{2} \right) k_F \Delta L, \quad (9)$$

з чого випливає, що функція $V = f(\Delta L)$ є квадратичною.

На рис. 6 показані результати розрахунку об'ємної водотоннажності трьох круїзних лайнерів: «Eurodam», «MSC Opera», «AIDA mar», «Celebrity Reflection» при збільшенні довжини судна $L = L_0 + \Delta L$ за рахунок циліндричної вставки (рис. 2 і рис. 5). Відносно збільшення водотоннажності суден у порівнянні з початковою складає: для «MSC Opera» 4,9%, «Eurodam» 7,8%, «AIDA mar» 9,4%, «Celebrity Reflection» 6,5%. Водотоннажність суден при подовженні збільшується за законом параболі.

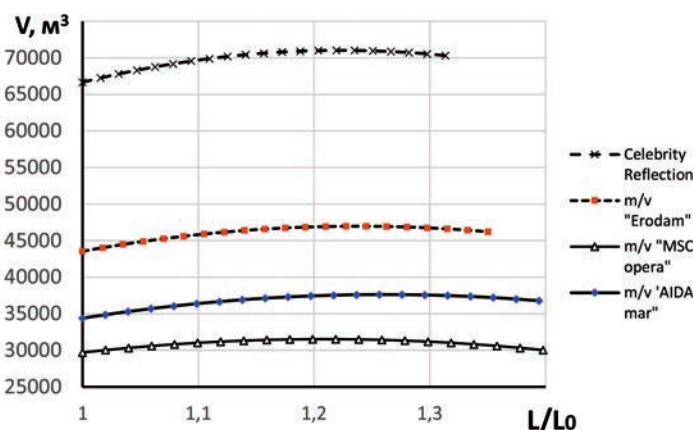


Рис. 6. Графік залежності об'ємної водотоннажності V від відносної довжини L/L_0 ($(L_0 + \Delta L) / L_0$) суден:

«MSC Opera» (номер IMO: 9250464, 2006, GT59058, $L_0=251,2$ м, $T_0=6,6$ м);

«Eurodam» (номер IMO: 9378448, 2008, GT 86273, $L_0=285$ м, $T_0=7,9$ м);

«AIDA mar» (номер IMO: 9490052, 2012, GT 71304, $L_0=253$ м, $T_0=7,3$ м);

«Celebrity Reflection» (номер IMO: 9506459, 2012, GT125363, $L_0=319$ м, $T_0=8,6$ м)

Величини зміни осадки суден в залежності від довжини судна (розміру вставки) показані на рис. 7, з якого випливає, що осадка суден при збільшенні довжин суден до 40% змінюється лінійно наступним чином для: «MSC Opera» – на 24,2%, «AIDA mar» – на 21,2%, «Eurodam» – 20,2%, «Celebrity Reflection» – 18,6%.

Проведемо оцінку впливу подовження судна на безрозмірні коефіцієнти повноти. Коефіцієнт загальної повноти судна, що визначається за відомою формулою до подовження

