

УДК 629.5.01

DOI [https://doi.org/10.15589/znп2025.2\(500\).2](https://doi.org/10.15589/znп2025.2(500).2)**STOCHASTIC CONCEPTUAL DESIGNING
OF MULTI-PURPOSE FIREFIGHTING VESSELS****СТОХАСТИЧНЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЕ ПРОЄКТУВАННЯ
БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОЖЕЖНИХ СУДЕН****Alina O. Astakhova**

alina.astakhova@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-8686-439X

Valeriy O. Nekrasov

valery.nekrasov@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-7157-9481

Oleksiy P. Yastreba

oleksii.yastreba@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-5505-1281

А. О. Астахова,старший викладач кафедри теорії
та проектування суден**В. О. Некрасов,**

докт. техн. наук, професор

О. П. Ястреба,

канд. техн. наук

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

Abstract. Purpose. The work is devoted to the development of a method for determining the main elements of a new type of fire vessels, which were called vessels of antifire safety. Such vessels, like conventional fire vessels, are designed to extinguish fires on vessels and objects moored in ports or located on the coast and at sea. But, in addition to effective fire extinguishing, these vessels must develop the ability to perform towing and escorting operations of emergency vessels, and to remove them to neutral zones of water areas. **Method.** The method was developed based on the use of the stochastic theory of conceptual vessel design, which involves building mathematical models of vessels and their functional operations, creating virtual ship operation ranges and conducting their testing in these ranges by solving operation problems. This theory also involves the formulation and solution of optimization problems for determining the main elements of vessels, in which indicators of the efficiency and reliability of vessel operation play the role of objective functions, the main elements of vessels play the role of independent changes, and the resource conditions of vessels and their operation are the constraints of the optimization problem. **Results.** The creation of the method was completed by developing a program for determining the optimal main arrangements of antifire safety vessels for the coastal waters of Ukraine. An example of using the program is given. The *scientific novelty* belongs to the probabilistic method for determining the main elements of antifire safety vessels, the elements of the functioning tasks that are intended for towing and escort operations, and the generalized method for solving these nonlinear problems, which is performed by the same method as the optimization problem of selecting the main elements. **Practical significance.** The proposed method for selecting the main elements of antifire safety vessels, due to the possibility of regulating their reliability indicators of the performance of the main functional operations during the receipt of design solutions, has the ability to contribute to a significant increase in the efficiency of fire-fighting operations to be performed by these vessels.

Key words: antifire safety vessel; optimization problem; selection of the main elements.

Анотація. Мета. Робота присвячена розробці методу визначення головних елементів пожежних суден нового типу, які отримали назву протипожежних суден безпеки. Такі судна, як і звичайні пожежні судна, призначені для гасіння пожеж на суднах та на об'єктах, що причалені в портах або знаходяться на узбережжі і в морі. Але, крім ефективного гасіння пожеж, ці судна мають розвинути здібності виконувати операції буксирування та ескортування аварійних суден, виведення їх в нейтральні зони акваторій. **Методика.** Розробку методу виконано на основі використання стохастичної теорії концептуального проектування суден, яка передбачає побудову математичних моделей суден та їх функціональних операцій, створення віртуальних полігонів експлуатації суден та проведення їх випитувань у цих полігонах за допомогою розв'язання задач функціонування. Ця теорія також передбачає складання та розв'язання оптимізаційних задач визначення головних елементів суден, в яких показники ефективності та надійності експлуатації суден грають роль цільових функцій, головні елементи суден – незалежних змін, а ресурсні умови суден та їх експлуатації – обмежень задачі оптимізації.

Результати. Створення методу завершено розробкою програми визначення оптимальних головних розмірів протипожежних суден безпеки для акваторій узбережжя України. Наведено приклад використання програми. *Наукова новизна* належить ймовірнісному методу визначення головних елементів протипожежних суден безпеки, елементам задач функціонування, які призначені буксирувальним і ескортним операціям та узагальненому методу розв'язання цих нелінійних задач, що виконується тим же способом, що і оптимізаційна задача вибору головних елементів. *Практична значимість.* Запропонований метод вибору головних елементів протипожежних суден безпеки, завдяки можливості регулювання їх показників надійності виконання основних функціональних операцій під час отримання проектних рішень, має здатність сприяти значному підвищенню ефективності протипожежних операцій, що будуть виконуватися цими суднами.

