

УДК 620:178.3

DOI 10.47049/2226-1893-2024-2-87-101

АНАЛІЗ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА З РОЗМІРНОЮ МОДЕРНІЗАЦІЄЮ КОРПУСУ ЗА КРИТЕРІЄМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСТІЙНОСТІ

О.М. Шумило

к.т.н., професор кафедри «Суднові енергетичні установки
та технічна експлуатація»
ORCID ID: 0000-0003-0574-1951

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна.

Анотація. Розмірна модернізація морських пасажирських суден є важливим інструментом підвищення конкурентоздатності круїзних компаній. Світовий круїзний флот налічує значну кількість таких суден, які можуть розглядатися кандидатами для проведення такого виду модернізації. Будь-який вид модернізації, що пов'язаний зі змінами в конструкції корпусу, повинен оцінюватись з позицій безпеки судноплавства.

Збільшення розмірів судна за рахунок додавання циліндричної вставки впливає не тільки на міцність корпусу судна, але й на його остійність, яка відіграє важливу роль для забезпечення безпеки пасажирів, судна і судноплавства і ефективності його експлуатації.

Оцінка остійності ґрунтується на виконанні п'яти умов, що забезпечують її при різних видах експлуатації, стану погоди і поведінки пасажирів на верхній палубі – дотримання допустимих значень метацентричної висоти, кута крену, що викликається скупченням пасажирів на відкритій палубі біля одного з бортів, кут крену, що викликається спільною дією моментів крену, який виникає від скупчення пасажирів на верхній палубі і від руху на встановленій циркуляції; перевірки параметрів за діаграмою статичної остійності (ДСО); безпечної експлуатації за критерієм погоди.

Разом з тим, метацентрична висота відіграє важливу роль при виникненні прискорень і сил інерції в корпусі судна (особливо пасажирського), що зумовило рядом дослідників провести класифікацію метацентричної висоти (точніше кажучи відносної метацентричної висоти) в такому діапазоні остійностей – недостатня, оптимальна, підвищена і надмірна.

Це дає можливість створити математичну модель, що за розрахунковми значеннями остійності і згаданю шкалою визначає максимальну довжину судна, яка буде забезпечуватись необхідним критерієм остійності.

Ключові слова: пасажирське судно, розмірна модернізація, умови (критерії) забезпечення остійності, безпека судноплавства.

UDC620.178.3

DOI 10.47049/2226-1893-2024-2-87-101

**ANALYSIS OF THE SAFE OPERATION OF A PASSENGER SHIP
WITH LARGE HULL MODERNIZATION ACCORDING
TO THE CRITERION OF ENSURING SUSTAINABILITY**

O. Shumylo

Ph.D., professor of the Department of «Ship Power Plants and Technical Operation»
ORCID ID: 0000-0003-0574-1951

Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine

***Abstract.** Dimensional modernization of marine passenger ships is an important tool for increasing the competitiveness of various companies. The world cruise fleet has a significant number of such vessels that can be considered as candidates for this type of modernization. Any type of modernization associated with changes in the hull design must be evaluated from the standpoint of shipping safety.*

Increasing the size of the ship due to the addition of a cylindrical insert affects not only the strength of the ship's hull, but also its stability, which plays an important role in ensuring the safety of passengers, the ship and navigation and the efficiency of its operation.

The assessment of stability is based on the fulfillment of five conditions that ensure it under different types of operation, weather conditions and the behavior of passengers on the upper deck – compliance with the permissible values of the metacentric height, the roll angle caused by the crowding of passengers on the open deck near one of the sides, the roll angle, which is caused by the joint action of moments of roll, which arises from the crowding of passengers on the upper deck and from movement on the established circulation; checking parameters according to the static stability diagram (DSO); safe operation according to the weather criterion. At the same time, the metacentric height plays an important role in the occurrence of accelerations and inertial forces in the hull of a ship (especially a passenger one), which led a number of researchers to classify the metacentric height (more precisely, the relative metacentric height) in such a range of stability insufficient, optimal, increased and excessive. This makes it possible to create a mathematical model that, based on the calculated stability value and the mentioned scale, determines the maximum length of the vessel, which will be provided with the necessary stability criterion.

***Keywords:** passenger ship, dimensional modernization, conditions (criteria) for ensuring stability, navigation safety.*

Постановка проблеми і огляд літератури. Показники остійності здійснюють вагомий вплив на техніко-експлуатаційні, економічні, безпекові фактори будь-якого цивільного судна [1-12]. Модель функціональності судна при проведенні розмірної модернізації, яка відповідає методу [13], передбачає при подов-

женні судна обов'язкову оцінку його остійності. Загальні вимоги до остійності регламентуються нормами Конвенції SOLAS 74/78, що знаходять відображення в документах провідних кваліфікаційних товариств (МАКТ-IACS) [1-12], в тому числі і у Регістрі судноплавства України.

