

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Годованюк Сергій Петрович



УДК 658:355.588.2 (043.3)

**МОДЕЛІ Й МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИМИ
ОПЕРАЦІЯМИ НА МОРІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

05.13.03 – системи і процеси керування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі судноводіння та електронних навігаційних систем Херсонської державної морської академії Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор,
Селіванов Станіслав Євгенович,
Херсонська державна морська академія,
професор кафедри судноводіння та електронних
навігаційних систем.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Казак Василь Миколайович,
Національний авіаційний університет,
професор кафедри автоматизації та
енергоменеджменту;

доктор технічних наук, професор,
Жученко Анатолій Іванович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
завідувач кафедри автоматизації хімічних
виробництв інженерно-хімічного факультету.

Захист відбудеться «06» лютого 2020 року о 14:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.062.03 в Національному авіаційному університеті за адресою: 03058, м. Київ, просп. Любомира Гузара (Космонавта Комарова), 1, корп. 1, аудит. 1.002.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічній бібліотеці Національного авіаційного університету за адресою: 03058, м. Київ, просп. Любомира Гузара (Космонавта Комарова), 1.

Автореферат розісланий « » грудня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої
ради Д 26.062.03



Н. С. Кузьменко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Функції транспортної системи будь-якої країни залежать від рівня технічного й соціального розвитку, що своєю чергою потребує істотного підвищення інтенсивності транспортних перевезень на морських і річкових водних шляхах. Безпека людини на морі завжди була найважливішою проблемою судноплавства.

Як на етапі виходу судна в рейс, так і в цілому величезна роль у збереженні людського життя на морі належить системі пошуку й рятування. Саме в цій галузі можуть бути вжиті заходи щодо вдосконалення управління, необхідних як оперативна реакція на збільшення втрат морських суден і людського життя, які відбуваються останніми роками.

Значний внесок у вдосконалення системи пошуку і рятування на морі зробили: Басанець М. Г., Вагущенко Л. Л., Колегаєв М. О., Позолотін Л. А., Репетей В. Д., Грець І. С., Іванов Б. Г., Торський В. Г. та ін.

У вирішення проблем керування складними динамічними системами зробили свій внесок закордонні і українські вчені, зокрема: Калман Р. Е., Еткін Б., Кунцевич В. М., Куржанський А. Б., Черноусько Ф. Л., Кротів В. Ф., Коваленко І. М., Красовський А. А., Чикрий А. О., Блинцов В. С., Тунік А. А., Асланян А. Є., Бідюк П. І., Блохін Л. М., Казак В. М., Скурихін У. І., Кондратенко Ю. П., Павлов В. В., Харченко В. П., Цимбал М. М.

Діюча національна єдина морська система пошуку і рятування в умовах інтеграції національної транспортної системи у світову потребує підвищення ефективності управління на рівні сучасних вимог до реагування на надзвичайні події, аварії або потенційно небезпечні ситуації на морі. Тільки в такому випадку морська пошуково-рятувальна система України буде гармонізована з міжнародними концепціями й стане зрозумілою для морських держав.

Розглядаючи систему пошуку і рятування на морі як динамічну систему управління, на відміну від раніше опублікованих робіт зі створення таких систем, дана робота спрямована на розв'язок головного завдання – підвищення оперативності управління системою пошуку і рятування на морі за рахунок скорочення часу на подолання відстані між рятувальними засобами (морськими або авіаційними) та судном, що потерпає лихо.

Тому, питання науково-технічних та перспективних досліджень з метою розроблення моделей і методів координування дій і управління процесом спасіння на морі в аварійних ситуаціях є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконані в рамках Міжнародної Конвенції з пошуку і рятування на морі 1979 р. (SAR-79), Постанови КМ України про Морську доктрину на період до 2035 р. від 21.10.2009 № 1307, Постанови КМ України від 24.02.2016 №158 «Про відновлення єдиної системи пошуку і рятування на морі» і реорганізації казенного підприємства «Морська пошуково-рятувальна служба» України в плані перспектив розвитку Морської пошуково-рятувальної служби України та рамках виконання науково-дослідної роботи кафедри судноводіння й безпеки життєдіяльності на морі в Херсонській державній морській академії

за темою «Розробка науково-методичних основ обґрунтування вигляду морської пошуково-рятувальної служби» (державний реєстраційний номер 0116U006308), у яких здобувач був виконавцем.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є підвищення оперативності управління пошуково-рятувальними операціями на морі в умовах невизначеності через скорочення часу на подолання відстані між рятувальними засобами (морськими або авіаційними) та судном, що потерпає лихо.

Поставлена мета досягається розв'язками таких завдань:

- проведення порівняльного аналізу і систематизація наукових досліджень щодо розробки і удосконалення моделей і методів пошуку і рятування на морі в умовах невизначеності, обґрунтування показників підвищення ефективності процесу пошуку і рятування на морі, визначення функціональних особливостей системи управління розподіленими об'єктами, для вибору управління системою «служба пошуку та рятування на морі (СПРМ) – судно – екіпаж – зовнішні умови – нештатна ситуація»;
- обґрунтування та розробка концепції управління процесом пошуку і рятуванням на морі;
- синтез методів мінімізації часу на подолання відстані між рятувальними засобами (морськими або авіаційними) та аварійним судном;
- обґрунтування та розробка математичної моделі системи управління «СПРМ – судно – екіпаж – зовнішні умови – нештатна ситуація»;
- розробка і обґрунтування моделі ієрархічної інтегрованої системи управління, спрямованої на організацію і управління процесом ліквідації надзвичайної ситуації на морі;
- створення моделі оцінки успішності управління процесом пошуку і рятування на морі в умовах раптового виникнення нештатної ситуації;
- розробка рекомендацій щодо використання отриманих результатів дослідження в планах удосконалення та підвищення ефективності проведення пошуково-рятувальних операцій на морі.

Об'єкт дослідження – процес ліквідації нештатних ситуацій та їх наслідків на морі в умовах істотної невизначеності.

Предмет дослідження – методи й моделі підвищення успішності управління системою «СПРМ – судно – екіпаж – зовнішні умови – нештатна ситуація» на морі в умовах невизначеності.

Методи дослідження. Методологічною основою дисертації є системний підхід до розгляду динаміки управління в системі пошуку і рятування на морі, а методами дослідження є:

- методи, засновані на принципах системності, відкритості, сумісності, стандартизації, спостережуваності для відновлення цілісності системи пошуку і рятування на морі;
- методи зближення рухомих об'єктів з використанням положень теорії наведення;
- топологічні методи з використанням положень теорії графів для наочності інформації про зв'язки, склад і структуру морської пошуково-

рятувальної системи;

- методи параметричного синтезу на основі положень теорії масового обслуговування для оцінки оперативності управління шляхом скорочення часу проходження інформації про надзвичайну ситуацію та прийняття відповідних рішень.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше розроблено модель управління витратами часу на збір і обробку інформації, прийняття рішень щодо проведення операції пошуку й рятування та на подолання відстані між рятувальними засобами й аварійним судном, яка надає можливість скоротити витрати часу на проведення пошуково-рятувальної операції.

- запропоновано нові методи керування траєкторним зближенням рятувального судна з судном, що потерпає лихо, які враховують відповідний до ситуації, що склалася на морі, метод зближення та дозволяє вводити необхідні корекції траєкторного руху рятувального судна.

- дістав подальшого розвитку метод вдосконалення інформаційно-комунікативних засобів підтримки прийняття в реальному часі рішень щодо управління проведенням операції пошуку та рятування на морі, що дозволяє виконувати прогнозування координат місця зустрічі та витрат часу на подолання відстані до точки зустрічі в умовах, що швидко змінюються у часі.

- удосконалено математичну модель руху судна, що зазнає лиха, яка на відміну від існуючих ураховує досвід дій у типових аварійних та катастрофічних ситуаціях, що відбувались на морі.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- запропоновано і доведено можливість коригувати час, що витрачається на зближення з точкою зустрічі суден за рахунок введення в алгоритм управління судном-рятувальником додаткової інформації щодо обраної і введеної автоматично або капітаном судна траєкторії зближення;

- розроблена модель параметричного синтезу системи може бути використана в практичних установах при визначенні кількісних значень показників: максимальної пропускнуєї спроможності обробки заявок служби пошуку й рятування в умовах екстремальних ситуацій при проведенні масових пошуково-рятувальних робіт; мінімізації часу перебування людей у воді у наслідок катастрофи судна; своєчасності приймання і передачі повідомлень (заявок) для координації і управління проведенням пошуково-рятувальних операцій;

- розроблено рекомендації щодо оптимізації кількості підрозділів, пунктів їх базування і засобів рятування для підвищення зони перекриття берегової лінії, що дає можливість підвищення ефективності рятувальних операцій, які можуть бути використані під час розробки перспективного плану розвитку і вдосконалення казенного підприємства «Морська пошуково-рятувальна служба».

Теоретичні і практичні результати роботи використані:

- у перспективній програмі підвищення ефективності навчально-методичного центру цивільного захисту і безпеки життєдіяльності Херсонської

області;

– у роботі служби капітана Херсонського морського порту з питань теоретичної й практичної підготовки осіб керівного складу й фахівців з подальшим розвитком навчання з питань керування, організації, планування, досягнення злагодженості зі службами «Дельта-лоцман» і морського аварійно-рятувального загону;

– в навчальному процесі Херсонської державної морської академії на кафедрі судноводіння та електронних навігаційних засобів під час викладання відповідного курсу лекцій і проведення практичних занять.

Упровадження підтвержені відповідними актами (додаток А, В, С).