Ключові слова: протипожежне судно безпеки; оптимізаційна задача; вибір головних елементів.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Пожежні судна – це спеціалізовані судна для гасіння пожеж на судах в морі і на об'єктах, що причалені в порту або знаходяться на узбережжі. Сучасний підхід до проектування таких суден вимагає наявності їх здатності забезпечувати безпеку акваторій портів або прибережних районів від можливих вибухів та інших негаразд, що можуть бути обумовлені присутністю палаючого або згорілого судна в цих акваторіях. Тобто, він вимагає об'єднання на одному судні здібності виконувати протипожежні, буксирні та ескортні операції. Він також обов'язує захищати пожежників від хімічних, біологічних, радіологічних та ядерних агентів під час пожеж.

Таке судно зовсім недавно отримало назву судна протипожежної безпеки. Першим ініціатором його створення став порт «Південний».

Початкову частину такого створення – проектування судна протипожежної безпеки, можливо зробити шляхом оптимізаційного дообладнання універсального буксира без зменшення його якостей більш потужними протипожежними пристроями і системами. При цьому згаданий сучасний підхід до такого проектування потребує враховувати стохастичну природу як характеристик об'єктів, на яких з'явилися пожежі, і масштабів самих пожеж, а також розташування об'єктів в зоні відповідальності, що закріплена за судном.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Переліку існуючих типів пожежних суден присвячена робота [1]. Найбільш повний аналіз питань їх призначення, класифікації, архітектурно-конструктивних типів, вибору форми корпусу, навантаження мас, загального розташування, а також визначення головних розмірів та їх співвідношень за допомогою результатів обробки статистичних даних наведено у начальному посібнику [2]. Новітній метод проектування пожежних суден означено в роботі [3].

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Існуючи у даний час методи проектування пожежних суден, в основному використовують регресійні залежності статистичних даних, метод перерахунку з прототипу або метод варіацій головних елементів,

направлений на досягнення в процесі пошуку проектного рішення певних значень обраного критерія ефективності. Такі проектні рішення не враховують стохастичний характер операцій створення та експлуатації пожежних суден. Крім того, вони не можуть реалізувати дві основні цілі проектування судна – визначити рівні ефективності та надійності його майбутньої експлуатації за допомогою оптимізації відповідних показників.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відповідно згаданому, метою роботи є розробка методу оптимізаційного вибору головних розмірів протипожежних суден безпеки для морських акваторій і портів України.

Предметом дослідження є методи визначення головних елементів суден протипожежної безпеки.

Методами дослідження є методи теорії дослідження операцій [4, 5], які пов'язані з побудовою за допомогою стохастичного математичного моделювання моделей функціонування суден, формулювання та розв'язання задач функціонування, визначення ймовірнісних характеристик показників ефективності та надійності, формулювання та розв'язання оптимізаційних задач визначення на етапах концептуального (дослідницького) проектування рівні ефективності та надійності цих суден за показниками екологічності, економічної ефективності та надійності їх експлуатації.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

1. Метод оптимізаційного вибору головних розмірів протипожежних суден безпеки. Тому як всі операції, які здійснюються при створенні і експлуатації суден, що розглядаються, мають випадковий характер, то випадковими з'являються і результати їх використання. Тому досягнення згаданих основних цілей їх проектування – забезпечення ефективності та надійності, повинно бути реалізовано на відповідній основі. У цьому зв'язку запропонований варіант концептуального проектування суден протипожежної безпеки побудовано на основі використанні методів теорії випадкових функцій і досягнення основних цілей проектування – забезпечення узагальненої ефективності майбутньої експлуатації – представлено комплексами ймовірнісних показників ефективності

та надійності [6]. Для їх визначення створено метод побудови та розв'язання задач функціонування суден протипожежної безпеки у стохастичних середовищах існування. В основу задач функціонування покладено аварійну пожежну статистику [7], а також закони розподілу інтенсивностей вітру та хвилювання в портах та на узбережжях України [8].

Розв'язання оптимізаційних задач вибору основних елементів та характеристик суден протипожежної безпеки виконано на основі використання методів нелінійного програмування [6].

