

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

ДАНІК ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 681.513:519

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ АНАЛІЗУ І СИНТЕЗУ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ ТА
УПРАВЛІННЯ РУХОМ СУДЕН НА ОСНОВІ АПРІОРНИХ ОЦІНОК
ТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

05.22.13 - навігація та управління рухом

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Кропивницький – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному університеті інфраструктури та технологій
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент,
Тимощук Олена Миколаївна,
Державний університет інфраструктури та технологій,
директор інституту водного транспорту.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Тимочко Олександр Іванович,
Харківський національний університет Повітряних
Сил імені Івана Кожедуба,
професор кафедри повітряної навігації та управління
авіацією;

доктор технічних наук, професор,
Пашков Дмитро Павлович,
Державна екологічна академія післядипломної освіти
та управління,
завідувач кафедри екологічного моніторингу,
геоінформаційних та аерокосмічних технологій.

Захист дисертації відбудеться 07 вересня 2018 року о 12 годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради К 23.144.01 при Льотної академії
Національного авіаційного університету за адресою: 25005, м. Кропивницький,
вул. Добровольського, 1а.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Льотної академії
Національного авіаційного університету за адресою: 25005, м. Кропивницький,
вул. Добровольського, 1а

Автореферат розісланий 09 липня 2018 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради К 23.144.01

Ю. Г. Ковальов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Для України, з її значною територією, сучасна і передова транспортна інфраструктура є фундаментом для реалізації стратегічних завдань країни. Тільки завдяки розвиненому транспортному комплексу можливий поступальний економічний ріст більшості найважливіших сфер діяльності держави і перехід економіки до соціального шляху розвитку. Судноплавство є однією з найважливіших складових транспортного комплексу України. Україна активно діє у всіх міжнародних суспільно-економічних процесах, а це вимагає від транспорту, як інфраструктурної галузі, швидкого розвитку та вдосконалення. Метою цього державного завдання є сприяння економічному та соціальному розвитку країни та її участі в міжнародній інтеграції. За прогнозами експертів через 2 – 3 роки обсяг перевезення вантажів збільшиться порівняно з останніми роками до 40 %, переробка вантажів у державних морських торговельних портах – до 45 %, обсяг пасажирських перевезень – до 30 %. Варте підкреслити те, що перехід на інвестиційно-інноваційний етап розвитку економіки вимагає розвитку транспорту на якісно новій основі. Проте, технічний стан суден являється незадовільним.

Аналіз статистичних даних дозволяє зробити висновок про те, що на безпеку судноплавства найчастіше впливають: зношеність суден, суднового, портового та іншого обладнання; неукомплектованість водних судноплавних шляхів навігаційними знаками, порушення правил зберігання і транспортування небезпечних речовин; відхилення від проектної документації при виробництві й експлуатації обладнання, технічних засобів; застарілість гідротехнічних споруд; неякісне виконання регламентних та ремонтних робіт; перевищення норм перевезення пасажирів і вантажів; неукомплектованість суден рятувальними засобами; порушення правил техніки безпеки і охорони праці; здійснення правопорушень і злочинів, що роблять замах на безпеку у сфері водного транспорту; послаблення контролю за безпекою судноплавства і у сфері експлуатації суден, у зв'язку з переходом останніх в приватну власність та ін. Тому необхідно проводити заходи, що спрямовані на покращення показників безпеки. Особо варто підкреслити питання стосовно такої важливої складової будь-якого судна, як системи навігації та управління рухом.

Проблеми функціонування та розвитку підприємств транспортної галузі, зокрема підприємств водного транспорту України розглядали та досліджували в своїх працях такі автори як Панін В.В., Богом'я В.І., Майборода О.М., Баранов Г.Л., Соломенцев О.В., Тихонов І.В., Мачалін І.О., Давидов В.С. та інші.

Аналіз закордонного та вітчизняного досвіду експлуатації та проектування систем навігації та управління рухом суден свідчить про можливість значного підвищення їх ефективності та якості шляхом використання в моделях та методах відомих апріорно техніко-експлуатаційних характеристик комплектуючих підсистем.

Дослідження, які виконані в дисертації стосовно шляхів розвитку систем навігації та управління рухом суден показує, що найбільш перспективним

напрямом удосконалення даних систем є їх комплексування, інтеграція та створення на основі такого об'єднання «інтегральних мостікових систем управління судном». Аналіз наукових та інженерних підходів розробки та впровадження інтегрованих мостікових систем управління дозволив виявити ряд системних недоліків та зауважень.

Таким чином, на сьогоднішній день актуальним науковим завданням є удосконалення існуючих та розробка нових моделей та методів аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден на основі апріорних оцінок технічної ефективності комплектуючих підсистем.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибраний автором напрямок досліджень тісно пов'язаний з положеннями Морської доктрини України на період до 2035 року, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 7 жовтня 2009 р. № 13074, здійснюється відповідно до Галузевої програми забезпечення безпеки судноплавства на 2014-2018 роки, відповідно до Програми економічних реформ на 2010-2014 роки з урахуванням основних напрямів розвитку, визначених у Транспортній стратегії України на період до 2020 р., затвердженій розпорядженням КМУ від 20.10.2010 р. № 2174-р.

Дисертаційна робота виконана у інтересах науково-дослідної роботи: «Розробка комплексного показника якості пасажирських круїзних суден змішаного плавання в системі безпересадкових круїзних перевезень між портами Дніпра, Чорного моря та Дунаю» (номер держреєстрації 0116U03946), яка виконувалася у Київській державній академії водного транспорту, у якій автор приймав участь як виконавець.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка моделей та методів аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден на основі апріорних оцінок технічної ефективності, які забезпечують гарантований рівень безпеки руху в критичних умовах.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішені такі наукові завдання:

1. Проведення аналізу стану безпеки експлуатації засобів морського та водного транспорту та визначення напрямків її забезпечення.

2. Дослідження сучасних та перспективних систем навігації та управління рухом суден.

3. Розробка моделей та методів аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден на основі апріорних оцінок технічної ефективності комплектуючих підсистем.

4. Розробка рекомендації щодо застосування запропонованих наукових результатів. Перевірка достовірності розроблених моделей та методів.

Об'єкт дослідження – процес навігації та управління рухом судна.

Предмет дослідження – моделі та методи аналізу і синтезу системи навігації на управління рухом суден.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої в роботі мети використані такі методи дослідження на основі системного підходу з застосуванням математичних моделей і методів універсальної алгебри,

дискретної математики, теорії ймовірностей, теорії оптимального управління, теорії прийняття рішень. Для виявлення наукового завдання використано системний аналіз. Методика проведення експерименту та перевірки достовірності розроблених наукових положень реалізована на основі методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що в дисертаційній роботі:

1. Вперше розроблено модель визначення ефективності виконання завдання навігації та управління рухом судном без аварійних подій, яка відрізняється від подібних моделей представленням ефективності як функції показників ефективності комплектуючих підсистем. Застосування моделі дозволяє вирішити завдання аналізу та синтезу структури системи навігації та управління рухом судном в сучасних умовах.