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення впливу розмірної модернізації судна на його остійність. Мета досягається при розгляді і вирішенні таких задач:

- 1) щодо аналізу умови забезпечення остійності з позицій вимог Міжнародних конвенцій і класифікаційних товариств;
- 2) щодо дослідження впливу збільшення розмірів судна на основні чинники, що впливають на його остійність, виходячи з норм безпеки судноплавства.

Дослідження впливу збільшення довжини судна на його остійність. Згідно до Правил класифікації та побудови морських суден [1-13] та Міжнародного кодексу остійності суден в непошкодженному стані [14] при проектуванні нових і модернізації існуючих суден необхідно забезпечити умови достатньої остійності згідно [1-14] – початкова метацентрична висота повинна мати значення не менш ніж встановлені норми при проектуванні для пасажирських суден, виконання умов погоди, забезпечення кутів крену при циркуляції з максимальною кількістю пасажирів на верхній палубі і спільної дії кренувальних моментів від скупчення пасажирів і сталій циркуляції, виконання вимог щодо остійності по діаграмі статичної, дихавичної остійності.

Перша умова стосується забезпечення метацентричної висоти та ґрунтується на тричленному рівнянні початкової метацентричної висоти [12-13].

$$h = z_c + r - z_g \geq h_{\min}, \quad (1)$$

де z_c – апліката центру величини судна, м;

r – метацентричний радіус, м;

z_g – апліката центру ваги судна, м;

h_{\min} – мінімальне значення метацентричної висоти судна згідно до правила 2.3.1. [1-12].

Друга умова забезпечує кут крену, що викликається скупченням пасажирів на відкритій палубі біля одного з бортів (правило 3.1.2) [1-12],

$$\theta_1 = \frac{0,25G_{pas}B}{\Delta h} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \leq 10^\circ, \quad (2)$$

де G_{pas} – загальна вага пасажирів, що розміщуються на відкритій палубі, т

з урахуванням маси одного пасажиря 75 кг;

B – ширина судна, м;

Δ – водотоннажність судна, т, зміна водотоннажності в залежності від подовження визначається згідно [15];

h – метацентрична висота, м.

Третя умова полягає в тому, що кут крену, що викликається спільною дією моментів крену, який виникає від скупчення пасажирів на верхній палубі і від руху на встановленій циркуляції повинен задовольняти нерівність згідно до правила 3.1.3 [1-12].

$$\theta_2 = \frac{M_{kp1} + M_{kp2}}{\Delta h} = \frac{0,25G_{pas}B + \frac{0,2\Delta V_{0,8}^2(Z_g - \frac{d}{2})}{L_{wl}}}{\Delta h} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \leq 12^\circ, \quad (3)$$

де L_{wl} – довжина судна по ватерлінії, м.

Четверта умова встановлює вимоги щодо перевірки параметрів за діаграмою статичної остійності (ДСО), послідовність якої здійснюється за Правилами класифікації та побудови морських суден (правила 2.2.1-2.2.5) [1-12]:

1) площа під додатною частиною діаграми статичної остійності повинна бути не менше ніж 0,055 м·рад до кута крену 30° і не менше ніж 0,09 м·рад до кута крену 40° або до кута заливання θ_f в залежності від того, який із них менший [1], що виражається у вигляді відповідної системи.

$$A_{\theta_{\max}} \geq \begin{cases} 0,07\text{м} \cdot \text{рад} & \text{при } \theta_{\max} = 15^\circ \\ 0,055\text{м} \cdot \text{рад} & \text{при } \theta_{\max} = 30^\circ \\ 0,055 + 0,001(30 - \theta_{\max}) & \text{при } 30^\circ \geq \theta_{\max} \geq 15^\circ \end{cases}, \quad (4)$$

де $A_{\theta_{\max}}$ – площа діаграми, що обмежується кривою відновлювальних плечей до максимального кута крену θ_{\max} ;

2) площа обмежена між кутами крену 30° і 40° , або, у випадку, якщо кут заливаності θ_f менше ніж 40° , між 30° і кутом θ_f повинна бути не менше 0,03 м·рад [1], тобто записується у такому вигляді:

$$A_{30^\circ \dots 40^\circ} \geq 0,03\text{м} \cdot \text{рад} \quad \text{при} \quad \begin{cases} 30^\circ \leq \theta \leq 40^\circ \\ 30^\circ \leq \theta_f \leq 40^\circ \end{cases}, \quad (5)$$

де $A_{30^\circ \dots 40^\circ}$ – площа діаграми статичної остійності, яка обмежується кривою відновлювальних плечей від 30° до 40° ;

3) максимальне плече діаграми статичної остійності l_{\max} повинне бути не менше 0,25 м для суден довжиною $L \leq 80$ м і 0,2 м для суден довжиною $L \geq 105$ м при куті крену $\theta \geq 30^\circ$ [1], тобто

$$l \geq 0,2\text{м} \quad \text{при} \quad \theta = 30^\circ. \quad (6)$$

П'ята умова встановлює вимоги до безпечної експлуатації за критерієм погоди

$$K = \frac{M_{\text{ДСО}}}{M_v} \geq 1.$$

$M_{\text{ДСО}}$ – перекидальний момент, що визначається діаграмою статичної, динамічної остійності, кН·м;

M_v – момент, що кренить судно від вітрового навантаження, кН·м.

$$M_v = 0,001 p_v A_v Z_v,$$

де p_v – розрахунковий питомий тиск вітра, Па;

A_v – площа парусності, м²;

Z_v – відстань від центру вітрильності до площини діючої ватерлінії, м.

