

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МОРСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
імені адмірала Макарова

Фаріонова Тетяна Анатоліївна

УДК 629.5.01:629.067

**ІМОВІРНІСНІ МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ
ПРИСТРОЇВ КОЛЕКТИВНОГО РЯТУВАННЯ
НА СУДНАХ**

05. 08. 03 - Механіка та конструювання суден

Автореферат дисертації на
здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Миколаїв - 2003

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі морських технологій Українського державного морського технічного університету імені адмірала Макарова, Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник - доктор технічних наук,
професор **Бугаєнко Борис Андрійович**,
Український державний морський
технічний університет імені адмірала
Макарова, професор кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор **Жуков Юрій Данилович**,
Український державний морський технічний
університет імені адмірала Макарова,
завідувач кафедри морського
приладобудування

кандидат технічних наук
Єгоров Геннадій В'ячеславович,
Морське інженерне бюро, м. Одеса,
генеральний директор.

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

Захист відбудеться **"21" квітня 2003** р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради **Д38.060.01** Українського державного морського технічного університету імені адмірала Макарова за адресою: **54025**, м. Миколаїв, пр. Героїв Сталінграду, **9**

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного морського технічного університету імені адмірала Макарова за адресою: **54025**, м. Миколаїв, пр. Героїв Сталінграду, **9** УДМТУ (головний корпус).

Автореферат розіслано 15 березня **2003** р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради Д **38.060.01**
доктор технічних наук, професор

С.С.Рижков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Конструювання суден безпосередньо пов'язано із забезпеченням безпеки людини на морі. Це є багатогранною проблемою і містить у собі поряд з іншими важливими напрямками проектування технічних засобів для рятувальних операцій за допомогою пристроїв колективного рятування. Останнє передбачає проектну розробку як рятувального пристрою цілком (комплектація, розміщення на судні), так і розробку елементів, що є складовими пристроїв (шлюпок плотів, спускових пристроїв різних типів та ін.). При цьому проєктанти використовують як традиційні методи розрахунків, що спираються на досліди корабельних дисциплін, так і нові, серед яких особливе місце займають імовірнісні, що найбільш повне відображують специфіку функціонування суднових рятувальних пристроїв в умовах експлуатації.

На даний час вимоги Міжнародної конвенції по охороні людського життя на морі (СОЛАС) і норми національних класифікаційних правил регламентують необхідний склад і кількість колективних рятувальних засобів, відповідно до призначення, району плавання суден та ін. Однак вони залишають широкий вибір для суднобудівників і судновласників з погляду типу рятувальних засобів і їхніх можливих комбінацій (шлюпки різних типів, шлюпки і плоти й ін.). При цьому ні конвенційні, ні класифікаційні вимоги не дають апарата для чисельної оцінки ефективності використання того чи іншого рятувального засобу.

Сучасний досвід оцінки ефективності використання засобів колективного рятування розроблено рядом вчених протягом останніх **20-30** років. Великий внесок зробили М.Н. Александров (основоположник вітчизняної теорії безпеки людини на морі), Б.А. Бугаєнко (імовірнісна оцінка проведення рятувальних операцій), Є.Г. Пасютин (розрахунок ефективності гравітаційних шлюпбалок), В.Д. Чеховський (розрахунок спуска рятувальних засобів на хвилюванні), Шрекенбеккер (імовірнісне моделювання проведення рятувальних операцій із суден). Однак ці дослідження містять лише чисельні оцінки окремих складових процесу евакуації.

Разом з тим необхідний комплексний підхід по оцінці всіх складових процесу рятування. При традиційному підході дана проблема вимагає величезної аналітичної обробки статистичного матеріалу по аварійності флоту, взаємозалежних зусиль фахівців класифікаційних організацій, розроблювачів рятувального устаткування, рятувальних служб і ін.

Тому доцільно відокремити складові процесу рятування як модулі загальної проблеми безпеки на морі. Ці складові залежать від багатьох факторів, які мають випадковий характер. Тому актуальною є проблема розробки імовірнісного методу проектування на базі оцінки ефективності використання колективних рятувальних засобів на суднах.

Зв'язок роботи з науковими програмами.

Дисертаційна робота виконана у рамках державної наукової програми з пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки на 1999-2003 роки за напрямком "Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології -"Підвищення ефективності та довговічності машин і конструкцій". Результати роботи використовувалися у НДР № 010011001907.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розвиток імовірнісних методів проектування пристроїв колективного рятування в частині конкретних розрахункових процедур визначення ймовірності успішного залишення судна та розробці на базі цього критеріїв для ухвалення рішення про оптимальний склад колективних рятувальних засобів, оцінці їх ефективності для різних типів суден (морських технічних споруд) як основи забезпечення заданої ймовірності рятування при конструюванні окремих елементів колективних рятувальних пристроїв та всього рятувального пристрою судна в цілому.

У досягнення поставленої мети вирішуються наступні задачі:

- визначення основної формальної структури прийняття рішень про комплектацію колективними рятувальними засобами при проектуванні, переобладнанні суден та морських технічних споруд, обґрунтування типорозмірних рядів для виробників рятувальних засобів,

розробка загальної схеми розрахунку імовірності успішного проведення окремих складових процесу рятування;

- розробка математичної моделі визначення розрахункової оцінки імовірності успішного залишення судна за допомогою колективних рятувальних засобів, що містить у собі наступні етапи: визначення закону розподілу часу збору і посадки людей у колективний засіб рятування, розрахунок імовірності безвідмовної роботи й основних показників надійності спускових пристроїв, розрахунок імовірності успішного спуска колективних рятувальних засобів, оцінка імовірності успішного відходу засобів колективного рятування на безпечну відстань;

- формування оцінної функції з урахуванням імовірності успішної евакуації, масогабаритних показників та коштовності колективних рятувальних засобів та інших параметрів; обґрунтування вибору критеріїв для оптимізації оцінної функції з урахуванням ризику;

- розробка конкретних проектних процедур імовірнісних методів розрахунку надійності спускових пристроїв, вибору типу і состава колективних рятувальних засобів для різних типів суден на базі запропонованої математичної моделі.

Об'єкт дослідження - проектування судових рятувальних пристроїв.

Предмет дослідження - імовірнісні методи проектування пристроїв колективного рятування на судах.

Методи дослідження. Використано методи теорії імовірності та масового обслуговування для дослідження законів розподілу імовірності успішної евакуації за допомогою засобів колективного рятування, методи теорії надійності для розрахунку безвідмовної роботи спускових пристроїв, методи теорії прийняття технічних рішень для формування математичної моделі задачі про оптимальний склад колективних рятувальних засобів та вирішення її на базі класичних та похідних критеріїв теорії прийняття технічних рішень.