2. Удосконалено модель ефективності навігаційного комплексу та системи управління рухом судном без аварійних подій, яка відрізняється від існуючих урахуванням апріорних техніко-експлуатаційних характеристик комплектуючих підсистем. Застосування моделі дозволяє вирішити завдання формування алгоритму аналізу системи навігації та управління рухом судном в штатних та нештатних умовах експлуатації.

3. Удосконалено метод структурного синтезу системи навігації та управління рухом судном без аварійних подій, який на відміну від існуючих застосовує інтелектуалізований підхід визначення поступки між ефективністю та вартістю з використанням параметричних моделей нечітких експертних висновків на основі нейронних мереж.

Практичне значення одержаних результатів. Реалізація отриманих в роботі результатів дозволяє проводити аналіз різноманітних варіантів систем навігації та управління рухом, що дозволяє провести порівняльний аналіз та визначити за критерієм ефективність-вартість найкращий варіант системи. Разом з тим, запропонований науково-методичний апарат може використовуватись в якості теоретичної бази для проведення синтезу системи навігації та управління рухом річкових та морських суден. Застосування запропонованих моделей і методів дозволяє оцінити однакові за ефективністю варіанти та обрати найменш затратний варіант, що дозволяє зменшити загальну вартість системи навігації та управління рухом судном безаварійних подій до 15 %. При цьому, за результатами математичного моделювання, можливе підвищення ймовірності виконання безаварійного судноводіння на 10 – 12 % при умові постійного значення вартості варіанту системи.

Результати дисертаційних досліджень реалізовані у ТОВ «Червона рута» (акт від 24.11.2016 р. №36/16); у навчальному процесі ДП «Український науково-дослідний навчальний центр» підчас створення курсу лекцій, при підготуванні кандидатів в аудиторі з сертифікації продукції машинобудування (акт від 19.06.2017 р. №13/а); а також в навчальному процесі Державного університету інфраструктури та технологій (акт від 08.11.2017 р. №19/128)

підчас створення курсу лекцій з дисциплін «Технічні засоби судноводіння», а також при підготовці аспірантів.

Також результати дисертаційних досліджень впроваджені у науково-дослідної роботі: «Розробка комплексного показника якості пасажирських круїзних суден змішаного плавання в системі безпересадкових круїзних перевезень між портами Дніпра, Чорного моря та Дунаю» (номер держреєстрації 0116U03946), яка виконувалася у Київській державній академії водного транспорту, у якої автор приймав участь як виконавець.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові й прикладні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем особисто. У роботах, виконаних у співавторстві, автору належить: в [5] – наведено результати оцінювання впливу застосування інтелектуальної системи експлуатації судна на вирішення завдань безпеки; в [6] – наведено результати удосконалення методу структурного синтезу системи навігації та управління рухом судном без аварійних подій; в [7] – наведено особливості розроблення математичної моделі функціональних систем судових комплексів, у тому числі моделі ефективності навігаційного комплексу та системи управління рухом судном без аварійних подій; в [8] – наведено метод структурного синтезу системи навігації та управління рухом судном без аварійних подій, у тому числі обґрунтована модель прогнозування показника надійності судових агрегатів; в [9] – наведено часткове завдання дослідження; в [11] – наведено часткове завдання дослідження, проаналізовано особливості розроблення інтелектуальної системи експлуатації судна; в [12,13] – наведені часткові завдання дослідження, наведено алгоритм аналізу системи навігації та управління рухом судном в різноманітних умовах експлуатації, в [16] – наведено методи аналізу системи навігації та управління рухом суден за обраним критерієм.

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на науково-технічних конференціях:

1. 17-а науково-методична конференція викладачів, аспірантів та студентів 25.04-27.04. 2013 року. – Київ: КДАВТ ім. П.Конашевича-Сагайдачного.

2. Науково-практична конференція «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент»: тези доповідей, 21-25 вересня 2015 року. – К.: ДП «УкрНДНЦ».

3. Науково-практична конференція «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент»: тези доповідей, 25-29 квітня 2016 року. – К.: ДП «УкрНДНЦ».

4. III Міжнародна науково-практична конференція «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент»: тези доповідей, 22-23 травня 2017 року. – К.: ДП «УкрНДНЦ».

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи відображені у 16 наукових працях, серед них: 12 статей, опублікованих особисто і у співавторстві у збірниках наукових праць, що входять до переліку видань, дозволених МОН України для публікацій результатів досліджень з технічних наук (у тому числі 6 статей опубліковані одноосібно, також 4 статті

опубліковані у міжнародних наукометричних базах), 4 матеріалів науково-технічних конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація загальним обсягом 180 сторінок машинописного тексту складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел з 123 найменувань. Дисертація містить 21 рисунок, має 15 таблиць. Ілюстрації, таблиці, перелік використаних джерел та додаток займають 47 сторінок тексту.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету і завдання дослідження, викладено основні наукові і практичні результати, наведено відомості про їх впровадження, апробацію та публікації.

У першому розділі «Аналіз існуючих практичних та науково-методичних підходів щодо побудови систем навігації та управління рухом суден» проводиться аналіз розвитку систем навігації та управління рухом (СНУР), стану аварійності та безпеки судноплавства на морському і річковому транспорті та на маломірних (малих) суднах. Крім того, здійснюється огляд відомої літератури для виявлення основних етапів розвитку наукової думки для вирішення сформульованого в дисертації наукового завдання. При цьому проводиться аналіз можливостей підвищення ефективності навігаційного комплексу та системи управління рухом судном безаварійних подій. Обґрунтовується використання принципу визначення величини уступки між складовими вартості та ефективності системи навігації та управління рухом судна.

Визначено основні фактори, які впливають на безпеку судноплавства: фізичне старіння судового парку, берегових інженерних споруд; порушення правил зберігання та транспортування небезпечних речовин; відхилення від проектної документації при виробництві й експлуатації обладнання, технічних засобів та ін.

Визначено основні причини аварійних подій: відсутність у судноводіїв необхідних навиків користування системою навігації та управління судном; невикористання рятувальних засобів; не дотримання обмежень за районом плавання та погодних умов; не виконання вимог щодо пасажиромісткості та вантажопідйомності суден; плавання у несприятливих гідрометеорологічних умовах або у темний час доби; використання незареєстрованих плавзасобів для аматорського рибальства та полювання; вихід на водні об'єкти не з баз для стоянок маломірних (малих) суден; використання плавзасобів без належного технічного огляду та у невідповідних районах і умовах плавання; керування маломірним (малим) судном без відповідного посвідчення на право управління маломірним (малим) судном; керування маломірним (малим) судном в стані алкогольного сп'яніння.