Особистий внесок здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві, полягає в самостійному проведенні практичних досліджень структурних властивостей єдиної системи пошуку та рятування на морі [7, 11]; використанні нових технологій [15] та обґрунтуванні концептуальної моделі формування вигляду СПРМ [8; 10]; теоретичних досліджень з уведення графа мобільних зв'язків у структуру СПРМ [2, 18] та моделювання стійкості лінійної структури керування [19]; застосування методу Монте-Карло в розрахунках імовірного місця знаходження судна [5]; аналіз методів зближення морських засобів рятування з судном, яке потерпає лихо та алгоритмів траєкторного управління ними [21]; оцінювання ефективності функціонування системи пошуку й рятування з використанням методів масового обслуговування [6, 12].

Роботи [1, 3, 4, 9, 13, 14, 16, 17, 20] написані без співавторів.

Усі положення, що виносяться на захист, отримані автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи та основні її положення доповідалися й обговорювалися на шести міжнародних і всеукраїнських конференціях: XIII Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика» (Київ, 2014); I, II, III, IV, V Міжнародні науково-практичні конференції «Безпека життєдіяльності на транспорті й виробництві – освіта, наука, практика» (Херсон, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018); VII, VIII, XI Міжнародні науково-практичні конференції «Сучасні інформаційні й інноваційні технології на транспорті» (Херсон, 2015, 2016, 2019), XIV Міжнародна науково-технічна конференція «АВІА-2019» (2019).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 21 наукову працю, з яких 1 публікація у закордонному виданні, 9 статей у виданнях України, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях України, з яких 6 включені до міжнародних наукометричних баз, 11 матеріалів Міжнародних науково-технічних конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота має таку структуру: вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел. Повний обсяг дисертації становить 163 сторінки, з яких основна частина – 143 сторінки. У дисертаційній роботі наведено 35 рисунків, 14 таблиць, список використаних джерел містить 157 найменувань, які викладені на 14 сторінках; 3 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертації, поставлено мету та задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, сформульовано наукову новизну й практичну цінність отриманих результатів, наведено інформацію щодо апробації результатів роботи, кількості публікацій, структури та обсягу роботи, розкрито особистий внесок здобувача.

У першому розділі на основі огляду літературних джерел проведено аналіз сучасних тенденцій в створенні систем пошуку й рятування на морі. Визначено, що за організацію цілодобового моніторингу поточних ситуацій на морі та координацію проведення пошуково-рятувальних операцій несе відповідальність казенне підприємство «Морська пошуково-рятувальна служба» («МПРС»). Це дало можливість виявити низку недоліків та сформулювати науково-прикладну задачу дисертаційного дослідження і визначити стратегію розвитку служби пошуку й рятування на морі (СПРМ), а саме її оперативності, керованості, цілісності і безперервності. Встановлено, що дослідження даної сфери не завершені, а публікації стосовно розробки функціональних структур, алгоритмів управління пошуково-рятувальними операціями на морі в умовах невизначеності та схемотехнічних рішень носять у науково-технічній літературі обмежений характер.

У розділі розглянуто структуру МПРС, виділена її головна частина, яка безпосередньо виконує роботу щодо пошуку й рятування на морі та складає об'єкт керування (рис 1.)



Рис. 1. Скорочена схема структури КП «Морська пошуково-рятувальна служба»

Виконано аналіз можливостей щодо забезпечення стійкого керування в СПРМ в аварійних ситуаціях на морі на прикладі катастрофи т/х «Ванесса» (під прапором Болгарії, яка відбулася 3 січня 2008 року в Азовському морі), з урахуванням механізмів виникнення причин помилкових дій СПРМ та екіпажів аварійно-рятувальних суден.

Визначено, що для підвищення успішності операції пошуку і рятування на морі доцільно використання ієрархічних інтегрованих систем управління, які мають розгалужену структуру і діють в режимі реального часу. Проаналізовано вплив на судно, що зазнало лиха, морських і океанських течій, дій вітру та вплив людського фактору. На основі аналізу впливів на ситуації, що складаються на морі, зроблено висновок про доцільність створення реконфігурованої системи управління з властивостями реструктуризації як у прямому ланцюзі, так і в ланцюзі зворотного зв'язку автоматизованої системи управління пошуком і рятуванням на морі.

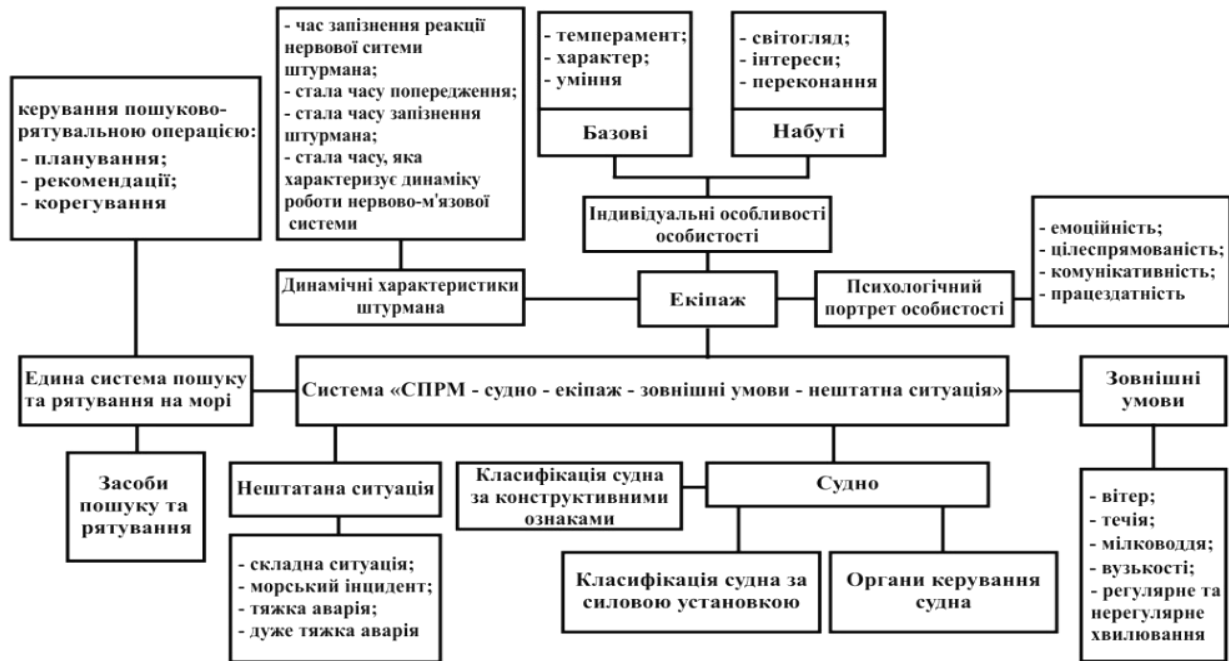


Рис. 2. Концептуальна модель системи управління «СПРМ – судно – екіпаж – зовнішні умови – нештатна ситуація»

У другому розділі розроблена нова концепція управління процесом пошуку й рятування на морі. Ключовою особливістю пропонованої концепції є те, що процес пошуку й рятування зводиться в єдину динамічну багаторівневу систему «СПРМ – судно – екіпаж – зовнішні умови – нештатна ситуація» (рис.2). Пропонована агрегація системи дозволяє визначити головну мету СПРМ для конкретної ситуації, що склалася на поточний момент на морі, а після сепарації визначити шляхи підвищення успішності проведення пошуково-рятувальної операції та виявити найбільш слабкі ланки цього процесу, досліджувати вплив кожної складової й на цій основі удосконалювати процес.

Запропонована концептуальна модель системи управління як невизначена подія, обумовлена невизначеністю прямих ознак: ознаки виду, класу, місця, характеру й наявності самої надзвичайної ситуації (НС). Для параметризації прямих ознак визначені типові НС і умови їх виникнення, до яких у роботі віднесені: – аеро-, гідро- метеорологічні умови на момент події; – технічний стан судна та його систем; – інформаційне забезпечення прийняття рішення і його доведення до виконавців, а також його відповідність до ситуації, що склалася на морі; – стан СПРМ; – логіко-психологічний і психофізичний стан екіпажу тощо.

Наведені прямі ознаки причин НС можна згрупувати у чотири-п'ять великі параметричні групи і представити наступними кортежами:

$$\langle \text{Параметризація НС} \rangle = \langle U, V, \Omega, f, \pi \rangle \quad (1)$$

$$\langle \text{Відношення між параметрами НС} \rangle = \langle D, A, B, P, T \rangle \quad (2)$$

де $U = \{1, 2, \dots, j, \dots, U\}$ – множина вузлів (вершин) графу; $V = \{V_1, V_2, \dots, V_J, \dots, V_u\}$ – множина відповідних їм змінних; $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots\}$ – набір значень, що їх набуває j змінна; $f_i \in F$ – щільність вірогідності розподілу змінної; $\pi_j \in \Pi$ – функція належності; $D = \{d_1, d_2, \dots\}$ – різноманіття ребер, що сполучають вузли; A – вектор ребер предцесорів; B_i – вектор ребер саксесорів; P_{ij} – вектор заходів можливостей або вірогідностей переходу між i та j ; T_{ij} – вектор змін ресурсів (часу) при переході з вузла i у вузол j .

Отже, запропонована параметризація прямих ознак НС на морі являє собою ієрархічну схему, в якій множина параметрів формується в різнотипних шкалах. Проведений порівняльний аналіз різних варіантів структури СПРМ дав можливість виділити різні рівні її структурного опису як системи, виявити істотні зв'язки між основними структурними елементами з певним ступенем спрощення. Побудовано граф стану, який наочно відображає структуру служби пошуку й рятування на морі (ПРМ) (рис.3).