Правилами класифікації та побудови морських суден унормовується вимога забезпечення остійності судна за критерієм погоди

$$K = \frac{b}{a} \geq 1, \quad (7)$$

де b , a – площі під кривою відновлювальних плечей за діаграмою статичної остійності (правило 2.1.2) [1].

Вказані умови забезпечення остійності, представлені рівняннями (1)-(7), входять до моделі функціональності судна при збільшенні його корпусу п.2.3. і п.2.5.

На додаток до викладеного необхідно підняти питання щодо впливу подовження судна на його метацентричну висоту. Дійсно, згідно до рівняння (1) метацентричну висоту визначають аплікати центру величини, центру ваги і метацентричний радіус. Подовження судна за рахунок додавання додаткової циліндричної вставки призведе до наступних змін, що дозволить переписати рівняння (1) у вигляді

$$h = (z_{c0} + \Delta z_c) + (r_0 + \Delta r) - (z_{g0} + \Delta z_g) \geq h_{\min},$$

де Δz_c – приріст аплікати центру величини судна, м;

Δr – приріст метацентричного радіусу, м;

Δz_g – приріст аплікати центру ваги судна, м.

Відомими дослідниками А. Гундобіним і Г. Фінкелем запропоновано рівняння для визначення метацентричної висоти судна при проведенні розмірної модернізації

$$h = \frac{1}{V} \left[V_0 (z_{c0} - z_{g0}) + V_B z_{c\Delta L} + J - \frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^n \Delta G_i z_{gi} \right] \geq h_{\min}, \quad (8)$$

де V – об’ємна водотоннажність судна після подовження, м³;
 V_0 – об’ємна водотоннажність судна до подовження, м³;
 z_{c0} – апліката центру величини судна до подовження, м;
 z_{g0} – апліката центру ваги судна до подовження, м;
 V_B – об’ємна водотоннажність циліндричної вставки, м³;
 $z_{c\Delta L}$ – апліката центру величини вставки, м;
 J – поперечний момент інерції площі вантажної ватерлінії, м⁴;
 ρ – густина морської води, т/м³;
 ΔG_i – додаткова вага, т;
 z_{gi} – апліката центру ваги, м.

Рівняння (8) враховує вплив на метацентричну висоту збільшення водотоннажності за рахунок додаткової водотоннажності циліндричної вставки, поперечного моменту інерції, аплікати центру величини вставки, ваги і аплікати центру ваги додаткових конструкцій і обладнання.

Враховуючи, що дослідження зміни метацентричної висоти зручно проводити у відносних одиницях, виконаємо дослідження відносної метацентричної висоти $\bar{h} = h / B$, тобто рівняння (8) запишеться у вигляді

$$\bar{h} = \frac{B}{V} \left[V_0 (z_{c0} - z_{g0}) + V_B z_{c\Delta L} + J - \frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^n \Delta G_i z_{gi} \right] \geq h_{\min}, \quad (9)$$

На рис. 1 показано результати розрахунків відносної метацентричної висоти $\bar{h} = h / B$ за формулою (9) в залежності від довжини вставки на прикладі лайнерів «AIDA» і «Coreibbean Princes», з якого видно, що графіки \bar{h} зі збільшенням відносної довжини \bar{L} монотонно зростають і мають точки перетину з прямою $y = (h / B)_{\max}$, яка є границею для рекомендованих зон остійності. За рекомендаціями професора А.В. Броннікова це – зони недостатньої, оптимальної, підвищеної і надмірної остійності, за його пропозицією $y = (h / B)_{\max} = 0,08$. Важливий висновок, який можна зробити, аналізуючи цей графік, що використовуючи абсциси точок перетину графіків з $y = (h / B)_{\max}$, можна визначити відносні граничні довжини суден за критерієм забезпечення погодженого значення остійності. Нове значення остійності погоджується Регістром, суднобудівним підприємством, що проводить модернізацію, і судновласником. Такі довжини включаються до функції обмеження в математичній моделі модернізації судна [13; 15; 16].