Наукова новизна одержаних результатів, полягає в наступному:

- створено концепцію, яка, урахувуючи механіку поведінки судна, колективних рятувальних засобів та пристроїв для їх спуску, узагальнює та розвиває розбивку процесу евакуації на окремі етапи, для яких удосконалені розрахункові схеми оцінки імовірності проведення кожного з них та математична модель розрахунку послідовності проведення всіх етапів в загальній схемі евакуації, методи розрахункової оцінки імовірності безвідмовної роботи спускових пристроїв. Вперше якісні оцінки проведення кожного із етапів евакуації були змінені на кількісні, для чого розроблено відповідний математичний апарат, у тому й для розрахунку надійності спускових пристроїв;

- доопрацьовано метод теорії прийняття технічних рішень та поширено на нових клас систем - колективні рятувальні засоби морських суден (морських технічних споруд) ~ по створенню поля проектних рішень, що розглядаються, з урахуванням зовнішніх умов і варіантів комплектації рятувальними засобами того чи іншого типу. Для обробки матриці використовувалися критерії теорії прийняття технічних рішень, які ураховують невизначеність. Вперше запропоновано аварійні випадки, типи суден та ін. інтерпретувати як зовнішні умови, а комплектацію суден (морських технічних споруд) рятувальними засобами та пристроями для їх спуску, як варіанти технічних рішень;

- розроблено новий вид оцінної функції щодо колективних рятувальних засобів, в основу якого положено відношення імовірності успішного проведення евакуації к коштовності та масогабаритним показникам рятувальних засобів. Вперше запропоновано розглядати оціную функцію з урахуванням імовірнісних факторів проведення евакуації та масогабаритних показників рятувальних засобів і їх коштовності; вперше запропоновано чисельний апарат для оцінки ризику життя людини при проведенні евакуації за допомогою колективних засобів рятування та одержані чисельні оцінки ризику для окремих випадків.

Наукове значення мають наступні результати роботи:

- математична модель оцінки ефективності застосування засобів колективного рятування на базі класичної теорії прийняття рішень;

- математична модель проведення евакуації із суден та морських технічних споруд з урахування імовірнісного впливу її складових;

- залежність впливу часу експлуатації спускових пристроїв колективних рятувальних засобів на показники їх надійності.

Практичну цінність мають:

- проектна методика розрахунку надійності спускових пристроїв колективних рятувальних засобів;
- імовірнісні закони розподілу часу проведення складових частин та в цілому операції залишення судна, що отримані в результаті виконання чисельного експерименту щодо оцінки ефективності використання рятувальних засобів;
- методика розрахунку ризику при використанні засобів колективного рятування з суден та морських технічних споруд;
- проектна методика розрахунку ефективності використання рятувальних засобів на судах.

Методика "Розрахунок ефективності використання рятувальних засобів на судах" (УКФА 360041-001), яка розроблена на основі виконаних досліджень, може бути використана в практиці конструкторських бюро, суднобудівних підприємств, класифікаційних товариств при виборі оптимального складу засобів колективного рятування як на стадії проектування так і на етапі переустаткування судна. Крім того за допомогою розробленої методики можна оцінити рівень ефективності засобів рятування на судах, що вже експлуатуються, і порівняти їх безпеку з припустимим рівнем ризику, установленим для технічних систем.

Результати дослідження у формі методики "Розрахунок ефективності використання рятувальних засобів на судах" (УКФА 360041-001) впроваджені у наступних організаціях: Державне підприємство "Суднобудівний завод ім. 61 комунара" (м. Миколаїв), Державна акціонерна холдінгова компанія "Чорноморський суднобудівний завод" (м. Миколаїв), Відкрите акціонерне товариство Феодосійська суднобудівна компанія "Море" (м. Феодосія), Відкрите Акціонерне товариство "Центральне конструкторське бюро "Шхуна" (м. Київ). Використання результатів роботи у визначених організаціях підтверджується відповідними документами.

Застосування методики дозволяє якісно поліпшити процес вибору засобів колективного рятування з урахування їх тактико-технічних характеристик і економічних показників, а також з погляду забезпечення мінімізації ризику для людського життя при проведенні евакуації.

Окрім результати роботи використовуються у навчальному процесі Українського державного морського технічного університету імені адмірала Макарова (м. Миколаїв).

Особистий внесок здобувача полягає в розробці математичної моделі оцінки імовірності успішної евакуації з використанням засобів колективного рятування; обґрунтуванні застосовності критеріїв ухвалення технічного рішення для вибору кращого складу засобів колективного рятування на судах і морських технічних спорудженнях; розробці методики і програмного забезпечення для розрахунку ефективності використання рятувальних засобів на судах.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Українського державного морського технічного університету (1997-2002 р.р.); Міжнародному науково-практичному симпозиумі "Проблеми суднобудування: стан, ідеї і рішення" (м. Миколаїв, 1997 р.); Міжнародної науково-технічної конференції "Безпека мореплавання і її забезпечення при проектуванні і будівлі суден" (м. Миколаїв, 2001 р.).

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано у сьомох статтях, отримано деклараційні патенти на винаходи № 39812А та № 45638А "Пристрій для рятування з висотних інженерних споруд", патент України на винахід № 39812 "Пристрій для рятування з висотних інженерних споруд".

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, 4 розділів і висновків, у додатках приведені пояснювальні матеріали, що не вийшли до основного змісту роботи, тексти програм для ПЕОМ, документи, що підтверджують впровадження основних результатів дослідження.

Обсяг дисертації складає 153 сторінки машинописного тексту та 103 сторінок додатків, 38 рисунків і 24 таблиць. Бібліографія містить 61 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність, сформульовано мету та задачі дослідження, відбито наукову новизну та практичну цінність роботи подано перелік основних результатів, що виносяться на захист.

У розділі 1 представлено загальну характеристику проблеми безпеки на морі і визначене значення суднових пристроїв колективного рятування у її рішенні, надано огляд існуючих методів їх проектування.

При розгляді проблеми безпеки в цілому на транспорті, відзначено, що ризик для життя людини характерний для будь-якого засобу пересування. Однак тільки на водяному транспорті для рятування людських життів застосовуються засоби колективного рятування. Це обумовлено особливістю ситуації, що відрізняє аварії морських суден (морських технічних споруд) від аварій наземних і повітряних транспортних засобів. Завдяки значним розмірам морських суден, запасу їх водотоннажності, властивостям навколишнього середовища в більшості випадків існує досить тривалий проміжок часу від моменту виникнення критичної ситуації до остаточної загибелі судна. За цей період людям може бути надана допомога з залученням, як власних засобів рятування, так і засобів, що мають на інших судах і берегових рятувальних станціях.

В даний час, відповідно до конвенційних вимог і вимог національних класифікаційних організацій, усі судна повинні бути укомплектовані колективними рятувальними пристроями. В останні два десятиліття значна увага приділялася удосконалюванню суднових рятувальних пристроїв. Це обумовлено, з одного боку, вимогами по забезпеченню охорони людського життя на морі, що зросли, і, з іншого боку, появою нових ідей і конкретних технічних рішень у цій області. Виправлення до Конвенції СОЛАС 1983 і 1995 років дозволяють застосовувати для рятування людей із суден і морських технічних споруд нові нетрадиційні засоби колективного рятування, вимагаючи, щоб вони забезпечували рівень захисту людей, що рятуються, не менш чим конвенційні засоби.

Успіх рятувальної операції залежить від численних факторів: своєчасності подачі сигналу нещастя, ступеня спеціальної підготовки екіпажа, надійної й ефективної роботи рятувальних засобів і пристроїв для їх спуска, належної організації робіт берегової рятувальної служби з використанням засобів авіації для виявлення тих, що терплять нещастя, і надання їм допомоги та ін.

Однак, не знижуючи ролі всіх етапів рятувальної операції, слід зазначити, що саме перший етап - евакуація людей із судна, що гине - представляється найбільш відповідальним і складним. Це зв'язано з різноманітністю аварійних ситуацій, специфічними умовами протікання аварій суден різних типів і розмірів, різноманітністю рятувальних засобів, зовнішніми умовами, що швидко змінюються.