Проведений аналіз факторів і причин аварій та інцидентів на морському та річковому транспорті дозволяє зробити висновок, що найбільша кількість аварій та інцидентів залежить від навігації та управління рухом суден.

Дослідження шляхів розвитку СНУР показали, що визначальним

фактором суднобудування для кожної морської держави стають ефективні технології об'єднання технічних засобів судна в єдину інтегровану систему. Створення такої системи дозволить, зокрема, скоротити номенклатуру і кількість обладнання на судні, а також провести уніфікацію радіоелектронних засобів, пультів, запасних частин, інструментів і джерел живлення. Впровадження загальносуднових систем обміну даними поліпшить взаємодію різних комплексів, систем та їх елементів протягом усього життєвого циклу. Створення єдиного інформаційного простору дозволить найбільш повно задовольнити як зовнішні, так і внутрішні комунікативні потреби судна, а також розширити спектр засобів комунікації (відеоконференції, телебачення, Інтернет і т.п.).

Сутністю технології інтегрування обладнання ходової рубки є створення більшої структури – інтегрованої мостікової системи (Integrated Bridge System), яка об'єднує системи навігації, управління рухом, управління головною енергетичною установкою та зв'язком, а також пульти управління системами судна, підрулюючими, вантажно-розвантажувальними пристроями тощо.

Визначено два варіанти структури технології інтегрування:

- Централізована система. Вона заснована на тому, що обробка інформації і вироблення команд управління відбувається в блоці центрального обчислювача, який стає основною інтегруючою ланкою, а дві або більше систем, що інтегруються, перетворюються у підсистеми.

- Децентралізована (розподілена) система. У цьому випадку використовується архітектура системи-посередника, який не є центром. Система-посередник виступає в якості основної інтегруючої ланки – інтегровані системи залишаються незалежними, а посередник забезпечує зв'язок між ними.

Проведений аналіз шляхів розвитку систем навігації та управління рухом суден показує, що найбільш перспективним напрямом удосконалення вищезазначених систем є їх комплексування, інтеграція та створення на основі такого об'єднання інтегральних мостікових систем управління судном. Впровадження інтегрованих мостікових систем управління судном призведе до нового рівня їх ефективності. Проте, необхідно дотримуватися балансу між вартістю та ефективністю системи навігації та управління рухом судна.

Таким чином, удосконалення існуючих та розробка нових моделей та методів аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден на основі апріорних оцінок технічної ефективності комплектуючих підсистем є актуальним науковим завданням, що має важливе значення при побудові системи навігації та управління рухом судна.

Дане наукове завдання можна математично формалізувати наступним чином:

Знайти (розробити)

$$M dl_i \ (i = 1, n) : \begin{cases} \langle M dl_{CH} \Leftrightarrow M dl_{CV} \Rightarrow M dl_{opt} \rangle \\ M dl_{opt} = \langle \Omega, X, A, Kr, f, \Theta, \Delta \rangle \end{cases},$$

де: Mdl_i ($i = \overline{1, n}$) – моделі та методи аналізу і синтезу СНУР; Mdl_{CH} , Mdl_{CV} , Mdl_{opt} – моделі підсистеми навігації (навігаційного комплексу), системи управління та методи аналізу та синтезу СНУР відповідно; Ω – постановка задачі синтезу; X – множина елементів моделі; $A \subseteq X$ – множина допустимих рішень; $Kr = \{Kr_1, Kr_2, \dots, Kr_m\}$ – векторний критерій ефективності; Θ – структура переваг при прийнятті рішення; Δ – вирішальне правило, яке відображає систему переваг.

У другому розділі «Розробка моделей аналізу систем навігації та управління рухом суден» розроблено модель визначення ефективності виконання завдання навігації та управління рухом судном безаварійних подій, яка відрізняється від подібних моделей представленням ефективності як функції показників ефективності комплектуючих підсистем.

Складність системи навігації та управління рухом водних і морських суден, насиченість різноманітними за призначенням, принципом дії і конструктивним виконанням системами з різними показниками викликають серйозні труднощі в оцінюванні їх ефективності. Критерії порівняння варіантів технічних рішень, які використовуються в процесі створення та експлуатації, і є показниками ефективності. Ці показники зазвичай виражають як позитивні, так і негативні фактори й дозволяють в якійсь мірі судити про ефективність техніки в широкому сенсі. Поряд з широким тлумаченням терміну ефективність застосовується і більш вузьке, коли під ефективністю розуміється тільки позитивний, зазвичай технічний результат. У ряді робіт при порівнянні варіантів технічних рішень застосовуються комплексні показники, наприклад, так звані, «ефективність – вартість».

У зв'язку з тим, що структура комплексних показників дуже різноманітна і вони можуть включати в себе крім відповідності своєму призначенню ще й вартість та інші різні за своїм змістом показники, то найчастіше ефективність визначається як міра доцільності вибору того чи іншого технічного рішення, що визначає характеристики технічної системи при проектуванні, або методу її застосування при експлуатації. З цієї точки зору і розглядається, як правило, ефективність судна з усіма бортовими системами, частина яких забезпечує саму можливість виконання завдання на перевезення, а частина використовується тільки для виконання даної конкретної операції або її етапу.

Звернемо увагу на існуючі критерії оцінки ефективності системи навігації та управління рухом водних і морських суден з умови безаварійної експлуатації. Безаварійність – це властивість морського і водного транспорту, що забезпечує здатність здійснювати перевезення без загрози для життя і здоров'я людей. Безаварійність судноводіння є комплексним критерієм, за яким можна судити про точність навігації, надійність техніки, якість управління рухом судна, а також про професійну підготовку кадрів.

Ще одним критерієм ефективності багатьох транспортних систем прийнято вважати ймовірність виконання свого завдання. Для ймовірності це виглядає наприклад так $P \geq P_{зад}$, тобто ймовірність виконання завдання не

менше заданої ймовірності.

Безумовно, що ефективність СНУР в забезпеченні безаварійності судноводіння залежить від ефективності її підсистем: навігаційної і системи управління судном (що складаються в свою чергу з інших підсистем і комплектуючих). У роботі прийнята наступна термінологія: СНУР складається з двох комплексів, які називаються: навігаційний комплекс (НК) і система управління (СУ). Кожен з цих комплексів в свою чергу складається з підсистем або просто систем. Однак при розрахунках ефективності СНУР в цілому її можна представляти у вигляді добутку ефективностей складових частин через наявність між ними взаємозв'язку. Тут основна складність визначення ефективності систем полягає у встановленні взаємозв'язку якостей системи з якістю виконання завдання або, точніше, ймовірністю виконання завдання із заданою якістю.

Для з'ясування ролі кожного виду бортового обладнання СНУР в забезпеченні безаварійності і диференційованого аналізу якості функціонування складної багатофункціональної системи, розділимо її на більш прості комплекси, керуючись такими принципами:

1. Кожний з комплексів має забезпечити вирішення певних завдань, що не дублюються іншими комплексами.

