

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Шумілова Катерина Володимирівна

АНОТАЦІЯ

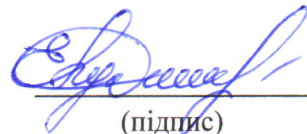
до дисертації на тему:

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАНУВАННЯ І УПРАВЛІННЯ
НАВІГАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ РЕЙСОВОГО ЦИКЛУ СУДНА»**

Спеціальність 271 – «Річковий та морський транспорт»

Галузь знань 27 – «Транспорт»

Дисертація подається на здобуття
наукового ступеня доктора філософії,
містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело



К. В. Шумілова

(підпис)

Науковий керівник: **Мальцев Анатолій Сидорович**
доктор технічних наук, професор

Одеса – 2023

АНОТАЦІЯ

Шумілова К. В. – Удосконалення планування і управління навігаційними ризиками рейсового циклу судна. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 271 – «Річковий та морський транспорт» (галузь знань 27 – Транспорт). – Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, 2023.

На основі аналізу існуючих методів оцінки і класифікації навігаційних ризиків був визначений спосіб експертної оцінки ризиків, який дає детальний опис та алгоритм протікання події, визначає її навігаційну причину та наслідки. Він може бути отриманий тільки у органів, які виконували розслідування аварійної події (капітанія порту, судновласник, страхові компанії, судові експерти та ін.).

Дослідження міжнародних аварійних подій за 2002-2021 роки, у тому числі в Бузько-Дніпровсько-лиманському каналі (БДЛК) і Херсонському морському каналі (ХМК) показало, що загалом сталося 76 навігаційних подій, які були розподілені за видами: 23 – посадки на мілину, 25 – навали, 6 – зіткнення, 4 – льодові випадки, 18 – випадки з технічних причин. Наслідками таких аварій були: потрапляння на мілину; здійснення навалу на інші судна, що стоять на якорі; зіткнення із суднами під час плавання у районі, де є скупчення плавзасобів в очікуванні шлюзування; вихід за межі суднового ходу під час плавання в БДЛК та ХМК.

При виконанні рейсового циклу судна, на прикладі експертних даних з аварійності, у басейні Чорного моря, БДЛК та ХМК були визначені причини навігаційних ризиків: 1) невиконання відповідного маневру для запобігання зіткненню через несвоєчасне налаштування шкали радіолокатора; 2) відсутність плану наміченого рейсу від причалу до причалу, а також належного контролю за

переміщенням судна при виконанні плану переходу; 3) відсутність підготовки основних та резервних суднових пристроїв, стан яких має забезпечувати безперебійне та справне керування судном, наслідком чого є недоліки управління рівнем допустимого ризику, для належної організації дій екіпажу при проходженні аварійно небезпечних ділянок переходу та під час швартування; 4) недотримання рекомендацій з практичних прийомів та способів управління судном, а також невикористання адекватних та оперативних дій для управління рівнем ризику; 5) відсутність належного планування при використанні маневрових характеристик судна та недотримання безпечної швидкості під час маневрування в обмежених умовах акваторії порту і каналу; 6) неякісна організація та невиконання членами екіпажу правил технічного обслуговування і експлуатації головних двигунів та допоміжних механізмів, які забезпечують рух судна.

В результаті виконаного аналізу аварійних подій встановлено, що перед початком рейсового циклу необхідно приділяти особливу увагу підготовці основного та резервного рульових пристроїв, стан яких має забезпечувати безперебійне та справне управління судном. Капітан та начальники служб судна несуть відповідальність за своєчасне пред'явлення судна, його конструкцій та технічних засобів до оглядів щодо належного стану і оформлення відповідних суднових документів.

Незалежно від періодичності інспекторських оглядів судновласник повинен забезпечити позачерговий нагляд за технічним станом суднових механізмів, які забезпечують рух судна.

Проблема зниження негативного впливу людського фактору на рівень ризиків в сучасному судноплаванні потребує комплексного рішення, яке може бути досягнуто шляхом застосування сучасних інформаційних систем організації експлуатації та управління судном. Це вимагає використання систем підтримки прийняття рішень, на основі принципів ефективної взаємодії в багато операторних системах управління. Функціонування таких систем потребує запровадження нових програм підготовки плавскладу. Вони спрямовані на

підвищення ефективності комунікативної взаємодії членів машинної та палубної команди, умінь прийняття ними узгоджених управлінських рішень у критичних умовах і формування лідерських якостей. Це дозволить ефективно долати проблему негативного впливу людського фактору на процес взаємодії і сприятиме зниженню кількості морських аварій.

Основною вимогою до змісту виконаних досліджень являється наявність **запитів практики** щодо забезпечення ефективного управління судном в умовах проходження аварійно небезпечних ділянок переходу з навігаційними ризиками. Тому **головним завданням** в рейсовому циклі була розробка модернізованої системи, в основі якої закладено змістовну модель планування навігаційних ризиків при виборі координат шляхових точок переходу і управління їх допустимим рівнем.

В результаті аналізу головне завдання структурно представлено у вигляді трьох допоміжних задач:

- **допоміжна задача 1:** визначення способів ідентифікації навігаційних ризиків для попередження виникнення аварійно небезпечних подій: посадки на мілину, навалу на брівку каналу, фарватеру або інше судно, чи зіткнення;

- **допоміжна задача 2:** розробка способу зменшення навігаційних ризиків до допустимого рівня і управління ними;

- **допоміжна задача 3:** розробка змістовної моделі для визначення інженерним способом виду навігаційного ризику для вибору способу управління.

Об'єктом дослідження являється методика планування переходу в рейсовому циклі судна, а **предметом дослідження** є удосконалення способу планування та управління існуючими навігаційними ризиками.

Наукова новизна отриманих у дисертації результатів полягає в розробленому способі планування рейсового циклу, який відрізняється від існуючих введенням етапу аналізу ризиків на аварійно небезпечних відрізках шляху інженерним способом та створенням таблиці шляхових точок,

узагальненої таблиці навігаційних ризиків, з автоматичним контролем часу їх настання та вибором способів управління. При цьому у роботі:

- **вперше розроблено** модернізовану систему планування шляху при рейсовому циклі морського судна. Вона відрізняється від існуючої введенням етапу аналізу навігаційних ризиків на переході з використанням інженерного методу та вибором способу їх управління. Суть методу полягає у використанні високоточного планування шляху рейсового циклу траєкторними точками методом шляхових точок. Результати представлені у вигляді сумарної матриці координат переходу. Для підвищення точності планування маневрені характеристики розраховані для стану судна в рейсі. Це забезпечило вдосконалення існуючого способу планування координат руху судна, з метою підвищення його точності;

- **вперше розроблено** аналізатор навігаційних ризиків для визначення видів небезпек та способів управління їх допустимим рівнем і **створено** узагальнену таблицю характеристик ризиків, існуючих під час рейсового циклу;

- **удосконалено** існуючий спосіб планування рейсового циклу судна, який дозволяє виділити фактори навігаційного ризику, врахувати причини і методи управління їх рівнем та визначити можливість довести рівень ризику до допустимого під час проходження аварійно небезпечних ділянок шляху;

- **удосконалено** систематизацію навігаційних ризиків та способів управління їх допустимим рівнем, яка допомагає підібрати індивідуальні способи щодо оцінювання, вимірювання, прогнозування та вибору способів реакції на їх виникнення;

- **удосконалено** спосіб визначення координат руху судна для шляхових точок, які використовуються при нанесенні криволінійних траєкторій;

- **отримали подальший розвиток** способи планування руху судна з використанням визначення координат переходу траєкторними точками, за розташуванням шляхових точок та чек-лист для алгоритму його виконання;

- **отримала подальший розвиток** систематизація факторів навігаційного ризику, яка дозволяє встановити, що їх вид не залежить від географічного

положення району плавання, але залежить від типу і розмірів судна, конфігурації акваторії для маневрування та навігаційних характеристик району плавання.

В дослідженні виконана систематизація навігаційних ризиків для вибору способів управління ними та обґрунтовано методику призначення параметрів їх допустимих рівнів.

Розглянуто способи навігаційного планування рейсового циклу, згідно з існуючим нормативним документом Міжнародної морської організації (ММО), для яких модернізовано змістовну модель планування переходу. Вона відрізняється від існуючої введенням додаткового **етапу аналізу навігаційних ризиків «Risk Analysis»** на аварійно небезпечних ділянках переходу і розробкою способів управління їх допустимим рівнем.