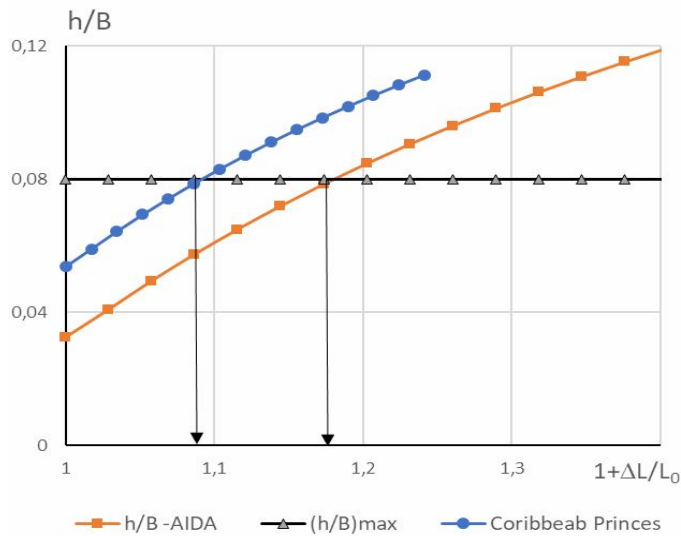


Рис. 1. Залежність відносної метацентричної висоти лайнерів «AIDA» і «Corebbeab Princes» від відносної довжини при подовженні корпусу

Ґрунтуючись на викладених міркуваннях, перепишемо рівняння (2) з застосуванням виразу (8), в результаті чого отримаємо вираз

$$\theta_1 = \frac{0,25G_{pas}B}{\Delta \frac{1}{V} \left[V_0(z_{c0} - z_{g0}) + V_B z_{c\Delta L} + J - \frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^n \Delta G_i z_{gi} \right]} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \leq 10^\circ. \quad (10)$$

Кількість пасажирів на відкритій палубі можна визначити за рівністю

$$N_{pas} = N_{pas0} + \Delta N_{pas} = N_{pas0} + \Delta N_{\Delta L} n_{dec} \Delta L \quad (11)$$

де N_{pas0} – кількість пасажирів, що розміщуються біля борту на відкритій палубі до подовження судна;

ΔN_{pas} – додаткова кількість пасажирів, що розміщуються біля борту на відкритій палубі циліндричної вставки ;

$\Delta N_{\Delta L}$ – кількість пасажирів, що може розміститися по довжині вставки, яка прирівнюється ширині каюти на одній палубі;

n_{dec} – кількість пасажирських палуб;

ΔL – довжина вставки, м.

З урахуванням формул (10) і (11) отримаємо рівняння для визначення кута крену, який викликається скупченням пасажирів на відкритій палубі біля одного з бортів

$$\theta_1 = \frac{0,25 \left(N_{pas0} + \Delta N_{\Delta L} n_{dec} \Delta L \right) B}{\Delta \frac{1}{V} \left[V_0 (z_{c0} - z_{g0}) + V_B z_{c\Delta L} + J - \frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^n \Delta G_i z_{gi} \right]} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \leq 10^\circ. \quad (12)$$

Проаналізуємо характер змін кута крену, що викликається скупченням пасажирів на верхній палубі біля одного з бортів при додаванні додаткової секції. Результати розрахунку кута θ_1 в залежності від відносної довжини показані на рис. 2 на прикладі пасажирських лайнерів «AIDA» і «Caribbean Princes».

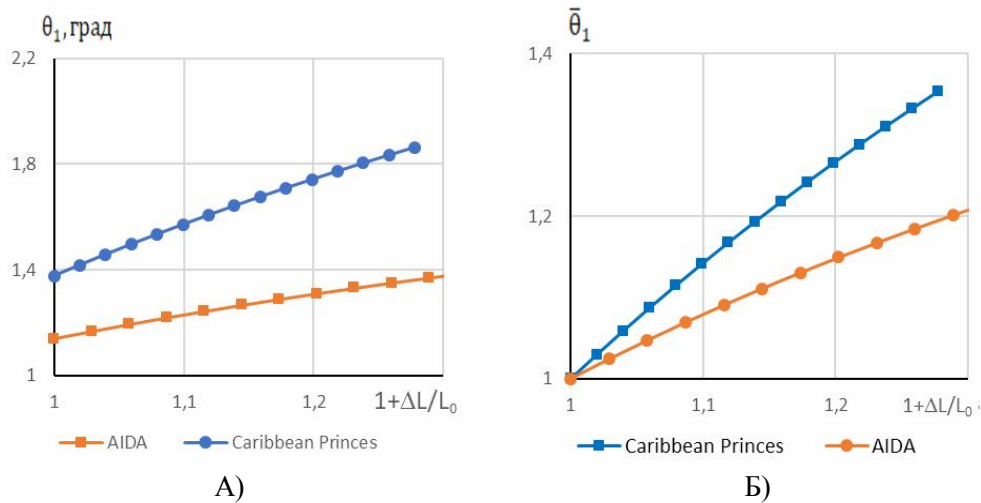


Рис. 2. Залежність кута крену, що викликається скупченням пасажирів на верхній палубі біля одного з бортів при збільшенні довжини для суден з наступними характеристиками:

		«AIDA»	«Caribbean Princes»:
метацентрична висота (початкова)	h, м	0,896	1,935
кількість пасажирів (початкова)	$N_{пас}$	1189	3598
водотоннажність (початкова)	Δ , т	38 631	102 596
ширина судна	B, м	27,6	36

Результати розрахунку кутів крену показують, що подовження судна і збільшення числа пасажирів (рис. 3) не порушує умову неперебільшення кута $\theta_1 \geq 10^\circ$ при подовженні судна на 30 %. Зростання кута крену при подовженні довжини корпусу в 1,3 рази складає 20 % і 35 % для лайнерів «AIDA» і «Caribbean Princes».