Тому основними напрямками дійсного дослідження є аналіз всіх елементів, що входять в операцію по евакуації людей із судна, що гине, розробка математичної моделі процесу евакуації, обґрунтування критеріїв і на цій основі розробка методики визначення оптимального варіанта складу рятувального пристрою. Вибір варіанта рятувального устаткування для судна в даний час здійснюється згідно з вимогами класифікаційних організацій по конвенційному устаткуванню і пропозиції заводів-виготовлювачів цього устаткування. Задоволення вимог класифікаційних організацій не означає автоматичного вибору найбільш ефективного варіанта. Це тим більше відноситься до впровадження пристроїв нових типів, створення яких характерно для останніх десятиліть. Тому розробка методу чисельної оцінки ефективності евакуації за допомогою колективних рятувальних засобів є актуальною.

Успішне залишення людьми судна, що терпить аварію, залежить від ряду факторів: часу збору, посадки людей у колективні рятувальні засоби, часу спуска цих засобів на воду, безвідмовної роботи спускових пристроїв під час спуска і часу наростання нахилень аварійного судна до значень крену і диференту, при яких робота спускових пристроїв неможлива.

Необхідне співвідношення між сумарним часом збору, посадки людей у колективні засоби рятування, спуска і відходу від судна, з одного боку, і часу наростання нахилень судна в аварійних умовах, при яких можливо успішне залишення судна людьми, з іншої сторони таке, що перше повинно бути менше другого.

Кожна з цих величин залежить від великого числа важко передбачуваних факторів і є випадковою величиною. Тому при визначенні успіху першого етапу рятувальної операції, ми

будемо оперувати поняттям імовірності (у визначенні якої відразу закладений можливий фактор ризику) успішного залишення судна людьми.

Метою роботи є розробка конкретних проектних розрахункових процедур визначення ймовірності успішного залишення судна та розробка на базі цього критеріїв для ухвалення рішення про оптимальний склад колективних рятувальних засобів, оцінка їх ефективності для різних типів суден (морських технічних споруд) як основи забезпечення заданої імовірності рятування при конструюванні окремих елементів колективних рятувальних пристроїв та всього рятувального пристрою судна в цілому.

У **розділі 2** представлено огляд основних методів прийняття рішень, визначене місце пропонованого підходу в сукупності основних методів теорії прийняття технічних рішень і його практичне застосування до аналізу ефективності колективних рятувальних засобів.

Ухвалення рішення являє собою вибір одного з деякої безлічі розглянутих варіантів: $E_i \in E$. У загальному випадку кількість варіантів $E_1, E_2, \dots, E_i, \dots$

нескінченна. Однак на практиці ми маємо справу з обмеженою безліччю варіантів.

Кожному припустимому варіанту рішення E_i внаслідок різних зовнішніх умов можуть відповідати різні зовнішні стани F_j і результати e_{ij} рішень. Сімейство рішень описується матрицею.

Під результатом рішення e_{ij} розуміють кількісну оцінку, що відповідає варіанту E_i й умовам F_j , що характеризує економічний ефект (прибуток), корисність, надійність, безпеку й ін. Такий результат називають корисністю рішення. Щоб прийти до однозначного і по можливості найкращому варіанту рішення, коли якимсь варіантам рішень E_i можуть відповідати різні зовнішні

умови F_j , необхідно розглянути всю сукупність оцінок e_{ij} . Для цього вводять поняття оцінної (цільовий) функції. Задача оцінної функції - охарактеризувати за допомогою одного чисельного значення e_r всі можливі наслідки рішення E_i . При цьому матриця рішень $\|e_{ij}\|$ зводиться до одного стовпця, а процес

ухвалення рішення - до пошуку варіанта з найбільшим значенням результату e_r .

Вибір оптимального варіанта здійснюється за допомогою класичних і похідних критеріїв теорії прийняття технічних рішень: мінімаксного (MM), Байєса-Лапласа (BL), Севіджа (S), Гурвиця (HW), Ходжа-Лемана (HL), Гермейєра (G), BL (MM)-критерію, добутку (P).

Той варіант, що вибирається відповідно до більшості критеріїв і є шуканим.

Стосовно до проблеми колективних рятувальних засобів варіанти рішення $E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_n$ можуть формуватися як різні випадки сполучення засобів колективного рятування. Під зовнішніми умовами F_j маються на увазі ситуації, при яких виникає необхідність використовувати засоби колективного рятування по прямому призначенню. Це насамперед аварійні ситуації, що приводять до загибелі судна. Під результатом рішення e_{ij} розуміють кількісну оцінку корисності варіанта рішення при розглянутих зовнішніх умовах. У даному випадку успішне проведення евакуації з аварійного судна з використанням засобів колективного рятування.

Під кількісною оцінкою варто приймати імовірність успішного проведення всієї евакуації або її складових частин, що входять у загальну інтегральну схему. Недоліком використання як результат лише імовірнісного параметра, обумовлене тим, що при цьому не враховуються економічні витрати на досягнення цієї мети. Крім того, часто на суднах визначальними параметрами є масогабаритні показники засобів колективного рятування (пасажирські, рибальські).

Тому вибір функції для оцінки варіанта рішення є досить складним, а її вид багато в чому залежить від конкретного випадку:

$$e_{ij} = f_{ij}(P, W, m, L, B, T, \dots),$$

де P – імовірнісний параметр, W – вартісної параметр, m, L, B, T – масогабаритні показники.

Колективні рятувальні засоби встановлюються на судно в процесі будови чи модернізації. Тому ще на стадії проектування виникає ситуація, зв'язана з необхідністю прийняття рішень.

При цьому можуть розглядатися два випадки: для конкретного судна і для будівельної серії суден. При виборі якості і кількості рятувальних засобів на першому етапі необхідно задовольнити вимоги Регістра. Вимоги ці допускають відносну волю вибору типу колективних засобів рятування і пристроїв для їхнього спуска традиційного типу. Крім того, можливе застосування нових альтернативних нетрадиційних конструкцій і способів. Аналогічно обстоїть справа і при модернізації. У цих випадках ефективність колективних рятувальних повинна бути співвіднесена до одного чи ряду суден одних розмірів.

Трохи інакше виглядає ситуація при розробці рятувального устаткування фірмою-виготовлювачем. Тут ставиться питання про стандартизацію й уніфікацію рятувальних засобів і спускових пристроїв з метою установки їх на судна різного розміру і призначення. При цьому ефективність цих засобів повинна бути максимальна, а витрати, по можливості мінімізовані. У цьому випадку рятувальні засоби, як предмет суднової техніки, можна розглянути на судах різних розмірів і призначень і узагальнити шляхом обробки матриці другого порядку, де як результати будуть виступати оцінки попереднього етапу для окремих типів суден.

З цього варто зробити висновок, що первісним виступає рішення питання стосовно до судна конкретного призначення розміру.

Накопичений статистичний матеріал за умовами загибелі суден різного призначення в залежності від розміру, віку дозволяє як зовнішні стани виділити категорії аварій: посадки на ґрунт, пожежі, вибухи, зіткнення, перекидання. Однак у випадку для нетрадиційного типу судна, через недостатність інформаційного матеріалу матриця рішень може бути виродженою. А ухвалення рішення звестися до простого перебору варіантів.

Відповідь на питання про кількість реалізацій рішення полягає в тому, що рішення реалізується іноді однократно, а іноді багаторазово.