Удосконалено існуючі способи управління ризиками при попередженні посадки на мілину, навалів на портове обладнання, інше судно, брівку каналу чи фарватеру. Запропоновано використання систем контролю надмірного наближення для вибору адекватного маневру щодо його попередження.

При аналізі аварійно небезпечних ділянок переходу визначено наступні фактори виникнення навігаційних ризиків: відмова головного двигуна; посадка на мілину, яка викликана неточним плануванням траєкторії руху судна; відсутність оперативного контролю бічного зсуву, наслідками якої є навали на портові споруди та інші судна; недостатня узгодженість капітана і лоцмана при маневруванні; недостатня підготовка судна та суднового обладнання для плавання в районах з аварійно небезпечними ділянками; неточне планування координат шляху в районах стислих вод, особливо при криволінійних траєкторіях руху; відсутність аналізу навігаційних ризиків; недостатня підготовка ходового містка для управління рівнем навігаційних ризиків.

Визначено недоліки в існуючих нормативних документах з планування рейсового циклу і відсутність конкретних рекомендацій з ідентифікації та управління навігаційними ризиками, які призводять до неготовності судноводіїв управляти виникаючими небезпеками рейсового циклу.

В дослідженні встановлено, що причинами аварій при русі в небезпечних районах плавання, розташованих в різних акваторіях світу за період 2017-2021 років були наступні: 6 % (590 подій) – недостатній моніторинг погодних і навігаційних умов; 8% (883 події) – недостатнє обслуговування корпусу та обладнання; 20 % (2148 подій) – недостатній огляд; 11 % (1123 події) – помилки керування двигуном. Проте 74% (7826 подій) відбулися через вплив людського фактору. Отже, майже 94 % усіх морських аварій були спричинені помилками суднового і берегового персоналу.

Показано, що види навігаційних ризиків, які існують в небезпечних районах плавання для різних регіонів – Турецькій (Босфор і Дарданелли), Сінгапурській, Малаккській та Токійській протоках є однаковими. Зустрічаються наступні фактори ризиків: посадка на міліну; навал на брівку каналу і портове обладнання та інші судна; зіткнення; льодові випадки; втрата орієнтації; технічні причини; відмова головного двигуна та рульового обладнання.

Розроблено спосіб визначення допустимого рівня індивідуальних навігаційних ризиків при плануванні шляху рейсового циклу. Він відрізняється від існуючого нормативного способу і дозволяє установити вид та причину виникнення ризиків і вибрати способи управління ними. Застосування запропонованого способу виконано у вигляді «аналізатора ризиків», який дозволяє вибрати алгоритм забезпечення безаварійного руху. Спосіб оформлено у вигляді удосконаленої модернізованої змістовної моделі. Її використання вимагає виконувати постійний оперативний контроль бічного зсуву протягом всього часу руху судна. Контроль виконується за високоточними плановими траєкторними точками і дозволяє використовувати адекватну процедуру коригування руху судна.

В розділі 3 виконана *перша допоміжна задача* визначення способів ідентифікації навігаційних ризиків для попередження виникнення аварійно небезпечних подій, посадки на міліну, навалу на брівку каналу, фарватеру або інше судно, чи зіткнення.

Дослідження способів управління індивідуальними навігаційними ризиками, які залежать від джерел виникнення аварійних подій, дозволило вибрати методи впливу на хід їх протікання. Проте, не всі небезпечні події можуть бути віднесені до навігаційних. До списку навігаційних подій не відносяться пожежі, техногенні катастрофи, складні природно-кліматичні умови тощо, окрім відмови суднових пристроїв і механізмів, до яких відносяться головний двигун і рульовий пристрій, що забезпечують рух судна. Отже, список небезпечних подій базується на аналізі факторів впливу на судно, верифікація яких виконується на підставі аналізу аварійних подій, які фактично виникли. Тому планування і виконання рейсового циклу базується на врахуванні подій, які існують у реальному часі. Для вибору способу планування допустимого рівня ризику і управління ним запропоновано узагальнену таблицю аварійних подій, які можуть статися протягом рейсу. Це дозволить підготуватися до ідентифікації і хронології їх виникнення та вибрати способи управління їх рівнем.

Для управління ризиками в рейсовому циклі вибрано інженерний метод. Він базується на оголошених прибережними державами статистичних даних з аварійності в небезпечних районах рейсового циклу. Такі дані дозволяють визначити види ризиків за шляхом переходу і вибрати способи управління їх допустимим рівнем. Для їх впровадження в дослідженні розроблено аналізатор ризиків, який забезпечує вибір заходів щодо мінімізації їх рівня.

З метою досягнення цього рекомендується використовувати наступні заходи:

- підготувати дані про характеристики гальмування і повороткості для стану при переході у вигляді таблиць, які підходять для використання в електронно-обчислювальних системах;

- скласти координати шляхових точок, представлених у вигляді маршрутного листа переходу;

- використати програмне забезпечення для планування сумарної матриці координат траєкторних точок рейсового циклу переходу, від місця висадки лоцмана в порту відходу до прийому його в порту приходу.

Проте, планування заходу в порт і виходу із нього необхідно виконати за окремою методикою – у вигляді суднового лоцманського плану для навігаційних цілей. Далі рекомендується здійснити прокладку сумарної матриці на карті у вигляді траєкторних точок, виділити аварійно небезпечні ділянки шляху та визначити фактори ризику. Вибір виконується за відношенням осадки судна та глибини акваторії плавання, ширини маневреного зсуву, інтенсивності судноплавства і статистичних характеристик вірогідності аварійних подій.

Представлення маневрених характеристик у вигляді таблиць дасть змогу замінити існуючий спосіб планування координат у вигляді маршрутного листа на сумарну матрицю координат траєкторних точок переходу. Використовуючи інженерний спосіб управління, визначають фактори навігаційних ризиків та способи управління для зниження їх до допустимого рівня. При розходженні суден надмірне зближення настає тоді, коли для попередження ризику зіткнення у судноводія в розпорядженні є три альтернативи. Якщо він не використав першу з них, настає небезпечне зближення і визначено вид маневру, який він повинен вибрати для зниження ризику зіткнення із табл. 4.3. «Черговість настання маневру останнього моменту при відмітках справа», за значеннями курсового кута q і відносного курсу P . Проте, невикористання судноводієм перших двох альтернатив призводить до того, що у нього залишається лише одна, яка викликає аварійне зближення і настання маневру останнього моменту.

При наявності навігаційного пристрою-аналізатора ризику небезпечного зіткнення судноводій повинен виконати маневр, який рекомендує пристрій, оскільки він вибраний на підставі закону маневру останнього моменту.

У розділі 4 виконана **друга допоміжна задача** – вибір способів зменшення навігаційних ризиків і управління їх допустимим рівнем.

Удосконалення існуючої системи планування рейсового циклу морського судна здійснено шляховими точками, результати якого оформлені у вигляді маршрутного листа. На відміну від існуючих вимог нормативних документів додатково виконано сценарне планування маневрування судна в табличній та

графічній формах, згідно з вимогами діючих нормативних документів ММО для виходу/заходу в порт. Але існуючі документи мають наступні недоліки:

- відсутня методика вибору шляхових точок;
- використовується методика нанесення шляху у вигляді прямолінійних відрізків, яким судно ніколи не проходить через шляхові точки;
- відсутня методика планування криволінійних відрізків шляху;
- не використовуються способи підвищення точності планування та контролю координат руху центру ваги судна;
- не використовуються способи планування навігаційних ризиків та методи управління їх рівнем.

Недоліки, які існують в нормативній документації, враховано при використанні способу планування шляху траєкторними точками методом модернізованої змістовної моделі. В ній додатково передбачено етап розгляду і аналізу аварійно небезпечних ділянок шляху і визначення виду навігаційного ризику та способів управління ним. Це дозволяє забезпечити безаварійне проходження небезпечних ділянок шляху. Результати аналізу зведені в підсумкову таблицю, яка дає можливість оцінити характер зовнішніх впливів і передбачити способи управління ризиками.

На прикладі переходу із портів Самсун – Чорноморськ та Йокогама – Альма приведена методика формування координат шляхових точок та використані рекомендації щодо їх зображення на карті. Установлено, що кожний порт потребує використання свого чек-листа і алгоритму визначення координат шляхових точок. Для кожного випадку виконано детальне планування модернізованою змістовою моделлю та приведені її графічне зображення.