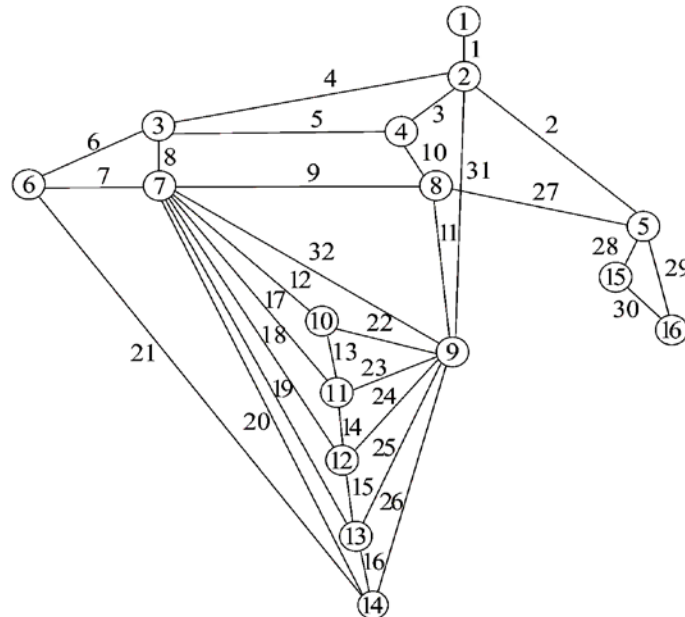


Рис. 3. Структурна схема СПРМ:

1 – директор; 2 – заступник директора з пошуку й рятування; 3 – директор державного морського рятувально-координаційного центру (м. Одеса); 4 – начальник служби зв'язку; 5 – начальник служби безпеки мореплавства; 6 – начальник морського рятувально-координаційного підцентру (м.Бердянськ); 7 – начальник служби флоту; 8 – диспетчер служби зв'язку; 9 – капітан координатор; 10 – командир маневрової групи катерів (база Усть-Дунайськ); 11 – командир маневрової групи катерів (база Белгород-Дністровський); 12 – командир маневрової групи катерів (база Одеса-Чорноморськ); 13 – командир маневрової групи катерів (база Скадовськ); 14 – командир маневрової групи катерів (база Бердянськ); 15 – начальник служби охорони праці; 16 – начальник сектору цивільного захисту й пожежної безпеки.

Аналіз графа стану дозволяє стверджувати, що функціональна структура служби організована за ієрархічним принципом, тобто за таким, якому притаманні специфічні властивості.

Встановлено, що граф стану (рис.3) є зв'язаним, має максимальну структурну надмірність. Момент групи характеризує керованість із боку лідера (керівника) або державного центру, чим більше значення цих показників, тим більше вона ефективна.

У **третьому розділі** наведені моделі й методи скорочення витрат часу на проведення пошуково-рятувальних операцій на морі в умовах невизначеності. Проведено аналіз стійкості, керованості та спостережуваності судна, що рухається в умовах аварійної ситуації. Встановлено оптимальне співвідношення між показниками стійкості на курсі і повороткості, що забезпечує судну відповідну керованість.

Рух судна формалізовано лінійною багатомірною стаціонарною системою у вигляді рівнянь простору станів та спостереження:

$$\begin{aligned} \dot{X}(t) &= AX(t) + BU(t) + Gv \\ Y(t) &= CX(t) \end{aligned} \quad (3)$$

де $X(t)$ – n -мірний вектор стану; $U(t)$ – r -мірний вектор керування; $Y(t)$ – k -мірний вектор виходу; Gv – нештатна ситуація на морі; A, B, C – відповідні матриці коефіцієнтів розміру $(n \times n, n \times r, k \times n)$ відповідно.

У разі виникнення на морі НС коефіцієнти зворотного зв'язку змінюються у вигляді матричної функції відмовного стану в системі ПРМ

$$G(v_{11}, v_{12}, v_{21}, v_{22}, v_{31}, v_{32}) = G_0 + v_{11}G_1 + v_{12}G_2 + v_{21}G_3 + v_{22}G_4 + v_{31}G_5 + v_{32}G_6, \quad (4)$$

де G_0, G_{ij} – коефіцієнти зворотного зв'язку справної системи і такої, що зазнала ij -ї аварії; v_{ij} – коефіцієнти, що характеризують ступінь втрати ефективності відповідного керуючого органу.

Система диференціальних рівнянь (3) буде повністю керованою, якщо існує такий керуючий вплив $U(t)$, що визначається на кінцевому інтервалі часу $[t_0, t_k]$ і який переводить систему (судно) з будь-якого початкового стану $X(t_0)$ в будь-який заданий кінцевий стан $X(t_k)$.

$$U_j(k) = -G(v^{(j)}) y_i(k), \quad j = 1, 2, \dots, \varepsilon, \quad (5)$$

де v_{ij} – n -вимірний вектор параметрів визначається залежністю функцій G від ситуації, яка склалася на морі.

Мірний вектор параметрів визначається залежністю функції G від ситуації, яка склалася на морі. Функція G повинна задовольняти обмеженню

$$G(v^{(j)}) = \sum_{i=1}^{n_j} v_i^{(j)} G_i, \quad G_i \in \mathbb{R}^{m \times r} \quad (6)$$

Матриця G_i визначалася з умов мінімізації цільової функції, що відображає якість управління для всіх n_j моделей кожної з НС:

$$J_j = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2(N+1)} M \left\{ \sum_{t=0}^N X_j^T(t_0) Q_j X_j(t_0) + U_j^T(t_1) R_j U(t_1) \right\}, Q_j > 0, R_j > 0. \quad (7)$$

У якості важливого критерію керованості судна на тихій воді використано залежність відносної кривизни траєкторії руху від кута перекладання керма $\bar{\omega} = f(\delta_{кер})$ за встановленої циркуляції (рис. 4). У випадку виникнення непередбачуваної НС, наприклад, втрата власної стійкості на курсі, діаграма керованості судна має вигляд, показаний на рис. 5.

Діаграми керованості надають інформацію не тільки про керованість, яка характеризується кривизною траєкторії, але також і про стійкість на курсі.

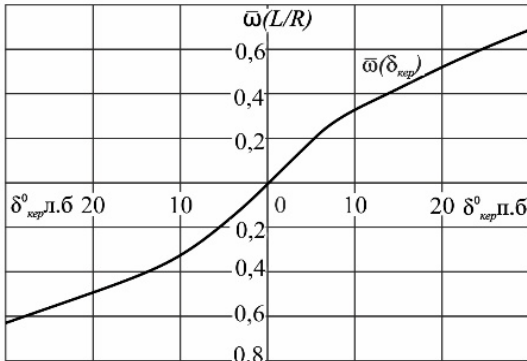


Рис. 4. Діаграма керованості судна у нормальному його стані

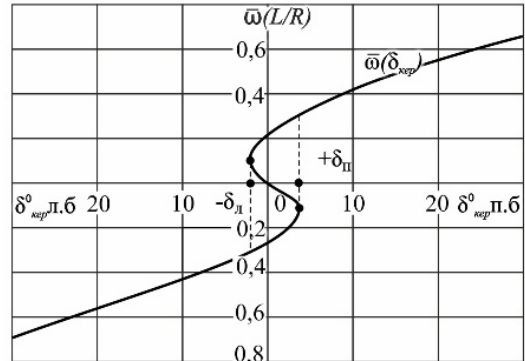


Рис. 5. Діаграма керованості судна, що втратив власну стійкість на курсі

Розроблена ієрархічно-інтегрована система управління процесом пошуку й рятування на морі, особливістю якої є те, що дана складна система розглядається як динамічна, багатоконтурна і ієрархічно-інтегрована система із трьома рівнями керування (рис. 6).

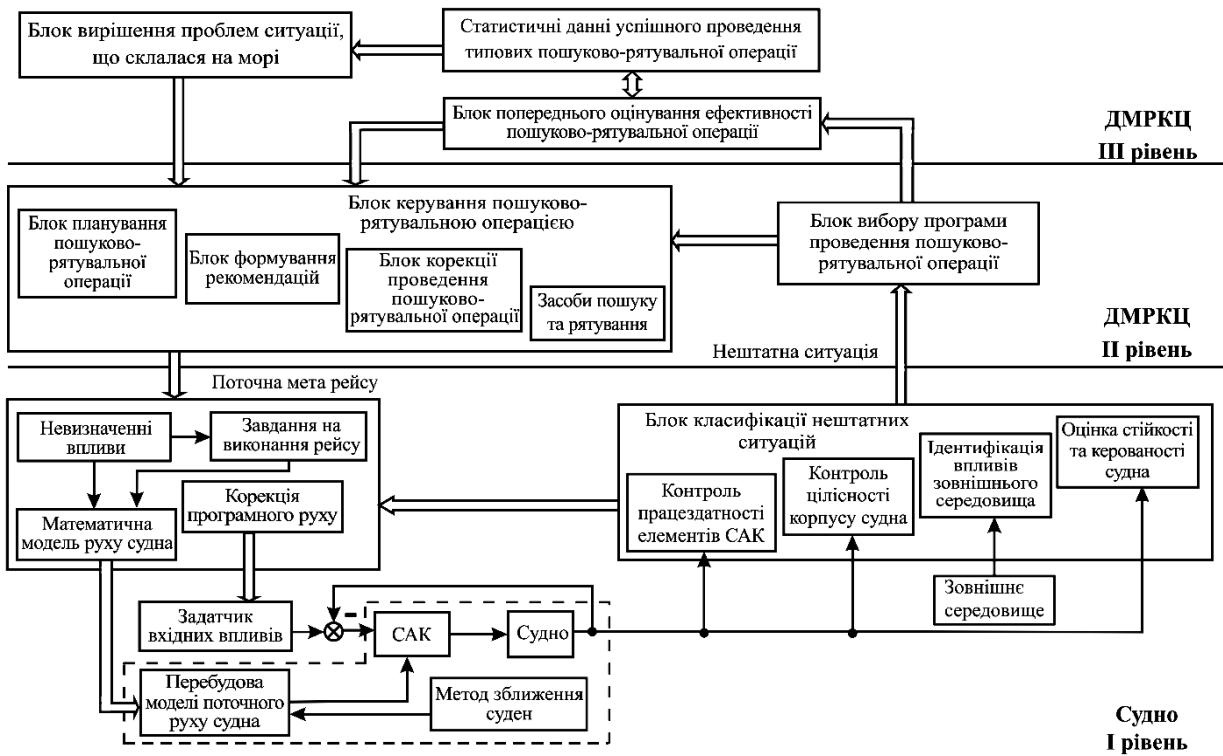


Рис. 6. Ієрархічно-інтегрована система управління процесом пошуку й рятування на морі

Запропонована концепція і алгоритм її реалізації дозволяють суттєво скоротити час, необхідний на успішне проведення пошуково-рятувальних операцій.

