

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова**

ЛЕ КУАНГ ХУНГ

УДК 629.5.01: 629.566

**ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОВНИХ ЕЛЕМЕНТІ В
РЯТУВАЛЬНИХ СУДЕН**

Спеціальність 05.08.03 - механіка та конструювання суден

**АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Миколаїв - 2006

Дисертацією є рукопис
Робота виконана в Національному університеті кораблебудування
імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Нєкрасов Валерій Олександрович,
Національний університет
кораблебудування імені
адмірала Макарова, завідувач кафедри
теорії
та проектування суден

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бугасенко Борис Андрійович,
Національний університет
кораблебудування імені адмірала Макарова,
професор кафедри морських технологій;

кандидат технічних наук, доцент
Новіков Анатолій Іванович,
Севастопольський національний технічний
університет Міністерства освіти і науки
України,
професор кафедри океанотехніки і
кораблебудування

Провідна установа: Одеський національний морський університет
Міністерства освіти і науки України

Захист відбудеться «2» квітня 2007 р. о 14_ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 38.060.01 Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова за адресою: 54025, м.
Миколаїв, пр. Героїв Сталінграду, 9, ауд. 360.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного
університету кораблебудування імені адмірала Макарова за адресою:
54025, м. Миколаїв, пр. Героїв Сталінграду, 9.

Автореферат розісланий 24 лютого 2007 року

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

Доктор технічних наук, професор

Радченко М.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Посилення інтенсивності судноплавства, значне зростання тоннажу суден, різке підвищення об'ємів транспортування вантажів морем, створення нових морських транспортних шляхів, розвиток нафтогазових і інших морських промислів та пов'язане з ними збільшення ризиків морських аварій і катастроф зумовили актуальність вирішення питань порятунку на морі і ліквідації наслідків морських аварій.

Забезпечення безпеки морської діяльності в даний час зводиться не тільки до заходів запобігання аварій шляхом вдосконалення технічних засобів, що встановлюються на суднах, і методів судноводіння, але й до заходів порятунку людей під час аварій та надання допомоги аварійним суднам (АС). Недостатність вирішення цієї проблеми визначається відсутністю систематичних досліджень, присвячених врахуванню впливу факторів випадкового характеру на створення і експлуатацію рятувальних суден, обґрунтуванню відповідних показників ефективності і визначенню на цій основі їх головних елементів.

Таким чином, розробка способу визначення головних елементів рятувальних суден (РС), який би містив в собі формулювання і розв'язання задач їхнього функціонування в стохастичних умовах експлуатації, використання відповідних критеріїв ефективності, побудова на цій основі математичної моделі оптимізації головних елементів таких суден, врахування впливу випадковості початкових і вихідних даних задачі проектування на підсумкове проектне рішення є актуальним напрямом досліджень для вдосконалення проектування рятувальних суден на сучасному етапі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація включає результати досліджень, отримані при виконанні фундаментальної д/б науково-дослідної роботи "Вирішення сучасних проблем функціонування суден" №0103U001795 Міністерства освіти і науки України. Дисертаційна робота також була виконана відповідно до програми "Розвитку океанської економіки і побудови суден В'єтнаму", в рамках науково-дослідної роботи "Створення систем автоматизованого проектування сучасних суден В'єтнаму".

У всіх роботах здобувач приймав участь як виконавець.

Об'єктом дослідження є рятувальні судна, призначені для надання допомоги аварійним суднам на морі

Предметом дослідження є спосіб визначення характеристик РС, що забезпечує досягнення найвищих значень показників його ефективності.

Мета наукового дослідження. Метою дисертаційної роботи є вдосконалення процесу проектування рятувальних суден, на основі створення принципово нової методики визначення їх головних елементів.

Основні задачі наукового дослідження. Для досягнення мети дослідження необхідно:

1. Сформулювати типові задачі функціонування рятувального судна в заданому районі аварійно-рятувального обслуговування і підібрати метод їх розв'язання, який орієнтований на визначення загального і окремих показників ефективності виконання рятувальним судном всієї сукупності рятувальних операцій по відношенню до аварійних суден.

2. На проміжку часу, що дорівнює життєвому періоду, визначити економічні показники РС шляхом перетворення законів розподілу цін на складові його проектування, будівництва і експлуатації в кінцеву величину - підсумкову вартість.

3. Виходячи з сукупності даних, що відображають стохастичність процесів, які супроводжують існування судна, розробити комплексний метод розв'язання задач визначення функціональної і економічної ефективності РС.

4. Встановити показники загальної ефективності РС і на цій основі сформулювати задачу визначення їх екстремальних значень як задачу пошуку екстремуму відповідних цільових функцій.

5. Для формування функціональних обмежень задачі пошуку екстремумів цільових функцій розробити математичну модель РС, яка достатньо повно відображає його морехідні та інші технічні якості.

6. Розробити практичний спосіб розв'язання оптимізаційної задачі проектування РС. за допомогою якого можна було б отримувати результати розв'язання конкретних задач вибору головних елементів рятувальних суден на початкових стадіях їх проектування.

Методи дослідження. Теоретичною і методологічною основою дослідження була теорія корабля і теорія проектування суден. При формулюванні та розв'язанні задач функціонування і визначення показників ефективності РС використані інструменти дослідження складних систем з випадковими характеристиками - теорія випадкових функцій і імітаційне моделювання. Для пошуку екстремуму цільової функції застосовано методи нелінійного програмування, при цьому система обмежень оптимізаційної задачі врахована за допомогою методу зовнішніх штрафних функцій.

Наукове положення, що виноситься на захист:

Спосіб визначення головних елементів рятувальних суден, що включає формулювання і розв'язання задач їхнього функціонування в стохастичних умовах експлуатації, використання відповідних критеріїв ефективності, побудову математичної моделі оптимізації головних елементів цих суден й врахування впливу випадковості початкових та вихідних даних задачі проектування на підсумкове проектне рішення, забезпечує скорочення термінів й істотне поліпшення якості проектування рятувальних суден у порівнянні з традиційно використовуваними способами.

Наукові результати, які автор захищає на додаток до наукового положення та їх новизна:

1. Теоретична постановка основної сукупності задач функціонування РС і новий метод їх розв'язання.

2. Метод розв'язання задач функціонування і визначення показників економічної ефективності РС з використанням апарату теорії безперервних марківських процесів та імітаційного моделювання, що дозволило визначити ефективність виконання рятувальним судном сукупності його функціональних операцій в районі обслуговування з урахуванням впливу випадковості факторів експлуатації.

3. Спосіб визначення показників економічної ефективності РС як розв'язання задачі перетворення законів розподілу цін на початкові складові процесів його створення і експлуатації в кінцеву величину - вартість судна на проміжку часу, що дорівнює життєвому періоду.

4. Спосіб оцінки загальної ефективності РС в сучасних умовах експлуатації, який побудований на основі тієї форми критерію "вартість-ефективність", що використовує отримані розв'язки задач функціонування і визначення вартості життєвого циклу судна.

5. Математична модель РС, яка відображає основні морехідні і інші технічні якості цього судна.

6. Методика, алгоритм і програма розв'язання оптимізаційної задачі визначення головних елементів РС, які в сукупності утворили програмний комплекс "RescueShip", призначений для вибору основних характеристик РС на початкових етапах його проектування.

Достовірність результатів дослідження забезпечена коректною постановкою задач функціонування РС, оцінки його ефективності й визначення головних елементів; коректним використанням для * їх розв'язання методів теорії корабля, теорії багатомірних марківських процесів, апарату імітаційного моделювання й нелінійного програмування: близькістю результатів визначення значень характеристик суден, що перебувають цей час в експлуатації, за допомогою побудованих математичних моделей морехідних й інших їх інженерних якостей.