2. Якщо хоча б один з комплексів не вирішує свого завдання, то безаварійність судноводіння не забезпечується.

3. Імовірність виконання безаварійного судноводіння повинна визначатися добутком умовних ймовірностей виконання своїх завдань кожним комплексом.

Незважаючи на різноманіття причин аварійних подій із статистики випливає, що безаварійна навігація і судноводіння забезпечується, якщо на борту судна вирішуються наступні завдання: перетворюються необхідні види енергії для створення тяги і живлення бортових систем судна; формується безпечна просторово-часова траєкторія руху судна; здійснюється управління судном на заданій просторово-часовій траєкторії (завдання СНУР); створюються нормальні умови життєдіяльності людей; вирішуються інші завдання.

Основними умовами забезпечення безаварійності судноводіння є розв'язання задач усіма комплексами (підсистемами), а показником ефективності доцільно вважати

$$P(B) = P(B_{НК})P(B_{СУ} / B_{НК}). \quad (1)$$

Кожний з комплексів (підсистем СНУР) НК і СУ характеризується багатством внутрішніх взаємозв'язків і великою кількістю елементів, складністю структури і може бути розділений за рядом інших ознак. Однак подія, яка полягає у виконанні покладених на НК завдань

$$B_{НК} = B_{C1} \cap B_{C2} \cap B_{C3} \cap B_{C4}; \quad B_{НК} \cap \overline{B_{Ci}} = \emptyset, \quad i=1, 2, 3, 4, \quad (2)$$

де B_{Ci} – подія, яка полягає у виконанні завдань, покладених на супутникова радіо-навігаційна система (СРНС), радіо-навігаційна система (РНС), радіолокаційна система (РЛС), автономне навігаційне обладнання (АНО) відповідно.

Тоді

$$P(B_{HK}) = P(B_{C1})P(B_{C2}/B_{C1})P(B_{C3}/B_{C1} \cap B_{C2})P(B_{C4}/B_{C1} \cap B_{C2} \cap B_{C3}) \quad (3)$$

де $P(B_{Ci}/B_{Cj})$ – умови ймовірності вирішення задач комплексами СУ.

Розглянемо формування ефективності однієї з підсистем комплексів СНУР. Виконання кожною підсистемою комплексу СНУР свого завдання являє собою складену подію. Наприклад, для АНО зі складу НК

$$B_{P4}/B_{HK} \cap B_{P1} \cap B_{P2} \cap B_{P3} = A_1 \cap A_2 \cap A_3, \\ (B_{P4}/B_{HK} \cap B_{P1} \cap B_{P2} \cap B_{P3}) \cap \bar{A}_i = \emptyset; \quad i=1,2,3, \quad (4)$$

де A_1 – подія, яка полягає в тому, що обладнання працездатне; A_2 – подія, яка полягає в тому, що похибки систем навігації і діючі на них обурення дозволяють вирішити покладену на комплекс завдання з необхідною точністю; A_3 – подія, яка полягає в тому, що існує достатня тимчасова надмірність для своєчасного вирішення завдання.

Звідси випливає, що ефективність автономного навігаційного обладнання (АНО) як узагальнений критерій, що характеризує його здатність вирішувати покладену завдання

$$E_4(t) = P(B_{P4}/B_{HK} \cap B_{P1} \cap B_{P2} \cap B_{P3}) = P(A_1)P(A_2/A_1)P(A_3/A_1 \cap A_2) = P_1(t)\Phi_i(t)R_i(t),$$

де $P(A_1) = P_1(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи АНО при даному способі його застосування протягом заданого часу t ; $P(A_2/A_1) = \Phi_i(t)$ – ймовірність того, що похибки систем і діючі на нього обурення дозволяють вирішити задачу з необхідною точністю за умови, що система в заданому режимі працює безвідмовно; $P(A_3/A_1 \cap A_2) = R_i(t)$ – ймовірність того, що при перерахованих вище двох умовах не виникне дефіцит часу при вирішенні даного завдання.

Оскільки P_y и $E_i(t)$ – це ймовірності протилежних подій, то рівень безаварійного судноводіння

$$U_{BC} = 1 - k_c(1 - E_i(t)).$$

Достовірність моделі ефективності обумовлена тим, що вона сформульована на основі системного підходу з урахуванням всієї сукупності подій, без яких не вирішується покладена на комплекс задача. Практична значимість моделі в тому, що вона дозволяє зробити аналіз структур і режимів функціонування комплексів, оцінити ступінь впливу експлуатаційних показників всіх систем і їх елементів на ефективність забезпечення безаварійного судноводіння.

Для реалізації критерію (1) необхідно знати ефективність кожного комплексу СНУР (навігаційного та системи управління). Розглянемо аналітичний метод отримання апріорних оцінок технічної ефективності будь-якого комплексу за відомими апріорними оцінками його точності ефективності та надійності окремих підсистем.

Під технічною ефективністю комплексу будемо розуміти ймовірність рішення їм свого завдання, обумовлену надійністю, точністю та

контролепридатністю комплексу.

Відмова будь-якої підсистеми комплексів СНУР внаслідок функціонального резервування не викликає його відмови в цілому, але переводить з одного стану в інший, тим самим змінюючи точність рішення загального завдання. Тому ймовірність рішення комплексом поставленого перед ним завдання в кожному з можливих станів називають точнісною ефективністю.

Розглядаючи сукупність всіх можливих станів комплексу, сума ймовірностей яких дорівнює одиниці, можна говорити про технічну ефективності як про безумовну точнісну ефективність.

В період експлуатації комплексу, що складається з k систем, внаслідок їх відмов, комплекс може займати кінцеву множину несумісних станів $\{H_i\}, i = 0, 1, 2, \dots, m-1$, де m – загальне число несумісних станів. Момент відмови α -системи (подія $\overline{X_\alpha}$) – подія випадкова, позначимо її T_α . Стан комплексу буде визначатися випадковим вектором $\{T_\alpha\}, \alpha = 1, 2, \dots, k$, що має k -мірну щільність ймовірності $f(\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_k)$, де $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_k$ – час роботи комплексу до відмови.

Природно, що кожному стану комплексу буде відповідати своя точнісна ефективність $\Phi(\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_k, t)$. Тоді технічна ефективність може бути визначена за інтегральною формулою повної ймовірності

$$W_T = \int_0^\infty \dots \int_0^\infty \Phi(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k, t) f(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k, t) d\tau_1, d\tau_2, \dots, d\tau_k.$$

Розіб'ємо k -мірний простір, в якому визначено вектор \vec{T} , на m підмножин D_j , що не перетинаються. Підмножині D_0 відповідає нульовий стан H_0 , що характеризується справністю всіх систем (події X_1, X_2, \dots, X_k). Підмножині D_α відповідає стан H_α , що характеризується справністю всіх систем, за виключенням системи α (події $X_1, X_2, \dots, X_\alpha, \dots, X_k$). Стан H_0 – стан нульового порядку; стан, при якому відмовила одна із систем (наприклад, α -система), – стан першого порядку.