Розроблено модель прогнозування ймовірного місця розташування судна, що зазнає лихо, за різних зовнішніх і внутрішніх впливах: вітрова дія, дія течії води, відмова двигуна (двигунів) та їх спільної дії.

Проведено дослідження опису алгоритму прогнозування ймовірного місця знаходження судна із застопореною машиною при окремому впливі на нього вітру і течії в Чорному морі.

Для визначення місця розташування судна в довільний момент часу, під час дрейфу, запропонована ймовірнісна математична модель. Найвідоміша ймовірнісна модель – це закон нормального розподілу який заснований на моделюванні випадкових величин. Для побудови статистичних оцінок шуканих величин використано інструментальний апарат методу Монте-Карло. Головним в якому є випадкові числа і їх генерація. Моделювання здійснювалося за допомогою комп'ютерних програм.

Проведено аналіз діючих на судно сил і моментів, що викликають зміну його курсу з урахуванням методу зближення з аварійним судном (рис. 7) і вплив сил і моментів, які діють на судно під час його несталого криволінійного руху по траєкторії пропорційного зближення (рис. 8).

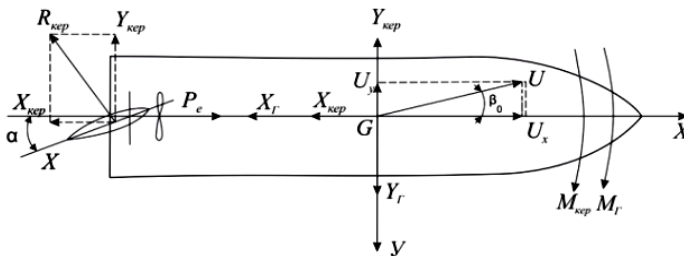


Рис. 7. Сили та моменти, що викликають зміну курсу судна при перекладанні керма

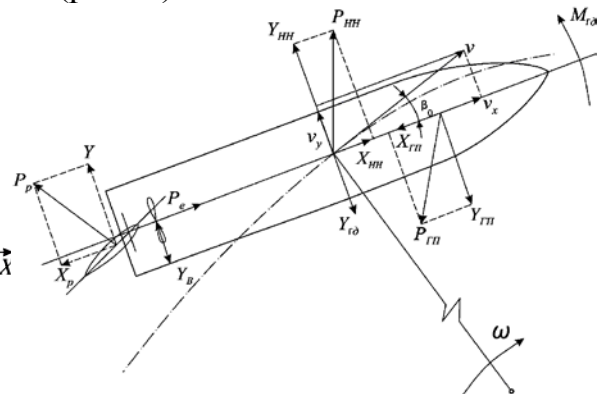


Рис. 8. Сили й моменти, що діють на судно під час криволінійного руху по траєкторії пропорційного зближення

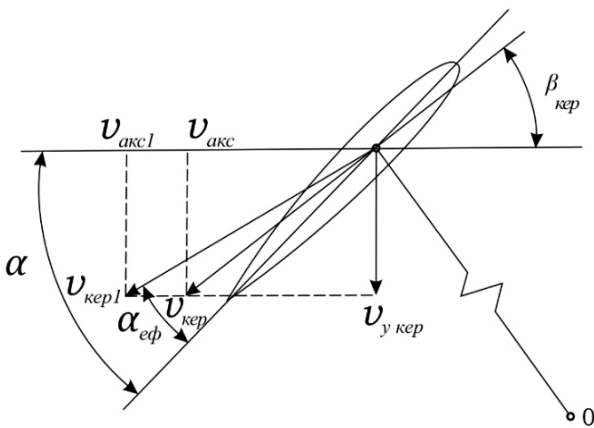


Рис. 9. Ефективний кут перекладання керма

Крім того, на судно діє гідродинамічна сила $P_{\text{кер}}$ на пері керма, яке можна розглядати як крило, розташоване в потоці під деяким ефективним кутом атаки $\alpha_{\text{еф}}$, що відрізняється від кута перекладання керма α (рис. 9). Кут $\alpha_{\text{еф}}$ залежить від напрямку потоку, який омиває кермо, місцевим кутом дрейфу $v_{\text{кер}}$, додатковою аксіальною швидкістю $v_{\text{акс}}$, а також потоку, що відкидається працюючим гребним

гвинтом (з урахуванням попутного потоку в місці розташування керма).

В умовах нештатної ситуації рух судна формалізовано через рівняння стану й виміру:

$$\begin{aligned} \dot{X}(t) &= A_0 X(t) + B_0 U(t) + G(v^{(j)}) \\ Z(t) &= C_0 Y(t) + V(v) \end{aligned} \quad (8)$$

З урахуванням суми проєкцій сил діючих на корпус судна, що включає в себе поздовжні P_{iL} і поперечні P_{iB} складові, моменти цих сил, а також сили та моменти, що діють на судно в аварійній ситуації, отримана модель зміни стану судна, керованого кермом і гвинтом з урахуванням впливу НС:

$$\begin{cases} \frac{dV_L}{dt} = \frac{1}{m_L} (P_{\text{ЦЛ}} + P_{\text{КЛ}} + P_{\text{УЛ}} + P_{\text{РЛ}} + P_{aL} + P_{wL} + P_{\text{н.ш.Л}}); \\ \frac{dV_B}{dt} = \frac{1}{m_B} (P_{\text{ЦВ}} + P_{\text{КВ}} + P_{\text{УВ}} + P_{\text{РВ}} + P_{aB} + P_{wB} + P_{\text{н.ш.В}}); \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J_\omega} (M_{\text{И}} + M_{\text{К}} + M_{\text{Д}} + M_{\text{У}} + M_{\text{Р}} + M_a + M_w + M_{\text{н.ш.}}); \\ \frac{d\eta}{dt} = \frac{1}{T_\eta} (k_\eta (n_3 - n) - \eta); \\ \frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{T_\Omega} (k_\Omega \beta - \Omega), \end{cases} \quad (9)$$

де $\frac{d\eta}{dt} = \frac{1}{T_\eta} (k_\eta (n_3 - n) - \eta)$ – рівняння, що описує перехідні процеси головної енергетичної установки гребного гвинта фіксованого кроку (ГФК);

$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{T_\Omega} (k_\Omega \beta - \Omega)$ – рівняння, що описує динаміку рульового пристрою.

Проведено синтез методів зближення повітряного або морського судна з аварійним судном, та алгоритмів траєкторного керування ними.

Істотним недоліком методу прямого зближення є вимога стабілізації у процесі взаємного руху поздовжньої вісі рятувального судна (РС) по лінії візування S_0 (рис. 10, а).

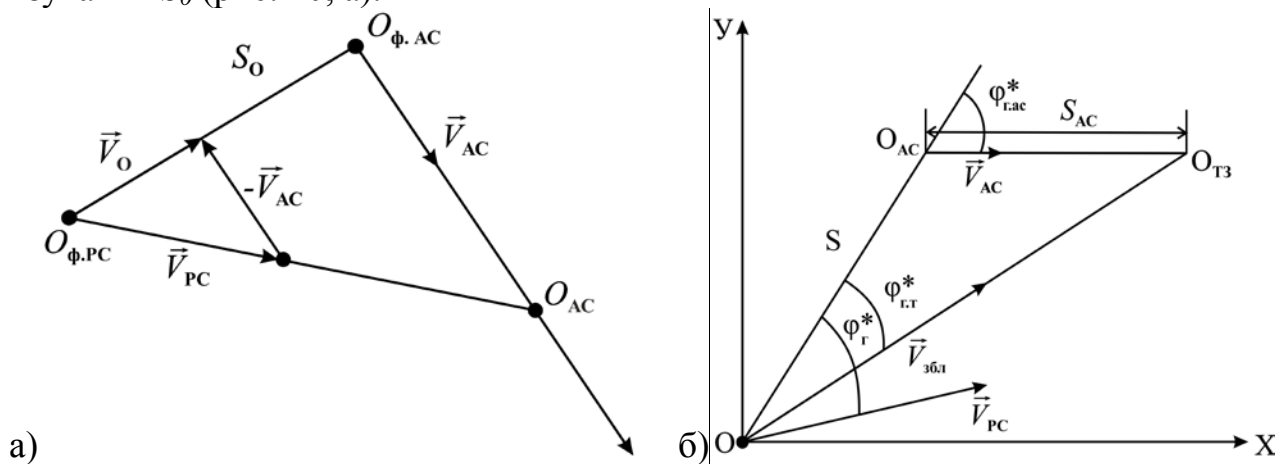


Рис. 10. Траєкторія зближення РС із аварійним судном що дрейфує, у горизонтальній площині: а) при методі прямого наведення; б) при методі погоні

З аналізу рис. 10,б випливає, що навіть при ідеальному зближенні, РС прямує у фіктивну точку $O_{ф.АС}$. Тому, РС буде наближатися до судна, що потерпає від лиха, завжди із задньої напівсфери. При припущенні, що РС рухається на зближення з аварійним судном на з постійною швидкістю, побудований трикутник їх зближення $O, O_{АС}, O_{ТЗ}$ в горизонтальній площині набуває вигляду (рис. 10,б). Skorиставшись цим трикутником, визначені кути упередження φ_T^* і кут між вектором $\vec{V}_{АС}$ і лінією візування $S - \varphi_{Т.АС}^*$. Складено динамічні та кінематичні рівняння, які визначаються як проєкції векторів $\vec{V}_{АС}$ і $\vec{V}_{РС}$ на лінію візування S і є нормальними до неї.