Наукове значення мають наступні результати дослідження:

- постановка основної сукупності задач функціонування РС і використання нового методу їхнього розв'язання;

- спосіб розв'язання задач функціонування й визначення показників економічної ефективності РС із застосуванням апарату теорії безперервних марківських процесів й імітаційного моделювання;

- спосіб визначення показників економічної ефективності РС як розв'язок задачі перетворення законів розподілу цін на вихідні складові процесів його створення й експлуатації в скінчену величину - вартість судна на проміжку часу, що дорівнює його життєвому періоду;

- спосіб оцінки загальної ефективності РС у сучасних умовах експлуатації на основі форми критерію "вартість-ефективність", що використовує отримані розв'язки задач функціонування й визначення вартості життєвого циклу судна;

- математична модель РС, що відображає основні морехідні й інші інженерні якості цього судна.

Практичне значення мають:

- методика визначення оптимальних елементів РС, у якій враховується вплив реальних факторів, що супроводжують побудову й експлуатацію РС;

- комплекс програм "Kc5cис81iip", що дозволяє проводити дослідження ефективності рятувальних суден й одержувати на початкових стадіях їхнього проектування результати розв'язання конкретних задач вибору головних елементів РС

Впровадження результатів дисертації. Створена методика вибору головних елементів РС і розроблений комплекс програм "RescueShip" впроваджені і використані у порядку дослідної експлуатації на МНП "Антарес" (Україна), в конструкторському бюро фірми "Togola Ltd" (Україна), що спеціалізується на проектуванні рятувальних буксирів, в навчальному процесі Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна), а також в Кораблебудівному науково-технологічному інституті "SHIPSCITECH" (В'єтнам).

Конкретна особиста участь автора в одержанні наведених у дисертації наукових результатів полягає в розробці математичних моделей функціонування рятувального судна, формуванні алгоритмів визначення ефективності й вартості рятувального судна за весь його життєвий цикл, створенні математичної моделі рятувального судна, що відображає основні його морехідні й інші якості, формулюванні оптимізаційної задачі визначення головних елементів рятувального судна, дослідженні чутливості результатів оптимізації до варіацій основних характеристик РС, розробці алгоритм) й методики визначення головних елементів рятувального судна.

Апробація роботи. Результати дисертаційної роботи доповідалися і отримали позитивну оцінку на науково-практичній конференції, присвяченій пам'яті адмірала С.И. Макарова і художника В.В. Верещагіна. на науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу НУК і на наукових семінарах кафедри теорії та проектування суден НУК.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 3 наукові статті в збірниках наукових праць НУК (з них 2 без співавторів).

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел, літератури і трьох додатків. Дисертація містить 158 сторінки основного матеріалу, 32 **рисунки**, 12 таблиць, 130 найменувань літературних джерел. Об'єм додатків - 25 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі роботи, показана наукова новизна і практичне значення роботи, наведено положення, які виносяться на захист.

У першому розділі дисертації описано сучасний стан світового рятувального флоту, особливості архітектурно-конструктивного типу сучасних рятувальних суден і основні тенденції їх розвитку.

У дисертаційній роботі в якості рятувальних суден детально розглянуто тільки морські рятувальні буксири, які складають основне ядро рятувального флоту. Разом з тим отримані в роботі результати можуть бути розповсюджені і на інші типи рятувальних суден.

При аналізі головних елементів сучасних рятувальних суден останніх років побудови показано, що для сучасних рятувальних суден характерне зменшення відношення L/B , збільшення B/T і швидкості повного ходу. Останніми роками спостерігається тенденція створення рятувальних буксирів і буксирів з рятувальним устаткуванням, у яких збільшено продуктивність протипожежного устаткування і об'єми цистерн піноутворювача з метою підвищення ефективності гасіння пожеж на аварійних суднах, а також підвищена енергоозброєність судна для забезпечення підвищеної тяги на буксирному гаці F_T . На основі цього аналізу отримані наступні формули для наближеного визначення основних характеристик рятувального буксиру:

$$N_e = 6,25F_T, \text{ кВт}; \quad L = 2,76N_e^{0,31}, \text{ м.}$$

де L - довжина по конструктивній ватерлінії, м; B - ширина, м; T - осадка, м; N_e - потужність головного двигуна, кВт; F_T - тяги на гаці, кН.

У цьому розділі також розглянуто публікації, присвячені проектуванню рятувальних суден. На основі проведеного аналізу зроблено висновок про відсутність систематичних досліджень, присвячених обґрунтуванню окремих і загальних показників ефективності використання рятувальних суден неспеціального призначення (РС спеціального призначення є рятувальниками підводних човнів). Також відсутні і систематичні дослідження, присвячені формулюванню і розв'язанню задачі визначення головних елементів цих суден.

У другому розділі наведена загальна постановка задачі визначення головних елементів рятувальних суден, розглянуто основні задачі їх функціонування.

Створення моделей функціонування РС здійснено на основі аналізу аварійної ситуації в передбачуваному районі аварійно-рятувального обслуговування і способів ліквідації наслідків аварій. Даний аналіз показав, що всі аварії морських суден, які супроводжуються виконанням функціональних операцій морськими рятувальними буксирами, можна розділити на три групи. До першої групи можна віднести аварії, що пов'язані з посадкою суден на мілину, до другої - аварії, які зумовлені втратою суднами ходу в результаті зіткнення з іншими суднами або якоїсь іншої події, що пов'язана з пошкодженням двигуна і рушійно-рульового комплексу, до третьої - пожежі і вибухи на АС.

На основі цього аналізу встановлено, що одним з основних показників ефективності РС є ймовірність виконання судном рятувальних операцій, які проводяться в районі аварійно-рятувального обслуговування.

Іншим - кількість засобів, що витрачаються на створення і експлуатацію РС протягом його життєвого періоду. Тому в якості загального показника ефективності РС обрано умовну міру вартості цих операцій - відношення кількості вкладених засобів до ймовірності виконання рятувальним судном своїх функціональних операцій.

У зв'язку з тим, що загальний показник ефективності РС є функцією багатьох випадкових величин і функцій, причому для кожної з них можливий свій закон розподілу, в роботі проведено аналіз відомих підходів до розв'язання стохастичної задачі проектування судна: зведення її до детермінованого еквівалента: застосування теорії ланцюгів Маркова і безперервних марківських процесів, застосування теорії ігор: використання імітаційного моделювання. Проведено огляд наукових робіт, присвячених застосуванню даних методів в теорії проектування РС. на основі якого зроблено висновок про те, що цій темі присвячена незначна кількість робіт і в жодній з них не використані методи теорії марківських випадкових функцій і імітаційна модель РС.

Показана необхідність формулювання і розв'язання задач функціонування РС та визначення його показників ефективності за допомогою запропонованого В.О. Некрасовим методу, в основу якого покладено використання формули повної ймовірності для визначення ефективності виконання судном сукупності своїх основних операцій і застосування апарату теорії безперервних марківських випадкових функцій для визначення ефективності кожної з операцій на основі розгляду стохастичних диференціальних рівнянь процесу їх виконання. Також показано, що розв'язання стохастичних задач функціонування РС і його проектування необхідно проводити чисельно, за допомогою методу Монте-Карло і імітаційного моделювання.