При такому підході підмножинам D_j відповідає матриця станів H_j та відповідних їм умовних точнісних ефективностей.

Тоді технічна ефективність комплексу може бути представлена у вигляді

$$W_T = W_T(H_0) + \sum_{\alpha=1}^k W_T(H_\alpha) + \sum_{\substack{\alpha, \beta=1 \\ \alpha \neq \beta}}^k W_T(H_{\alpha\beta}) + \dots$$

де $W_T(H_0)$ – технічна ефективність нульового стану,

$$W_T(H_0) = \int_0^\infty \dots \int_0^\infty \Phi_0(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k, t) f(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) \times \\ \times d\tau_\alpha d\tau_1 \dots d\tau_k;$$

кожного комплексу представимо у вигляді

$$E(t) = E_0(t) + \sum_{i=1}^n \Delta E_i(t),$$

де $\Delta E_i(t)$ – відображає приріст ефективності за рахунок наявності функціонального резерву з урахуванням можливостей їх застосування і є добутком умовних ймовірностей як відомих функцій від показників систем комплексу, що контролюються в процесі експлуатації.

Ще одним з показників ефективності СНУР є її вартість $C_{ВВ\text{ СНУР}}$. В роботі зроблено припущення щодо низького впливу ринку продажів на вартість системи, тобто аналізується тільки вартість виготовлення. Для її визначення необхідно врахувати не тільки вартість виробництва, але і витрати на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи. У свою чергу оцінка вартості СНУР ускладнюється особливістю будь-якого проекту, заснованого на використанні деяких комплектуючих підсистем з частковою виробленням ресурсу.

Таким чином, математична модель вартості виготовлення має вигляд

$$C_{ВВ\text{ СНУР}} = C_{ВВ} + C_{ДКР} + C_{НДР}, \quad C_{ВВ} = C_{Н} + C_{О}, \quad C_{Н} = \sum_{i=1}^m C_{Нi}, \quad C_{О} = \sum_{i=1}^n C_{Оi},$$

де $C_{ВВ\text{ СНУР}}$ – вартість виготовлення СНУР; $C_{ВВ}$ – вартість виробництва СНУР; $C_{ДКР}$ – вартість дослідно-конструкторських робіт; $C_{НДР}$ – вартість науково-дослідних робіт; $C_{Нi}$ – вартість виробництва нового i -того комплектуючого виробу; $C_{Оi}$ – вартість i -того комплектуючого виробу із витраченим ресурсом; m – число нових комплектуючих підсистем СНУР; n – число комплектуючих підсистем СНУР, що мають витрачений ресурс.

Таким чином, удосконалено модель ефективності навігаційного комплексу та системи управління рухом судном безаварійних подій. Дана модель враховує апріорні оцінки технічної ефективності комплексу системи навігації та управління рухом по відомим апріорним оцінками його точнісної ефективності та надійності окремих комплектуючих систем. Вона покладена в основу порядку визначення умовної ймовірності виконання свого завдання кожним комплексом СНУР.

Застосування моделі дозволяє вирішити завдання формування алгоритму аналізу системи навігації та управління рухом судном в штатних та нештатних умовах експлуатації.

У третьому розділі «Розробка методів синтезу структури системи навігації та управління рухом суден» удосконалено метод структурного синтезу системи навігації та управління рухом судном безаварійних подій, який на відміну від існуючих застосовує інтелектуалізований підхід визначення поступки між ефективністю та вартістю з використанням параметричних моделей нечітких експертних висновків на основі нейронних мереж.

Аналіз сучасних СНУР, а також ринку комплектуючих підсистем показує, що, як правило, концепція побудови заснована на використанні після модернізації наявного в експлуатації обладнання спільно із сучасними

системами. Тому актуальною є задача багатокритеріальної оптимізації структури СНУР за відомими характеристиками існуючих підсистем комплексів НК і СУ. Наприклад, з N можливих систем з m характеристиками необхідно визначити склад СНУР, що задовольняє заданим критеріям, з урахуванням вдосконалення систем до моменту впровадження в СНУР.

Нехай при проектуванні нової СНУР сформульовано ряд критеріїв $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_p$, кожен з яких залежить від сукупності проектних параметрів $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Розглянемо метод визначення X для відшукування найкращого поєднання значень критеріїв $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_p$. Даний метод отримав назву «методу послідовних уступок». Отже, нехай показники ефективності розташовані в порядку спадання важливості: спочатку основний \mathcal{E}_1 , потім інші, допоміжним: $\mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \dots$. Для простоти вважають, що кожен з них потрібно звернути в максимум (якщо це не так, досить змінити знак показника). Процедура побудови компромісного рішення зводиться до наступного. Спочатку шукається рішення, що приводить до максимуму головний показник ефективності \mathcal{E}_1 . Потім призначається, виходячи з практичних міркувань і точності, з якою відомі вихідні дані (а часто вона буває невеликою), деяка «уступка» $\Delta\mathcal{E}_1$, яку згодні припуститись для того, щоб привести до максимуму другий показник \mathcal{E}_2 . Далі знову призначається «уступка» для показника \mathcal{E}_2 , завдяки якій можна максимізувати \mathcal{E}_3 і т. д.

Такий спосіб побудови компромісного рішення має переваги, що полягають в тому, що тут відразу видно, ціною якої «уступки» в одному показнику купується вииграш в іншому. Прийнято вважати, що свобода вибору рішення, що буде придбана ціною навіть незначних «уступок», може виявитися суттєвою, так як в районі максимуму зазвичай ефективність рішення змінюється дуже слабо.

Таким чином, при будь-якому способі формалізації, завдання кількісного обґрунтування рішення за кількома показниками залишається не до кінця визначеним. Отже, остаточний вибір рішення визначається дослідником.

Використовуючи «метод уступки» нам необхідно розв'язати оптимізаційну задачу за критерієм «ефективність-вартість». Іншими словами, треба реалізувати метод побудови вискоелективної СНУР при мінімальній вартості. Математична формалізація задачі виглядає наступним чином:

$$R_k : \begin{cases} \max P = P(R_k), \\ \min C_{II} = C_{II}(R_k), \end{cases} \quad \forall R_k = \{r_1^k, r_2^k, \dots, r_M^k\},$$

де $P(R_k)$ – показник критерію ефективності функціонування для k -того варіанту структури СНУР; $C_{II}(R_k)$ – вартість пуску для k -того варіанту структури СНУР; $R_k = \{r_1^k, r_2^k, \dots, r_M^k\}$ – вектор структури СНУР; r_i^k – значення i -того параметра k -того варіанту структури СНУР; k – кількість варіантів структур СНУР.