При рятуванні суден, що терплять лихо на морі та дрейфують під впливом зовнішніх факторів, скоротити час прибуття судна-рятувальника у точку зустрічі можна введенням у закон керування відповідних складових, що коригують рух РС по пропорційній траєкторії зближення (рис. 11).

$$\left. \begin{aligned} U_T &= k_{ПН} \varphi_{ТТ}^* \\ U_B &= k_{ПН} \varphi_{ВТ}^* \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

де $k_{ПН}$ – коефіцієнт пропорційної навігації (зближення); $\varphi_{ТТ}^*$ і $\varphi_{ВТ}^*$ – проєкції кутової швидкості лінії S на горизонтальну та вертикальну площини відповідно.

Маршрутні координати судна розраховуються по його прямокутним координатах $\Delta\omega$, $\Delta\varphi$ (рис. 12).

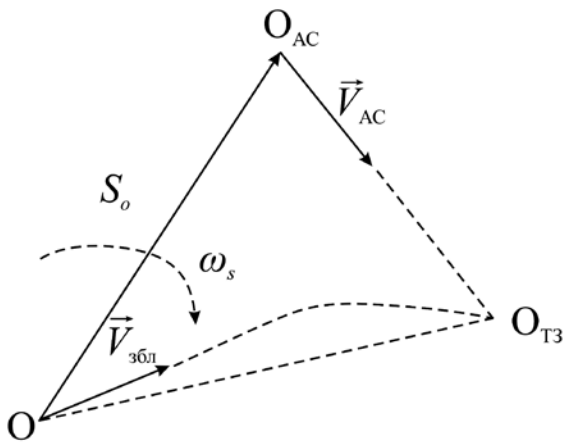


Рис. 11. Траєкторія зближення з точкою зустрічі $O_{Т.З}$ методом пропорційної навігації

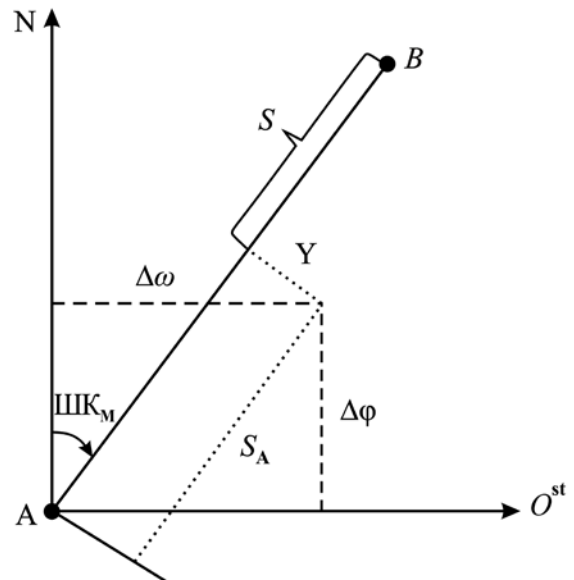


Рис. 12. Маршрутні координати судна -рятувальника

Стабілізацію судна на шляху зближення пропонується здійснювати двоконтурною системою керування (рис. 13), яка включає обладнання керування курсом (АР) і систему, що керує рухом по траєкторії (Track control system) і відрізняється від відомих схем введенням в неї додаткової корекції, що характеризує метод зближення суден.

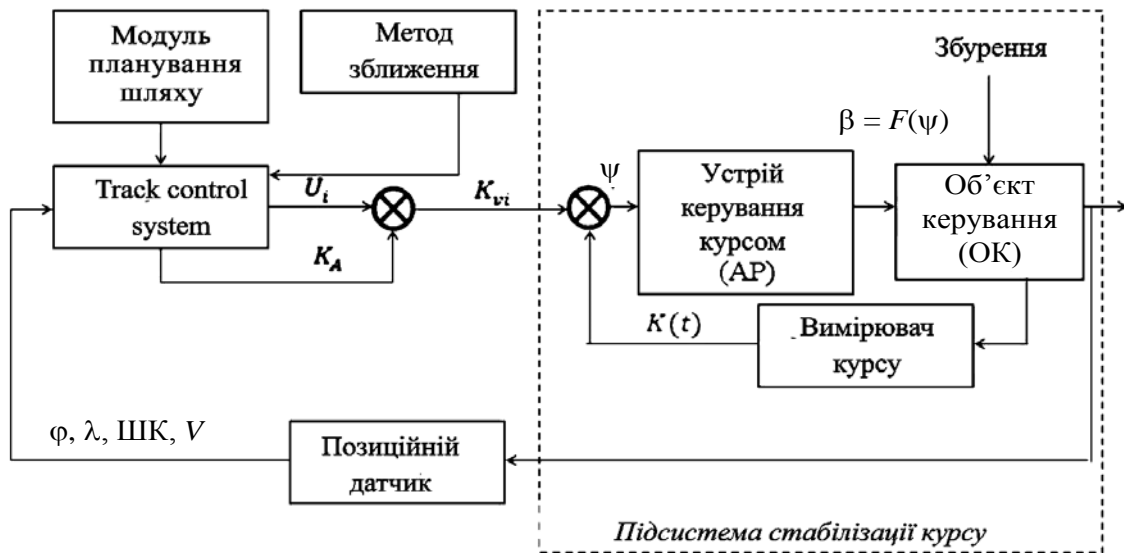


Рис. 13. Схема стабілізації РС на відрізках маршруту

Враховуючи швидкоплинність розвитку аварійної ситуації й трудомісткість процесу рятування на морі, усі види робіт з ліквідації наслідків аварії вимагають автоматизації, а також скорочення часу, що витрачається на подолання відстані між судном-рятувальником і судном, яке рятують.

Останнього можна досягти введенням у закон керування судном, що рятує, корекції, яка враховується відповідно до ситуації, що створилася на морі.

У **четвертому розділі** проведена оцінка успішності управління пошуково-рятувальною операцією з порятунку людей і судна, що потерпають лихо на морі на основі розроблених моделей та методів, скорочення часу на проведення операції. Розроблена методика прогнозування району пошуку аварійного судна під час його дрейфу в невизначених умовах.

У якості прикладу розглянуто аварійну ситуацію, що відбулася в Азовському морі з т/х «Ванесса». Проведено дослідження пошуково-рятувальних операцій за розробленою методикою. Вихідні дані узяті такі: координати судна, погода в місті події, час, що пройшов з моменту виникнення події, течія, вітрова течія. Визначено вектор сумарної течії. Активні пошуково-рятувальні роботи почалися після згоди капітана т/х «Ванесса» на надання допомоги. На місце аварії рятувальне судно прибуло після згоди капітана тільки через 4 години 35 хв., коли т/х «Ванесса» вже загинув.

Представимо усі наведені операції в такій формі:

$$T_{\Sigma} = T_{\text{пош}} + T_{\text{інд}} + T_{\text{рух}} + T_{\text{пор}} + T_{\text{рят}} \quad (10)$$

де T_{Σ} – сумарні витрати часу на пошук та рятування людей і судна, що терпить лихо; час, витрачений на: $T_{\text{пош}}$ – пошук судна, що терпить лихо; $T_{\text{інд}}$ – виявлення та ідентифікацію аварійного судна; $T_{\text{рух}}$ – вихід судна-рятувальника в точку зустрічі з аварійним судном; $T_{\text{пор}}$ – порятунок людей з води; $T_{\text{рят}}$ – рятування судна, що терпить лихо.

Розроблено варіанти можливого скорочення часу обробки замовлень на рятувальні роботи на морі з використанням положень теорії масового обслуговування.

Запропонована математична модель успішності керування пошуково-рятувальною операцією з порятунку судна, що потерпає лихо. Успішність операції пошуку та рятування загалом важко охарактеризувати однією із наведених властивостей окремо, тому застосовується їх сукупна оцінка у вигляді кортежу

$$\langle Y_{ef} \rangle = \langle Y_e, Y_R, Y_0 \rangle. \quad (11)$$

Успішність операції пошуку і рятування оцінювалася наступними критеріями:

Критерій придатності для оцінювання ефективності операції визначає правило, за яким операція буде успішною, якщо всі часткові показники завершені операції належать області адекватності:

$$K^{\text{прид}} : (\forall i) \cdot (y_i^j \in \delta / \delta_i \rightarrow y_i^{\text{доп}}, i \in \langle E, R, O \rangle), \quad (12)$$

Критерій оптимальності для оцінювання ефективності операції використовувався як умова, за якою операція буде успішною, якщо всі часткові показники завершення операції порятунку належать зоні пошуку, а радіус області пошуку за цими показниками є оптимальним

$$K^{\text{опт}} : (\exists i) \cdot (y_i^j \in \delta / \delta_i \rightarrow y_i^{\text{опт}}, i \in \langle E, R, O \rangle), \quad (13)$$

Критерії придатності та оптимальності імовірнісного оцінювання ефективності операції наведено у формі вимог

$$K^{\text{прид}} : P_{\text{д.м}}(Y_{ef}) \geq P_{\text{д.м}}^{\text{потр}}(Y_{ef}) \quad (14)$$

$$K^{\text{опт}} : P_{\text{д.м}}(Y_{ef}) = P_{\text{д.м}}(Y^{\text{опт}}) \quad (15)$$

Умовами і показниками успішності є прибуття РС в точку зустрічі суден (т. D) не пізніше ніж через $t \leq t_{\text{дон}}$ після отримання сигналу про лихо на морі.