Представлення шляху руху координатами траєкторних точок дало можливість використовувати системи підтримки прийняття рішення і автоматизувати процес використання навігаційних пристроїв, які покращують точність оперативного визначення параметрів руху та підвищують якість їх контролю для прийняття рішень з маневрування.

У розділі 5 виконана *третя допоміжна задача* – розроблено модернізовану систему, в основі якої закладено змістовну модель для визначення виду навігаційного ризику інженерним способом. Проведено порівняльний аналіз існуючої системи планування рейсового циклу морського судна шляховими точками, результати якої оформлені у вигляді маршрутного листа. На відміну від існуючих вимог нормативних документів, додатково виконано сценарне планування маневрування в табличній та графічній формах, для виходу/заходу в порти.

Додатково передбачено етап розгляду і аналізу аварійно небезпечних ділянок шляху та визначення виду навігаційного ризику. Це дозволяє планувати способи управління допустимим рівнем ризику та забезпечити безаварійне проходження аварійно небезпечних ділянок шляху. Результати аналізу зведені в підсумкову таблицю – для оцінки характеру зовнішніх впливів і передбачення способів підвищення безпеки для всього переходу.

Виконання трьох допоміжних задач дозволило досягнути визначеної в роботі головної мети з розробки змістовної моделі аналізу та планування навігаційних ризиків при виборі координат шляху рейсового циклу судна, для управління їх допустимим рівнем.

Практичне значення отриманих результатів визначається тим, що отримані в роботі способи, методики та алгоритми планування і управління рівнем допустимого ризику можуть бути застосовані при визначенні безпечних координат траєкторних точок рейсового шляху судна, з урахуванням аварійно небезпечних ділянок, які існують в рейсовому циклі. Вони можуть бути використані для складання рекомендацій нормативних документів з планування ризиків та при виконанні і розробці інструкцій з прийняття рішень щодо визначення допустимого рівня навігаційних ризиків та управління ними.

Критично важливими являються технічні та інформаційні системи, які забезпечують управління рухом судна та адекватну організацію роботи команди навігаційного містка під час виникнення морських інцидентів і прийняття своєчасних рішень з вибору способів управління за причинами їх виникнення.

Це вимагає попереднього аналізу ймовірності виникнення навігаційних ризиків та підготовки способів їх попередження і контролю.

Придбаний досвід управління рівнем навігаційного ризику може бути корисним в ідентифікації нових видів аварійних небезпек та підвищенні безпеки руху при рейсовому циклі. Отримані результати являються корисними для підготовки в закладах вищої освіти та під час підвищення кваліфікації судноводіїв. Запропоновані в дисертаційному дослідженні способи аналізу і оцінки видів та причин навігаційних ризиків та факторів впливу на їх допустимий рівень визначають **наукове положення** дисертаційної роботи, а саме: використання нового високоточного способу планування шляху рейсового циклу судна траєкторними точками.

Отримані результати з використання удосконаленої системи на базі змістовної моделі, аналізатора ризиків та узагальненої таблиці характеристик навігаційних ризиків рейсового циклу, дозволили визначити методи управління систематизованими навігаційними ризиками за допомогою електронно навігаційних приладів, які можуть бути використані судноплавними компаніями для безпечної експлуатації суден.

Практичні результати дисертаційного дослідження впроваджені: в науково-дослідницьку і конструкторську роботу – ДР № 0119U001651 «Енергоефективна система позиціонування судна подвійного призначення»; в освітню компоненту «Дослідницький практикум» кафедри управління судном, відповідно до освітньо-професійної програми другого (магістерського) рівня підготовки «Навігація і управління морськими суднами»; в освітній процес приватного вищого навчального закладу Інституту післядипломної освіти «Одеський морський тренажерний центр», у вигляді удосконаленої змістовної моделі планування шляху рейсового циклу.

Ключові слова: навігаційні ризики, планування координат шляхових точок, управління допустимим рівнем ризику, маршрутний лист, матриці

траєкторних точок, узагальнена таблиця навігаційних ризиків, рейсовий цикл судна.

Основні наукові результати дисертаційних досліджень опубліковані в наступних працях.

Статті у наукових фахових виданнях:

1. **Шумілова К. В.** Розробка способу планування навігаційних ризиків при підготовці рейсового циклу судна / Development of the method for planning navigational risks in preparation of a ship voyage cycle // Science and Education a New Dimension. – Budapest, Hungary, 2022, X(34), Issue 268, P. – 23–31. ISSN 2308-1996. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2022-268X34-05/>.

2. **Шумілова К. В.** Систематизований підхід до класифікації навігаційних ризиків рейсового циклу морського судна / A systematic approach to the classification of navigational risks of the voyage cycle of a sea vessel. III Міжнародна науково-практична конференція «SCIENTIFIC TRENDS AND TRENDS IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION». 19-20 серпня 2022, Умео, Швеція, № 121 | August, 2022, С. 337–358. ISSN 2709-4685. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2022.032>.

3. **Шумілова К. В.** / Shumilova K. Класифікація навігаційних ризиків рейсового циклу судна | Classification of navigational risks of the ship's voyage cycle // The Scientific Heritage | International independent scientific journal. – Budapest, Hungary, N 95, 2022, P. – 52–72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7014246>.

4. **Шумілова, К.** (2022). НАВІГАЦІЙНІ РИЗИКИ В АСПЕКТІ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ СУДЕН І ВІЙСЬКОВИХ КОРАБЛІВ. Scientific Collection «InterConf+», (24(121), 391–408. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2022.037>.

5. **К. В. Шумілова, Мальцев А. С.** Управління індивідуальними навігаційними ризиками рейсового циклу морського судна | The management of individual navigational risks of the ship voyage cycle/ Shumilova K.V., Maltsev A. S.

// Науково-технічний збірник «Судноводіння» / «Shipping & Navigation». – Одеса: НУ «ОМА», 2022, Випуск. 33. ISSN 2306-5761/2618-0073.

6. **Шумілова К. В.** Реалізація стратегії кібербезпеки в системі управління безпекою судна | Implementation of the strategy of cybersecurity in safety management systems of the ship / Shumilova K.V. // Науково-технічний збірник «Судноводіння» / «Shipping & Navigation». – Одеса: НУ «ОМА», 2021, Випуск 31, С. 99–107. ISSN 2306-5761 | 2618-0073. <https://doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.99-107>.

7. Мальцев А. С., Сурінов І. Л., **Шумілова К. В.** Вибір шляхових точок при плануванні рейсового циклу судна. International scientific innovations in human life. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Manchester, United Kingdom. 2022. Pp. 230-242. URL: <https://sci-conf.com.ua/xi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-international-scientific-innovations-in-human-life-11-13-maya-2022-goda-manchester-velikobritaniya-arhiv/>.

8. Onishchenko O., **Shumilova K.**, Volyansky S., Volyanskaya Y., Volianskyi Y.: Ensuring Cyber Resilience of Ship Information Systems. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 16, No. 1, doi:10.12716/1001.16.01.04, pp. 43-50, 2022. https://www.transnav.eu/Article_Ensuring_Cyber_Resilience_of_Ship_Onishchenko,61,1194.html (Scopus).

9. **Шумілова К. В.**, Онищенко О. А. Фактори впливу на ефективність функціонування системи безпеки судноплавства | Factors influencing the efficiency of the navigation safety system / Shumilova K. V., Onishchenko O. A. // Slovak international scientific journal. – Bratislava, Slovakia, N 42, VOL.1, 2020, P. 31-35, ISSN 5782-5319. <http://sis-journal.com/wp-content/uploads/2020/07/Slovak-international-scientific-journal-%E2%84%9642-2020-VOL.1.pdf>.

10. **Шумілова К. В.**, Онищенко О. А. / Shumilova K. V., Onishchenko O. A. Планування дій у комплексній ідентифікації ризиків судноплавства | Action planning in comprehensive shipping risk identification // The scientific heritage |

International independent scientific journal. – Budapest, Hungary, N 49 (P.1), 2020, P. – 40-46, ISSN 3547-2340. <http://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2020/09/VOL-1-No-49-49-2020.pdf>.

Апробація матеріалів дисертації.