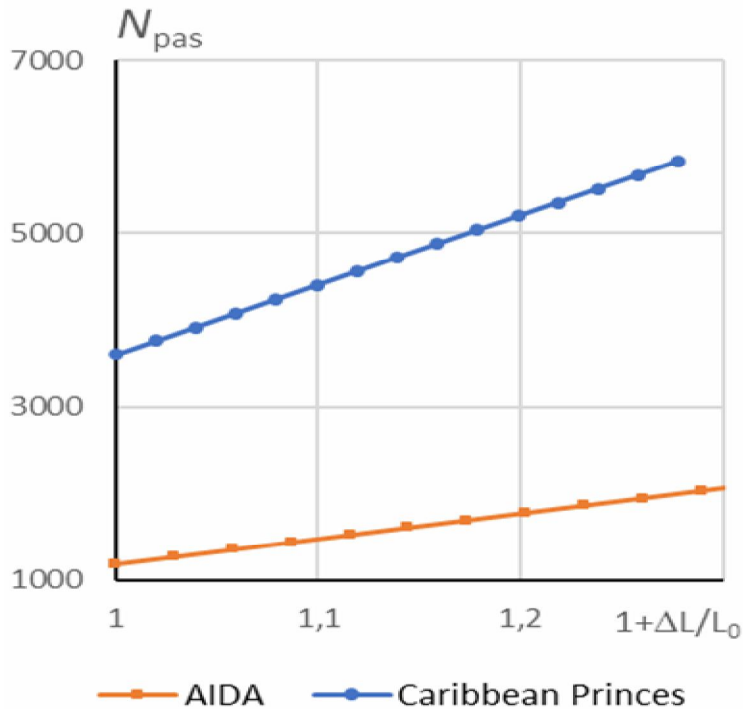


Рис. 3. Залежність числа пасажирів від відносної довжини судна

Спираючись на рівняння (3), (8), (11), отримаємо вираз для визначення кута крену, що викликається спільною дією моментів крену, який виникає від скупчення пасажирів на верхній палубі і від руху на встановленій циркуляції

$$\theta_2 = \frac{0,25 \left(N_{pas0} + \Delta N_{\Delta L} n_{dec} \Delta L \right) B + \frac{0,2 \Delta V_{0,8}^2 \left(Z_g - \frac{d}{2} \right)}{L_{wl}}}{\Delta \frac{1}{V} \left[V_0 \left(z_{c0} - z_{g0} \right) + V_B z_{c\Delta L} + J - \frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^n \Delta G_i z_{gi} \right]} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \leq 12^\circ. \quad (13)$$

Виконання умови (3) у наслідок подовження судна подано на рис. 4 А) і Б), з якого можна зробити висновок, що збільшення довжини на 30 % призводить до збільшення кута θ_2 на 5 % («Caribbean Princes») і на 18 % («AIDA») і в будь-якому випадку ця нерівність виконується.

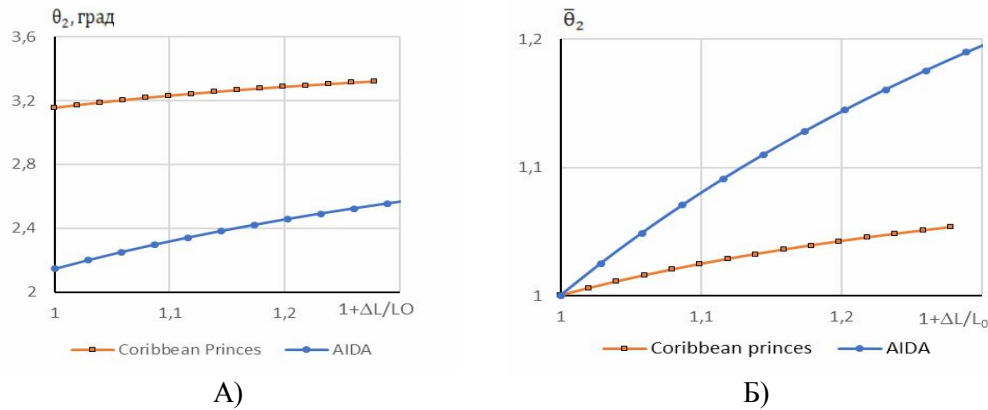


Рис.4. Залежність кута крену, що викликається спільною дією моментів крену, який виникає від скупчення пасажирів на верхній палубі і від руху на встановленій циркуляції

Правила 2.1.4.1 Регістру [1] вимагають проведення обов'язкового розрахунку плеча вітрового кренувального моменту від тиску вітру

$$l_{w1} = \frac{p_v A_v Z_v}{1000 g \Delta}, \quad (14)$$

де p_v – тиск вітру, Па, для необмеженого району плавання складає $p_v = 504$ МПа, правило 2.1.4.1 [1];

A_v – вітрильна площа судна, м²;

Z_v – плече вітрильності, яке дорівнює вимірній по вертикалі відстані від центра площі вітрильності до середини осадки судна, м;

Δ – вагова водотоннажність судна, т.