Побудована розрахункова схема руху РС на перехоплення дрейфуючого аварійного судна (рис. 14).

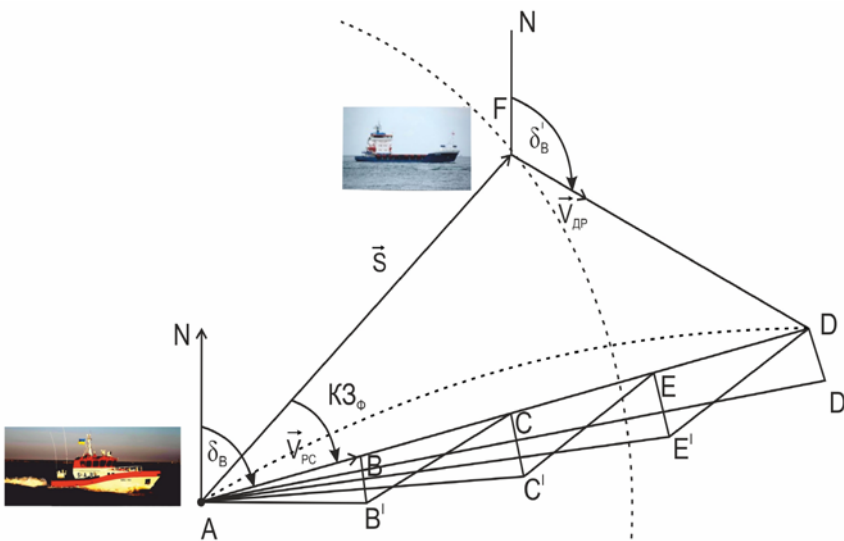


Рис. 14. Розрахункова схема руху судна-рятувальника на перехоплення аварійного судна, що дрейфує: AF – найкоротший шлях до судна, що терпить лихо; FD – відстань дрейфу аварійного судна, від точки F до точки D ; AD – фактична відстань, що пройдена РС до дрейфуючого аварійного судна, через точки B, C, E .

Результати досліджень щодо відхилення РС від заданого курсу та часу, потрібного для подолання відстані до точки зустрічі суден при різних методах наведення показують, що при використанні методу пропорційної навігації потрібний час зменшується у середньому на 8 – 12%.

Розроблена математична модель пошуково-рятувальної операції щодо порятунку людей в морі. Жорсткі обмеження на наявний час порятунку людей у морі накладає часові умови виживання людини у воді. Побудовані математичні моделі: сезонні зміни температури тіла людини у воді, а також коливання температури по місяцях у Чорному та Азовському морях.

Для побудови математичної моделі зміни температури тіла людини у воді використовувався закон Ньютона-Ріхмана

$$\frac{dT_b}{dt} = k(T_v - T_b), \quad (16)$$

де T_b – внутрішня температура тіла людини; T_v – температура навколишньої води в морі/океані; k – коефіцієнт пропорційності $\left(k = \frac{\alpha S}{C}\right)$, де α – коефіцієнт тепловіддачі; S – ефективна поверхня тіла; C – теплоємність тіла.

Тоді

$$T_b(t) = T_v + (T_{ob} - T_v)e^{-\frac{\alpha S}{C}t}. \quad (17)$$

де T_{ob} – початкова внутрішня температура тіла людини.

До побудови математичної моделі коливань температури води в Чорному і Азовському морях, застосований програмний пакет MS Excel 365.

За результатами модулювання побудовані графіки коливань температури води у Чорному і Азовському морях та відповідні апроксимуючі поліноми (рис. 15).

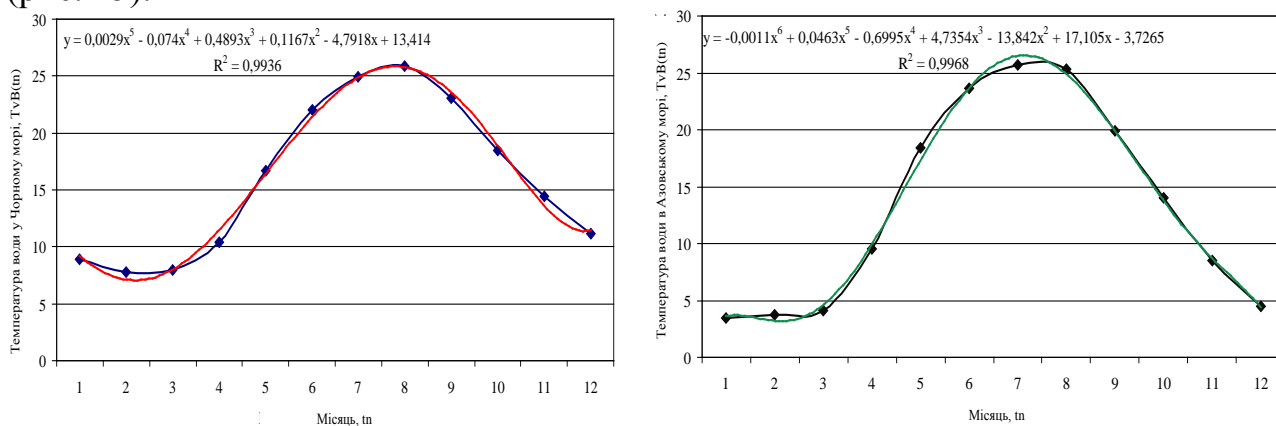


Рис. 15. Графік коливань температури: а) у Чорному морі б) в Азовському морі

З рівняння (17) отримана залежність для часу перебування людини у воді:

$$t = -\frac{\ln\left(-\frac{T_v - T_b}{T_{ob} + T_v}\right)}{k}. \quad (18)$$

Оперативність проведення пошуково-рятувальної операції залежить від наявності в службі КП «МПРС» достатньої кількості швидкісних аварійно-рятувальних катерів та місць їх розташування по всій протяжності берегової лінії Чорного і Азовського морів у літні і зимові місяці.

Виявлено, що на даний час КП «МПРС» має п'ять швидкохідних рятувальних катерів. Враховуючи ці дані, а також припускаючи, що їх пункти базування розташовані на рівномірному віддаленні один від одного, проведено розрахунки зміни максимального плеча (подвоєного радіуса r) для катерів кожного із проектів, залежно від $t_{\text{доп}}$, враховуючи також коливання температури води у Чорному та Азовському морях.

Розроблено рекомендації: а) щодо збільшення кількості місць дислокації берегових радіостанцій морського району А1 глобальної морської системи зв'язку з метою підвищення оперативності (скорочення часу) пошуково-рятувальних операцій в зоні відповідальності України; б) створення додаткових пунктів базування засобів рятування та збільшення кількості швидкісних катерів; в) забезпечення точності, цілісності, неперервності та оперативності управління пошуково-рятувальними роботами на морі; г) включити до складу системи керування рухом суден схему, що враховує метод зближення РС із аварійним судном.

Проведені дослідження відповідають концепції розвитку СПРМ, яка визначає майбутній стан системи та ступінь відповідності її функціональних можливостей задачам КП «МПРС» та співпадають з запланованим капітальним будівництвом з урахуванням наданих нами рекомендацій.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-прикладну задачу розроблення моделей і методів, що забезпечують функціонально стійке управління процесом пошуку й рятування на морі в умовах невизначеності.

Основні результати дослідження полягають у наступному:

1. На підставі аналізу сучасного стану питання пошуку й рятування на морі, дослідження закономірностей процесів виникнення і розвитку аварійних ситуацій на воді і на суднах та шляхів покращення показників успішності проведення операцій з ліквідації наслідків аварійних ситуацій, встановлено, що на рівень успішності проведення таких операцій суттєвий вплив чинить своєчасність і оперативність організації процесів управління, рівень підготовленості та злагодженості персоналу рятувальних підрозділів, їх місце розташування в береговій зоні та технічна оснащеність, а також ступінь перекриття берегової лінії. Визначені підходи до забезпечення стійкого управління системою пошуку і рятування на морі в умовах невизначеності. Обґрунтовано вибір перспективних шляхів удосконалення процесу управління проведенням пошуково-рятувальних операцій та скорочення витрат часу на їх здійснення. Зазначене дозволило сформулювати постановку актуальної наукової мети дослідження виходячи із постановки наукової задачі.

2. На підставі аналізу питання управління пошуково-рятувальними операціями на морі у зоні відповідальності України розроблена концепція управління процесом ПРМ, що дало можливість визначити і обґрунтувати основні причини виникнення нештатних ситуацій на морі та провести

параметризацію їх прямих ознак, здійснити аналіз структурно-топологічних характеристик системи ПРМ та оцінити якість структури і складових її елементів з позиції системного підходу, виявити структурні характеристики, певні особливості, переваги та недоліки, в режимі реального часу забезпечувати функціонально збалансоване управління пошуком та рятуванням на морі.