$$\delta_0 = \frac{D_0 10^3}{\rho B_0 L_0 T_0},$$

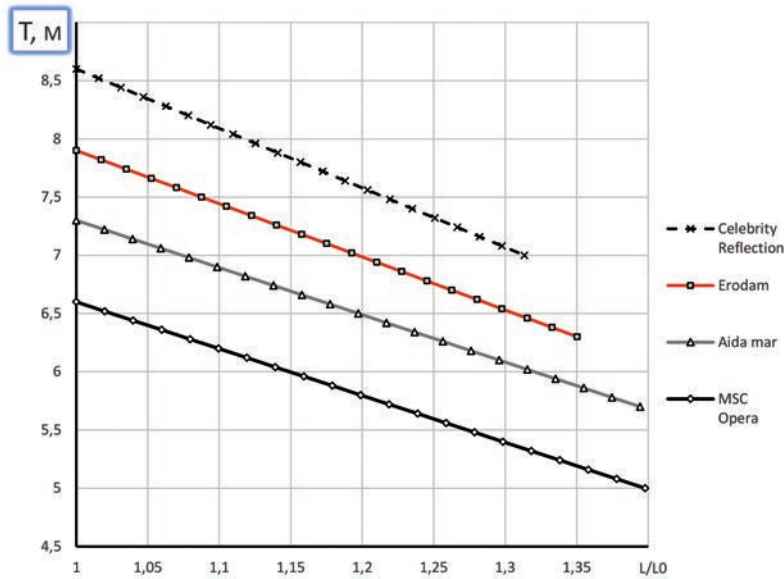


Рис. 7. Графік залежності осадки T від відносної довжини L/L_0 ($(L_0 + \Delta L) / L_0$) при подовженні суден

і після подовження

$$\delta = \frac{D10^3}{\rho B_0 L T},$$

де D_0, D – водотоннажність (вагова) до і після подовження судна, т;

ρ – густина морської води, т/м³;

B_0 – ширина судна, м;

L_0, L – довжина судна до і після подовження, м;

T_0, T – осадка судна до і після подовження, м.

Зміну коефіцієнта загальної повноти можна представити у вигляді

$$\delta = \delta_0 + \Delta\delta, \quad (10)$$

де $\Delta\delta$ – поправка, що враховує зміну коефіцієнту повноти внаслідок зміни довжини судна, яку можливо розрахувати з урахувань викладених попередньо думок

$$\Delta\delta = \delta - \delta_0 = \frac{10^3}{\rho B_0} \left(\frac{D}{LT} - \frac{D_0}{L_0 T_0} \right). \quad (11)$$

Цей вираз переписеться у вигляді, спираючись на формулу (4)

$$\begin{aligned} \Delta\delta &= \frac{10^3}{\rho B_0} \left(\frac{D}{(L_0 + \Delta L)T} - \frac{D_0}{L_0 T_0} \right) = \frac{10^3}{\rho B_0} \left(\frac{D}{(L_0 + \Delta L)(T_0 - k_F L)} - \frac{D_0}{L_0 T_0} \right) = \\ &= \frac{10^3}{\rho B_0 L_0} \left(\frac{D}{(1 + \Delta L / L_0)(T_0 - k_F L)} - \frac{D_0}{T_0} \right) \end{aligned}$$

Тоді рівняння (10) приводиться до вигляду

$$\delta = \delta_0 + \Delta\delta = \delta_0 + \frac{10^3}{\rho B_0 L_0} \left(\frac{D}{(1 + \Delta L / L_0)(T_0 - k_F L)} - \frac{D_0}{T_0} \right).$$

Виражаючи водотоннажність D через об'ємну водотоннажність $V - D = V\rho / 10^3$, а її – через залежність (9) з останньої рівності отримаємо

$$\begin{aligned} \delta &= \delta_0 + \frac{1}{B_0 L_0} \left(\frac{V}{(1 + \Delta L / L_0)(T_0 - k_F L)} - \frac{V_0}{T_0} \right) = \\ &= \delta_0 + \frac{1}{B_0 L_0} \left(\frac{V_0 + \beta_T B T_0 \Delta L - \beta_T B k_F L^2 - \left(\frac{A_0 + A}{2} \right) k_F \Delta L}{(1 + \Delta L / L_0)(T_0 - k_F L)} - \frac{V_0}{T_0} \right). \end{aligned} \quad (12)$$

Визначення інших безрозмірних коефіцієнтів повноти будемо проводити з застосуванням кореляційних залежностей, що застосовуються в відомому методі Холтропа (J. Holtrop) і Менена (G.G.J. Mennen) визначення буксирувального опору судна [7-11]. Коефіцієнт повноти мідель-шпангоута визначається за виразом

$$\beta = 0,977 + 0,085(\delta - 0,6) = 0,085\delta + 0,946,$$

який з урахування (12) прийме вигляд

$$\begin{aligned} \beta &= 0,085 \left[\delta_0 + \frac{1}{B_0 L_0} \left(\frac{V_0 + \beta_T B T_0 \Delta L - \beta_T B k_F L^2 - \left(\frac{A_0 + A}{2} \right) k_F \Delta L}{(1 + \Delta L / L_0)(T_0 - k_F L)} - \frac{V_0}{T_0} \right) \right] + 0,946 \end{aligned}$$