11. ДР № 0119U001651 «Енергоефективна система позиціонування судна подвійного призначення», 2019-2020 р. р., фінансована на конкурсній основі науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (НДДКР), тематику яких схвалено Науковою Радою МОН України (Секція 7 – «Енергетика та енергоефективність»). Напрямок дослідження НДДКР отримав підтримку з боку Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, КПКВК 2201040 і 2201020 «Наукова та науково-технічна діяльність закладів вищої освіти та наукових установ» (розділ. 1.1. «Енергетична ефективність і енергоменеджмент морських суден», розділ. 4.2. «Методи реєстрації деградаційних ефектів на перетинах енергетичних потоків»).

12. **Шумілова К. В.** Оцінка сучасних ризиків для систем управління суднами. Міжнародна наукова конференція «МОРСЬКА БЕЗПЕКА БАЛТО-ЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ: ВИКЛИКИ ТА ЗАГРОЗИ», 23 грудня 2021 року, м. Одеса, Україна, Одеський державний університет внутрішніх справ. https://oduvsv.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/conf_maritime_security.pdf.

13. **Шумілова К. В.** Моніторинг кіберстійкості систем управління суднами | Monitoring of cyber resistance of ship control systems / Шумілова К. В. // Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції «ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ» – 23-24 вересня 2021 р., Харків – Миргород: Український державний університет залізничного транспорту, 2021. – 178 с. – С. 52–53. http://ptzt.kart.edu.ua/images/filePTZT/PTZT_2021.pdf.

14. **Шумілова К. В.** Специфіка і практична спрямованість класифікації ризиків в судноплавстві | Specificity and practical orientation of risk classification in shipping / Шумілова К.В. // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті

(MINTT-2020)», 27-29 травня 2020 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія. – 300 с. С. 123–126. https://ksma.ks.ua/wp-content/uploads/2021/04/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8_MINTT_2020.pdf.

15. S. Hordiiuk, **K. Shumilova**. Navigation from the future point of view of global climate protection // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «СУДНОВОДІННЯ, МОРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» | «NAVIGATION, SHIPPING AND TECHNOLOGY», NST-2021, 18-19 листопада 2021 р. – Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novyjSformuloj.pdf>.

16. **Шумілова К. В.** Декарбонізація судноплавства – шляхи переходу на альтернативну енергетику | Decarbonization of shipping – ways of transition to alternative energy / Шумілова К. В. // Матеріали III Міжнародної науково-практичної морської конференції, MPP&O-2021. Судноплавна компанія «УКРФЕРРІ». Одеса – Карасу (Стамбул) – Одеса, Одеськ. нац. мор. ун-т., квітень 2021. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2021. – 546 с. – С. 123–130. ISBN 978-617-7879-69-4. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36574.15681>.

17. O. Shelestiuk, **K. Shumilova**. Drone ships – problems of autonomy implementation | Судна-дрони – проблеми реалізації автономності // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «СУДНОВОДІННЯ, МОРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» | «NAVIGATION, SHIPPING AND TECHNOLOGY», NST–2021, 18-19 листопада 2021 р. – Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novyjSformuloj.pdf>.

18. **Шумілова К. В.** Ключові фактори ризиків в перспективі впровадження безпілотних автономних суден. / Шумілова К.В. // Міжнародна науково-практична конференція «ДНІПРОВСЬКІ ЧИТАННЯ-2020». Конференція включена до плану Міністерства освіти і науки України 2020 року та має реєстрацію в Державній науковій установі «Український інститут науково-технічної інформації» (УкрІНТЕІ) № 59 від 03.02.2020 р. – 23 грудня 2020 р., –

Київ: ДУІТ: Київський інститут водного транспорту ім. гетьмана П. Конашевича-Сагайдачного. Збірник матеріалів. С. 100–103.

19. **Шумілова К. В.** Кібербезпека – уразливості морських інформаційних систем / Шумілова К. В. // Матеріали науково-технічної конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація судноводіння», 12-13 листопада 2020 р. – Одеса: НУ «ОМА».

20. **Шумілова К. В.** Головні аспекти забезпечення ефективності системи управління безпекою судна та компанії / Шумілова К.В. // Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 18.03.2020 – 19.03.2020. – Одеса: НУ «ОМА», 2020 р. – 313 с. С. 43–48. <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/03/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%8B%202020.pdf>.

21. **Шумілова К. В.** Історичний розвиток кібербезпеки на флоті // Збірник матеріалів IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Воєнно-історична робота у Військово-Морських Силах Збройних Сил України. Проблемні питання та шляхи їх вирішення», 25 листопада 2021 р. – м. Одеса: Інститут Військово-Морських Сил НУ «ОМА».

22. К. Onischuk, **К. Shumilova.** Features of technical implementation of the concepts of ballast-free ships | Особливості технічної реалізації концептів безбаласних суден // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «СУДНОВОДІННЯ, МОРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» | «NAVIGATION, SHIPPING AND TECHNOLOGY», NST-2021, 18-19 листопада 2021 р. – С. 8–9. Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novyjSformuloj.pdf>

23. V. Tatyanchenko, **К. Shumilova.** Efficiency of inverse bow technology of modern vessels | Ефективність технології інверсного носа сучасних суден // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «СУДНОВОДІННЯ, МОРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» | «NAVIGATION, SHIPPING

AND TECHNOLOGY», NST-2021, 18-19 листопада 2021 р. – С. 116–117. – Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novyjSformuloj.pdf>

Патент, який захищає наукову новизну

24. Патент 151907 (51) МПК G08G 3/02 (2006.01). Система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем. / Мальцев А. С., Сурінов І. Л., Шумілова К. В. Заявник Національний університет «Одеська морська академія». – № и 2022 01850; заявлено 01.06.2022; опубліковано 28.09.2022, Бюл. № 39.

З наукових робіт, опублікованих у співавторстві, автору належить особисто: дисертаційна робота, виконана здобувачем особисто. Проведено інформаційний пошук, забезпечено методологічне обґрунтування, запропоновано методика з вибору координат опірних шляхових точок і рекомендації у вигляді чек-листа для застосування розробленого удосконаленого способу планування рейсового шляху судна в складних навігаційних умовах плавання.

За темою дисертації опубліковано 24 наукових праці. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 21 науковій роботі (з них 13 одноосібно), зокрема: у наукових профільних виданнях, що входять в перелік МОН України – 2 наукових статті; у закордонних наукових профільних виданнях – 8 статей (1 стаття – індексується у наукометричній базі SCOPUS і належить до наукового видання третього квартилю (Q3)); у збірниках матеріалів наукових конференцій – 12; виконано окремі розділи у науково-дослідній роботі, фінансованій на конкурсній основі науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, тематику яких схвалено Науковою Радою МОН України – 1; патентів на винахід – 1.

Роботи [1-4, 6, 12-14, 16, 18-21] підготовлені автором одноосібно. З наукових робіт, опублікованих у співавторстві в дисертації використані тільки ті положення, які належать автору особисто [5, 7-11, 15, 17, 22-24].

Дисертаційні дослідження проведено в наступних роботах здобувача:

[1] – удосконалено і підвищено точність способу планування маршруту судна з включенням аналізатору видів ризиків, існуючих в районах стислих вод; показана необхідність управління навігаційними ризиками рейсового циклу судна, важливість контролю навігаційних даних із сенсорних систем, врахування умов району плавання, безпечного запасу глибини під кілем та точності розташування судна; визначено відсутність рекомендацій з аналізу аварійної небезпеки планового шляху переходу судна, яка вказує на необхідність включення стадії планування навігаційних ризиків; визначена актуальність проблеми відсутності окремо виділеного етапу «Аналіз і оцінка ризиків»; виконано систематизацію видів навігаційних ризиків за різними ознаками, які існують в рейсовому циклі судна; проведено аналіз видів ризиків на основі статистичних даних аварійності у двох каналах зі складними акваторіями і умовами плавання;

[2] – розроблено «Аналізатор навігаційних ризиків» на основі аналізу методу планування шляху для рейсового циклу судна, який дозволяє систематизувати ризики з метою класифікації та ефективного управління. Визначено фактори ризику по шляху переходу в рейсовому циклі і заходи для зниження рівня ризиків до допустимого рівня. Для досягнення цього визначена необхідність підготовки даних про характеристики гальмування і повороткості, для стану при переході у вигляді таблиць, які підходять для використання в електронно обчислювальних системах;