3. Введено і обґрунтовано поняття динамічної системи «СПРМ – судно – екіпаж – зовнішні умови – нештатна ситуація», розроблено її математичну модель, яка враховує відповідний до ситуації, що склалася на морі, метод зближення з судном, яке потерпає лихо, що дозволило рекомендувати розробникам систем управління рятувальними операціями на морі оптимізувати за часом траєкторії зближення судна-рятувальника з аварійним судном, заздалегідь передбачивши можливість автоматичного вибору методу зближення та вироблення відповідного корегування керуючих дій. Розроблено схему стабілізації судна на відрізках маршруту, синтезовано закон корегування траєкторії руху судна-рятувальника в умовах дії зовнішніх деградуючих факторів.

4. Розроблено модель прогнозування оцінки ймовірного місця розташування судна, що зазнає лихо, за різних зовнішніх і внутрішніх впливах: вітрова дія, дія течії води, відмова двигуна (двигунів) та їх спільної дії.

Шляхом моделювання процесу пошуку і рятування у наведених ситуаціях виявлено:

– після аварії (із зупиненими двигунами) судно при вітровому дрейфі у зимовий період з середньою швидкістю 8 – 10 м/с буде віднесено за 10 год від місця аварії на відстань 16651 м., а розрахункова відстань між точкою в яку з'явиться судно після початку дрейфу до точки математичного очікування становить 341 м, з імовірністю $\gamma = 0,95$. Тобто. судно тільки під дією вітру буде віднесено від місця аварії на відстань 16651 ± 341 м.

– якщо прийняти швидкість течії води у цю пору року 1,2 м/с, то виявиться, що тільки під дією течії води у разі відмови двигуна через 10 годин, судно відійде від місця аварії з урахуванням коефіцієнту дрейфу на 1054 ± 26 м.

5. Проведено синтез методів мінімізації часу отримання і обробки інформації, прийняття рішення на проведення пошуково-рятувальної операції, а також на подолання відстані між рятувальними засобами (морськими або авіаційними) та аварійним судном, що дало можливість обґрунтовано побудувати модель ієрархічної інтегрованої системи управління, спрямованої на організацію успішного керування процесом ліквідації надзвичайної ситуації на морі або її наслідків.

6. Проведено синтез методів зближення авіаційних і морських засобів пошуку та рятування на морі із аварійним судном, а також алгоритмів траєкторного керування ними. Встановлено, що найбільш ефективним є зближення з аварійним судном, яке зазнає швидкісний дрейф з маневруванням за методом пропорційної навігації або за методом зближення з найвигіднішою точкою випередження, якщо аварійне судно дрейфує прямолінійно з незначною швидкістю, що дало можливість рекомендувати розробникам систем керування

судном додати до їх структури режиму автоматизованого вводу метода зближення.

7. Розроблена методика прогнозування району пошуку аварійного судна під час його дрейфу під дією стохастичних зовнішніх впливів, визначені шляхи зменшення витрат часу на проведення пошуково-рятувальних операцій на морі в умовах невизначеності зовнішніх впливів та внутрішніх процесів, що дало можливість визначити чинники, які потребують часу на їх виконання та розробити моделі вироблення рішення про проведення пошуково-рятувальної операції, математичної моделі оцінки успішності операції. За результатами моделювання зроблено висновок про можливість скоротити витрати часу: на обробку інформації на 12 – 20 %, на подолання відстані між судном-рятувальником та аварійним судном на 8 – 10 % .

8. Розроблена і обґрунтована математична модель пошуково-рятувальної операції з порятунку людей на морі, побудовані графіки коливань температури води у Азовському та Чорному морях та відповідно побудовані апроксимуючі поліноми. Визначені значення максимально допустимого часу перебування людини в Азовському та Чорному морях (помісячно), які суттєво залежать від пори року та зони перекриття берегової лінії засобами рятування, а саме: у Чорному морі з січня по березень імовірність вдалого проведення пошуково-рятувальних операцій знижується від 38 % у лютому і у березні до 32 % у січні; у Азовському морі – від 60 % у січні-березні до 57 % у грудні.

9. Обґрунтовані рекомендації та пропозиції щодо упровадження отриманих результатів дослідження. У роботі пропонується для підвищення успішності операцій рятування людей на воді підвищувати відсоток перекриття берегової лінії шляхом створення додаткових пунктів базування засобів рятування і зв'язку та збільшення кількості швидкісних катерів:

- рекомендації щодо кількості місць дислокації берегових радіостанцій морського району А1;
- рекомендації щодо дислокації морських пошуково-рятувальних одиниць (морські судна, які спеціалізовані до функції SAR);
- рекомендації щодо забезпечення точності, цілісності, неперервності та готовності керування пошуково-рятувальними роботами на морі.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Розділи монографій

1. Годованюк С. П. Определение и учёт дрейфа судна с застопоренными машинами / С. П. Годованюк // Monographia. Wybrane zagadnienia szeroko pojętej inżynierii procesowej pod redact Andrzeja Gawdzika. State University. – Opole: Poland, 2015. – 79 – 94 Page. (Google Scholar)

Статті в наукових фахових виданнях

2. Годованюк С.П. Исследования структурных свойств морской поисково-спасательной системы в зоне ответственности Украины / С. П. Годованюк, С. Е.

Селиванов // Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2014. – № 1 (10). – С. 4 – 15. (Google Scholar, РИНЦ, Research Bible)

3. Годованюк С. П. Деятельность экипажа в экстремальных производственных ситуациях на морском судне, профессиональный отбор и подготовка / С. П. Годованюк. Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2014. – № 2 (11). – С. 14 – 21. (Google Scholar, РИНЦ, Research Bible)

4. Годованюк С. П. Определение местоположения судна с неработающим двигателем при ветровом дрейфе в Черном море / С. П. Годованюк // Науковий вісник ХДМА : науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2015. – № 1 (12). – С. 17 – 26. (Google Scholar, РИНЦ, Research Bible)

5. Годованюк С. П. Расчет местоположения судна с застопоренными машинами при воздействии на него течения в Черном море / С. П. Годованюк, С. Е. Селиванов. – К.: Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАНУ» // Журнал «Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист». Вип. 8. 2015. – С. 55 – 62. (Index Copernicus, РИНЦ)

6. Годованюк С. П. Использование теории массового обслуживания для оценки эффективности функционирования национальной морской системы поиска и спасения / С. П. Годованюк // Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. – Херсон: 2015. № 2 (13). – С. 25 – 33. (Google Scholar, РИНЦ, Research Bible)

7. Годованюк С. П. Структура единой системы поиска и спасения на море с управлением / С. П. Годованюк, С. Е. Селиванов // Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. – № 1 (16). – С. 18 – 24. (Google Scholar, РИНЦ, Research Bible)

8. Годованюк С. П. Концептуальная модель формирования облика управляемой единой системой поиска и спасения на море / С. П. Годованюк, С. Е. Селиванов // Вісник інженерної академії України: Бюлетень 4, 2017. Науковий журнал. – К.: 2017. – С. 84 – 88.

Статті в наукових виданнях

9. Годованюк С. П. Использование CALS-технологий в управлении инновационной деятельностью на казенном предприятии «Морская поисково-спасательная служба» / С. П. Годованюк, С. Е. Селиванов // Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2016. – № 1 (14). – С. 26 – 34. (Google Scholar, РИНЦ, Research Bible)

10. Годованюк С. П. Формирование облика единой системы поиска и спасения / С. П. Годованюк, С. Е. Селиванов // Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2016. № 2(15). – С. 10. (Google Scholar, РИНЦ, Research Bible)

Матеріали конференцій

11. Годованюк С. П. Казенное предприятие «Морская поисково-спасательная служба» / С. П. Годованюк, С. Е. Селиванов // XIII Міжнародна

науково-практична конференція «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика» (Київ, 15 – 16 травня 2014), НАУ. – С. 68 – 71.

12. Годованюк С. П. Обеспечение высокой эффективности обслуживания морской поисково-спасательной служба в условиях возникновения массовых морских аварий / С. П. Годованюк, С. Е. Селиванов // I Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности на транспорте и производстве – образование, наука, практика» (Херсон, 18 – 19 сентября 2014). ХГМА. – С. 47 – 51.

13. Годованюк С. П. Трудовые действия экипажа при дрейфе судна с остановленными двигателями и расчет местоположения судна во время ветрового дрейфа / С. П. Годованюк // VII Международная научно-практическая конференция «Современные информационные и инновационные технологии на транспорте» (Херсон, 26 – 28 мая 2015). – С. 48 – 52.

14. Годованюк С. П. Изменение условий труда экипажа при дрейфе судна с застопоренными машинами и расчёт местоположения судна при воздействии на него течения / С. П. Годованюк // II Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности на транспорте и производстве – образование, наука, практика» (Херсон, 17 – 18 сентября 2015). – С. 267 – 275.

15. Годованюк С. П. Использование CALS-технологий в единой системе поиска и спасания на море / С. П. Годованюк // VIII Международная научно-практическая конференция «Современные информационные и инновационные технологии на транспорте» (Херсон, 24 – 26 мая 2016). – С. 219 – 222.

16. Годованюк С. П. Проведение компьютерных комплексных учений в интересах единой системы поиска и спасения на море / С. П. Годованюк // III Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности на транспорте и производстве – образование, наука, практика» (Херсон, 13 – 15 сентября 2016). – С. 77 – 80.

17. Годованюк С. П. Роль системного анализа в решении задач управления единой системы поиска и спасания на море / С. П. Годованюк // IV Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности на транспорте и производстве – образование, наука, практика» (Херсон, 14 – 16 сентября 2017). – С. 77 – 80.