При вирішенні багатокритеріальної задачі методом послідовних уступок спочатку виробляється якісний аналіз відносної важливості приватних критеріїв K_S та оптимальною вважається будь-яка стратегія, що є рішенням останньої задачі з такої послідовності завдань:

$$1) \text{ знайти } Q_1 = \sup_{u \in U} K_1(u)$$

$$2) \text{ знайти } Q_2 = \sup_{\substack{u \in U \\ K_1(u) \geq Q_1 - \Delta_1}} K_1(u)$$

$$3) \text{ знайти } Q_S = \sup_{\substack{u \in U \\ K_1(u) \geq Q_r - \Delta_r \\ r=1,2,\dots,S-1}} K_1(u)$$

Якщо критерій K_S на множині стратегій, що задовольняють обмеженням задачі S , не досягає свого найбільшого значення Q_S , то рішенням багатокритеріальної задачі вважають максимізуючу послідовність стратегій u_k із зазначеної множини.

Практично подібні максимізуючі послідовності має сенс розглядати також для того випадку, коли верхня грань в завданні S досягається. Це стає можливим внаслідок того, що для вирішення екстремальних задач широко застосовуються ітеративні методи. Величини уступок, що призначені для багатокритеріальної задачі, можна розглядати як своєрідну міру відхилення пріоритету (ступеня відносної важливості) часткових критеріїв від жорстких, лексикографічних критеріїв. Величини уступок D_r послідовно призначаються в результаті вивчення взаємозв'язку часткових критеріїв. Спочатку вирішується питання про призначення величини припустимого зниження D_r першого критерію від його максимального значення Q_1 . Далі розглядають пару критеріїв K_2 та K_3 знову призначають "пробні" величини поступок $Q_2(D_{22})$, ... та відшуковують найбільші значення третього критерію $Q_3(D_{12})$, $Q_3(D_{22})$, ... Отримані дані аналізують, призначають D_2 , переходять до наступної пари критеріїв K_3 , K_4 і т. д. Нарешті, в результаті аналізу взаємного впливу критеріїв K_{S-1} та K_S вибирають величину останньої поступки D_{S-1} і відшуковують оптимальні стратегії.

Хоча формально при використанні методу послідовних уступок досить вирішити лише S задач, проте для призначення величин уступок з метою з'ясування взаємозв'язку часткових критеріїв фактично доводиться вирішувати істотно більше число подібних завдань. Тому в роботі пропонується визначати величину уступки експертним шляхом за допомогою системи підтримки прийняття рішень на основі використання нейронних мереж.

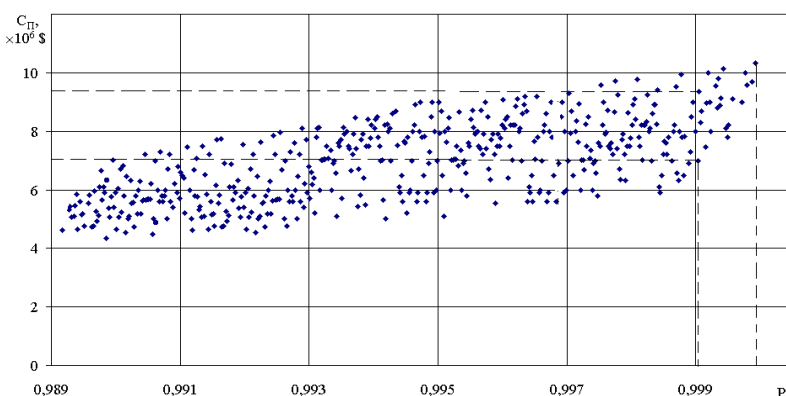


Рис. 1. Результати моделювання

Таким чином, запропоновано технологію та проведені експериментальні дослідження є важливим кроком до вдосконалення процесу інформаційно-аналітичного забезпечення при формуванні уступки між вартістю та ефективністю СНУР. Одержані результати

дозволяють здійснювати кількісні порівняння якісних факторів, що впливають на величину уступки.

У четвертому розділі «Рекомендації щодо застосування наукових результатів перевірка достовірності розроблених моделей та методів» проведено математичне моделювання достовірність отриманих наукових результатом через якість запропонованого в роботі методу оптимізації структури СНУР за критерієм «ефективність-вартість», так як саме він інтегрує дані результати. В результаті математичного моделювання за виразом (5) визначається ефективність кожного комплексу, а за виразами (1) – (4), ймовірність виконання безаварійного судноводіння. Вартість будь-якого варіанту комплексу СНУР можливо визначити та отримати за методикою викладеної в п.2.5. На рис. 1 наведені результати даного моделювання, які визначили область можливих варіантів побудови структури СНУР і відповідних цим варіантам вартості СНУР.

Для підтвердження теоретичних положень було змодельовано функціонування запропонованого в дисертації методу оптимізації структури СНУР. Комп'ютерне моделювання визначило максимальне значення показника ефективності СНУР з усіх можливих варіантів $P_{\max} = 0,99995$. Вимоги до перспективних проектів $P_{\text{зад}} = 0,999$, що дозволило сформулювати поступку $\Delta P = 0,00095$.

У цих умовах алгоритм вибрав варіант СНУР з наступними параметрами: $P = 0,9993$; СВВ СНУР = 71000 \$, що дозволило знизити вартість системи на 15 % у порівнянні з варіантами, що мають однакові показники ефективності, а також підвищити ймовірність виконання безаварійного судноводіння на 10 – 12 % при умові постійного значення вартості варіанту системи.

Таким чином, в результаті математичного моделювання доведено високу ефективність функціонування запропонованого в роботі методу оптимізації структури системи навігації та управління рухом судна за критерієм "ефективність-вартість" та відповідно достовірність отриманих наукових результатів.

ВИСНОВКИ

В результаті дисертаційних досліджень, виконаних автором, вирішено актуальне наукове завдання, яке полягає в удосконаленні існуючих та розробці нових моделей та методів аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден на основі апріорних оцінок технічної ефективності комплектуючих підсистем. Дане наукове завдання має суттєве значення для теоретичних основ та інструментальних засобів щодо удосконалення системи навігації та управління рухом суден. Відсутність аналогічних рішень у нашій країні та за кордоном робить результати досліджень пріоритетними.

В дисертації одержані такі основні результати:

1. Проведено детальний аналіз статистичних даних та наукових робіт вітчизняних та закордонних вчених та зроблено висновок, що сучасним інноваційним напрямком є впровадження інтелектуальних систем, які поєднують комп'ютерні, телекомунікаційні системи, інформаційні технології, математичне та програмне забезпечення, а також штучний інтелект.