Питання вибору рівня ризику, що допускається, для людського життя, а тим більше з урахуванням економічних витрат, не простий. З ним зіштовхуються у всіх областях техніки. На нього впливає як готовність сучасного суспільства погодиться з тим чи іншим рівнем ризику загибелі людини, так і з економічними показниками заходів щодо його зниження. За даними оцінок закордонних і вітчизняних фахівців з цього питання рівень ризику, що допускається, можна прийняти на рівні 10^{-7} - 10^{-6} люд/рік.

Розділ 3 присвячений розробці загальної інтегральної схеми розрахунку імовірності успішної евакуації з аварійного судна, а також імовірності здійснення її окремих етапів, визначенню рівня ризику при проведенні рятувальної операції.

Представлено загальну схему розрахунку імовірності успішної евакуації. Кількісною оцінкою даного етапу є його імовірність P_i . Оскільки події, що є складовими частинами процесу евакуації, незалежні, то P являє собою добуток імовірностей подій його складових:

$$P_s = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot (1 - P_5) \cdot P_6 \cdot P_7,$$

де P_1 - імовірність спрацьовування системи оповіщення; P_2 - імовірність того, що час нахилення аварійного судна до кута, що обмежує можливість роботи спускового пристрою (T_θ), не перевищить час збору, посадки і спуска людей у колективних рятувальних засобах і їх від ходу на безпечну відстань ($T_{\text{вб}}$):

$$T_\theta \geq T_{\text{вб}},$$

P_3 - імовірність безвідмовної роботи спускового пристрою; P_4 - наявність сприятливого режиму хвилювання; P_5 - імовірність руйнування шлюпки в результаті удару об борт судна (даний фактор необхідно враховувати тільки у випадку використання при евакуації рятувальних шлюпок, що спускаються); P_6 - імовірність успішного переходу в плоту типу, що скидаються, (даний фактор необхідно враховувати при використанні плотів типу, що скидаються,); P_7 - імовірність операції збору, посадки людей, спуска і відходу на безпечну відстань засобу колективного рятування.

Детальному розгляду величин P_2, P_3, P_5, P_7 присвячені дослідження розділу 3.

На основі положень теорії масового обслуговування і специфіки проведення операції збору і посадки людей у засоби колективного рятування був отриманий закон розподілу часу збору і посадки людей $T_{c\bar{o}+n}$ як функції часу збору $t_{c\bar{o}}$:

$$T_{c\bar{o}+n} = \begin{cases} 0 & \text{при } t_{c\bar{o}} \leq 0 \\ \frac{N_c}{n\mu} + \frac{1}{N_c} \cdot t_{c\bar{o}} & \text{при } 0 \leq t_{c\bar{o}} \leq t_{c\bar{o}}^* = \frac{N_c}{n\mu} \\ t_{c\bar{o}} + \frac{1}{n\mu} & \text{при } \frac{N_c}{n\mu} = t_{c\bar{o}}^* < t_{c\bar{o}} < \infty \end{cases}$$

де μ - інтенсивність обслуговування (щільність потоку обслуговування), наприклад, посадки людей у колективний рятувальний засіб в одиницю часу; n - число каналів обслуговування (наприклад люків у рятувальній шлюпці, через які проводиться посадка); N_c - кількість людей, приписаних до колективного рятувального засобу, $t_{c\bar{o}}$ - час збору всієї кількості людей N_c , приписаних до рятувального засобу.

Оскільки аргумент $t_{c\bar{o}}$ являє собою випадкову величину, розподілену по нормальному закону з параметрами $m_{t_{c\bar{o}}}$ (математичне чекання часу збору людей, що лінійно залежить від довжини судна) і $\sigma_{t_{c\bar{o}}}$ (середнєквадратичне відхилення часу збору, що лінійно залежить від кількості людей, що знаходяться на судні), то для опису закону розподілу випадкової величини був використаний нормальний закон, а загальний вид щільності розподілу часу збору і посадки людей у колективні засоби рятування $f(t_{c\bar{o}+n})$ визначений автором на основі положень теорії імовірності і теорії масового обслуговування і має вид:

$$f(t_{cб+n}) = \begin{cases} \frac{\alpha \cdot N_{\theta}}{\sigma_{тсб} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\left(t_{cб+n} - \left(\frac{N_{\theta} + 1}{n\mu} \cdot m_{тсб}\right)\right)^2}{2\sigma_{тсб}^2 \left(\frac{1}{N_{\theta}}\right)^2}} & \text{при } 0 < t_{cб+n} \leq \frac{N_{\theta} + 1}{n\mu} \\ \frac{\alpha}{\sigma_{тсб} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\left(t_{cб+n} - \frac{1}{n\mu} \cdot m_{тсб}\right)^2}{2\sigma_{тсб}^2}} & \text{при } t_{cб+n} > \frac{N_{\theta} + 1}{n\mu} \end{cases}$$

α – нормуючий коефіцієнт ($\alpha > 1$), що знаходиться з умови:

$$\alpha \int_0^{\infty} f(t_{cб}) dt_{cб} = \frac{\alpha}{\sigma_{тсб} \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\infty} \left(e^{-\frac{(t_{cб} - m_{тсб})^2}{2\sigma_{тсб}^2}} \right) dt_{cб} = 1$$

На основі теоретичних викладень автором були зроблені розрахунки імовірності збору і посадки людей для ряду пасажирських і вантажних суден з використанням різних колективних рятувальних засобів, що дозволяє результати використовувати в проектній практиці.

Розглянуто питання надійності спускових пристроїв колективних рятувальних засобів. З урахуванням особливостей їхньої роботи в судових умовах була розроблена методика визначення імовірності безвідмовної роботи спускових пристроїв ($P(t)$) протягом часу експлуатації:

$$P(t) = \exp(-\lambda t), \quad (1)$$

де λ - сумарна інтенсивність відмовлень елементів спускового пристрою в режимах роботи і чекання; t – час експлуатації спускового пристрою, години.

На основі результатів досліджень був зроблений розрахунок надійності спускових пристроїв різного типу з урахуванням часу їх роботи (чотирьохшарнірної гравітаційної шлюпбалки і пристрою для спуску методом вільного падіння) (табл.1).

Таблица 1

Показники імовірності безвідмовної роботи спускових пристроїв

ІМОВІРНІСТЬ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ПРИСТРОЮ		
Час експл., рік.	Тип пристрою	
	4-х шарнірна гравітаційна шлюпбалка	Пристрій для спуску методом вільного падіння
0.5	0.9940	0.9982
1.0	0.9879	0.9965
5.0	0.9411	0.9825
10.0	0.8857	0.9654
20.0	0.7920	0.9342

По результатах розрахунку був зроблений висновок про пріоритетне використання пристроїв для спуска методом вільного падіння, тому що пристрій для спуска колективних рятувальних засобів методом вільного падіння має більш високі показники надійності. Так за 20-літній експлуатаційний період імовірність його безвідмовної роботи на 15% вище, ніж у гравітаційних шлюпбалок. Це свідчить про доцільність його широкого застосування на морських транспортних судах. Оскільки його використання істотно знижує ризик загибелі людей при проведенні евакуації з аварійного судна.

Запропоновано схему розрахунку імовірності безвідмовної роботи комплектів спускових пристроїв для випадку, коли для рятування всієї кількості людей на судні необхідне використання n -ої кількості однотипних рятувальних засобів (наприклад, спускові пристрої для пасажирських судів, або пристрою для спуска шлюпок одного борта на вантажних судах). У цьому випадку імовірність безвідмовної роботи ряду пристроїв визначається по формулі для послідовно з'єднаних елементів :

$$P_{cy} = \prod_{l=1}^n P_{lcy} ,$$

де l – кількість спускових пристроїв, що мають послідовне з'єднання; P_{lcy} – імовірність безвідмовної роботи одного спускового пристрою, розрахована по формулі (1).