[3] – розроблено модель класифікації навігаційних ризиків, яка дозволяє систематизувати і характеризувати їх види та групи; проведено аналіз причини аварій і навігаційних ризиків в районах Турецької (Босфор і Дарданелли), Сінгапурської, Малакської та Токійської проток;

[4] – досліджено вплив стрімкого впровадження інформаційних технологій на процеси судноплавства та ймовірність виникнення навігаційних ризиків у разі здійснення кібератаки на суднові операційні та інформаційні системи. В умовах розповсюдження Пандемії COVID-19 визначено масштабне зростання кількості

атак програм-вимагачів на комп'ютерне обладнання по всьому світу. Проведено аналіз відомих кібератак NotPetya і WannaCry на навігаційні системи транспортних суден і портів. Досліджена ймовірність впливу кіберзагроз на інформаційно-навігаційні системи військових кораблів типу «Visby», побудованих за технологією «Стелс». Показано різноманітність кібератак на суднову систему глобального позиціонування (GPS), автоматичну ідентифікаційну систему (AIS), які деформують інформацію про поточний стан судна. Визначено дії хакерів, побудовані за різними принципами і основні аспекти для забезпечення кібербезпеки на флоті;

[5] – розроблено змістовну модернізовану модель планування шляху при виконанні рейсового циклу морського судна, яка відрізняється від існуючої зміною способу планування переходу траєкторними точками з урахуванням маневрених характеристик, акваторії для маневрування і введенням етапу «Аналізатор ризиків»;

[6] – розроблено процедури для реалізації стратегії кібербезпеки щодо зменшення ризиків вразливості навігаційних систем судна, портової інфраструктури і бортової автоматизації, які можуть бути використані для навчання суднового персоналу; проведено аналіз сучасних вразливостей інформаційно-навігаційних систем; розроблено базові процеси аналізу кіберстійкості; визначено необхідність створення стратегії кібербезпеки для навчання берегового і суднового персоналу; на основі аналізу останніх загальновідомих вразливостей інформаційної безпеки показано можливість ідентифікації ризиків для кожної суднової інформаційної системи навігації з визначенням рівня безпеки та шкали оцінювання від 0,0 до 10,0;

[7] – розроблено спосіб визначення положення шляхових точок (ШТ) з урахуванням зон підвищеної аварійності для факторів навігаційних ризиків при плануванні шляху рейсового циклу; визначено особливості управління індивідуальними навігаційними ризиками в залежності від вибору місця розташування ШТ; розглянуто методики вибору ШТ на морській карті з урахуванням її геодезичної основи, нанесених ліній рекомендованих безпечних

зон і курсів, характеристик ґрунту, навігаційних і гідрометеорологічних умов, зон індивідуальних навігаційних ризиків рейсового циклу морського судна за факторами, які їх спричиняють; розглянута методика високоточного планування схеми маневрування траєкторними точками (ТТ) при заході/виході із порту;

[8] – розроблено метод гомоморфного шифрування даних для захисту навігаційно-інформаційної системи судна; досліджено проблему, пов'язану з пандемією Covid-19 і неможливістю своєчасного поновлення систем навігаційної безпеки на морських суднах, які перебувають в рейсі; визначено необхідність шифрування даних, що зберігаються в інформаційно-управляючих системах морських суден у зв'язку з ризиком кібератаки; виконано мета-аналіз ризиків витоку інформації; розроблено базовий план реагування для захисту навігаційних систем;

[9] – встановлено взаємозв'язки різних факторів і концепцій в системі управління безпекою (СУБ) судна і компанії, цілі і завдання, які повинні бути вирішені в процесі функціонування СУБ; проведена оцінка та аналіз впливу суб'єктивних факторів ризику на систему «оператор – судно – берег»;

[10] – розроблено основні етапи дій в надзвичайних ситуаціях для організації кризового управління навігаційними процесами; проведено аналіз сучасної інформації про морські інциденти; визначено причинно-наслідкові зв'язки аварійності, фактори і види ризику;

[11] – виконано розділи 1.1, 4.2, зміст яких опубліковано в роботах [15-18]; проведено дослідження позиціонування судна подвійного призначення для підвищення точності стабілізації на курсі і оцінки витрат енергії; визначено проблеми енергоефективності і перспективи реалізації багатоцільових і автономних суден подвійного призначення;

[12-14] – розроблено загальну класифікацію сучасних ризиків; досліджено основні фактори морських аварій; визначено причину збільшення кібератак на навігаційні та інформаційні системи по всьому світу, пов'язану з пандемією Коронавірусу (Covid-19); розглянуто вразливість сучасних судових систем супутникової навігації і необхідність управління кібербезпекою для зменшення

ризиків втрати управління судном; визначено дії, необхідні для створення плану реагування екіпажу на кібер-інциденти і мінімізації виникнення навігаційних ризиків;

[15-16] – досліджено проблему техногенних ризиків в судноплаванні – зменшення викидів CO₂; виконано аналіз впливу інтенсивності судноплавання на навколишнє середовище; визначено альтернативні види палива і інноваційні технології для майбутніх шляхів декарбонізації судноплавання;

[17-18] – проведено оцінку критичних ризиків від майбутнього впровадження автономних суден (суден-дронів) на альтернативних джерелах палива;

[19] – запропоновано початкові превентивні дії для реалізації стратегії інформаційної безпеки (кібербезпеки) судових навігаційних ІТ-систем; визначено необхідність врахування 5-ти важливих питань для розуміння реальної ситуації ризику кібератаки;

[20] – досліджено можливість зростання рівня ефективності системи управління безпекою судна (СУБ) та компанії; встановлена залежність від змін в технічному стані суден (раптові і катастрофічні зміни), які можуть привести до гіршого стану безпеки окремих суден і викликати стрибкоподібну зміну стану ефективності СУБ компанії; визначено впливи людського фактору – протиріч начальників судових служб, виникнення та існування тимчасових горизонтальних зв'язків на основі конкурентності;

[21] – розглянуто питання кібербезпеки флоту, захисту власних даних і впровадження інтелектуальних і превентивних рішень для безпеки функціонування навігаційних систем і приладів;

[22] – досліджено вплив судноплавання на довкілля, декарбонізацію і використання екологічного палива на судах;

[23] – проведено аналіз особливості технології інверсного носу судна за дизайном X-BOW у несприятливих погодних умовах та в питаннях використання палива і економії енергії;

[24] – запатентовано корисну модель «Система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем», яка відноситься до методів визначення факторів навігаційного ризику і автоматизованого вибору способів управління їх рівнем за фактором, що визначається при оперативному контролі руху судна по заданому траєкторними точками плановому шляху, виконуючи визначення бічного зсуву засобами систем підтримки прийняття рішення. Вона дозволяє підготувати суднові механізми для роботи під час проходження аварійно небезпечних ділянок шляху.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із розширеної анотації, вступу, п'яти розділів, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи складає 307 сторінок, з них 202 сторінки основного тексту, 15 рисунків, 13 таблиць, бібліографія з 132 найменувань на 17 сторінках, 6 додатків на 88 сторінках.

SUMMARY

Shumilova K.V. – **The improvement of planning and management of navigational risks of the voyage cycle of a ship.** – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on completion of a scientific degree of a doctor of the philosophy on a specialty 271 – «River and sea transport». – National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, 2023.

Based on the analysis of existing risk assessment and classification methods, a method of expert risk assessment was determined, which provides a detailed description and algorithm of the course of the event, establishes its navigational cause and consequences. It can be obtained only from the authorities that carried out the investigation of the accident (port authority, ship owner, insurance companies, ship experts, etc.).

The analysis of international emergency accidents for the years 2002-2021, including the Buzka-Dnipro-Limansk Canal (BDLC) and the Kherson Sea Canal (KSC) showed that a total 76 navigational events occurred, which were divided by types: 23 – groundings, 25 – contacts with berths, 6 – collisions, 4 – ice cases, 18 – cases due to technical reasons. The consequences of such accidents were: running aground; collision with other vessels standing at anchor; collision with vessels while sailing in an area where there is a concentration of vessels in the expected lock; going beyond the ship's course during navigation in BDLC and KSC.