2. Визначено, що на теперішній час гостро стоїть завдання щодо розробки моделей та методів підвищення ефективності системи навігації та управління

рухом судна на основі достовірної апріорної інформації про стан комплектуючих підсистем. Аналіз закордонного та вітчизняного досвіду експлуатації та проектування систем навігації та управління рухом суден свідчить про можливість значного підвищення їх ефективності та якості шляхом використання в моделях та методах відомих апріорно техніко-експлуатаційних характеристик комплектуючих підсистем. Таким чином, підтверджується актуальність вирішення поставленого наукового завдання.

3. Вперше розроблено модель визначення ефективності виконання завдання навігації та управління рухом судном без аварійних подій, яка відрізняється від подібних моделей представленням ефективності як функції показників ефективності комплектуючих підсистем. Застосування моделі дозволяє вирішити завдання аналізу та синтезу структури системи навігації та управління рухом судном в сучасних умовах.

3. Удосконалено модель ефективності навігаційного комплексу та системи управління рухом судном без аварійних подій, яка відрізняється від існуючих урахуванням апріорних техніко-експлуатаційних характеристик комплектуючих підсистем. Застосування моделі дозволяє вирішити завдання формування алгоритму аналізу системи навігації та управління рухом судном в штатних та нештатних умовах експлуатації.

4. Удосконалено метод структурного синтезу системи навігації та управління рухом судном без аварійних подій, який на відміну від існуючих застосовує інтелектуалізований підхід визначення поступки між ефективністю та вартістю з використанням параметричних моделей нечітких експертних висновків на основі нейронних мереж.

5. Реалізація отриманих в роботі результатів дозволяє проводити аналіз різних варіантів систем навігації та управління рухом, що дозволяє провести порівняльний аналіз та визначити за критерієм ефективність-вартість найкращий варіант системи. Разом з тим, запропонований науково-методичний апарат може використовуватись в якості теоретичної бази для проведення синтезу системи навігації та управління рухом річкових та морських суден.

6. Застосування запропонованих моделей і методів дозволяє при вирішенні завдань синтезу структури системи навігації та управління рухом судном зменшити вартість до 15 % у порівнянні з варіантами, що мають однакові показники ефективності, а також підвищити ймовірність виконання безаварійного судноводіння на 10 – 12 % при умові постійного значення вартості варіанту системи.

8. Результати дисертаційних досліджень реалізовані у ТОВ «Червона рута» (акт від 24.11.2016 р. №36/16); у навчальному процесі ДП «Український науково-дослідний навчальний центр» підчас створення курсу лекцій, а також при підготовці кандидатів в аудиторі з сертифікації продукції машинобудування (акт від 19.06.2017 р. №13/а), а також в навчальному процесі Державного університету інфраструктури та технологій (акт від 08.11.2017 р. №19/128) підчас створення курсу лекцій з дисциплін «Технічні засоби судноводіння», а також при підготовці аспірантів.

Також результати дисертаційних досліджень впроваджені у науково-дослідної роботі: «Розробка комплексного показника якості пасажирських круїзних суден змішаного плавання в системі безпересадкових круїзних перевезень між портами Дніпра, Чорного моря та Дунаю» (номер держреєстрації 0116U03946), яка виконувалася у Київській державній академії водного транспорту, у якій автор приймав участь як виконавець.

9. Мета досліджень щодо розробки моделей та методів аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден на основі апріорних оцінок технічної ефективності, які забезпечують гарантований рівень безпеки руху в критичних умовах досягнута та всі часткові завдання вирішені повністю. Наукові результати досліджень є внеском у розвиток теоретичних і прикладних основ розроблення систем навігації та управління рухом суден.

10. Перспективними шляхами подальших досліджень у зазначеному напрямку може бути широке коло питань щодо перспективної системи навігації та управління рухом судна. Отримані методи дозволяють розглянути можливість використання даних підходів у інших системах транспортних засобів, а також значно підвищити ефективність процесу навігації та безаварійного управління рухом судна за рахунок модернізації.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Даник А.В.** Определение запаса поперечной динамической остойчивости судна при перевозке зерна с помощью диаграммы статической остойчивости различными методами/ **А.В. Даник** // Водний транспорт. – 2012. – Вип. 2(14). – С. 35 – 40.

2. **Даник А.В.** Моделирование опасности «сухого» смещения навалочного груза // **А.В. Даник** // Водний транспорт. – 2012. – Вип. 3 (15). – С. 17 – 22.

3. **Данік О.В.** Процедура обґрунтування організації процесу відновлення судових комплексів в умовах експлуатації / **О.В. Данік** // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2017. – № 1 (54). – С. 113 – 116.

4. **Данік О.В.** Спосіб контролю рівня надійності судових комплексів при нестабільних умовах спостережень /**О.В. Данік**// Наукові записки українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2017. – № 1 (45). – С. 104 – 108.

5. Коломієць О.М. Оцінювання впливу застосування інтелектуальної системи експлуатації судна на вирішення завдань безпеки / **О.М. Коломієць, О.В. Данік** // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2017. – № 2 (105). – С. 75 – 78.

6. Дакі О. А. Верифікація технології експертного визначення уступки між вартістю та ефективністю системи навігації та управління рухом / **О. А. Дакі, О. В. Данік, О. М. Коломієць, А. В. Горбань** // Новітні технології. – 2018. – № 1 (5). – С. 29 – 42.

7. Трофименко І.В. Модель прогнозування показника надійності судових агрегатів / **І.В. Трофименко, О.В. Данік, Ю.Є. Шапран** // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – №. 3(51). – С.78–83.

8. Тимощук О.М. Особливості планування в процесі управлінні судноплавною компанією/ **Тимощук О.М., Данік О.В., Трофименко І. В.**// Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2017. – №3(30). – С.80–87.

9. Тимощук О.М. Выбор показателей надежности с учетом интенсивности эксплуатации судна/ **О.М. Тимощук, О.В. Данік, О.М. Коломієць**// Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy.– 2017.–№2.–С.90–95.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

10. **Данік А.В.** Метод підвищення ефективності засобів й систем навігаційного обслуговування вантажних суден необмеженого району плавання / **О. В. Данік** // Матеріали 17-ої науково-методичної конференції викладачів,

аспірантів та студентів 25.04-27.04. 2013 року. – Київ: КДАВТ ім. П.Конашевича-Сагайдачного, 2013. – С.107.

11. В.І. Богом'я. Особливості розроблення інтелектуальної системи експлуатації судна /В.І. Богом'я, **О.В. Данік** // Наукова-практична конференція «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент»: тези доповідей, 21-25 вересня 2015 року. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – С.10.

12. Трофименко І.В.. Алгоритм аналізу системи навігації та управління рухом судном в різноманітних умовах експлуатації / І.В. Трофименко, **О.В. Данік** // Наукова-практична конференція «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент»: тези доповідей, 25-29 квітня 2016 року. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – С.17.