На вантажних судах місцями в рятувальних шлюпках кожного борта повинні бути забезпечені всі люди, тому при аваріях, що супроводжуються нахиланням судна не перевищуючих граничних кутів роботи спускових пристроїв, їхню роботу можна розглядати як роботу системи з рівнобіжним з'єднанням елементів, імовірність безвідмовної роботи якої визначається за формулою:

$$P_{cy} = 1 - \prod_{s=1}^k (1 - P_{lcy}) ,$$

де s - число рівнобіжне з'єднаних спускових пристроїв

Отримано закон розподілу щільності імовірності часу успішного проведення операції збору, посадки людей і спуска засобів колективного рятування, що має вид:

$$f(t_{cб+n+cn}) = \begin{cases} \frac{\alpha \cdot N_e}{\sigma_{icб} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\left(t_{cб+n+cn} - \left(\frac{N_e}{n\mu} + t_{cn} + \frac{1}{N_e} m_{icб}\right)\right)^2}{2\sigma_{icб}^2 \left(\frac{1}{N_e}\right)^2}} & \text{при } 0 < t_{cб+n+cn} \leq \frac{N_e + 1}{n\mu} + t_{cn}, \\ \frac{\alpha}{\sigma_{icб} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\left(t_{cб+n+cn} - \frac{1}{n\mu} t_{cn} - m_{icб}\right)^2}{2\sigma_{icб}^2}} & \text{при } t_{cб+n+cn} > \frac{N_e + 1}{n\mu} + t_{cn} \end{cases}$$

де t_{cn} – час спуска рятувального засобу.

На основі імовірнісного моделювання була досліджена задача про можливість руйнування корпусу рятувальної шлюпки в результаті її удару об борт судна від його хитаючи.

Імовірність улучення максимальної швидкості розгойдування на ділянку від 0 до 3,5 м/с (швидкість співударяння регламентована Регістром) складає 0,9999. Розрахункові дані показали, що імовірність того, що шлюпка не зруйнується в процесі її спуска при хитаючи судна (P_5) можна прийняти рівної 1, оскільки максимальна швидкість розгойдування не перевищить максимальної швидкості співударяння, регламентованої нормами Регістру.

Однак слід зазначити, що питання про достатність нормативних вимог для іспитів рятувальних шлюпок вимагає додаткового дослідження.

Уперше зроблена оцінка імовірності успішного відходу колективних рятувальних засобів на безпечну відстань від аварійного судна (порівняння з його довжиною). Отримано закон розподілу щільність імовірності часу відходу, що має вид:

$$f(t_{omx}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{t_{omx}}} e^{-\frac{(t_{omx} - m_{t_{omx}})^2}{2\sigma_{t_{omx}}^2}},$$

де $\sigma_{t_{omx}}$ – середнє квадратичне відхилення часу відходу шлюпки від судна, $m_{t_{omx}}$ – математичне чекання часу відходу, рас читані по формулах:

$$\sigma_{t_{omx}} = \frac{L_c}{3} \left(\frac{1}{v_{cp}} - \frac{1}{v_{max}} \right),$$

$$m_{t_{omx}} = t_{omx_{min}} + 3\sigma_{t_{omx}},$$

де $v_{cp} = 0,5v_{max}$: для рятувальних шлюпок – $v_{max} = 6$ вузлів = 3,08 м/с, $v_{cp} = 1,54$ м/с; для буксирюємих рятувальних плотів – $v_{max} = 2$ вузли = 1,03 м/с, $v_{cp} = 0,51$ м/с;

- для рятувальних шлюпок $\sigma_{t_{omx}} = \frac{L_c}{3} \left(\frac{1}{1,54} - \frac{1}{3,08} \right) = 0,11L_c$, $m_{t_{omx}} = \frac{L_c}{3,08} + 0,33L_c$,

$$f(t_{omx}) = \frac{1}{0,11L_c \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\left(t_{omx} - \left(\frac{L_c}{3,08} + 0,33L_c\right)\right)^2}{2(0,11L_c)^2}}$$

- для рятувальних плотів $\sigma_{t_{omx}} = \frac{L_c}{3} \left(\frac{1}{0,51} - \frac{1}{1,03} \right) = 0,33L_c$, $m_{t_{omx}} = \frac{L_c}{1,03} + 0,99L_c$.

$$f(t_{omx}) = \frac{1}{0,33L_c \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\left(t_{omx} - \left(\frac{L_c}{1,03} + 0,99L_c\right)\right)^2}{2(0,33L_c)^2}}.$$

Дано порівняльний аналіз щільності розподілу часу відходу використанням різних засобів колективного порятунку, результати якого можна використовувати в практичних цілях.

Отримано закон щільності розподілу часу залишення судна за допомогою колективних рятувальних засобів. Щільність розподілу величини $T_{зв}$ - залишення судна має вид:

$$f(T_{зв}) = \frac{1}{CKO_{зв} \cdot \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(T_{зв} - MO_{зв})^2}{2 \cdot CKO_{зв}^2}\right),$$

де $MO_{зв}$ - математичного чекання і $CKO_{зв}$ - середнє квадратичне відхилення часу збору, посадки, спуска і відходу, отримані на підставі положення незалежності подій: часу збору, посадки, спуска і часу відходу:

$$MO_{зв} = m_{t_{сб+пос+сп}} + m_{t_{омх}},$$

$$CKO_{зв}^2 = \sigma_{t_{сб+пос+сп}}^2 + \sigma_{t_{омх}}^2.$$

Уперше запропонована розрахункова методика по оцінці ризику проведенні евакуації з аварійного судна, заснована на порівняльному рівні загибелі 1 людини за 1 рік (r_i) визначаємо по формулі повної імовірності по

$$r_i = \sum_{j=1}^n P(P_{1чел.1год} | F_j),$$

де $P(P_{1чел.1год} | F_j)$ імовірність загибелі 1 людини за 1 рік при аварії, відповідає зовнішньому стану F_j ; n - кількість розглянутих аварійних станів рівнем умовно виправданого ризику, установленого для технічних систем:

$$r_v \leq r_i \leq r_u.$$

Тут $r_v = 10^{-8}$ (люд/рік) - значення виправданого ризику з великим безпечним проміжком, $r_u = 10^{-5}$ (люд/рік) - невиправданий ризик.

У розділі 4 представлено проектну методику для оцінки ефективності засобів колективного рятування, що базується на узагальненні матеріалів

попередніх розділів. Приведено чисельні приклади розрахунку ефективності використання рятувального устаткування з урахуванням інтересів сторін, що займаються виготовленням рятувального устаткування, проектуванням і будівлею суден, здійсненням наглядової діяльності за будівлею й експлуатацією суден.

Одержання чисельної оцінки представлено у виді наступної схеми (рисі). Розглядаються можливі варіанти комплектації судна колективними рятувальними засобами. Формується матриця рішень, потім за допомогою критеріїв теорії прийняття технічних рішень (одного чи сукупності) вибирається найбільш прийнятний варіант комплектації судна засобами колективного рятування.