У результаті аналізу задачі дослідницького проектування рятувального судна встановлено, що в її основі повинна знаходитися оптимізаційна задача визначення головних елементів РС і як цільова функція оптимізаційної задачі повинен бути використаний показник "вартість-ефективність" типу

$$\Pi_E = \frac{CT}{P(CO)}, \quad (1)$$

у якому CT - ймовірна характеристика вартості створення, експлуатації та утилізації РС; $P(CO)$ - ймовірність виконання РС сукупності основних функціональних операцій.

За допомогою вибраної цільової функції оптимізаційну задачу визначення головних елементів рятувального судна сформульовано як задачу нелінійного програмування:

При заданих початкових даних, які визначаються параметрами завдання на проектування судна, - векторі $U(u_1, u_2, \dots, u_m)$, необхідно визначити таку множину характеристик судна - вектор незалежних змінних $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$, при якій показник відносної вартості судна (1) досягає мінімального значення

$$P_E(X, U) \rightarrow \min \quad (2)$$

та виконуються тривіальні

$$(x_i)_{\min} \leq x_i \leq (x_i)_{\max} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (3)$$

і функціональні

$$g_j(X, U) \geq A_j \quad (j = 1, \dots, m) \quad (4)$$

обмеження на характеристики РС, які обумовлюються властивостями цього судна як інженерної споруди та особливостями процесів його експлуатації.

У формулах (3), (4): $(x_i)_{\min}$ і $(x_i)_{\max}$ – відповідно нижня і верхня допустима межа зміни i -ої незалежної змінної; A_j – значення необхідної характеристики j -ої властивості судна; n – кількість незалежних змінних; m – кількість функціональних обмежень оптимізаційної задачі.

Третій розділ присвячений формулюванню і розв'язанню задачі функціонування рятувального судна.

Початковими даними для виконання рятувальних операцій є:

- район аварійно-рятувального обслуговування з розмірами $I_p \times B_p$;
- погодні умови в районі, які задаються довготривалими режимними розподілами середніх швидкостей вітру і відповідних характерних висот хвилювання $h_{3\%}$;
- характеристики аварій і аварійних суден в районі аварійно-рятувального обслуговування, головними серед яких є:
 - а) розподіл тимчасового потоку аварій і середнє число аварій в рік;
 - б) ймовірність появи в районі аварій певного типу (посадки на мілину, втрати ходу при зіткненнях та іншому, пожежі і вибухи на судах);
 - в) закони розподілу координат місць аварій в районі (z_A, o_A) ;
 - г) типи аварійних суден і закон розподілу водотоннажності або інших головних характеристик аварійних суден в районі.

Основною проблемою РС в районі аварійно-рятувального обслуговування є максимізація ймовірності ліквідації рятувальним судном наслідків аварій. Вирішення цієї проблеми супроводжується підходами РС до місць аварій, виконанням підготовчих і проведенням рятувальних операцій.

Перерахованою послідовністю функціональних операцій РС визначається склад його оперативних задач, які обумовлюють порятунок аварійних суден. У даному випадку в нього входять завдання швидкої появи на місці аварії, порятунку людей, гасіння пожежі, зняття з мілини і буксирування АС на базу.

Оскільки при ліквідації рятувальним судном наслідків аварій в районі аварійно-рятувального обслуговування реалізується комплекс подій, зумовлений приведеним складом оперативних задач, то показник ефективності виконання цим судном операцій, що проводяться, тобто показник ефективності функціонування РС, визначається за формулою повної ймовірності:

$$P(CO) = \sum_{i=1}^3 p_{0i} h_i p_i, \quad (5)$$

де: $h_1 = P(H_1)$; $h_2 = P(H_2)$, $h_3 = P(H_3)$ – ймовірність появи в заданому районі аварійно-рятувального обслуговування аварій, пов'язаних з посадкою АС на міліну, втратою АС швидкості ходу і пожежами на АС, відповідно;

$p_{0i} = P(H_{0i})$ – ймовірність підходу РС до місця i -ої аварії;

p_1 – ймовірність зняття АС з міліни:

$$p_1 = h_{11}p_{11} + h_{12}p_{12},$$

у якій: $h_{11} = P(H_{11})$ – ймовірність аварії, що пов'язана з посадкою на міліну, при якій АС після зняття з міліни має свій хід, $h_{12} = P(H_{12})$ – ймовірність аварії, що пов'язана з посадкою і зняттям з міліни, після якої АС не має самостійного ходу, $p_{11} = P_{11}(CO|H_{11})$, $p_{12} = P_{12}(CO|H_{12})$ – ймовірність здійснення рятувальним судном відповідних операцій.

Аналогічне співвідношення вводиться для випадку ліквідації пожежі на судні з подальшим збереженням або втратою власного ходу

$$p_3 = h_{31}p_{31} + h_{32}p_{32}.$$

Для випадку коли АС втрачає хід в результаті зіткнення або відмови в роботі двигуна або рушійно-рульового комплексу, використовується співвідношення

$$p_2 = h_2 p_{22}.$$

Для визначення даної сукупності ймовірностей необхідно розв'язати наступні задачі функціонування рятувального судна.

1. Задача прибуття рятувального судна на місце аварії. При випадкових відстанях $S = \sqrt{\xi_A^2 + \eta_A^2}$ між РС і АС в умовах випадкових вітро-хвильових дій на РС і АС операція підходу РС до АС визначається розв'язанням наступного стохастичного диференційного рівняння руху РС:

$$\frac{dS}{dt} = a(Y, S, Z, t) + \psi(S, t), \quad (6)$$

де Y – вектор тактико-технічних характеристик РС; Z – вектор характеристик погодних умов в районі аварійно-рятувального обслуговування РС;

$\psi(S, t)$ – пульсаційна складова швидкості РС, яка обумовлена хитавицею РС.

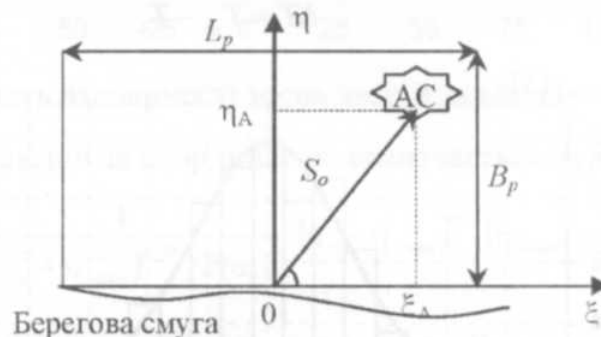


Рис. 1 Розташування АС в районі обслуговування РС

При таких початкових даних еволюція щільності ймовірності $f_1(S, t)$ відстаней $S(t)$ при підході РС до АС визначається розв'язанням кінетичного рівняння

$$\frac{\partial f_1(S, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial S} a(S, t) f_1(S, t) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial S^2} b(S, t) f_1(S, t),$$

яке будується на основі стохастичного рівняння руху (6) і в якому $a(S, t) = a(Y, S, Z, t)$ – коефіцієнт "зносу", а $b(S, t)$ – коефіцієнт "дифузії".

Розв'язання кінетичного рівняння здійснюється за початкової умови $f_1(S=S_0, t=t_0) = f_1(S_0)$, де $f_1(S_0)$ – щільність ймовірності початкових відстаней S_0 , і граничних умовах, що відповідають сутності задачі.

Потім визначається так звана функція надійності

$$F(t) = \int_{\Omega} f_1(S, t) dS$$

за допомогою якої обчислюється середній час підходу РС до АС та інші характеристики операції підходу.