Вище викладене представлено комплексним показником ефективності та надійності, який для судна службового використання має наступний вигляд [3]:

$$OF = \frac{\left(\sum_{l=1}^L (\overline{E}_l) + \overline{B}\right)}{\left(\prod_{i=1}^I P_i\right)}, \quad (1)$$

де $\overline{E}_l$ – середня вартість l -ї пожежегасіння операції судна; $\overline{B}$ – середня вартість створення (проектування та побудови) судна;

$\prod_{i=1}^I P_i$ – ймовірність виконання судном сукупності I основних функціональних операцій (своєчасного прибуття на місце аварії, водо та піно гасіння пожежі, відведення пожежного судна на безпечну відстань, буксирування аварійного судна).

У процесі пошуку оптимального проектного рішення судна комплексний показник ефективності OF мінімізується для досягнення оптимальних його значень при виконанні судном комплексу основних функціональних операцій.

Використовуючи комплексний показник ефективності в якості цільові функції, задачу пошуку оптимального концептуального рішення судна протипожежної безпеки сформульовано наступним чином:

$$\text{Знайти: } OF\{U, x\} \Rightarrow \min \quad (2)$$

$$\text{при: } E_n(x) \geq 0, \quad n = 1, 2, 3; \quad (3)$$

$$F_k(x) \geq [F_k], \quad k = 1, 2, \dots, K; \quad (4)$$

$$PC_l[P_l] \leq [PC_l], \quad l = 1, 2, \dots, L; \quad (5)$$

$$x \leq x_q, \quad q = 1, 2, \dots, Q, \quad (6)$$

де $E_n(x) \geq 0$ – обмеження, що забезпечують необхідний рівень ефективності функціонування судна (обмеження плавучості та місткості, навантаження та міцності, спеціалізованої та інших функціональних підсистем – пожежегасіння, буксирування, тощо);

$F_k(x) \geq [F_k]$ обмеження надійності, тобто показники ймовірності виконання функціональних операцій, пов'язаних із реалізацією таких морехідних якостей, як остійність, непотоплюваність, керованість, міцність і морехідність судна та показники ймовірності роботи його основних функціональних підсистем;

$[F_k]$ – нормативні значення цих показників, які регламентуються класифікаційними товариствами та стандартами;

$PC_l[P_l] \leq [PC_l]$ – функціональні обмеження фінансових ресурсів на проектування, будівництво та

експлуатацію судна, а також відшкодування заподіяної їм шкоди;

$[PC_l]$ – граничні величини цих коштів;

U – вектор параметрів зовнішнього середовища та умов задач функціонування;

x – вектор незалежних змінних (основних елементів судна).

Розв'язання задачі пошуку оптимального проектного рішення судна протипожежної безпеки виконується за схемою, наведеною на рис. 1.

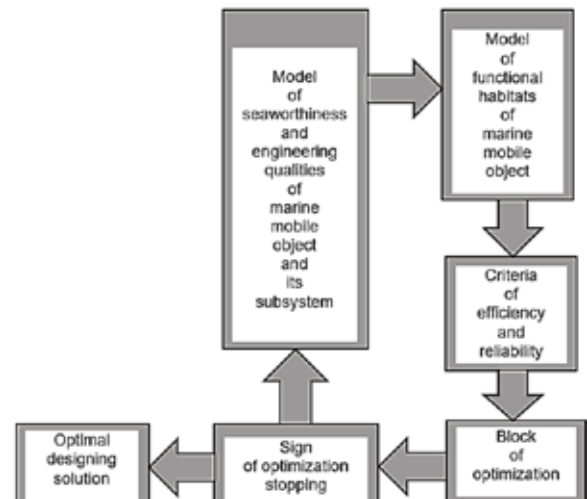


Рис. 1. Блок-схема пошуку оптимального проектного рішення задачі синтезу судна протипожежної безпеки

2. Програма оптимізаційного вибору головних розмірів протипожежного судна безпеки. Програму оптимізаційного вибору головних розмірів протипожежного судна безпеки складено мовою Visual Pascal. Інтерфейс програми надано на рис. 2–10.