Коефіцієнт повноти площі ватерлінії розраховується згідно формулою

$$\alpha = 0,706 + 0,825(\delta - 0,6) = 0,825\delta - 0,211$$

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,825 \left[\delta_0 + \frac{1}{B_0 L_0} \left(\frac{V_0 + \beta_T B T_0 \Delta L - \beta_T B k_F L^2 - \left(\frac{A_0 + A}{2} \right) k_F \Delta L}{(1 + \Delta L / L_0)(T_0 - k_F L)} - \frac{V_0}{T_0} \right) \right] - 0,211 \end{aligned}$$

Через розраховані коефіцієнти δ і β можна розрахувати коефіцієнт повздовжньої повноти $\varphi = \frac{\delta}{\beta}$, тобто

$$\varphi = \frac{\delta_0 + \frac{1}{B_0 L_0} \left(\frac{V_0 + \beta_T B T_0 \Delta L - \beta_T B k_F L^2 - \left(\frac{A_0 + A}{2} \right) k_F \Delta L}{(1 + \Delta L / L_0)(T_0 - k_F L)} - \frac{V_0}{T_0} \right)}{0,085 \left[\delta_0 + \frac{1}{B_0 L_0} \left(\frac{V_0 + \beta_T B T_0 \Delta L - \beta_T B k_F L^2 - \left(\frac{A_0 + A}{2} \right) k_F \Delta L}{(1 + \Delta L / L_0)(T_0 - k_F L)} - \frac{V_0}{T_0} \right) \right] + 0,946}$$

Результати розрахунку вказаних коефіцієнтів показані на рис. 8 – рис. 11, для розглянутих типів суден, що пропонується модернізувати шляхом одновимірного збільшення довжини L/L_0 $(1+\Delta L)/L_0$ з додаванням циліндричної вставки. Значення коефіцієнтів δ , β , α , φ змінюються за параболічною функцією, відхилення розрахункових величин від початкових значень δ_0 , β_0 , α_0 , φ_0 складало:

«MSC Opera» – на 5,3%,
«AIDA mar» – на 4,7%,
«Eurodam» – 3,2%,
«Celebrity Reflection» – 2,3%.

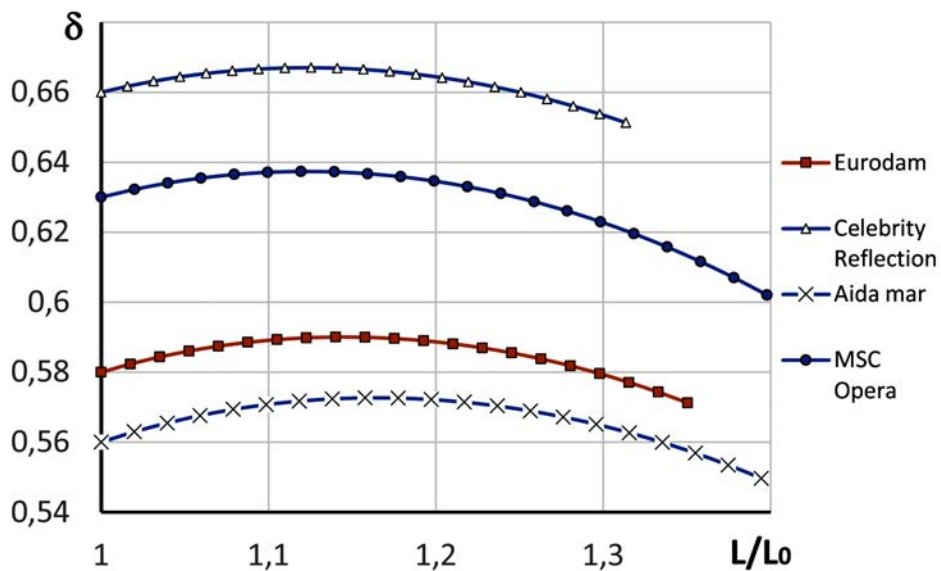


Рис. 8. Графік зміни коефіцієнта загальної повноти в залежності від зміни довжини судна