При введенні таких припущень: відносній малості ділянок розгону і гальмування РС, лінеаризації опору руху РС, прямолінійності руху, русі СС на хвилюванні заданої інтенсивності з постійною середньою швидкістю і т.д.. задача суттєво спрощується. В даному випадку час, необхідний для прибуття РС на місце аварії, визначається за формулою

$$T_{np} = \frac{S_0}{v}$$

Якщо тепер через T_A позначити проміжок часу, до завершення якого ще має сенс проведення рятувальної операції, то узятий із зворотним знаком час, що залишається на виконання рятувальної операції, визначається за виразом

$$\Delta T = T_{np} - T_A.$$

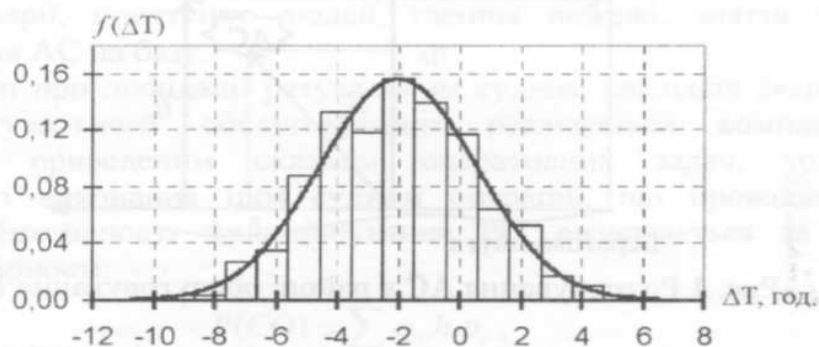


Рис.2 Щільність ймовірності випадкової величини ΔT

Тоді ймовірність прибуття РС на місце аварії p_{0i} визначається за формулою

$$p_{0i} = \int_{\Delta T_{\max}}^0 f(\Delta T) d\Delta T,$$

де $f(\Delta T)$ – щільність ймовірності часу проведення рятувальної операції.

Для визначення ймовірності P_{0i} , передбачається, що аварії в даному районі аварійно-рятувального обслуговування реалізувалися таким чином, що щільність ймовірностей місць аварій за координатою ξ визначається за нормальним законом розподілу, за координатою η - бета законом розподілу. Тоді розподіл місць аварій за координатою має вигляд

$$f(\xi_A) = \frac{1}{\sigma_{\xi_A} \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\xi_A - \mu_{\xi_A})^2}{2\sigma_{\xi_A}^2} \right],$$

де μ_{ξ_A} - математичне сподівання і середньоквадратичне відхилення випадкової величини ξ_A відповідно.

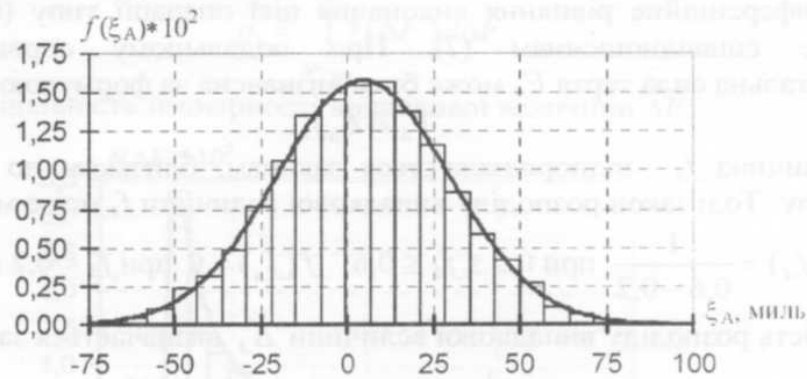


Рис.3 Щільність ймовірності місць аварій за координатою ξ

Розподіл місць аварій за координатою визначається за виразом

$$f(\eta_A) = \frac{1}{(\eta_{Amax} - \eta_{Amin})^{\alpha+\beta-1} B(\alpha, \beta)} (\eta_A - \eta_{Amin})^{\alpha-1} (\eta_{Amax} - \eta_A)^{\beta-1},$$

де $B(\alpha, \beta) = \int_0^1 t^{\alpha-1} (1-t)^{\beta-1} dt$; $\eta_{Amin} \leq \eta_A \leq \eta_{Amax}$; α, β - параметри закону, $\alpha > 0; \beta \geq 0$.

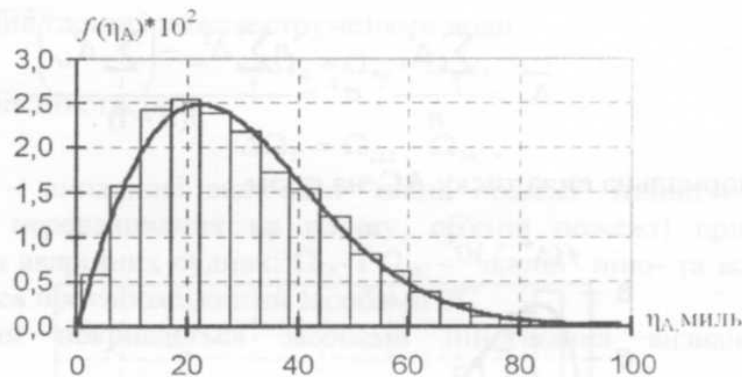


Рис.4 Щільність ймовірності місць аварій за координатою η

2. Задача зняття аварійного судна з мілини. Зняття АС з мілини визначається початковими умовами динамічної задачі - різницею між горизонтальним зусиллям тертя, що створюється АС, і тягою, що розвивається РС

$$\Delta F = F_A(\Delta_A, f_A, \dots) - F_T(N_E, Z, \dots) < 0, \quad (7)$$

де: N_E – потужність головного двигуна РС, Z – погодні умови в районі аварії;
 Δ_A^* – нормальна сила тиску АС на ґрунт, f_A – коефіцієнт тертя АС з ґрунтом.
 Тому диференціальне рівняння виконання цієї операції типу (6) може бути замінене співвідношенням (7). При подальшому спрощенні зада горизонтальна сила тертя F_A може бути визначена за формулою

$$F_A = \Delta_A^* f_A.$$

Величина f_A підпорядковується законам, близьким до закону бет розподілу. Тоді закон розподілу випадкової величини f_A може мати вигляд

$$f(f_A) = \frac{1}{0,6 - 0,2} \text{ при } 0,2 \leq f_A \leq 0,6; \quad f(f_A) = 0 \text{ при } f_A < 0,2 \text{ и } f_A > 0,6,$$

а щільність розподілу випадкової величини Δ_A^* визначається за формулою

$$f(\Delta_A^*) = \frac{1}{(\Delta_{A\max}^* - \Delta_{A\min}^*)^{\alpha+\beta-1} B(\alpha, \beta)} (\Delta_A^* - \Delta_{A\min}^*)^{\alpha-1} (\Delta_{A\max}^* - \Delta_A^*)^{\beta-1},$$

де $B(\alpha, \beta) = \int_0^1 t^{\alpha-1} (1-t)^{\beta-1} dt$; $\Delta_{A\min}^* \leq \Delta_A^* \leq \Delta_{A\max}^*$; α, β – параметри, $\alpha > 0$; $\beta \geq 0$.

Параметри α і β при обробці статистичних даних району аварійно рятувального обслуговування визначають за допомогою виразів

$$\alpha = \frac{1 - \bar{\Delta}_A^*}{\sigma^2} [\bar{\Delta}_A^* (1 - \bar{\Delta}_A^*) - \sigma^2]; \quad \beta = \frac{\bar{\Delta}_A^* \alpha}{1 - \bar{\Delta}_A^*},$$

де

$$\bar{\Delta}_A^* = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{Ai}^*}{n}; \quad \sigma^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n \Delta_{Ai}^2 - \left(\sum_{i=1}^n \Delta_{Ai}^* \right)^2}{n(n-1)}.$$

тут Δ_{Ai}^* – нормальна сила тиску АС_{*i*} на ґрунт.