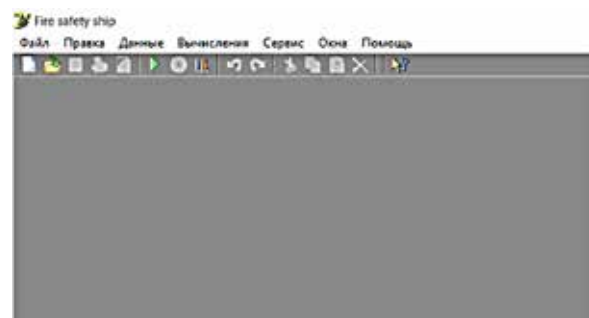


Рис. 2. Головне вікно програми оптимізаційного вибору характеристик протипожежного судна безпеки

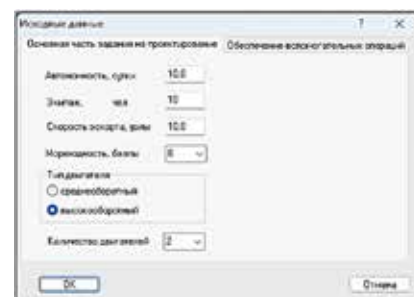


Рис. 3. Вікно завдання на проектування судна

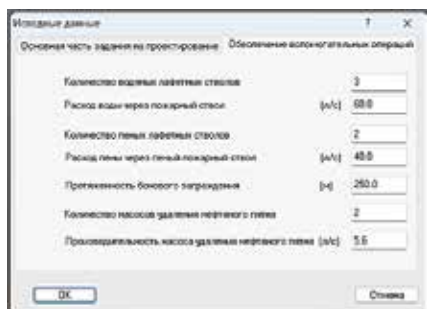


Рис. 4. Вікно параметрів протипожежного обладнання судна протипожежної безпеки

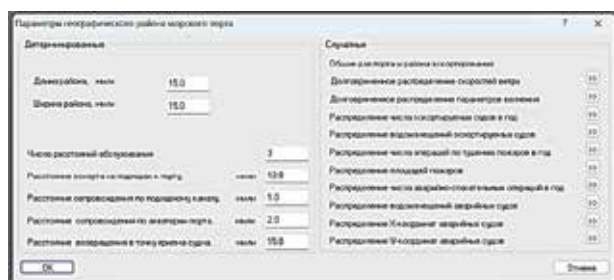


Рис. 5. Вікно полігону експлуатації судна протипожежної безпеки



Рис. 6. Вікно економічних параметрів проектування, побудови та експлуатації судна протипожежної безпеки

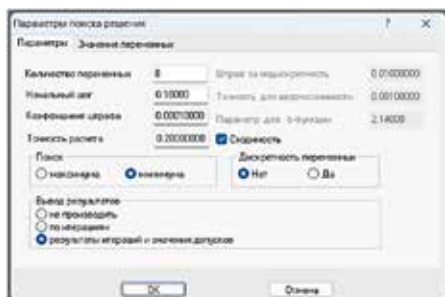


Рис. 7. Вікно управління процесом оптимізації

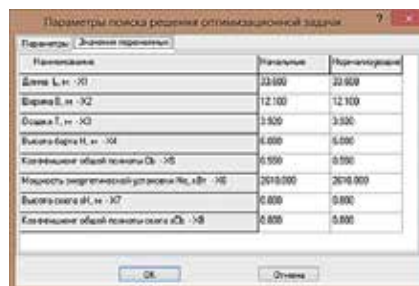


Рис. 8. Вікно незалежних змін процесу оптимізації

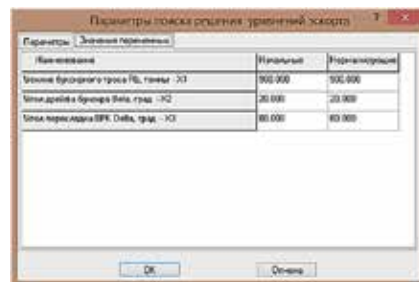


Рис. 9. Вікно незалежних змін процесу пошуку рішення рівнянь руху судна протипожежної безпеки

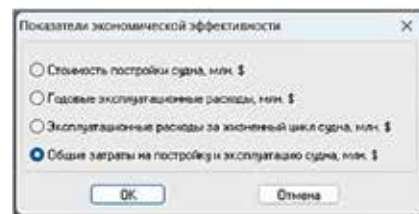


Рис. 10. Вікно вибору цільової функції

3. Приклад оптимізаційного вибору головних розмірів протипожежного судна безпеки. Розроблену програму оптимізаційного вибору головних розмірів протипожежного судна безпеки використано для визначення оптимального концептуального проекту протипожежного судна безпеки, який призначений для ведення протипожежних операцій в акваторіях морського порту південно-східної частині Чорного моря.