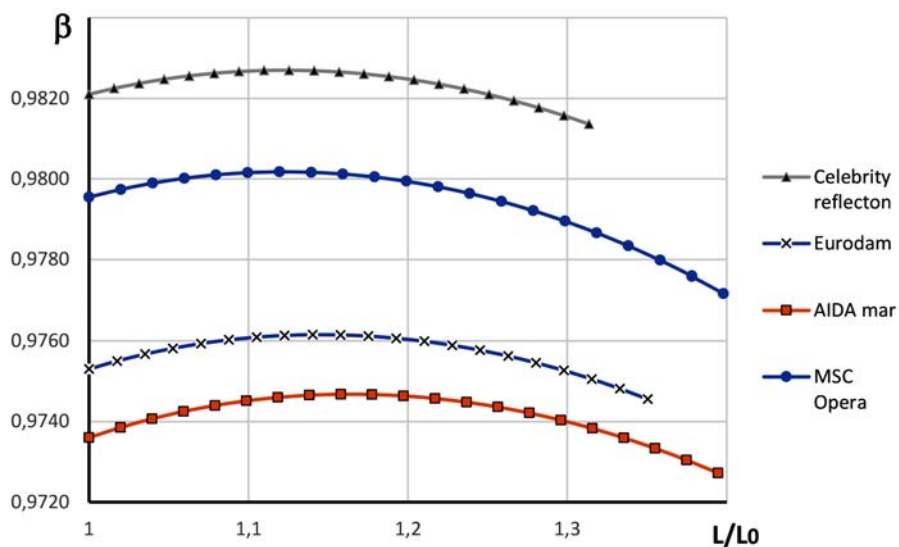


Рис. 9. Графік зміни коефіцієнта повноти мідель-шпангоута в залежності від зміни довжини судна

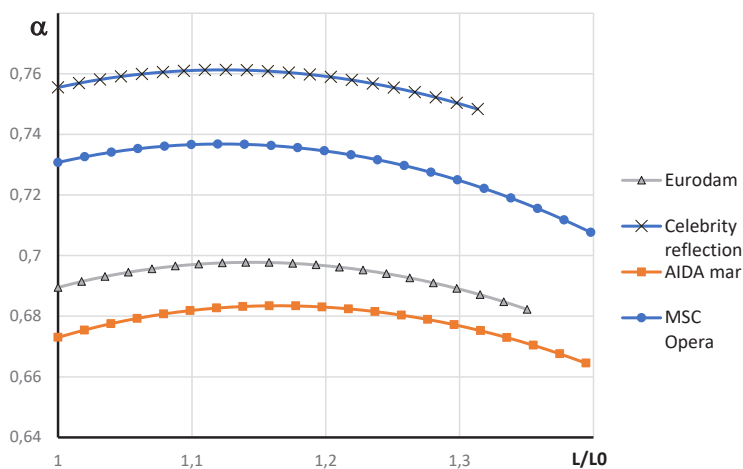


Рис. 10. Графік зміни коефіцієнта повноти площі ватерлінії в залежності від зміни довжини судна