Виконаємо аналіз впливу додавання циліндричної вставки на плече l_{w1} , в формулі (14) від подовження залежить вітрильна площа і водотонажність судна, таким чином вона може бути трансформована у наступному вигляді:

$$l_{w1} = \frac{p_v (A_v + \Delta A_{вст}) Z_v}{1000 g (\Delta_0 + \Delta_{вст})}, \quad (15)$$

де $A_{вст}$ – вітрильна площа циліндричної вставки, м²;

$\Delta_{вст}$ – вагова водотоннажність циліндричної вставки, т, визначається з урахуванням досліджень [15].

Результати розрахунків плечей за формулою l_{w1} подані на рис. 5, з яких визначеною очевидністю впливає, що дані плечі зменшуються зі збільшенням довжини судна: при зростанні довжини в 1,4 рази вони зменшуються на 5,5 % і 6,7 %. Це означає, що згідно з діаграмою рис. 2.1.2.1 [1], кут статичного крену θ_{w1} буде зменшуватись – остійність покращуватись.

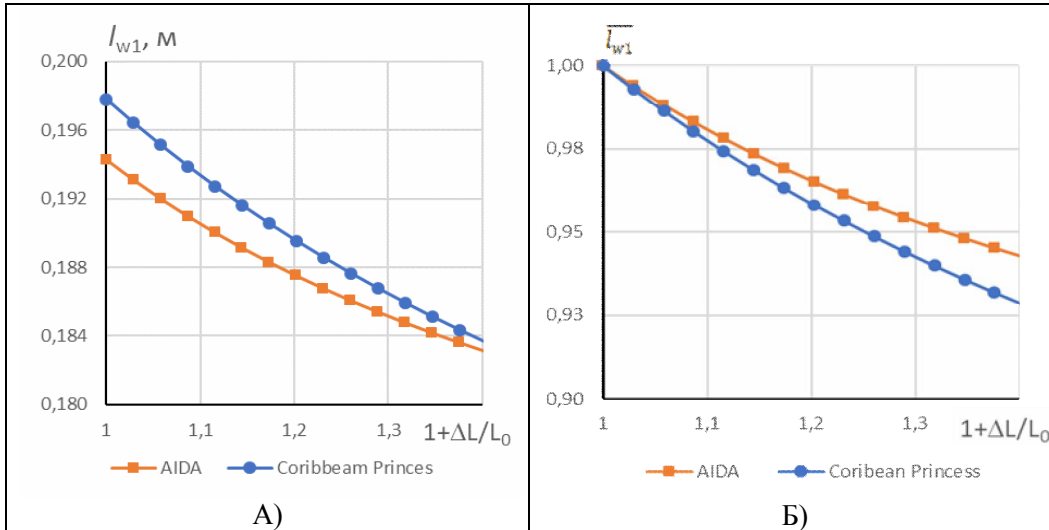
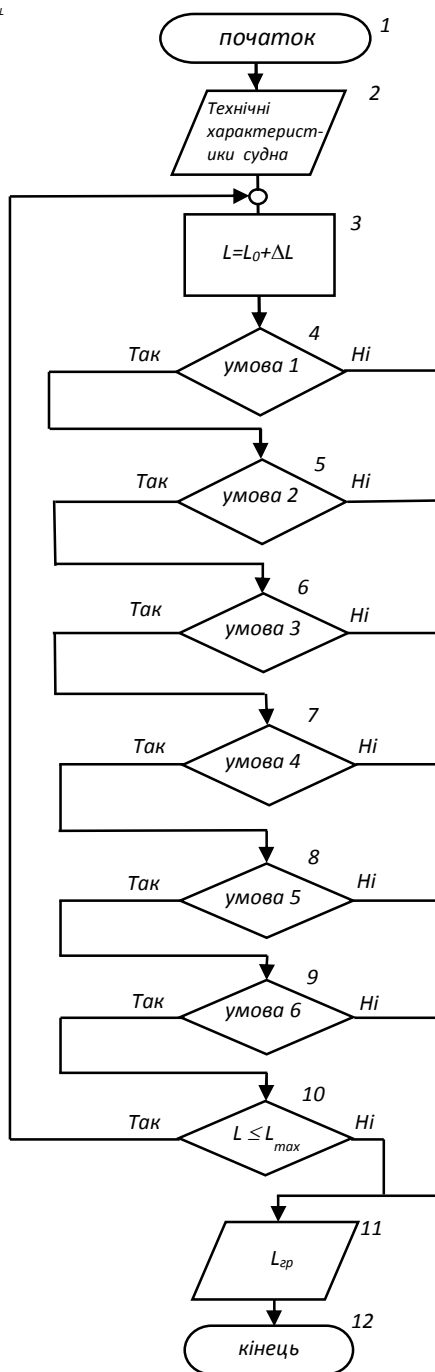