На основі методики, запропонованої в дослідженні, був проведений порівняльний аналіз ефективності використання рятувальних шлюпок місткістю 150 і 96 чоловік (варіанти рішення J..) для ряду пасажирських суден (зовнішні умови Fi).

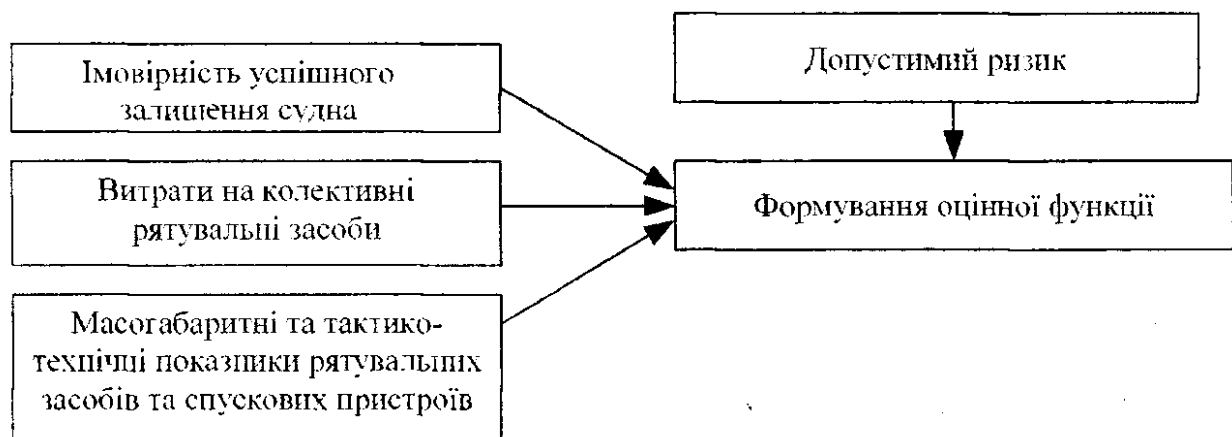


Рис. 1. Розрахунково-оціночна схема проведення рятувальної операції

Для вибору кращого варіанта була використана оцінна функція виду:

$$e_{ij} = \frac{P_{ij}}{MG_{cy}} \quad (2)$$

Тут MG_{cy} – масо-габаритні показники рятувального пристрою, P_{ij} - імовірність успішної евакуації з використанням i -го типу рятувальної шлюпки на j -м судні:

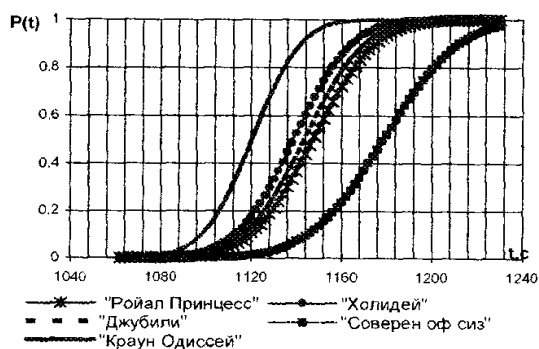
$$P_{ij} = P_2 \cdot P_3 \cdot P_7$$

Графіки розподілу імовірностей успішного залишення судна з використанням рятувальних шлюпок різної пасажиромісткості приведені на рис. 2

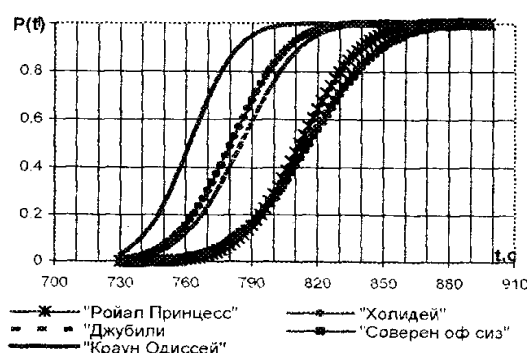
Аналіз надійності комплектів шлюпбалок суден показав, що зі збільшенням числа спускових пристроїв значно знижується імовірність успішної роботи всього комплексу, що підтверджується чисельними оцінками. Для розв'язання протиріччя були застосовані методи теорії прийняття технічних рішень і сформована матриця для вибору кращого варіанта рятувального устаткування (табл. 2).

Таблиця 2

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
E_1	$5,51801 \cdot 10^{-6}$	$2,9744 \cdot 10^{-6}$	$2,5232 \cdot 10^{-6}$	$9,55437 \cdot 10^{-7}$	$8,19094 \cdot 10^{-6}$
E_2	$6,11096 \cdot 10^{-6}$	$2,6451 \cdot 10^{-6}$	$2,2262 \cdot 10^{-6}$	$1,22166 \cdot 10^{-6}$	$7,88981 \cdot 10^{-6}$



а) для рятувальної шлюпки місткістю 150 чоловік



б) для рятувальної шлюпки місткістю 96 чоловік

Графіки розподілу імовірностей успішного проведення збору, посадки, спуска і відходу колективного рятувального засобу

Після обробки матриці рядом критеріїв, що були розглянуті в розділі 2, як кращий варіант був обраний варіант комплектації ряду суден рятувальними шлюпками місткістю 96 чоловік. Рівень ризику при використанні рятувальних шлюпок обох типів знаходиться в межах припустимого для технічних систем і складає $10^{-8} - 10^{-7}$ люд/рік.

Вперше зроблене дослідження з використанням імовірністних методів і критеріальних методів теорії прийняття технічних рішень для вибору типу рятувального засобу вантажного судна: рятувальної шлюпки, що спускається, чи шлюпки вільного падіння.

Аналіз використання рятувальних шлюпок різних типів рятувальних шлюпок: що скидаються і що спускаються (табл. 3) був зроблений на прикладі вантажного судна танкера-продуктовоза дедвейтом 39300/45000 т

Відповідно до теорії прийняття рішень кожному варіанту рішення E , (якими є розглянуті типи рятувальних засобів), відповідають різні зовнішні умови F_i - аварійні ситуації. Для розглянутої задачі скористаємося наступними:

F_1 - нахил судна до граничного кута $\alpha = 20^\circ$, при якому можлива робота шлюпбалки (несиметричне затоплення);

- F_2 – нахил судна до кута $\alpha = 25^\circ$, при якому неможлива робота шлюпбалок (несиметричне затоплення);
- F_3 – поява негативної остійності, при симетричному затопленні.

Таблиця 3

Основні характеристики рятувальних шлюпок

Тип	Кількість, шт	Місткість, чол.	Розміри			Маса, кг	
			L , м	B , м	H , м	Порожньом	Максимальна
Спускаєма Watercraft	2	36	7,364	2,25	2,275	3120	5820
Скидаєма Harding	1	40	11,4	2,46	3,04	6500	9500

Закони розподілу описаних вище випадків вважаються відомими.

Для формування виду оцінної функції при складання матриці рішень використовували наступну залежність:

$$e_{ij} = \frac{P_{ij}}{(m_{сш} + m_{сш}) \cdot S_{нал} \cdot W},$$

де $P_{ij} = P_2 \cdot P_7 \cdot P_3 \cdot P_5$; $m_{сш}$ і $m_{сш}$ відповідно маси рятувальної шлюпки (порожньому) і спускового пристрою; $S_{нал}$ – площа палуби, займана всіма спусковими пристроями рятувальних шлюпок, що є на судні; W – витрати, зв'язані з придбанням і установкою рятувального устаткування (можна опустити, прийнявши припущення про те, що вартість двох комплектів пристроїв і шлюпок типу, що спускається, приблизно рівної вартості пристрою типу, що скидається). Імовірність операцій збору, посадки людей у засіб колективного рятування, а також його спуска і відходу на безпечну відстань (P_7) і величину P_2 визначалася для 9 хвилин евакуації (тому що класифікаційні вимоги нормують час проведення евакуації з аварійного судна – не більш 10 хвилин).