During the voyage cycle of the ship, on the example of expert accident data, the causes of navigational risks were determined in the Black Sea basin, BDLC and KSC: 1) failure to perform the appropriate maneuver to prevent a collision due to untimely adjustment of the radar scale; 2) lack of a plan of the intended voyage from berth to berth, as well as proper control over the movement of the vessel during the execution of the passage plan; 3) lack of preparation of the main and reserve ship's equipment, the condition of which should ensure smooth and proper control of the ship, as a result

of which there are deficiencies in the management of the level of permissible risk, for the proper organization of the actions of the crew when passing accident-hazardous sections of the passage and during mooring; 4) non-compliance with recommendations on practical methods and methods of ship management, as well as failure to use adequate and operational actions to manage the level of acceptable risk; 5) lack of proper planning when using the maneuvering characteristics of the vessel and failure to maintain a safe speed during maneuvering in the limited conditions of the water area of the port and channel; 6) poor organization and non-compliance by the crew members with the rules of maintenance and operation of the main engines and auxiliary mechanisms that ensure the movement of the ship.

As a result of the performed analysis of emergency events, it was established that before the start of the voyage cycle, it is necessary to pay special attention to the preparation of the main and reserve steering equipment, the condition of which should ensure smooth and efficient control of the ship. The captain and heads of the ship's departments are responsible for the timely presentation of the ship, its structures and technical equipment for inspections regarding the proper condition and preparation of relevant ship's documents.

Regardless of the frequency of inspections, the shipowner must provide extraordinary supervision of the technical condition of the ship's mechanisms that ensure the movement of the ship.

The problem of reducing the negative impact of the human factor on the level of risks in modern shipping requires a comprehensive solution, which can be achieved through the use of modern information systems for the organization of operation and management of the ship. This requires the use of decision support systems, based on the principles of effective interaction in many operator control systems. The functioning of such systems requires the introduction of new programs for training the seagoing personnel. They are aimed to increase the effectiveness of the communication of the members of the engine and deck crew, their ability to make coordinated management decisions in critical conditions and the formation of leadership qualities. This will effectively overcome the problem of the negative influence of the human

factor on the interaction process and, as a result, will contribute to reducing the number of marine accidents.

The main requirement for the content of the completed research is the availability of **practical requests** to ensure effective control of the ship in the conditions of passage of accident-prone passages with navigational risks. Therefore, **the main task** in the voyage cycle was the development of a meaningful model for planning navigational risks when choosing the coordinates of waypoints of the passage and managing their permissible level.

As a result of the analysis, the main task is structurally presented in the form of three auxiliary tasks:

- **auxiliary task 1:** determination of methods of identification of navigational risks to prevent occurrence of hazardous events, grounding, crowding on the bank of the channel, fairway or other vessel, or collision;

- **auxiliary task 2:** development of a method of reducing navigation risks to an acceptable level and managing them;

- **auxiliary task 3:** development of a meaningful model for determining the type of navigation risk by engineering method for choosing a management method.

The object of the research is the method of planning the passage in the voyage cycle of the ship, and **the subject of the research** is the improvement of the method of planning and management of existing navigational risks.

The **scientific novelty** of the results obtained in the dissertation consists in the methodology of planning the voyage cycle, which differs from the existing ones by introducing a stage of risk analysis on accident-prone sections of the road, with the creation of a table of waypoints, a generalized table of navigational risks, with automatic control of the time of their occurrence and the selection of management methods using satellite system. At the same time, in the work:

- **for the first time**, a modernized meaningful model of the route planning system during the voyage cycle of a sea vessel **was developed**. It differs from the existing one by the introduction of the stage of analysis of navigational risks at the passage using the engineering method and the choice of a method of their management. The essence

of the method consists in the use of high-precision planning of the route of the voyage cycle by trajectory points using the method of waypoints. The results are presented in the form of a total transition coordinate matrix. To increase the accuracy of planning, maneuvering characteristics are calculated for the state of the vessel in voyage. This will make it possible to replace the existing method of planning the ship's movement coordinates with a highly accurate one;

- **for the first time**, a navigation risk analyzer **was developed** to determine the types of hazards and methods of managing their permissible level, and a generalized table of characteristics of risks existing during the voyage cycle was created;

- the existing method of planning the ship's voyage cycle **has been improved**, which allows to identify navigational risk factors, take into account the causes and methods of managing their level, and determine the possibility of bringing the level of risk to an acceptable level during the passage of accident-hazardous sections of the route;

- **improved** systematization of navigation risks and methods of managing their acceptable level, which helps to choose individual methods of assessment, measurement, forecasting and selection of methods of reaction to their occurrence;

- the method of determining the ship's movement coordinates for waypoints, which are used when drawing curved trajectories, **has been improved**;

- **received further development** of the methods of planning the movement of the ship using the determination of the coordinates of the passage of the trajectory points according to the location of the waypoints and a checklist for the algorithm of its execution;

- the systematization of navigation risk factors **was further developed**, which allows us to establish that their type does not depend on the geographical location of the navigation area, but depends on the type and size of the vessel, the configuration of the water area for maneuvering and the navigation characteristics of the navigation area.

The research systematized navigation risks for the selection of ways to manage them and substantiated the methodology for setting the parameters of their acceptable levels.

Methods of navigational planning of the voyage cycle are considered, according to the existing normative document of the International Maritime Organization (IMO), for which a meaningful transition planning model has been modernized.

It differs from the existing one by the introduction of an additional **stage of analysis of navigational risks «Risk Analysis»** at accident-prone sections of the transition and the development of methods of managing their permissible level.

The existing methods of risk management have been improved to prevent grounding, collisions with port equipment, another vessel, the edge of a channel or a fairway. The use of over-approach control systems to select an adequate maneuver for its prevention is proposed.

During the analysis of accident-prone sections of the passage, the following factors of navigation risks were determined: failure of the main engine; grounding caused by inaccurate planning of the ship's trajectory; lack of operational control of the lateral shift, which causes collision with port facilities and other vessels; insufficient coordination of the captain and pilot during maneuvering; insufficient preparation of the vessel and vessel's equipment for navigation in areas with accident-prone areas; inaccurate planning of the coordinates of the route in areas of constrained water, especially with curvilinear trajectories of movement; lack of navigation risk analysis; insufficient preparation of the gangway to manage the level of navigational risks.

Deficiencies in the existing regulatory documents on the planning of the voyage cycle and the lack of specific recommendations on the identification and management of navigational risks have been identified, which lead to the unwillingness of shipowners to manage the emerging dangers of the voyage cycle.

The research determined that the causes of accidents while proceeding in dangerous areas located in various water areas of the world for the period 2017-2021 were as follows: 6% (590 events) – insufficient monitoring of weather and navigation conditions; 8% (883 events) – insufficient maintenance of the hull and equipment; 20%

(2148 events) – insufficient review; 11% (1123 events) – engine control errors. However, 74% (7,826 events) occurred due to the influence of the human factor. Therefore, almost 94% of all marine accidents were caused by errors of ship and shore personnel.

It is shown that the types of navigation risks that exist in dangerous navigation areas for different regions – the Turkish (Bosphorus and Dardanelles), Singapore, Malacca and Tokyo straits are the same. There are the following risk factors: running aground; crowding on the bank of the channel and port equipment and other vessels; collision; ice cases; loss of orientation; technical reasons; failure of the main engine and steering equipment.

A method of determining the acceptable level of individual navigation risks when planning the route of a voyage cycle has been developed. It differs from the existing regulatory method and allows to establish the type and cause of risks and to choose ways of managing them. The application of the proposed method is performed in the form of a «risk analyzer», which allows you to choose an algorithm for ensuring accident-free traffic. The method is designed in the form of an improved modernized meaningful model. It's use requires constant operational control of the side shift during the entire time of the ship's movement. The control is performed according to highly accurate planned trajectory points and allows using an adequate procedure for correcting the ship's movement.

In Chapter 3, the **first auxiliary task** of determining the methods of identifying navigational risks to prevent the occurrence of hazardous events, grounding, crowding on the bank of the channel, fairway or other vessel, or collision, is fulfilled.

The study of ways of managing individual navigational risks, which depend on the sources of occurrence of emergency events, made it possible to choose methods of influencing the course of emergency events. However, not all dangerous events can be classified as navigation events. The list of navigational events does not include fires, man-made disasters, difficult natural and climatic conditions, etc., except for the failure of ship equipment and mechanisms, which include the main engine and steering device that ensure the movement of the ship. Therefore, the list of dangerous events is based

on the analysis of the factors affecting the ship, the verification of which is performed on the basis of the analysis of emergency events that actually occurred. Therefore, the planning and execution of the voyage cycle is based on taking into account events that exist in real time. A generalized table of emergency events that may occur during the voyage is proposed for choosing a method of planning the acceptable level of risk and managing it. This will allow you to prepare for the identification and chronology of their occurrence and to choose methods of managing their level.