Рис. 5. Залежність плеча вітрового кренувального моменту від тиску вітру від подовження судна на прикладі суден «AIDA» і «Caribbean Princes» у абсолютних А) і відносних одиницях Б)

Алгоритм моделі визначення граничної довжини судна за критерієм, що відповідають вимогам безпеки при забезпеченні остійності судна, показано на рис. 6, де умови 1-5 встановлюються вимогами Конвенції [14], умова 6 запропонована для досягнення оптимальних значень остійності з позицій забезпечення допустимих значень інерційних навантажень.

Після етапів проектування, виготовлення і монтажу у відповідності до вимог до п.1 правила 5 частини В-1 – Остійність, проводиться процедура кренування пасажирського судна [17], яке проводиться з метою остаточного визначення його остійності і визначення метацентричної висоти й аплікати центру тяжіння.



Умова 1 – забезпечення метацентричної висоти

$$l_{wl} = \frac{P_v(A_v + \Delta A_{vBCT})Z_v}{1000g(\Delta_0 + \Delta_{BCT})}$$

Умова 2 – забезпечення кута крену, що викликається скупченням пасажирів на відкритій палубі біля одного з бортів

$$\theta_1 = \frac{0,25G_{pas}B}{\Delta h} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \leq 10^\circ$$

Умова 3 – кут крену, що викликається спільною дією моментів крену, який виникає від скупчення пасажирів на верхній палубі і від руху на встановленій циркуляції, повинен задовольняти нерівність

$$\theta_2 = \frac{G_{pas} + \frac{0,2\Delta V_{0,8}^2(Z_g - \frac{d}{2})}{L_{wl}}}{\Delta h} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \leq 12^\circ$$

Умова 4 – перевірки параметрів за діаграмою статичної остійності (ДСО)

$$A_{\theta_{max}} \geq \begin{cases} 0,07 \text{ м} \cdot \text{рад} & \text{при } \theta_{max} = 15^\circ \\ 0,055 \text{ м} \cdot \text{рад} & \text{при } \theta_{max} = 30^\circ \\ 0,055 + 0,001(30 - \theta_{max}) & \text{при } 30^\circ \geq \theta_{max} \geq 15^\circ \end{cases}$$

$$A_{30^\circ \dots 40^\circ} \geq 0,03 \text{ м} \cdot \text{рад} \quad \text{при} \quad \begin{cases} 30^\circ \leq \theta \leq 40^\circ \\ 30^\circ \leq \theta_f \leq 40^\circ \end{cases}$$

$l \geq 0,2$ м при $\theta = 30^\circ$.

Умова 5 – вимога забезпечення остійності судна за критерієм погоди

$$K = b/a \geq 1$$

Умова 6 – забезпечення оптимальних значень відносної метацентричної висоти

$$(h/B) \leq (h/B)_{max}$$

L_0 – початкова довжина судна,

ΔL – довжина вставки, що є в циклі змінною величиною,

$L_{гр}$ – граничне значення довжини судна при якому забезпечується відповідна остійність.

Рис. 6. Блок-схема підмоделі визначення граничного значення довжини судна за критерієм забезпечення остійності

Висновки. Запропоновано модель визначення граничного значення довжини судна, що визначається за критерієм забезпечення остійності, яка ґрунтується на вимогах Регістру судноплавства і Міжнародного кодексу остійності суден в непошкодженому стані, і рекомендацій щодо дотримання значень відносної метацентричної висоти в оптимальних (або наближених до оптимальних) зонах.

Отримано рівняння для визначення кутів крену і плеча кренувального моменту в залежності від додаткової кількості пасажирів і площі циліндричної вставки і метацентричної висоти.

Досліджено вплив подовження пасажирського судна на виконання умов забезпечення остійності пасажирського судна на прикладах лайнерів «AIDA» і «Caribbean Princes» – кути крену при збільшенні корпусу в 1,3 рази зростають в 1,2 і 1,35 рази відповідно з дотриманням граничного кута крену; кута крену, що викликається спільною дією моментів крену, який виникає від скупчення пасажирів на верхній палубі і від руху на встановленій циркуляції – збільшення довжини на 30 % призводить до збільшення кута θ_2 на 5 % («Caribbean Princes») і на 18 % («AIDA»).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України (2020). Том 2. Київ.*
2. *Det Norske Veritas AS (DNV) (2023). Rules for classification of ships. Hull structural design – Ships with length 100 metres and above. Det Norske Veritas AS (DNV). Part 3 chapter 1. URL: <http://www.dnvgl.com> (дата звер-ення 01.12.2023)*
3. *Germanischer Lloyd (1993). Classification and construction rules. Marine engineering. Part 1. Sea vessels. Hull. Hamburg.*
4. *American Bureau of Shipping (2014). Rules for building and classing. Steel vessels. Part 3. Hull construction and equipment. Houston.*
5. *Italian Naval Register (RINA) (2019). Rules for the Classification of Ships. Part B. Hull and Stability. Genova.*
6. *Nippon Kaiji Kyokai (2023): Rules For Survey and Construction Of Steel Ships. Part C.*
7. *Korean Register (2022). Rules for the Classification of Steel Ships. Part 3. Hull Structures. BUSAN.*
8. *China classification society (2020). Rules for the Classification of Ships. Part 3.*
9. *Bureau veritas (2019). Rules for the Classification of Steel Ships. PART B – Hull and Stability.*
10. *Lloyd's Register (2020). Rules and Regulations for the Classification of Ships.*
11. *Yasuhisa Okumoto, Yu Takeda, Masaki Mano, Tetsuo Okada. (2009). Design of ship hull structures. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.*