В результаті розв'язання такої оптимізаційної задачі методами нелінійного програмування отримано наступне:

Таблиця 1. Завдання на проектування

№	Найменування параметру	Величина
1	Довжина району обслуговування, милі	15
2	Ширина району обслуговування, милі	15
3	Автономність плавання, доби	10
4	Екіпаж, чол	10
5	Морехідність, бали	6
6	Тип енергетичної установки: Дизель	Високооборотний
7	Кількість двигунів	2
8	Кількість водяних лафетних стволів	3

Продовження таблиці 1

9	Витрата води через пожежні стволи, л/с	70
10	Кількість пінних лафетних стволів	2
11	Витрата піни через пожежні стволи, л/с	50
12	Швидкість буксирування, вузли	6
13	Швидкість ескортування, вузли	10

Таблиця 2. Оптимальні габаритні характеристики судна

№	Найменування параметру	Величина
1	Довжина протипожежного судна безпеки L , м	33.39
2	Ширина B , м	10.84
3	Осаду T , м	3.96
4	Висота борту H , м	6.11
5	Коефіцієнт загальної повноти	0.566
6	Коефіцієнт повноти мідель-шпангоуту	0.912
7	Коефіцієнт повноти ватерлінії	0.947
8	Об'ємна водотоннажність, м ³	813.57

Таблиця 3. Оптимальні характеристики пропульсивного комплексу судна

№	Найменування параметру	Величина
1	Марка головного двигуна	3516BHD
2	Максимальна потужність двигуна, кВт	1771
3	Максимальна швидкість, уз	12.40
4	Тяга на швартовах, т	61.23
5	Швидкість ескортування, уз	10.00
6	Тяга при швидкості ескортування, т	28.48
7	Тяга при швидкості повного ходу, т	19.21

Таблиця 4. Оптимальні характеристики масового навантаження судна

№	Найменування параметру	Величина
1	Маса корпусу, т	347.00
2	Маса судових пристроїв, т	67.24
3	Маса судових систем, т	19.92
4	Маса енергетичної установки, т	87.72
5	Маса електроенергетичної системи, управління і зв'язку, т	14.94
6	Маса спеціального обладнання, т	66.45
7	Маса постійних рідких вантажів, т	6.64
8	Водотоннажність порожня, т	667.39
9	Маса екіпажу, провізії, т	1.55
10	Маса команди та спорядження рятувальників, т	3.75
11	Маса судових запасів прісної води, т	25.00
12	Маса судових запасів палива та олії, т	130.59
13	Дедвейт, т	161.72
14	Водотоннажність повна, т	829.11

Таблиця 5. Отримані характеристики остійності судна

№	Найменування параметру	Величина
1	Аплікатура центру ваги судна, м	3.523
2	Аплікатура центру величини судна, м	2.509
3	Поперечний метацентричний радіус, м	4.261

Продовження таблиці 5

4	Поперечна метацентрична висота, м	3.246
5	Максимальне плече діаграми статичної остійності (ДСО), м	1.140
6	Кут, що відповідає максимальному плечу ДСО, град	36.0
7	Кут заходу ДСО, град	121.0
8	Критерій остійності по ривку буксирного троса	1.77
9	Період вільних бортових коливань, с	4.51

Таблиця 6. Оптимальні характеристики скега та зусиль ескортування

№	Найменування параметру	Величина
1	Середня довжина скега, м	19.70
2	Ширина скега, м	0.73
3	Висота скега, м	0.58
4	Абсциса центру величини скега, м	4.51
5	Коефіцієнт загальної повноти скега	0.694
2	Потрібне середнє значення керуючої сили, тони	19.0
3	Значення максимальної керуючої сили, тони	79.2
4	Відповідне гальмівне зусилля, тони	-66.5
5	Кут буксирного троса, що відповідає максимуму сили, град	50.0

Таблиця 7. Показники надійності судна

№	Найменування параметру	Величина
1	Середня тривалість аварійних рейсів, доби	0.210
2	Ймовірність прибуття на місце аварії	0.989
3	Ймовірність прибуття на місце пожежі	0.933
4	Ймовірність водогасіння пожежі на аварійному судні	0.788
5	Ймовірність піногасіння пожежі	1.000
6	Ймовірність водопіногасіння пожежі	0.841
7	Ймовірність реалізації буксирування за погодними умовами	0.988
8	Ймовірність реалізації ескорту за керуючою силою	1.000
9	Ймовірність супроводу аварійних суден	0.988
10	Ймовірність зняття аварійного судна з мілини	0.131
11	Ймовірність буксирування аварійного судна в базу	0.372
12	Ймовірність виконання усіх означених операцій	0.329