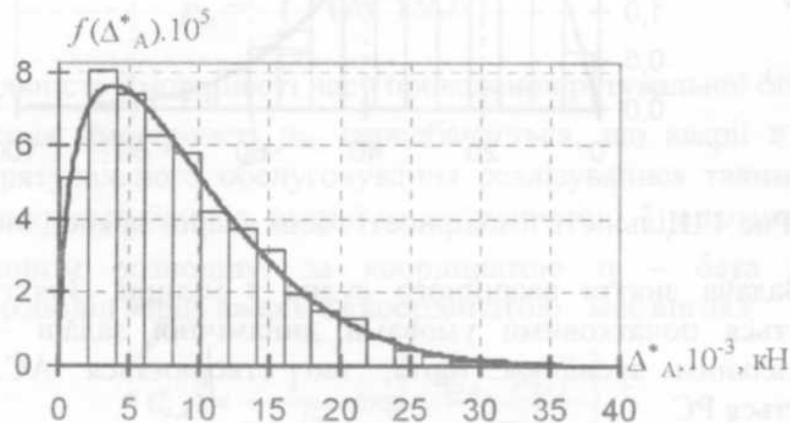


Рис.5 Щільність ймовірності випадкової величини Δ_A^*

В результаті ймовірність зняття АС з мілини p_1 визначиться за формулою

$$p_1 = \int_{\Delta F_{\text{min}}}^0 f(\Delta F) d\Delta F,$$

де $f(\Delta F)$ – щільність ймовірності випадкової величини ΔF .

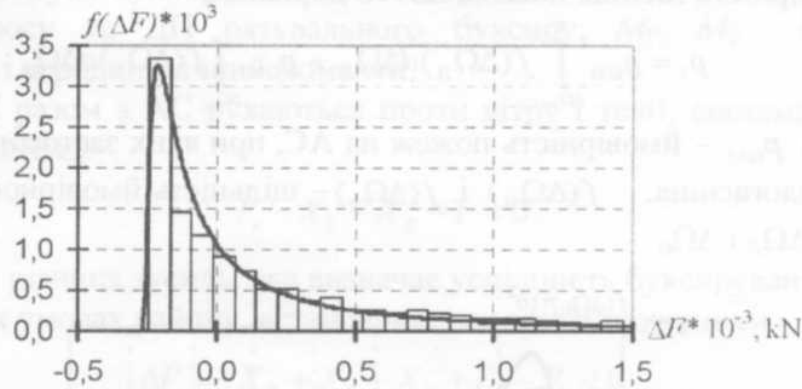


Рис.6 Щільність ймовірності різниці зусиль ΔF

3. Задача гасіння пожежі на аварійному судні. Необхідна для гасіння пожеж комплектація РС протипожежними засобами також визначається початковими даними динамічної задачі і для потреб проектування не вимагає її повного розв'язання. Для цього достатньо розглянути наступні співвідношення:

– для засобів гасіння пожеж струменями води

$$\Delta\Omega_B = \Omega_{BA} - \Omega_{BC};$$

– для засобів піногасіння

$$\Delta\Omega_{II} = \Omega_{IIA} - \Omega_{IIC};$$

де Ω_{IIA} і Ω_{BA} – випадкові величини "площ пожежі" (площ пожежі або еквівалентних, перерахованих на площу, об'ємів пожежі) при піно- та водогасіннях на аварійних суднах; Ω_{IIC} і Ω_{BC} – "площі" піно- та водогасіння, що покриваються протипожежними засобами РС.

Площа, що покривається засобами піногасіння визначається за формулою

$$\Omega_{IC} = \frac{q_p n_p k}{a i_p t_p},$$

де n_p – кількість лафетів піногасіння; q_p – кількість піни, що виробляється одним засобом піногасіння (л); $k=80\div100$ – кратність піни; a – коефіцієнт, який враховує процентний вміст піноутворювача у водному розчині; t_p – розрахунковий час піногасіння (с); i_p – інтенсивність подачі води, л/м²с.

Для визначення площі водогасіння використовується вираз

$$\Omega_w = \frac{q_w n_w}{i_w},$$

де n_w – кількість лафетів водогасіння; q_w – витрати води через пожежний лафет (л/с); i_w – інтенсивність подачі води при гасінні, л/м²с.

Імовірність гасіння пожежі на АС дорівнює

$$p_3 = p_{\Omega 31} \int_{\Delta\Omega_{PC}}^0 f(\Delta\Omega_{II}) d\Delta\Omega_{II} + p_{\Omega 32} \int_{\Delta\Omega_{BC}} f(\Delta\Omega_B) d\Delta\Omega_B,$$

де $p_{\Omega 31}$ і $p_{\Omega 32}$ – ймовірність пожеж на АС, при яких застосовуються засоби піно- і водогасіння; $f(\Delta\Omega_{II})$ і $f(\Delta\Omega_B)$ – щільність ймовірності випадкових величин $\Delta\Omega_{II}$ і $\Delta\Omega_B$.

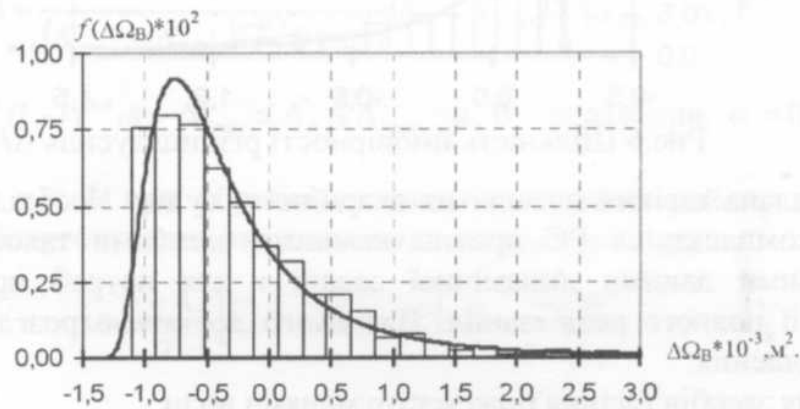


Рис. 7 Щільність ймовірності величини $\Delta\Omega_B$

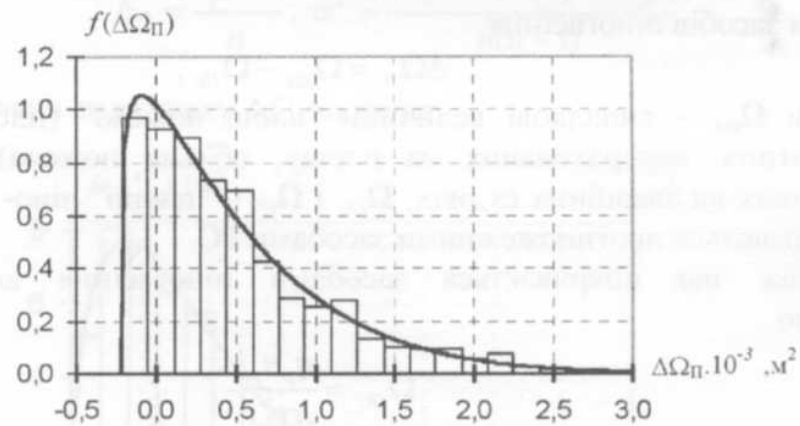


Рис. 8 Щільність ймовірності величини $\Delta\Omega_{II}$

4. задача буксирування аварійного судна на базу. Стационарна система рівнянь для сил і моментів, які діють на РС при буксируванні АС, має вигляд

$$\begin{aligned} -Y_B - Y_T - T \sin \theta_1 + Y_r &= 0; \\ P_e - X_r - X_T - X_B - T \cos \theta_1 &= 0; \\ M_r - M_B - M_T + T l_1 \cos \theta_1 &= 0. \end{aligned}$$

де X_r – гідродинамічна сила, зумовлена рухом РС з кутом дрейфу; X_B – аеродинамічна сила; X_T – гідродинамічна сила, зумовлена течією; P_e – корисна тяга двигуна буксира; T – сила опору АС; θ_1 – кут між напрямом буксирного тросу та ДП рятувального буксиру; M_r , M_T і M_B , – гідродинамічні і аеродинамічний моменти.