An engineering method was chosen for risk management in the voyage cycle. It is based on statistical data on accidents in dangerous areas of the voyage cycle announced by the coastal states. Such data make it possible to determine risk factors by voyage route and to choose methods of managing their acceptable level. For their implementation in the study, a risk analyzer was developed for choosing measures to minimize their level.

To achieve this, it is recommended to use the following measures:

- to prepare data on the characteristics of braking and turning for the transition state in the form of tables, which are suitable for use in electronic computing systems;
- compile the coordinates of the waypoints, presented in the form of a voyage route sheet;
- use the software to plan the total matrix of coordinates of the trajectory points of the voyage cycle of the passage, from the place of disembarkation of the pilot in the port of departure to his embarkation in the port of arrival.

However, the planning of entering and exiting the port is carried out according to a separate method – in the form of a ship's pilotage plan for navigational purposes. Next, lay out the total matrix on the chart in the form of trajectory points, highlight accident-prone sections of the road and select risk factors. The selection is made according to the ratio of the ship's draft to the depth of the sea, the width of the maneuvering shift, the type and intensity of navigation and the statistical characteristics of the probability of emergency events.

Presentation of maneuverable characteristics in the form of tables will make it possible to replace the existing way of planning coordinates in the form of a route sheet

with a total matrix of coordinates of the trajectory points of the transition. Using the engineering method of management, determine the factors of navigation risks and methods of management to reduce them to an acceptable level. When the ships diverge, excessive convergence occurs when the shipmaster has three alternatives at his disposal to prevent the risk of collision. If he did not use the first of them, a dangerous approach occurs and the type of maneuver that he should choose to reduce the risk of collision is determined with the table. 4.3. «The order of commencement of the maneuver of the last moment at the marks to the right», according to the values of the course angle q and the relative course P . However, the master's failure to use the first two alternatives leads to the fact that he has only one left, which causes an emergency approach and the commencement of a last-minute maneuver.

In the presence of a navigational device-analyzer of the risk of a dangerous collision, the navigator must perform the maneuver recommended by the device, since it is selected based on the law of the last moment maneuver.

In Chapter 4, **the second auxiliary** task is performed - the selection of ways to reduce navigation risks and manage their acceptable level.

The existing system of planning the voyage cycle of a sea vessel by waypoints has been improved, the results of which are presented in the form of a route sheet. In contrast to the existing requirements of the regulatory documents, the scenario planning of the ship's maneuvering in tabular and graphic forms was additionally performed, in accordance with the requirements of the current regulatory documents of the IMO for exiting/entering the port. But the existing documents have the following shortcomings:

- there is no waypoint selection method;
- the method of drawing a route in the form of straight line segments is used, with which the ship never passes through the waypoints;
- there is no method for planning curved sections of the path;
- methods of increasing the accuracy of planning and controlling the coordinates of the movement of the center of gravity of the vessel are not used;
- methods of planning navigation risks and methods of managing their level are not used.

The shortcomings that exist in the normative documentation are taken into account when using the way of planning the route with trajectory points by the method of the modernized meaningful model. It additionally provides for the stage of consideration and analysis of accident-prone sections of the road and determination of the type of navigational risk and ways of managing it. This allows safe passage of dangerous sections of the road. The results of the analysis are finalized in a summary table, which makes it possible to assess the nature of external influences and predict methods of risk management.

On the example of the transition from the ports of Samsun – Chornomorsk and Yokohama – Alma, the method of forming the coordinates of the waypoints and the recommendations for their implementation are given. It was established that each port needs to use its own checklist and algorithm for determining the coordinates of waypoints. For each case, a detailed planning with a modernized content model is performed and its graphic representation is provided.

Representation of the movement path by the coordinates of the trajectory points makes it possible to use decision support systems and automate the process of using navigation equipment, which improve the accuracy of operational determination of movement parameters and increase the quality of their control for making maneuvering decisions.

In chapter 5, **the third auxiliary task** is completed – the development of a meaningful model for determining the type of navigation risk by engineering method. A comparative analysis of the existing system of planning the voyage cycle of a sea vessel by waypoints was carried out, the results of which are presented in the form of a route sheet. In contrast to the existing requirements of regulatory documents, scenario planning of maneuvering in tabular and graphical forms for exiting/entering ports was additionally performed.

It additionally provides for the stage of consideration and analysis of accident-prone sections of the road and determination of the type of navigational risk. This allows you to plan ways of managing the acceptable level of risk, and to ensure the accident-free passage of accident-prone sections of the road. The results of the analysis

are finalized in a summary table that allows you to assess the nature of external influences and predict ways to improve safety for the entire passage.

Completion of three auxiliary tasks made it possible to achieve the main goal defined in the work to develop a meaningful model for the analysis and planning of navigational risks when choosing the coordinates of the route of the vessel's voyage cycle, for managing their acceptable level.

The practical value of the obtained results is determined by the fact that the methods obtained in the work, methods and algorithms for planning and managing the level of acceptable risk can be applied when determining the safe coordinates of the trajectory points of the vessel's voyage route, taking into account the accident-prone sections that exist in the voyage cycle. They can be used for making recommendations of normative documents on risk planning and in the implementation and development of decision-making instructions on determining the acceptable level of navigational risks and their management.

Critically important are the technical and informational systems that ensure the control of the ship's movement and the adequate organization of the work of the navigation bridge team during the occurrence of marine incidents and timely decision-making on the choice of management methods according to the causes of their occurrence. This requires a preliminary analysis of the probability of the occurrence of navigational risks and the preparation of methods of their prevention and control.

The acquired experience in managing the level of navigational risk can be useful in identifying new types of emergency hazards and increasing traffic safety during the voyage cycle. The obtained results are useful for training in institutions of higher education and during the qualification improvement of shipmasters.

Methods of analysis and assessment of types and causes of navigational risks and factors influencing their permissible level determine the scientific position of the dissertation work, namely: the use of a new high-precision way of planning the route of the ship's voyage cycle using trajectory points.

The results obtained from the use of the improved content model, the risk analyzer and the generalized table of characteristics of navigational risks of the voyage cycle

made it possible to determine methods of managing systematic navigational risks, with the help of electronic navigation devices that can be used by shipping companies for the safe operation of vessels.

The practical results of the dissertation are implemented in research and development work – DR No. 0119U001651 «Energy-efficient dual-purpose vessel positioning system», in the educational component «Research practicum» of the department of ship handling, in accordance with the educational and professional training program of the second master's level «Navigation and handling of the sea vessels»; in the educational process of the private higher educational institution of the Institute of Postgraduate Education «Odessa Maritime Training Center», in the form of an improved meaningful model of the route planning of the voyage cycle.

Keywords: navigational risks, planning of coordinates of waypoints, management of acceptable level of risk, route sheet, matrices of trajectory points, generalized table of navigational risks, ship's voyage cycle.

The main **scientific results** of dissertation research are published in the following works.

Articles in scientific professional publications:

1. **Шумілова К. В.** Розробка способу планування навігаційних ризиків при підготовці рейсового циклу судна / Development of the method for planning navigational risks in preparation of a ship voyage cycle // Science and Education a New Dimension. – Budapest, Hungary, 2022, X(34), Issue 268, P. – 23–31. ISSN 2308-1996. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2022-268X34-05/>.

2. **Шумілова К. В.** Шумілова, К. (2022). СИСТЕМАТИЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО КЛАСИФІКАЦІЇ НАВІГАЦІЙНИХ РИЗИКІВ РЕЙСОВОГО ЦИКЛУ МОРСЬКОГО СУДНА. Scientific Collection «InterConf+», (24(121), 337–358. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2022.032>.

3. **Shumilova K.** (2022). CLASSIFICATION OF NAVIGATIONAL RISKS OF THE SHIP'S VOYAGE CYCLE. *The Scientific Heritage*, 95, 52–72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7014246>.

4. **Шумілова, К.** (2022). НАВІГАЦІЙНІ РИЗИКИ В АСПЕКТІ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ СУДЕН І ВІЙСЬКОВИХ КОРАБЛІВ. *Scientific Collection «InterConf+»*, (24(121), 391–408. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2022.037>.