18. Годованюк С. П. Оценка структурной эффективности казенного предприятия «Морская поисково-спасательная служба» / Годованюк С. П., Селиванов С. Е., Рева А. Н. // V Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности на транспорте и производстве – образование, наука, практика» (Херсон, 13 – 15 сентября 2018). – С. 149 – 155.

19. Годованюк С. П. Моделирование устойчивости линейной структуры управления / Селиванов С. Е., Самсонкин В. Н. // V Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности на транспорте и производстве – образование, наука, практика» (Херсон, 13–15.09.18).– С. 13–18.

20. Годованюк С. П. «Mathematical model the vessel as the element of the system «vessel – crew – search and rescue system at sea – accident situation – external weather conditions» / С. П. Годованюк // XIV Міжнародна науково-технічна конференція «АВІА-2019» (Київ, 23-25 квітня 2019). – С. 18.26 – 18.28.

21. Годованюк С. П. Анализ методов сближения морских средств спасания с судном, терпящим бедствие и алгоритмов траекторного управления ими / Селиванов С. Е. // XI Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (Херсон, 28 – 30 травня 2019). – С. 166 – 169.

АНОТАЦІЯ

Годованюк С. П. Моделі й методи управління пошуково-рятувальними операціями на морі в умовах невизначеності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук спеціальністю 05.13.03 «Системи і процеси керування». Підготовлена в Херсонській державній морській академії, подана до захисту в Національний авіаційний університет, Київ, 2019.

У дисертації вирішено актуальну науково-прикладну задачу розроблення моделей і методів управління пошуково-рятувальними операціями на морі в умовах невизначеності.

Метою дисертаційного дослідження є підвищення оперативності управління пошуково-рятувальними операціями на морі в умовах невизначеності через скорочення часу на подолання відстані між рятувальними засобами (авіаційними або морськими) та судном, що потерпає лихо.

Визначено, що забезпечення оперативності управління пошуково-рятувальними операціями на морі в умовах раптового виникнення аварійних ситуацій є однією з найбільш перспективних дослідницьких задач в області безпеки судноплавства, розв'язання якої дозволяє значно розширити функціональні можливості та підвищити загальну якість управління.

Для досягнення мети дисертаційного дослідження розроблено концепцію управління процесом ПРМ, основою реалізації якої є моделі й методи, що забезпечують багаторівневе управління скороченням часу на подолання відстані між рятувальними та аварійним суднами.

Наведено математичний опис моделі системи «СПРМ – судно – екіпаж – зовнішні умови – нештатна ситуація» як динамічної системи управління процесом ліквідації аварії та її наслідків.

Показано, що скорочення часу на подолання відстані між рятувальним і аварійним суднами, забезпечується оптимізацією вибору відповідно до обстановки, що склалася на морі, методу їх зближення та часу обробки інформації і прийняття рішення. Описано ієрархічну інтегровану схему управління процесом пошуку і рятування аварійного судна та людей, що потрапили в результаті аварії у воду.

Кількісним показником оперативності управління процесом ПРМ обрано час, що витрачається на успішне виконання операції порятунку людей з води, аварійного судна та майна в результаті аварійної події.

Запропоновані в дисертаційній роботі методи й підходи, використані під час виконання науково-дослідної роботи кафедри судноводіння і безпеки

життєдіяльності на морі в Херсонській державній морській академії за темою: «Підвищення ефективності керування єдиною системою пошуку і рятування на морі в Україні» (державний реєстраційний номер 0116U006308), у якій здобувач був виконавцем.

Результати досліджень упроваджено й підтверджено актами:

– у перспективну програму підвищення ефективності навчально-методичного центру цивільного захисту і безпеки життєдіяльності Херсонської області;

– у роботу служби капітана Херсонського морського порту з питань теоретичної й практичної підготовки осіб керівного складу й фахівців з подальшим розвитком навчання з питань керування, організації, планування, досягнення злагодженості зі службами «Дельта-лоцман» і морського аварійно-рятувального загону;

– у навчальний процес Херсонської державної морської академії.

Ключові слова: структура, система, управління, час, модель, метод, пошук, рятування, успішність.

АННОТАЦІЯ

Годованюк С. П. Модели и методы управления поисково-спасательными операциями на море в условиях неопределенности. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.03 «Системы и процессы управления». Подготовлена в Херсонской государственной морской академии, подана к защите в Национальный авиационный университет МОН Украины, Киев, 2019.

В диссертации решена актуальная научно-прикладная задача разработки моделей и методов управления поисково-спасательными операциями на море в условиях неопределенности.

Целью исследования является повышение оперативности управления поисково-спасательными операциями на море в условиях неопределенности за счет сокращения времени на преодоление расстояния между спасательными средствами (морскими или авиационными) и судном, которое терпит бедствие.

Определено, что обеспечение оперативности управления поисково-спасательными операциями на море в условиях внезапного возникновения аварийных ситуаций является одной из наиболее перспективных исследовательских задач в области безопасности судоходства, решение которой позволяет значительно расширить функциональные возможности и повысить общее качество управления.

Для достижения цели диссертационного исследования разработана концепция управления процессом поиска и спасения на море (ПСМ), основой реализации которой есть модели и методы, обеспечивающие многоуровневое управление сокращением времени на преодоление расстояния между спасательными и аварийным судами.

Приведено математическое описание модели системы «СПСМ – судно – экипаж – внешние условия – нештатная ситуация» как динамической системы управления процессом ликвидации аварии и ее последствий.

Показано, что сокращение времени на преодоление расстояния между спасательными и аварийным судами обеспечивается оптимизацией выбора в соответствии с обстановкой, сложившейся на море, метода их сближения и времени обработки информации и принятия решения. Описано иерархическую интегрированную схему управления процессом поиска и спасения аварийного судна и людей, попавших в результате аварии в воду.

Количественным показателем оперативности управления процессом ПСМ выбрано время, затрачиваемое на успешное выполнение операции спасения людей из воды, аварийного судна и имущества в результате аварийного события.

Предложенные в диссертационной работе методы и подходы, использованные при выполнении научно-исследовательской работы кафедры судовождения и безопасности жизнедеятельности на море в Херсонской государственной морской академии по теме: «Повышение эффективности управления единой системой поиска и спасания на море в Украине» (государственный регистрационный номер 0116U006308), в которой соискатель был исполнителем.

Результаты исследований внедрены и подтверждены актами:

– в перспективную программу повышения эффективности учебно-методического центра гражданской защиты и безопасности жизнедеятельности Херсонской области;

– в работе службы капитана Херсонского морского порта по вопросам теоретической и практической подготовки лиц руководящего состава и специалистов с последующим развитием обучения по вопросам управления, организации, планирования, достижения слаженности со службами «Дельта-лоцман» и морского аварийно-спасательного отряда;

– в учебный процесс Херсонской государственной морской академии.

Ключевые слова: структура, система, управление, время, модель, метод, поиск, спасение, успешность.

ANNOTATION

Godovaniuk S. P. Models and methods of controlling search and rescue operations at sea in the conditions of uncertainty – Manuscript.

Scientific thesis for the Candidate Degree in Technical Sciences (Ph.D.), specialty 05.13.03 «Systems and Processes of Control». It has been prepared at Kherson State Maritime Academy and submitted for defense at National Aviation University, Kyiv, 2019.

The actual and scientific task of developing models and methods for controlling search and rescue operations at sea in conditions of uncertainty has been solved in the thesis.

The purpose of the dissertation research is increasing the efficiency of controlling search and rescue operations at sea in the conditions of uncertainty by reducing the time to overcome the distance between the rescue facilities (aviation or marine) and the ship which is in distress.

It is determined that providing efficiency of controlling search and rescue operations at sea in the conditions of unexpected emergency situations is one of the most perspective research tasks in the field of navigation safety. This allows to significantly expand the functionality and improve the quality of control.

To achieve the aim of the dissertation research, a concept of controlling search and rescue process at sea based on models and methods that provide multilevel control of time reduction to overcome the distance between rescue ship and the vessel which is in distress has been developed.

The mathematical description of the model "search and rescue service – ship – crew – external conditions – unusual situation" system as a dynamic system of controlling the accident liquidation process and its consequences is given.

It is shown that time reduction to overcome the distance between the rescue ship and the vessel in distress is provided by the efficiency of the choice according to the current situation at sea, the method of their approaching and the time for data processing and decision making. Hierarchical integrated scheme for controlling search and rescue process of an emergency ship and people who got into the water due to the accident has been described.

The time spent for successful completion of the operation to rescue people from the water, vessel in distress and the property in an emergency situation has been identified as a numerical indicator.

The methods and approaches proposed in the dissertation have been used during the scientific and research work of the Department of Navigation and Safety of Life at Sea at Kherson State Maritime Academy on the theme: «Increasing the operation efficiency of the Unified system of search and rescue at sea in Ukraine» (state registration number 0116U006308), in which the aspirant was an executor.

The results of the research have been implemented and confirmed by the acts:

- in the perspective program of increasing the efficiency of the educational and methodical center of civil protection and safety of life of Kherson region;
- in the work of the captain's service of Kherson Sea Port on theoretical and practical training of the leadership personnel and specialists with the further development of training in operation, organization, planning, achievement of coherence with the services of "Delta-Pilot" and the maritime emergency rescue squad;
- in the studying process of Kherson State Maritime Academy.

Key words: structure, system, control, time, model, method, search, rescue, efficiency.

Підписано до друку 9.12. 2019 р.
Тираж 100 прим.

Видавництво
Херсонська державна морська академія,
просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000
Тел. 091-32-65-473

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру
ДК № 4319 від 10.05.2012 р.