Якщо РС разом з АС рухаються проти вітру і течії, система рівнянь руху приймає вигляд

$$P_e - X_r - X_B - T = 0.$$

При цьому різниця зусиль, яка визначає успішність буксирування АС на базу в погодних умовах району, встановлюється співвідношенням

$$\Delta P_e = (X_r + X_T + X_B + T) - P_e < 0.$$

Імовірність успішного буксирування АС на базу обчислюється за формулою

$$p_2 = \int_{\Delta P_{e\max}}^0 f(\Delta P_e) d\Delta P_e.$$

де $f(\Delta P_e)$ – щільність ймовірності випадкової величини ΔP_e .

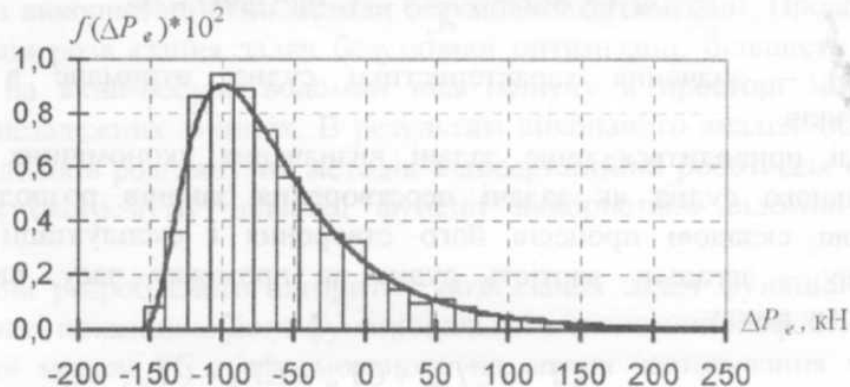


Рис. 9 Щільність ймовірності величини ΔP_e

Четвертий розділ присвячений задачі оптимізації головних елементів РС. У даному розділі спочатку розглядаються теоретичні положення побудови цільової функції задачі оптимізації на основі запропонованої форми критерію "вартість-ефективність". Потім приводиться детальна постановка задачі оптимізації, тобто описуються незалежні змінні, задані

параметри проектування, критерії оптимізації, основні обмеження. За незалежні змінні задачі (вектор X) приймаються: $x_1 = L/B$ – відношення довжини до ширини; $x_2 = B/T$ – відношення ширини до осадки; $x_3 = D/T$ – відношення висоти борту до осадки; $x_4 = C_b$ – коефіцієнт загальної повноти; $x_5 = N_e$ – потужність головного двигуна (ГД), кВт; $x_6 = R_{11}$ – дальність плавання за запасами палива. До параметрів завдання на проектування РС (вектор U) віднесено наступні величини: тип РС, тип ГД, тип і склад спеціального устаткування, чисельність екіпажу $N_{ЭК}$, район плавання.

Допустима область пошуку сформована системою обмежень, яка містить 31 нерівність. До системи обмежень віднесені:

– двосторонні обмеження на значення незалежних змінних, які потім замінені односторонніми обмеженнями: $x_i - (x_i)_{\min} \geq 0$; $(x_i)_{\max} - x_i \geq 0$.

– вимоги, зумовлені умовами побудови, експлуатації і безпекою плавання: до максимальної ширини, осадки, довжини, нижньої межі метацентричної висоти, плавучості, плавності хитавиці, остійності при ривку буксирного троса, параметрів діаграми статичної остійності. Усі вищевказані функціональні обмеження представлені односторонніми нерівностями виду $g_j(X, U) \geq 0$. Для цього використана одна з наступних формул:

$$g_j(X, U) = \frac{A_j}{a_j(X)} - 1 \quad \text{при } a_j(X) \leq A_j,$$

$$g_j(X, U) = \frac{a_j(X)}{A_j} - 1 \quad \text{при } a_j(X) \geq A_j,$$

де $a_j(X)$ – значення характеристики судна, отримане в результаті розрахунків.

Далі приводиться опис задачі визначення економічних показників рятувального судна як задачі перетворення законів розподілу цін на початкові складові процесів його створення і експлуатації в кінцеву величину – загальну вартість судна на проміжку часу, що дорівнює життєвому циклу:

$$CT = CT_{пр} + CT_{п} + CT_{э} + CT_{у},$$

де $CT_{пр}, CT_{п}, CT_{э}, CT_{у}$ – математичне сподівання або інша ймовірнісна характеристика витрат відповідно на проектування, побудову і експлуатацію РС, включаючи його відновлення і утилізацію.

Для визначення ймовірнісних характеристик вартості РС використано один з методів стохастичного моделювання (метод Монте-Карло). Для апроксимації законів розподілу цін на початкові складові і підсумкову загальну вартість РС використано криві розподілу Пірсона.

Далі наводиться опис математичної моделі технічних і морехідних якостей рятувального судна, яка є системою математичних виразів, що відображають масове навантаження судна, властивості його плавучості, початкової остійності, остійності при великих кутах крону, ходовості (регресійні залежності Холтропа) і морехідності (втрата швидкості на хвилюванні) судна у взаємозв'язку з його основними елементами і

характеристиками. У ній відповідно до початкових даних (набором незалежних змінних, заданими параметрами на проектування) обчислюються головні елементи РС (головні розміри, коефіцієнти повноти. І т.п.).

У цьому розділі також обґрунтовується вибір методу оптимізації основних характеристик рятувального судна. Наголошується, що існує два основні підходи до розв'язання оптимізаційної задачі за допомогою імітаційного моделювання. Перший підхід полягає у прямій оцінці за допомогою імітаційної моделі значень цільової функції на основі сгенерованих значень незалежних змінних. Другим підходом є використання моделі поверхні відгуку. У роботі для визначення ймовірнісних характеристик цільової функції та інших складових оптимізаційної задачі використовується перший з вказаних методів. Потім для пошуку екстремуму цільової функції вже детермінованої оптимізаційної задачі застосовуються методи математичного програмування.

За допомогою методу штрафних функцій задача оптимізації з обмеженнями зводиться до задачі без обмежень, при розв'язанні якої можуть бути використані різні методи безумовної оптимізації. Проводиться аналіз методів розв'язання задач безумовної оптимізації. Більшість з яких опирається на який-небудь водомий вид пошуку в просторі можливих комбінацій незалежних змінних. В результаті виконаного аналізу основних переваг і недоліків розглянутих методів в дисертаційній роботі для потужу безумовного екстремуму цільової функції використано відомий метод Пауелла.