Таблиця 8. Показники економічної ефективності судна

№	Найменування параметру	Величина
1	Собівартість добового утримання судна, \$/добу	4076.70
2	Мінімальний тайм-чартерний еквівалент при фрахті, \$/добу	7054.79
3	Вартість проектування та будівництва, млн. \$	13.18
4	Вартість життєвого періоду, млн. \$	58.51

Таблиця 9. Обмеження оптимізаційної задачі

№	Найменування параметру	Розрахункове значення	Значення обмеження
1	Максимальна тривалість рейсу, доби	0.206	1.500
2	Максимальна довжина судна L, м	33.391	5.000
3	Максимальна ширина судна B, м	10.841	14.000
4	Максимальна осадка судна T, м	3.956	6.000
5	Максимальне В/Т	2.741	6.000
6	Максимальне Н/Т, (Н – висота борту)	1.545	3.000
7	Максимальне L/B	3.080	5.700
8	Макс. значення коеф. загальної повноти	0.566	0.900
9	Макс. значення коеф. мідель-шпангоуту	0.912	0.900
10	Макс. значення коеф. повноти ватерлінії	0.947	0.940
11	Макс. похибка рівняння плавучості, %	0.570	1.000
12	Максимальне значення показника протипожежної ефективності	0.988	1.000
13	Максимальна потужність двигунів, кВт	3701.390	20000.0
14	Максимальна швидкість ескортування, вуз.	10.000	10.000
15	Максимальна швидкість повного ходу, вуз.	12.402	13.000
16	Мінімальна тривалість кругового рейсу, доби	0,206	0,500
17	Мінімальна довжина судна L, м	33.391	25.000
18	Мінімальна ширина судна B, м	10.841	11.000
19	Мінімальна осадка судна T, м	3.956	2.500
20	Мінімальне В/Т	2.741	2.000
21	Мінімальне Н/Т, (Н – висота борту)	1.545	1.500
22	Мінімальне L/B	3.080	2.900
23	Мінімальне значення коеф. загальної повноти	0.566	0.360
24	Мінімальне значення коеф. повноти міделя	0.912	0.800
25	Міні. значення коеф. повноти ватерлінії	0.947	0.700
26	Мінімальне значення показника протипожежної ефективності	0.988	0.030
27	Мінімальна потужність двигунів, кВт	3701.390	500.000
28	Мінімальна швидкість ескортування, вуз.	10.000	7.500
29	Мінімальна швидкість повного ходу, вуз.	12.402	8.000
30	Мінімальна метацентрична висота, м	3.246	0.150
31	Мінімальне значення макс. плеча ДСО, м	1.137	0.250
32	Мінімальний кут макс. плеча ДСО, град	36.000	32.000
33	Мінімальний кут заходу ДСО, град.	121.000	62.000
34	Мінімальне значення критерію остійності	1.774	1.000
35	Мінімальний період хитавиці, с	4.512	4.000
36	Максимальна висота скега, м	0,580	0,800
37	Мінімальна висота скега, м	0.580	0.400
38	Максимальне значення коеф. повноти скега	0.694	0.800
39	Мінімальне значення коеф. повноти скега	0.694	0.600

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Розроблені метод і програма концептуального проєктування дозволяє реалізувати визначення дійсно оптимальних головних елементів протипожежних суден безпеки для всіх морських акваторій та портів України. При цьому як цільову функцію використано мінімум математичного сподівання показника «вартість-ефективність» на проміжку часу, що дорівнює життєвому циклу цього судна (мінімум вартості проєктування, будівництва та експлуатації при максимальному значенні показника ймовірності виконання основної сукупності функціональних операцій). Це забезпечує високий рівень енергоефективності отриманого проєкту судна.

Типи головних двигунів, обладнання та технології, що використані при розробці концептуального проєкту, задовольняють необхідним вимогам щодо екологічної безпеки експлуатації судна. Новітні шляхи забезпечення виконання цих вимог наведено в резолюціях [9, 10].

ВИСНОВКИ

Розроблені алгоритм та програма оптимізаційного вибору головних розмірів протипожежних суден безпеки для морських акваторій і портів України задовольняє сучасним вимогам Міжнародної морської організації до забезпечення енергоефективності, навігаційної і функціональної надійності та екологічної безпеки майбутньої експлуатації судна вже на першій стадії його проєктування.