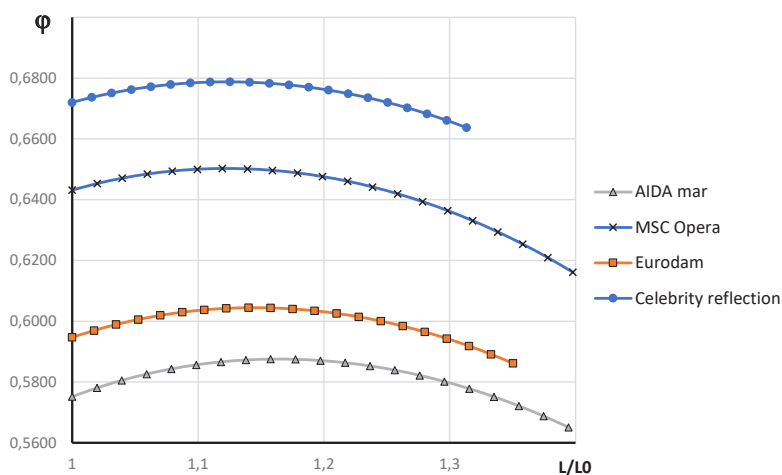


Рис. 11. Графік зміни коефіцієнта повздовжньої повноти в залежності від зміни довжини судна

Висновки. Підвищення конкурентоспроможності пасажирських суден є одною з головних задач судноплавних компаній на ринку морських круїзів, попит на які останні три десятиліття демонструє стале зростання. Компанії мають низку стратегічних напрямків, інструментів для утримання своїх позицій на ринку і задоволення збільшуваного попиту на круїзи – інженерно-технічних, економічних, маркетингових, організаційних.

Одним з таких інструментів є модернізація суден, яка полягає в зменшенні їх морального і фізичного зношування, і наближенні техніко-експлуатаційних характеристик сучасним вимогам круїзного ринку.

В роботі запропоновано створити нову структуру основних напрямків модернізації, яка включає реновацію корпусу, конверсію, переобладнання інженерних

систем і комплексів, переобладнання внутрішньосуднової архітектури; досліджено вплив розмірної одномірної модернізації, виходячи з вимог Міжнародної конвенції про вантажну марку 1966, на геометричні характеристики судна – водотоннажність, осадку, висоту мінімального борта, безрозмірних коефіцієнтів повноти, що впливають на оцінку морехідних якостей, зокрема ходовості, і техніко-експлуатаційних характеристик, шляхом удосконалення розрахункових і розрахунково-експериментальних методів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шумило, О. (2022). Визначення оптимальних розмірів подовження пасажирських суден у процесі їх модернізації. *Розвиток транспорту*, (1(12)), 85-104. <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.08>.
2. Шумило, О. (2023). Оптимізація розмірної модернізації пасажирських суден з урахуванням енергоефективності. *Розвиток транспорту*, (4(15)), 58-77. <https://doi.org/10.33082/td.2022.4-15.06>.
3. (2019). *Cruise Ship Repairs and Refits (Feature 3)* // *Shiprepair & Maintenance*. London (UK): Royal Institute of Naval Architects, 28-35.
4. Egorov, G.V., Ilytskyi, I.A. (2016). Design study of icebreaking ferry for Sakhalin island // *Proc. of the 13th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS 2016)*. Copenhagen, Denmark, 8 p.
5. Payne S.M. (2019). *Designing Passenger Ships* // Keynote lecture of the Intern. Conf. «Design & Operation of Passenger Ships». London, Royal Institution of Naval Architects, 68 slides (ppt format presentation).
6. Kim, H.K., Ban, Y.H., (2000), “The tendency of International Convention on the Passenger ship”, *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*. Vol 37. No.4, pp. 32-46
7. Lee, G.H., Kim, J.H., Jang, H.S., Chun, H.H. (2004), “Development of Medium Size High Speed Ro-Pax Vessel”, *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*. Vol 41. No.1, pp 64-69.
8. Choi, S.H., Kim, J.J., Lee, G.H., Kim, S.E., Ahn, S.M. (2003), “Hydrodynamic Development of 154m class ro-ro passenger ferry”, *FAST 2003*, pp 93-100.
9. Delta Marine Report, 2008, “Performance record of conversion”, PP 1-2
10. Delta Marine Report, 2005, *Carnival Conquest Cruise ship - Proposal for Hill appendage Modification in order to reduce fuel consumption*.
11. IMO Circular letter 1891, 1995, *Regional agreement concerning specific stability requirements for ro-ro passenger ship*.
12. SOLAS Conference, 1995, *For the application of specific stability requirement to ro-ro passenger ship*.
13. M. Mohammad Nurul, S. Dony and WM Dananjaya (2018), "Construction strength analysis of landing craft tank conversion to passenger ship using finite element method," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 924, Pp. 2-9.