13. Данік О.В. Методи аналізу системи навігації та управління рухом суден/ **О.В. Данік**, О.М. Коломієць// III Міжнародна науково-практична конференція «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент»: тези доповідей, 22–23 травня 2017 року. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – С.16.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

14. **Данік О.В.** Моделі та методи аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден / О.В. Данік // Новітні технології. – 2017. – № 1 (3). – С. 104 – 108.

15. **Данік О.В.** Модель екологічного моніторингу водної поверхності/ О.В. Данік // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2017. – № 1 (104). – С. 17 – 20.

16. Тимощук О.М. Вибір критерію оптимальності системи відновлення суднових комплексів/ О.М. Тимощук, **О.В. Данік**, О.М. Коломієць // Економіка та держава.–2017.–№4.–С.102–104.

АНОТАЦІЯ

Данік О.В. Моделі та методи аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден на основі апріорних оцінок технічної ефективності. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.13 «Навігація та управління рухом». – Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, 2018.

В роботі сформульовано і вирішено актуальне наукове завдання щодо удосконалення існуючих та розробки нових моделей та методів аналізу і синтезу системи навігації та управління рухом суден на основі апріорних оцінок технічної ефективності комплектуючих підсистем.

Вперше розроблено модель визначення ефективності виконання завдання навігації та управління рухом судном безаварійних подій, яка відрізняється від подібних моделей представленням ефективності як функції показників ефективності комплектуючих підсистем. Застосування моделі дозволяє вирішити завдання аналізу та синтезу структури системи навігації та управління рухом судном в сучасних умовах.

Удосконалено модель ефективності навігаційного комплексу та системи управління рухом судном безаварійних подій, яка відрізняється від існуючих урахуванням апріорних техніко-експлуатаційних характеристик комплектуючих підсистем. Застосування моделі дозволяє вирішити завдання

формування алгоритму аналізу системи навігації та управління рухом судном в штатних та нештатних умовах експлуатації.

Удосконалено метод структурного синтезу системи навігації та управління рухом судном безаварійних подій, який на відміну від існуючих застосовує інтелектуалізований підхід визначення поступки між ефективністю та вартістю з використанням параметричних моделей нечітких експертних висновків на основі нейронних мереж.

Ключові слова: система навігації та управління судна, аварійна подія, база знань, функціональна стійкість, складна динамічна система, інформаційно-аналітичне забезпечення.

АННОТАЦІЯ

Даник А.В. Модели и методы анализа и синтеза системы навигации и управления движением судов на основе априорных оценок технической эффективности. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.13 «Навигация и управление движением». – Летняя академия Национального авиационного университета, Кропивницкий, 2018.

В работе сформулирована и решена актуальная научная задача, которая заключается в усовершенствованных существующих и разработке новых моделей и методов анализа и синтеза системы навигации и управления движением судов на основе априорных оценок технической эффективности комплексуемых подсистем.

Определено, возможности повышения эффективности и качества системы навигации и управления движением судна путем использования в моделях и методах известных априорно технико-эксплуатационных характеристик комплексуемых подсистем. Таким образом, подтверждена актуальность решения поставленной научной задачи.

В работе впервые разработана модель определения эффективности выполнения задачи навигации и управления движением судна безаварийных событий, которая отличается от подобных моделей представлением эффективности как функции показателей эффективности комплексуемых подсистем. Применение модели позволяет решить задачу анализа и синтеза структуры системы навигации и управления движением судна в современных условиях.

Усовершенствована модель эффективности навигационного комплекса и системы управления движением судна безаварийных событий, которая отличается от существующих учетом априорных технико-эксплуатационных характеристик комплексуемых подсистем. Применение модели позволяет решить задачу формирования алгоритма анализа системы навигации и управления движением судна в штатных и нештатных условиях эксплуатации.

Усовершенствован метод структурного синтеза системы навигации и управления движением судна безаварийных событий, который в отличие от существующих, применяет интеллектуализированный подход определения уступки между эффективностью и стоимостью с использованием параметрических моделей нечетких экспертных выводов на основе нейронных сетей.

Реализация полученных в работе результатов позволяет проводить анализ различных вариантов систем навигации и управления движением, позволяет провести сравнительный анализ и определить по критерию "эффективность-

стоимость" лучший вариант системы. Вместе с тем, предложенный научно-методический аппарат может использоваться в качестве теоретической базы для проведения синтеза системы навигации и управления движением речных и морских судов.

Применение предложенных моделей и методов позволяет при решении задач синтеза структуры системы навигации и управления движением судна уменьшить стоимость до 15% по сравнению с вариантами, имеющие одинаковые показатели эффективности, а также повысить вероятность выполнения безаварийного судовождения на 10 – 12% при условии постоянного значения стоимости варианта системы.

Ключевые слова: система навигации и управления судна, аварийное событие, база знаний, функциональная устойчивость, сложная динамическая система, информационно-аналитическое обеспечение.

ABSTRACT

Danik O.V. Models and methods of analysis and synthesis of navigation systems and vessel traffic control based on a priori estimates of technical efficiency. –The manuscript.

Dissertation for obtaining a scientific degree of the candidate of technical sciences in specialty 05.22.13 "Navigation and traffic control". – Flight Academy National Aviation University, Kropyvnytskyi, 2018.

In the paper, an actual scientific task was formulated and solved for the improvement of existing and development of new models and methods for analysis and synthesis of the navigation system and vessel traffic control on the basis of a priori estimates of the technical efficiency of component subsystems.

For the first time a model has been developed for determining the effectiveness of the task of navigating and controlling the motion of a ship of non-emergency events, which differs from similar models by representing efficiency as a function of indicators of the efficiency of component subsystems. Application of the model allows to solve the problem of analysis and synthesis of the structure of the navigation system and control of the movement of the vessel in modern conditions.

The model of the effectiveness of the navigational complex and the system of traffic control of the accident-damping vessel is improved, which differs from the existing ones taking into account the a priori technical and operational characteristics of the components of the subsystems. Application of the model allows to solve the problem of forming the algorithm of the analysis of the navigation system and control the movement of the vessel in regular and non-standard operating conditions.

The method of structural synthesis of the system of navigation and control of the motion of a vessel of non-emergency events is improved, which, unlike the existing one, uses an intellectualized approach for determining the concession between efficiency and cost using parametric models of fuzzy expert conclusions based on neural networks. Application of the method allows to reduce the cost of up to 15% in comparison with variants having the same performance indicators, as well as increase the probability of carrying out a trouble-free shipping at 10-12% at the condition of the constant value of the cost of the system variant, when solving the problems of synthesis of the structure of the navigation system and control of the movement of the vessel.

Key words: navigation system and vessel management, emergency event, knowledge base, functional stability, complex dynamic system, information and analytical support.

Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк.0,9. Тираж 100 прим. Зам. № 0663
Підписано до друку 03.07.2018 р.
Свідоцтво держ. реєстру ДК №977 від 05.07.2002р.

Видавництво Льотна академія НАУ

м. Кропивницький,

вул. Добровольського,1,

тел. 39-44-37.