На основі розробленого алгоритму розв'язання задач функціонування РС. визначення показників його функціональної і економічної ефективності, математичної моделі РС і сформованого на основі застосування методів імітаційного моделювання способу розв'язання стохастичної задачі оптимізації створено загальний алгоритм визначення головних елементів РС

У **п'ятому розділі** наведено результати перевірки адекватності і чутливості розробленої моделі, а також достовірності результатів, які отримано за допомогою розробленої на її основі методики визначення головних розмірів РС. Ці результати показали, що розрахунки за допомогою розробленої математичної моделі РС характеристик суден, які експлуатуються в даний час. приводить до результатів, максимальна похибка яких не перевищує 7.5 %. Це свідчить про адекватність отримуваних результатів і їх достовірність. Перевірка чутливості моделі показала, що найбільший вплив на цільову функцію чинять варіації потужності головного двигуна і коефіцієнта загальної повноти C_v .

У даному розділі також наведено приклад розв'язання задачі визначення головних елементів рятувального судна за допомогою розробленої методики. З метою апробації розробленої методики на задачах господарського комплексу України виконано розрахунки оптимальних

головних елементів рятувального буксира для першого (північно-західного) району чорноморської економічної зони України. При цьому як цільова функція використано мінімум математичного сподівання показника "вартість-ефективність".

На основі наявних даних по району аварійно-рятувального обслуговування складені наступні початкові дані для розв'язання поставленої задачі:

– характеристики потоку аварій: часовий потік з розподілом Пуассона і середнім числом аварій в рік $a = 20,6$;

– імовірність появи аварії певного типу в районі: тип 1 (посадки на міліну): 0,41 (41,5 % від загальної кількості аварій); тип 2 (втрати ходу): 0,3228 (32,28 %); тип 3 (пожежі): 0,0615 (6,15 %).

– габарити району $L_p \times B_p = 150 \times 120$ миль;

– розташування АС в районі обслуговування: щільність ймовірності місць аварій за координатою ξ визначаються нормальним законом розподілу, за координатою η – бета-законом розподілу, із значеннями:

тип 1: $\mu_{\xi A1} = 10$; $\sigma_{\xi A1} = 55$; $\mu_{\eta A1} = 38$; $\sigma_{\eta A1} = 22$; $\eta_{A1max} = 120$; $\eta_{A1min} = 0$;

тип 2: $\mu_{\xi A2} = 15$; $\sigma_{\xi A2} = 75$; $\mu_{\eta A2} = 38$; $\sigma_{\eta A2} = 22$; $\eta_{A2max} = 120$; $\eta_{A2min} = 0$;

тип 3: $\mu_{\xi A3} = 5$; $\sigma_{\xi A3} = 25$; $\mu_{\eta A3} = 38$; $\sigma_{\eta A3} = 22$; $\eta_{A3max} = 120$; $\eta_{A3min} = 0$.

– погодні умови району визначаються за швидкостями вітру – законом Вейбула з параметром $V_{0,5} = 17,5$ м/с; $\gamma = 2$; за інтенсивністю хвилювання – логнормальним законом з параметрами: $(h_{3\%})_{05} = 5$ м; $s = 1,5$.

– закон розподілу водотоннажності суден, які потерпіли аварії в районі: Бета-закон розподілу з параметрами, $\mu_{\Delta_{AC}} = 9000$; $\sigma_{\Delta_{AC}} = 6000$; $\Delta_{max}^* = 50000$ т, $\Delta_{min}^* = 100$ т.

Результати розрахунків головних елементів РС для даного району приведено в таблиці 1.

У додатках наведено основи методу пошуку оптимуму, проміжні результати розрахунків, акти впровадження результатів роботи.