14. International Convention on Load Lines. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Load-Lines.aspx>
15. Holtrop, J. and Mennen, G.G.J., 'A statistical power prediction method', International Shipbuilding Progress, Vol. 25, October 1978 – P. 223-256.
16. Holtrop, J. A statistical analysis of performance test result // International Shipbuilding Progress. 1977. Vol. 24, No 3. P. 23-28.
17. Holtrop, J. and Mennen, G.G.J., 'An approximate power prediction method//, International Shipbuilding Progress, Vol. 29, No. 335. P. 166-170.

REFERENCES

1. Shumylo, O. (2022). Determining the optimal length of passenger ships in the process of their modernization [Vyznachennyi optymalnykh rozmiriv podovzhennyi pasazyrskyi suden v procesi modernizatsiy]. Rozvytok transportu, (1(12)), 85-104. <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.08> [in Ukrainian].
2. Shumylo, O. (2023). Optimization of dimensional modernization of passenger ships taking into account energy efficiency [Optymizatsiya rozmirnoyi modernizatsiyi pasazyrskykh suden z urakhuvannyam enerhoefektyvnosti]. Rozvytok transportu, (4(15)), 58-77. <https://doi.org/10.33082/td.2022.4-15.06>. [in Ukrainian].
3. (2019). Cruise Ship Repairs and Refits (Feature 3) // Shiprepair & Maintenance. London (UK): Royal Institute of Naval Architects, 28-35.
4. Egorov, G.V., Ilnytskiy, I.A. (2016). Design study of icebreaking ferry for Sakhalin island // Proc. of the 13th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS 2016). Copenhagen, Denmark, 8 p.
5. Payne S.M. (2019). Designing Passenger Ships // Keynote lecture of the Intern. Conf. «Design & Operation of Passenger Ships». London, Royal Institution of Naval Architects, 68 slides (ppt format presentation).
6. Kim, H.K., Ban, Y.H., (2000). “The tendency of International Convention on the Passenger ship”, Journal of the Society of Naval Architects of Korea. Vol 37. No. 4, pp. 32-46
7. Lee, G.H., Kim, J.H., Jang, H.S., Chun, H.H. (2004). “Development of Medium Size High Speed Ro-Pax Vessel”, Journal of the Society of Naval Architects of Korea. Vol 41. No.1, pp. 64-69.
8. Choi, S.H., Kim, J.J., Lee, G.H., Kim, S.E., Ahn, S.M. (2003). “Hydrodynamic Development of 154m class ro-ro passenger ferry”, FAST 2003, pp. 93-100.
9. Delta Marine Report, (2008). “Performance record of conversion”, pp. 1-2
10. Delta Marine Report, (2005). Carnival Conquest Cruise ship - Proposal for Hull appendage Modification in order to reduce fuel consumption.
11. IMO Circular letter 1891, 1995, Regional agreement concerning specific stability requirements for ro-ro passenger ship.
12. SOLAS Conference, (1995). For the application of specific stability requirement to ro-ro passenger ship.

13. M. Mohammad Nurul, S. Dony and WM Dananjaya (2018). "Construction strength analysis of landing craft tank conversion to passenger ship using finite element method," Journal of Physics: Conference Series, vol. 924, pp. 2-9.
14. International Convention on Load Lines. Retrieved from: <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Load-Lines.aspx>
15. Holtrop, J. and Mennen, G.G.J., 'A statistical power prediction method', International Shipbuilding Progress, Vol. 25, October 1978. pp. 223-256.
16. Holtrop, J. (1977). A statistical analysis of performance test result. International Shipbuilding Progress. Vol. 24, No 3. pp. 23-28.
17. Holtrop, J. and Mennen, G.G.J., 'An approximate power prediction method, International Shipbuilding Progress, Vol. 29, No. 335. pp. 166-170.