12. Richard G.B. and Keith J.B. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design, 9th edition*, New York: McGraw Hill.
13. Шумило О.М. (2022). Визначення оптимальних розмірів подовження пасажирських суден при їх модернізації. *Розвиток транспорту*. 1 (12), 89-104.
14. IMO. *Code on Intact Stability (2008), 2020th ed.*; IMO: London, UK, 2020. [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.267\(85\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.267(85).pdf).
15. Shumylo, O. (2023). Дослідження впливу розмірної модернізації на геометричні характеристики пасажирського судна. *Розвиток транспорту*, (2(17)), 75-89. <https://doi.org/10.33082/td.2023.2-17.07>
16. Shumylo, O. (2022). Оптимізація розмірної модернізації пасажирських суден з урахуванням енергоефективності. *Розвиток транспорту*, (4(15)), 58-77. Retrieved із <https://journals.onmu.in.ua/index.php/journal/article/view/191>.
17. *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974*. [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx).

REFERENCE

1. *Rules for the classification and construction of sea vessels. Register of Shipping of Ukraine (2020). Volume 2*. Kyiv.
2. Det Norske Veritas AS (DNV) (2023). *Rules for classification of ships. Hull structural design – Ships with length 100 meters and above*. Det Norske Veritas AS (DNV). Part 3 chapter 1. URL: <http://www.dnvgl.com> (accessed 01.12.2023)
3. Germanischer Lloyd (1993). *Classification and construction rules. Marine engineering. Part 1. Sea vessels. Hull*. Hamburg.
4. American Bureau of Shipping (2014). *Rules for building and classification. Steel vessels. Part 3. Hull construction and equipment*. Houston.
5. Italian Naval Register (RINA) (2019). *Rules for the Classification of Ships. Part B. Hull and Stability*. Genoa.
6. Nippon Kaiji Kyokai (2023): *Rules For Survey and Construction Of Steel Ships. Part C*.
7. Korean Register (2022). *Rules for the Classification of Steel Ships. Part 3. Hull Structures. BUSAN*.
8. China classification society (2020). *Rules for the Classification of Ships. Part 3*.
9. Bureau veritas (2019). *Rules for the Classification of Steel Ships. PART B – Hull and Stability*.
10. Lloyd's Register (2020). *Rules and Regulations for the Classification of Ships*.

11. Yasuhisa Okumoto, Yu Takeda, Masaki Mano, Tetsuo Okada. (2009). *Design of ship hull structures*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
12. Richard G.B. and Keith J.B. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 9th edition, New York: McGraw Hill.
13. Shumylo O.M. (2022). *Determining the optimal length of passenger ships during their modernization*. *Transport development*. 1 (12), 89-104.
14. IMO. *Code on Intact Stability (2008)*, 2020th ed.; IMO: London, UK, 2020. [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.267\(85\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.267(85).pdf).
15. Shumylo, O. (2023). *Study of the impact of dimensional modernization on the geometric characteristics of a passenger ship*. *Transport Development*, (2(17)), 75-89. <https://doi.org/10.33082/td.2023.2-17.07>
16. Shumylo, O. (2022). *Optimization of dimensional modernization of passenger ships taking into account energy efficiency*. *Development of transport*, (4(15)), 58-77. Retrieved from <https://journals.onmu.in.ua/index.php/journal/article/view/191>.
17. *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)*, 1974. [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx).

Стаття надійшла до редакції 20.05.2024

Посилання на статтю: Шумило О.М. Аналіз безпечної експлуатації пасажирського судна з розмірною модернізацією корпусу за критерієм забезпечення остійності // *Вісник Одеського національного морського університету*: Зб. наук. праць, 2024. № 2(73). С. 87-101. DOI 10.47049/2226-1893-2024-2-87-101.

Article received 20.05.2024

Reference a journal artic: Shumylo O. Analysis of the safe operation of a passenger ship with large hull modernization according to the criterion of ensuring sustainability // *Herald of the Odesa national maritime university*: Coll. scient. works, 2024. № 2(73). P. 87-101. DOI 10.47049/2226-1893-2024-2-87-101.