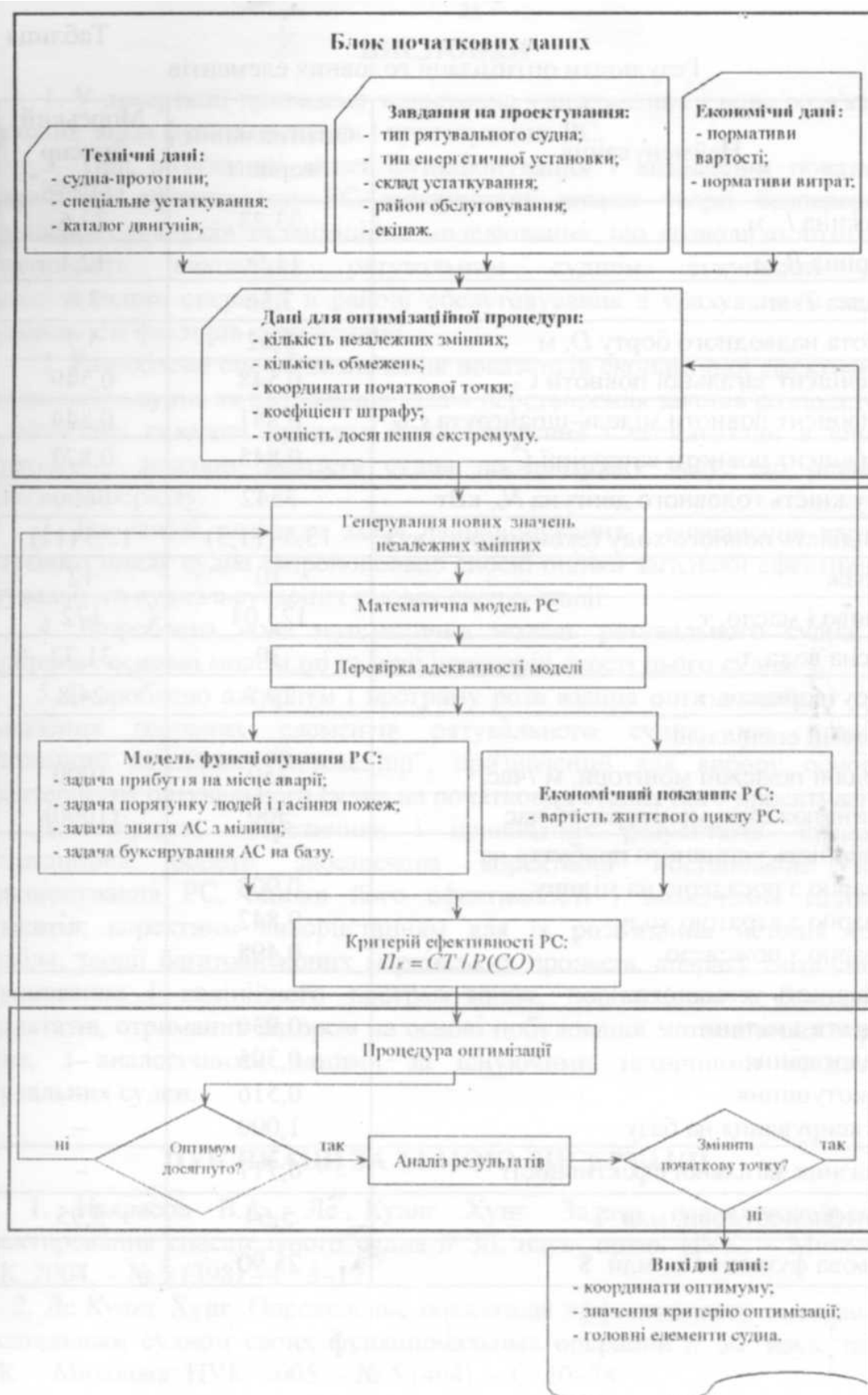


Рис. 10 Укрупнена блок-схема алгоритму

Таблиця 1

Результати оптимізації головних елементів

Найменування	Оптимальний варіант	Морський буксир "Гермес"
Довжина L , м	33,23	33,6
Ширина B , м	11,96	12,1
Осадка T , м	3,56	3,6
Висота надводного борту D , м	5,62	5,7
Коефіцієнт загальної повноти C_b	0,548	0,549
Коефіцієнт повноти мідель-шпангоута C_M	0,881	0,844
Коефіцієнт повноти ватерлінії C_w	0,845	0,873
Потужність головного двигуна N_e , кВт	3542	3650
Швидкість повного ходу (економічна), вуз	13,5 (11,5)	12,5 (11)
Екіпаж	10	12
Паливо і масло, т	123,04	172
Прісна вода, т	30	31,72
Піноутворювач, т	19,8	24,8
Системи спеціальні:		
– водяні пожежні монітори, м ³ /час:	750	1000
– пінні пожежні монітори, м ³ /час	300	(1000)
Імовірність успішного прибуття на:		
– аварію з посадкою на міліну	0,908	–
– аварію з втратою ходу	0,842	–
– аварію з пожежею	0,498	–
Імовірність успішного:		
– зняття з мілини	0,930	–
– водогасіння	0,395	–
– пінотушіння	0,516	–
– буксирування на базу	1,000	–
Показник загальної ефективності	0,717	–
Вартість побудови, млн. \$	5,64	5,95
Цільова функція P_E , млн. \$	25,90	–

1. У дисертації приведено теоретичне узагальнення і нове розв'язання наукових задач функціонування і проектування РС.

2. При розв'язанні задач функціонування і визначенні показників економічної ефективності РС використано апарат теорії безперервних марківських процесів та імітаційне моделювання, що дозволило визначити ефективність виконання рятувальним судном сукупності його функціональних операцій в районі обслуговування з урахуванням впливу випадковості факторів експлуатації.

2. Розроблено спосіб визначення показників економічної ефективності рятувального судна як розв'язання задачі перетворення законів розподілу цін на початкові складові процесів його створення і експлуатації в кінцеву величину - загальну вартість судна на проміжку часу, що дорівнює життєвому періоду.

3. На основі розгляду задач функціонування і визначення вартості життєвого циклу судна запропоновано спосіб оцінки загальної ефективності рятувального судна в сучасних умовах експлуатації.

4. Розроблена нова математична модель рятувального судна, яка відображає основні морехідні та інші інженерні якості цього судна.

5. Розроблено алгоритм і програму розв'язання оптимізаційної задачі визначення головних елементів рятувального судна, які утворили програмний комплекс "RescueShip". призначений для вибору основних характеристик рятувального судна на початкових етапах його проектування.

Достовірність теоретичних і прикладних результатів, висновків дисертаційної роботи забезпечена коректною постановкою задач функціонування РС, оцінки його ефективності і визначення головних елементів, коректним використанням для їх розв'язання методів теорії корабля, теорії багатовимірних марківських процесів, апарату імітаційного моделювання і нелінійного програмування, порівнянням і близькістю результатів, отриманих автором на основі побудованої математичної моделі судна, з аналогічними даними за існуючими технічними проектами рятувальних суден.

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Некрасов В. А., Ле Куанг Хунг. Задача исследовательского проектирования спасательного судна // 36. наук, праць НУК. - Миколаїв: НУК, 2004. - № 5 (398). - С. 3-12.

2. Ле Куанг Хунг. Определение показателя эффективности выполнения спасательным судном своих функциональных операций // 35. наук праць НУК - Миколаїв: НУК, 2005. - № 5 (404). - С. 20-28.

3. Ле Куанг Хунг. Решение оптимизационной задачи определения главных элементов спасательных судов // 36. наук, праць НУК. - Миколаїв: НУК, 2006. - № 1 (406). - С. 53-60."

Особистий внесок здобувача в опубліковані в співавторстві роботи:

[1] - виконано аналіз досліджень і публікацій по співвідношеннях головних розмірів і способах формулювання й розв'язання задач проектування РС, для основних операцій рятувального судна в районі аварійно-рятувального обслуговування сформульовані основні задачі його функціонування, розроблені формули визначення ймовірності виконання цих операцій, здійснено вибір критерію ефективності рятувального судна.

АНОТАЦІЯ

Ле Куанг Хунг. Визначення головних елементів рятувальних суден - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.03 - Механіка та конструювання суден - Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, 2006.

Метою дисертаційної роботи є вдосконалення процесу проектування рятувальних суден на основі створення принципово нової методики визначення його головних елементів для початкових стадій проектування.

Отримано теоретичне узагальнення і нове розв'язання задач функціонування і проектування рятувального судна. При розв'язанні задач функціонування рятувального судна і визначенні показників його функціональної і економічної ефективності використано апарат теорії безперервних марківських процесів і імітаційне моделювання.

Розроблена нова математична модель рятувального судна, алгоритм і програма розв'язання оптимізаційної задачі визначення його головних елементів.

Ключові слова: рятувальне судно, задача функціонування, головні елементи, ефективність, цільова функція, математична модель, імітаційне моделювання, оптимізація.

АННОТАЦИЯ

Ле Куанг Хунг. Определение главных элементов спасательных судов. -Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.03 - Механика и конструирование судов - Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев. 2006.

Целью диссертационной работы является совершенствование процесса проектирования спасательных судов на основе создания принципиально новой методики определения его главных элементов для начальных стадий проектирования.

Получено теоретическое обобщение и новое решение задач функционирования и проектирования спасательного судна. При решении задач функционирования спасательного судна и определения показателей его функциональной и экономической эффективности использован аппарат теории непрерывных марковских процессов и имитационное моделирование. Это позволило определить эффективность выполнения спасательным судном совокупности его функциональных операций в заданном районе обслуживания с учетом влияния случайности факторов эксплуатации.

Определение показателей экономической эффективности спасательного судна осуществлено в результате решения задачи преобразования законов распределения цен на исходные составляющие процессов его создания и эксплуатации в конечную величину - стоимость судна на промежутке времени, равном жизненному периоду.

На основе решения задач функционирования спасательного судна и определения стоимости его жизненного цикла составлен критерий оценки "стоимость-эффективность", определяющий эффективность вложенных средств в выполнение основных спасательных операций судна.

Разработана новая математическая модель спасательного судна, алгоритм и программа решения оптимизационной задачи определения его главных элементов, которые в совокупности образовали программный комплекс "RescueShip", предназначенный для выбора основных характеристик спасательного судна на начальных этапах его проектирования.

Ключевые слова: спасательное судно, задача функционирования, главные элементы, эффективность, целевая функция, математическая модель, имитационное моделирование, оптимизация.

SUMMARY

Le Quang Hung. Determination of main elements of the salvage ships. - Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.08.03 - mechanics and ships design - National University of Shipbuilding named after admiral Makarov, Nikolaev, 2006.

The purpose of this dissertation is to develop the design process of salvage ships on the basis of creation of new method of determination of his main elements for the initial stages of designing.

Theoretical generalization and new decision of problems of functioning and designing of salvage ship is received. At the decision of problems of functioning and designing of salvage ship and determination of his parameters functional and economic efficiency the device of the theory continuous markovian random process and simulation modeling is used.

The new mathematical model of salvage ship, algorithm and program of decision of optimization problems of determination of his main elements is developed.

Keywords: salvage ship, problem of functioning, main elements, efficiency, goal of function, mathematical model, simulation modeling, optimization.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006

Підписано до друку 16.10.06. Папір офсетний. Формат 60х84/16.
Гарнітура "Таймс". Друк офсетний. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк.
1,0. Тираж 100 прим. Зам. № 298. 11, іна договірна.

Друкарня видавництва Національного університету
кораблебудування, 54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5.