Остаточно матриця рішень для вибору кращого варіанта має вид (табл. 4):

Для вибору кращого рятувального засобу були використані критерії, розглянуті в розділі 2.

Імовірність поява зовнішніх подій $F_j - q_j$ – прийнята рівної 0,333.

У таблиці 5 ілюструємо вибір кращого варіанта, відповідно до розглянутих критеріїв.

Отримані чисельні оцінки для танкера-продуктовоза будівлі Чорноморського суднобудівного заводу показали, що кращим варіантом (при заданих зовнішніх умовах) є використання рятувальних шлюпок типу, що скидається.

Матриця для вибору кращого варіанта

Варіанти рішення	Зовнішні умови		
	F_1	F_2	F_3
Шлюпка, що спускається (E_1)	$3,517 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$4,221 \cdot 10^{-4}$
Шлюпка повільного падіння (E_2)	$4,536 \cdot 10^{-4}$	$8,68 \cdot 10^{-4}$	$5,443 \cdot 10^{-4}$

Таблиця 5

Вибір кращого варіанта рятувального засобу

Варианти рішення	Значення оцінної функції (данні в 10^4)						
	MM	BL	S	HW	HL	G	$P \cdot 10^8$
E_1	3,517	1,399	2,2	5,0	2,449	1,166	95,55
E_2	4,536	1,798	0	6,6	3,141	1,499	211,41
Кращий варіант	E_2	E_2	E_2	E_2	E_2	E_2	E_2

У результаті досліджень був зроблений порівняльний аналіз рівня ризику при використанні розглянутих рятувальних засобів з рівнем припустимого ризику за десятилітній період експлуатації судна.

Для рятувальної шлюпки, що спускається $10^{-8} \leq 5,03 \cdot 10^{-6} \leq 10^{-5}$ Для рятувальної шлюпки, що скидається $10^{-8} \leq 4,72 \cdot 10^{-6} \leq 10^{-5}$ У такий спосіб порівняльний аналіз рівня ризику при використанні різних типів рятувальних шлюпок показав, що обидва типи мають достатню надійність, у відповідність з вимогами з припустимого ризику, установлюваного для технічних систем. Це дозволяє зробити висновок про можливість установки на даному судні рятувальних шлюпок типу, що спускається, хоча вони і мають менший ступінь ефективності при використанні їхній під час рятувальної операції.

Практичне застосування результатів дисертаційних досліджень, що розвивають імовірнісні методи проектування, знайшло своє відображення в розробці методики «Розрахунок ефективності використання рятувальних засобів на суднах» (УКФА 360041 - 001). Суттю методики стали конкретні розрахункові процедури по порівняльній оцінці ефективності використання різних типів рятувальних шлюпок на суднах, що суттєво важливо для прийняття рішень в процесі проектування рятувальних пристроїв як для судна в цілому, так і конструювання елементів пристрою.

ВИСНОВКИ

Науковим завданням, що розв'язано в дисертаційній роботі, є розвиток імовірнісних методів проектування суднових пристроїв колективного рятування. Особливості завдання обумовили вибір засобів її рішення, що базуються на застосуванні методів теорії імовірності і масового обслуговування для формування оцінної функції, яка оброблюється апаратом критеріїв теорії прийняття технічних рішень. Призначення дисертаційної роботи - створення конкретних розрахункових процедур (проектної методики) визначення ймовірності успішного залишення судна та розробка на базі цього критеріїв для ухвалення рішення про оптимальний склад колективних рятувальних засобів, оцінка їх ефективності для різних типів суден (морських технічних споруд), як основи забезпечення заданої імовірності рятування при конструюванні окремих елементів колективних рятувальних пристроїв та всього рятувального пристрою судна в цілому

Результати роботи дають підставу зробити наступні висновки:

1. На основі комплексного аналізу існуючих методів проектування суднових рятувальних пристроїв, бібліографічних джерел і нормативних документів сформульовано висновки про необхідність розробки імовірнісних методів проектування пристроїв колективного рятування для одержання кількісної оцінки ефективності їх використання на суднах.

2. Досліджено питання застосування основної формальної структури прийняття технічних рішень при проектуванні, переобладнанні суден та морських технічних споруд. Сформульовано особливості ситуацій прийняття рішень, зв'язаних з ефективністю оцінкою засобів колективного рятування. Розроблено схему формування виду оцінної функції для оцінки рятувальних засобів при проектуванні.

3. Детально досліджені питання, що охоплюють основну специфіку імовірності успішної евакуації людей з аварійного судна за допомогою суднових колективних рятувальних пристроїв:

- визначено загальну схему імовірності успішної евакуації людей з аварійної судна;

- розроблено проектну методику розрахункової оцінки імовірності успішного залишення судна;
- отримані імовірнісні закони успішного проведення збору і посадки людей у засоби колективного рятування, спуска і відходу їх на безпечну відстань від аварійного судна;
- запропоновано проектну методику дослідження імовірності можливого руйнування корпусу рятувальної шлюпки, що спускається, о борт судна від його хитами;
- розроблено проектні розрахункові процедури для аналізу надійності суднових спускових пристроїв засобів колективного рятування;
- показано, що в суднових умовах і ростом терміну експлуатації найбільш надійними є пристрої, що забезпечують спуск шлюпок методом вільного падіння;
- запропоновано розрахункову схему визначення рівня ризику для життя людини при проведенні евакуації з аварійного судна з використанням колективних рятувальних пристроїв.

4. Результати теоретичних досліджень були застосовані для аналізу ефективності використання шлюпок різної пасажиромісткості на пасажирських суднах. Отримано чисельну оцінку обґрунтованості пріоритетного використання на суднах цього типу шлюпок меншої місткості як з погляду імовірності проведення успішної евакуації, так і з погляду задоволення рівню припустимого ризику, встановленому для технічних систем. Розрахункові оцінки показали що використання рятувальних шлюпок максимальної місткості (що передбачено конвенційними та класифікаційними вимогами), також відповідає рівню припустимого ризику, що встановлено для технічних систем.

5. Аналогічна оцінка була проведена для дослідження ефективності використання різних типів рятувальних пристроїв на вантажному судні. Розрахункові дані показали перевагу над пристроями зі шлюпками, що спускаються, використання пристроїв зі шлюпками типу, що скидаються, як з погляду імовірнісного параметра успішного залишення судна, так і з погляду мінімізації ризику для життя людини при евакуації.

6. Результати дисертаційної роботи знайшли своє практичне застосування в методиці розрахунку ефективності використання рятувальних засобів на суднах, що була впроваджена при проектуванні на ряді підприємств суднобудівної галузі: Державне підприємство "Суднобудівний завод ім. 61 комунара" (м. Миколаїв), Державна акціонерна холдингова компанія "Чорноморський суднобудівний завод" (м. Миколаїв), Відкрите акціонерне товариство Феодосійська суднобудівна компанія "Море" (м. Феодосія), Відкрите Акціонерне товариство "Центральне конструкторське бюро "Шхуна" (м. Київ).