REFERENCES

- [1] Pozhezhni korabli (2019) [Fire ships] URL: https://otipb.at.ua/load/cikave/pozhezhni_chovni/29-1-0-4172
- [2] Bondarenko, O. V., Krotov, O. I., Myronov, O. H. (2020) Osoblyvosti proektuvannya ryatuvальnykh i pozhezhnykh suden: navchal'nyy posibnyk [Features of the design of rescue and fire vessels: a textbook]. Mykolayiv: NUK. 117 p.
- [3] Nekrasov, V. O. (2022) Zadachi optymizatsiyi sostavu ta popovnennya sluzhbovo-dopomizhnoho i tekhnichnoho flout [Tasks of optimizing the composition and replenishment of the service–auxiliary and technical fleets]. Innovatsiyi v sudnobuduvanni ta okeanotekhnitsi Materialy XIII mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi. Mykolayiv: NUK, 2022. Pp. 4–8.
- [4] Nekrasov, V. O. (2023) Kompleks prohram vyboru holovnykh elementiv suden sluzhbovo-dopomizhnoho flotu Ukrayiny [Complex of programs for selecting the main elements of vessels of the service and auxiliary fleet of Ukraine]. Suchasni tekhnolohiyi proektuvannya, pobudovy, ekspluatatsiyi i remontu suden, mors'kykh tekhnichnykh zasobiv i inzhenernykh sporud. Materialy Vseukrayins'koyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi z mizhnarodnoyu uchastyu. Mykolayiv: NUK, 2023. Pp. 8–21.
- [5] Hamdy A. Naha. (2007) Operations research. An introduction. Eight edition. Pearson Prentice Hal. 2007. 839 p.
- [6] Nekrasov V. (2019) Conceptual Designing of Ships. Kyiv–Kherson: Oldi-Plus.
- [7] Ministerstvo infrastruktury Ukrayiny. Stan avariynosti na transporti (2025) [Ministry of Infrastructure of Ukraine. State of accidents in transport]. URL: <https://mindev.gov.ua/diialnist/bezpeka-na-transporti/stan-avariynosti-na-transporti>
- [8] Hidrometeorolohichna sluzhba Ukrayiny (HMS Ukrayiny) (2006) [Hydrometeorological Service of Ukraine (HMS of Ukraine)] URL: <https://esu.com.ua/article-29503>
- [9] Резолюція МЕРС.213(63). URL: http://rise.odessa.ua/texts/ МЕРС213_63 r. php3
- [10] Резолюція МЕРС.346(78). URL: http://rise.odessa.ua/texts/ МЕРС346_78. php3

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Пожежні кораблі (2019). URL: https://otipb.at.ua/load/cikave/pozhezhni_chovni/29-1-0-4172
- [2] Бондаренко, О. В., Кротов, О. І., Миронов, О. Г. (2020) Особливості проектування рятувальних і пожежних суден: навчальний посібник. Миколаїв: НУК. 117 с.
- [3] Некрасов, В.О. (2022) Задачі оптимізації складу і поповнення службово-допоміжного та технічного флоту. Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали XIII міжнародної науково-технічної конференції. м. Миколаїв, 19–21 вересня 2022 р, 2022. С. 4–8.
- [4] Некрасов, В. О. (2023) Комплекс програм вибору головних елементів суден службово-допоміжного флоту України. Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд. Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. Миколаїв: НУК, 2023. С. 8–21.
- [5] Hamdy A. Naha. (2007) Operations research. An introduction. Eight edition. Pearson Prentice Hal. 2007. 839 p.
- [6] Nekrasov V. (2019) Conceptual Designing of Ships. Kyiv–Kherson: Oldi-Plus.
- [7] Міністерство інфраструктури України. Стан аварійності на транспорті (2025) URL: <https://mindev.gov.ua/diialnist/bezpeka-na-transporti/stan-avariynosti-na-transporti>
- [8] Гідрометеорологічна служба України (ГМС України) (2006) URL: <https://esu.com.ua/article-29503>
- [9] Резолюція МЕРС.213(63). URL: http://rise.odessa.ua/texts/ МЕРС213_63 r. php3
- [10] Резолюція МЕРС.346(78). URL: http://rise.odessa.ua/texts/ МЕРС346_78. php3

© Астахова А. О., Некрасов В. О., Ястреба О. П.
Дата надходження статті до редакції: 27.05.2025
Дата затвердження статті до друку: 12.06.2025