Основні результати дисертації опубліковані в наукових спеціалізованих виданнях

1. Фарионова Т.А. Современное состояние средств коллективного спасения с судов и морских технических сооружений // 36. наук, праць УДМТУ - Миколаїв: УДМТУ, 1998. - №3 (351). - С. 102-107
2. Фарионова Т.А. Схема расчета эффективности эвакуации людей с аварийного судна // 36. наук, праць УДМТУ. - Миколаїв: УДМТУ, 1999. - ЛП>4(364).-С. 39-43.
3. Фарионова Т.А. Исследование раскачивания спасательной шлюпки у борта судна от его качки // 36. наук, праць УДМТУ. ~ Миколаїв: УДМТУ, 2000.-№5 (371). С. 27-35.
4. Фарионова Т.А. Расчетная оценка эффективности использования различных типов спасательных шлюпок на грузовом судне // 36. наук, праць УДМТУ. - Миколаїв: УДМТУ, 2001. - №5 (377). С. 49 - 59.
5. Фарионова Т.А. Расчет основных показателей надежности устройств для спуска коллективных спасательных средств // 36. наук, праць УДМТУ. - Миколаїв: УДМТУ, 1998. - №4 (352). С. 156 - 162.
6. Фарионова Т.А. Формализация выбора состава коллективных спасательных средств транспортных судов // 36. наук, праць УДМТУ. - Миколаїв: УДМТУ, 1998. - №11 (359). С. 13-18.
7. Фарионова Т.А. Определение основных показателей надежности устройств для спуска коллективных спасательных средств // 36. наук, праць УДМТУ. - Миколаїв: УДМТУ, 1998. - №2 (350). С. 91 - 93.
8. Деклараційний патент на винахід України, МПК7 В63В23/00. Пристрій для рятування з висотних інженерних споруд /Бугаєнко Б.А., Галь А.Ф., Фаріонова Т.А. - №39812А, Заявлено 14.05.1999. Надрук. 15.06.2001. Бюл. №5.
9. Патент на винахід України, МПК7 В63В23/00. Пристрій для рятування з висотних інженерних споруд /Бугаєнко Б.А., Гішів А.Ф., Фаріонова Т.А. - №39812, Заявлено 14.05.1999. Надрук. 17.06.2002. Бюл. №6.

10. Деклараційний патент на винахід України, МПК7 B63B23/00. Пристрій для рятування з висотних інженерних споруд/Бугаєнко Б.А., Галь А.Ф., Фаріонова Т.А. - №45638А, Заяшено07.08.2001. Надрук. 15.02.2002. Бюл.№5.

АНОТАЦІЯ

Фаріонова Т.А. Імовірнісні методи проектування пристроїв колективного рятування на судах. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.03 - механіка та конструювання суден. Український державний морський технічний університет імені адмірала Макарова. - Миколаїв, 2003.

Дисертація присвячена розробці імовірнісних методів проектування рятувальних колективних засобів та отриманню кількісної оцінки ефективності їх використання на судах. Досліджені питання застосування основної формальної структури прийняття технічних рішень при проектуванні, переобладнанні суден та морських технічних споруд, специфіки імовірності успішної евакуації людей з аварійного судна за допомогою суднових колективних рятувальних пристроїв, що містить імовірнісні закони проведення як окремих етапів залишення судна, так і в цілому евакуації, розрахунок надійності спускових пристроїв, методику розрахунку рівня допустимого ризику при використанні пристроїв колективного рятування. Результати теоретичних досліджень були застосовані для аналізу ефективності використання пристроїв колективного рятування різних за типом та місткістю на пасажирських та вантажному судах. Розроблено розрахунок методику, яка впроваджена в проектній практиці на ряді підприємств суднобудівної промисловості України.

Ключові слова: суднові колективні рятувальні пристрої, надійність, ризик, імовірність евакуації, критерій прийняття технічних рішень, імовірнісні методи проектування.

АННОТАЦИЯ

Фарионова Т.А. Вероятностные методы проектирования устройств коллективного спасения на судах. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.03 - механика и конструирования судов. Украинский государственный морской технический университет имени адмирала Макарова. - Николаев, 2003.

Диссертация посвящена разработке вероятностных методов проектирования коллективных спасательных средств и получению количественной оценки эффективности их использования на судах.

В настоящее время при проектировании судов и судовых спасательных устройств используются как традиционные методы расчетов, опирающиеся на исследования корабельных дисциплин, так и новые, среди которых особое место занимают вероятностные, которые позволяют в большей степени отразить специфику функционирования судовых спасательных средств в условиях эксплуатации. Комплексная оценка всего процесса оставления аварийного судна с использованием спасательных устройств диктует необходимость выделить составляющие процесса спасения как модули общей проблемы безопасности на море. Эти составляющие зависят от многочисленных факторов вероятностного характера. Поэтому актуальной является проблема разработки вероятностного метода проектирования на базе оценки эффективности использования коллективных спасательных средств на судах.

Целью работы явилась разработка конкретных расчетных процедур определения вероятности успешного оставления судна и выработка на базе этого критериев для принятия решений об оптимальном составе средств коллективного спасения, оценка их эффективности как основы обеспечения заданной вероятности спасения при конструировании отдельных элементов коллективных спасательных устройств и всего спасательного устройства судна в целом.

Исследованы вопросы применения основной формальной структуры принятия технических решений в части коллективных спасательных устройств при проектировании, переоборудовании судов и морских технических сооружений. Предложена математическая модель определения расчетной оценки вероятности успешного оставления судна с использованием судовых устройств коллективного спасения, которая включает вероятностные законы проведения, как отдельных этапов оставления судна, так и в целом эвакуации, расчет надежности спусковых устройств, методику расчета уровня допустимого риска при использовании средств коллективного спасения. Разработаны конкретные проектные процедуры вероятностных методов расчета надежности спусковых устройств, выбора типа и состава коллективных спасательных средств для разных типов судов на базе предложенной математической модели

Результаты теоретических исследований были применены для анализа эффективности использования устройств коллективного спасения различных типов и вместимости на пассажирских и грузовом судах. Разработана расчетная методика, которая внедрена в проектной практике на ряде предприятий судостроительной промышленности Украины.

Ключевые слова: судовые устройства коллективного спасения, надежность, риск, вероятность эвакуации, критерий принятия технических решений, вероятностные методы проектирования.

SUMMARY

Farionova T.A. Probability methods of designing devices of collective rescue on ships. - Manuscript.

The dissertation for acquiring a scientific degree of Candidate of Technical Sciences on Specialty 05.08.03 - Mechanics and Design of Ships. The Ukrainian State Maritime Technical University named after admiral Makarov. - Nikolaev, 2003.

The dissertation is devoted to the development of probability methods for designing collective lifesaving means and the reception of the quantitative estimation of their use on ships. The investigated questions of application of the basic formal structure of taking technical decisions at the stages of designing, re-equipment of ships and sea technical structures, specificity of probability for successful evacuation of people from an emergency vessel with the help of ship collective lifesaving devices which includes probability laws of carrying out both separate stages of evacuation and the whole evacuation, the calculation of reliability of lower devices, the design procedure of levels allowable risk when using means of collective rescue. The results of the theoretical research have been applied for the analysis of the efficiency of various types collective rescue devices and the capacity on passenger and cargo ships. The computation technique which has been introduced in design practice at a number of Ukrainian shipbuilding enterprises has been developed.

***Keywords:* devices of collective rescue on ships, reliability, risk, probability of evacuation, criterion of taking of technical decisions, probability methods of designing.**