5. **К. В. Шумілова**, Мальцев А. С. Управління індивідуальними навігаційними ризиками рейсового циклу морського судна | The management of individual navigational risks of the ship voyage cycle/ Shumilova K.V., Maltsev A. S. // Науково-технічний збірник «Судноводіння» / «Shipping & Navigation». – Одеса: НУ «ОМА», 2022, Випуск. 33. ISSN 2306-5761/2618-0073.

6. **Шумілова К. В.** Реалізація стратегії кібербезпеки в системі управління безпекою судна | Implementation of the strategy of cybersecurity in safety management systems of the ship / Shumilova K.V. // Науково-технічний збірник «Судноводіння» / «Shipping & Navigation». – Одеса: НУ «ОМА», 2021, Випуск 31, С. 99–07. ISSN 2306-5761 | 2618-0073. <https://doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.99-107>.

7. Мальцев А. С., Сурінов І. Л., **Шумілова К. В.** Вибір шляхових точок при плануванні рейсового циклу судна. *International scientific innovations in human life. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference.* Cognum Publishing House. Manchester, United Kingdom. 2022. Pp. 230-242. URL: <https://sci-conf.com.ua/xi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-international-scientific-innovations-in-human-life-11-13-maya-2022-goda-manchester-velikobritaniya-arhiv/>.

8. Onishchenko O., **Shumilova K.**, Volyanskyu S., Volyanskaya Y., Volianskyi Y.: Ensuring Cyber Resilience of Ship Information Systems. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Vol. 16, No. 1, doi:10.12716/1001.16.01.04, pp. 43-50, 2022. https://www.transnav.eu/Article_Ensuring_Cyber_Resilience_of_Ship_Onishchenko,

61,1194.html (Scopus).

9. **Шумілова К. В.**, Онищенко О. А. Фактори впливу на ефективність функціонування системи безпеки судноплавства | Factors influencing the efficiency of the navigation safety system / Shumilova K. V., Onishchenko O. A. // Slovak international scientific journal. – Bratislava, Slovakia, N 42, VOL.1, 2020, P. 31-35, ISSN 5782-5319. <http://sis-journal.com/wp-content/uploads/2020/07/Slovak-international-scientific-journal-%E2%84%9642-2020-VOL.1.pdf>.

10. **Шумілова К. В.**, Онищенко О. А. / Shumilova K. V., Onishchenko O. A. Планування дій у комплексній ідентифікації ризиків судноплавства | Action planning in comprehensive shipping risk identification // The scientific heritage | International independent scientific journal. – Budapest, Hungary, N 49 (P.1), 2020, P. – 40-46, ISSN 3547-2340. <http://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2020/09/VOL-1-No-49-49-2020.pdf>.

Approbation of dissertation materials:

11. DR No. 0119U001651 «Energy-efficient dual-purpose vessel positioning system», 2019-2020, financed on a competitive basis for research and development works (RDW), the subject of which was approved by the Scientific Council of the Ministry of Education and Culture of Ukraine (Section 7 – «Energy and energy efficiency»).

The direction of RDW research received support from the Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, КРКВК 2201040 and 2201020 «Scientific and science and technical activities of institutions of higher education and scientific institutions» (section 1.1. «Energy efficiency and energy management of sea vessels», section 4.2. «Methods of registration of degradation effects at the intersections of energy flows»).

12. **Шумілова К. В.** Оцінка сучасних ризиків для систем управління суднами. Міжнародна наукова конференція «МОРСЬКА БЕЗПЕКА БАЛТО-ЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ: ВИКЛИКИ ТА ЗАГРОЗИ», 23 грудня 2021

року, м. Одеса, Україна, Одеський державний університет внутрішніх справ.
https://oduv.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/conf_maritime_security.pdf.

13. **Шумілова К. В.** Моніторинг кіберстійкості систем управління суднами | Monitoring of cyber resistance of ship control systems / Шумілова К. В. // Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції «ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ» – 23-24 вересня 2021 р., Харків – Миргород: Український державний університет залізничного транспорту, 2021. – 178 с. – С. 52–53. http://ptzt.kart.edu.ua/images/filePTZT/PTZT_2021.pdf.

14. **Шумілова К. В.** Специфіка і практична спрямованість класифікації ризиків в судноплаванні | Specificity and practical orientation of risk classification in shipping / Шумілова К.В. // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2020)», 27-29 травня 2020 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія. – 300 с. С. 123–126. https://ksma.ks.ua/wp-content/uploads/2021/04/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8_MINTT_2020.pdf.

15. S. Hordiiuk, **K. Shumilova.** Navigation from the future point of view of global climate protection // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «СУДНОВОДІННЯ, МОРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» | «NAVIGATION, SHIPPING AND TECHNOLOGY», NST-2021, 18-19 листопада 2021 р. – Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novyjSformuloj.pdf>.

16. **Шумілова К. В.** Декарбонізація судноплавання – шляхи переходу на альтернативну енергетику | Decarbonization of shipping – ways of transition to alternative energy / Шумілова К. В. // Матеріали III Міжнародної науково-практичної морської конференції, MPP&O-2021. Судноплавна компанія «УКРФЕРРІ». Одеса–Карасу (Стамбул) – Одеса, Одеськ. нац. мор. ун-т., квітень 2021. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2021. – 546 с. – С. 123–130. ISBN 978-617-7879-69-4. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36574.15681>.

17. O. Shelestiuk, **K. Shumilova**. Drone ships – problems of autonomy implementation | Судна-дрони – проблеми реалізації автономності // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «СУДНОВОДІННЯ, МОРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» | «NAVIGATION, SHIPPING AND TECHNOLOGY», NST–2021, 18-19 листопада 2021 р. – Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novujSformuloj.pdf>.

18. **Шумілова К. В.** Ключові фактори ризиків в перспективі впровадження безпілотних автономних суден. / Шумілова К. В. // Міжнародна науково-практична конференція «ДНІПРОВСЬКІ ЧИТАННЯ-2020». Конференція включена до плану Міністерства освіти і науки України 2020 року та має реєстрацію в Державній науковій установі «Український інститут науково-технічної інформації» (УкрІНТЕІ) № 59 від 03.02.2020 р. – 23 грудня 2020 р., – Київ: ДУІТ: Київський інститут водного транспорту ім. гетьмана П. Конашевича-Сагайдачного. Збірник матеріалів. С. 100–103.

19. **Шумілова К. В.** Кібербезпека – уразливості морських інформаційних систем / Шумілова К. В. // Матеріали науково-технічної конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація судноводіння», 12-13 листопада 2020 р. – Одеса: НУ «ОМА».

20. **Шумілова К. В.** Головні аспекти забезпечення ефективності системи управління безпекою судна та компанії / Шумілова К. В. // Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 18.03.2020 – 19.03.2020. – Одеса: НУ "ОМА", 2020 р. – 313 с. С. 43–48. <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/03/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%8B%202020.pdf>.

21. **Шумілова К. В.** Історичний розвиток кібербезпеки на флоті // Збірник матеріалів IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Воєнно-історична робота у Військово-Морських Силах Збройних Сил України.

Проблемні питання та шляхи їх вирішення», 25 листопада 2021 р. – м. Одеса: Інститут Військово-Морських Сил НУ «ОМА».

22. К. Onischuk, **К. Shumilova**. Features of technical implementation of the concepts of ballast-free ships | Особливості технічної реалізації концептів безбаласних суден // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «СУДНОВОДІННЯ, МОРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» | «NAVIGATION, SHIPPING AND TECHNOLOGY», NST-2021, 18-19 листопада 2021 р. – С. 8–9. Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novyjSformuloj.pdf>

23. V. Tatyanchenko, **К. Shumilova**. Efficiency of inverse bow technology of modern vessels | Ефективність технології інверсного носа сучасних суден // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «СУДНОВОДІННЯ, МОРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ» | «NAVIGATION, SHIPPING AND TECHNOLOGY», NST-2021, 18-19 листопада 2021 р. – С. 116–117. – Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novyjSformuloj.pdf>

A patent that protects scientific innovation.

24. **Патент 151907 (51) МПК G08G 3/02 (2006.01)**. Система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем. / Мальцев А. С., Сурінов І. Л., Шумілова К. В. Заявник Національний університет «Одеська морська академія». – № и 2022 01850; заявлено 01.06.2022; опубліковано 28.09.2022, Бюл. № 39.

Of the scientific works published in co-authorship, the author personally owns: a dissertation work completed by the recipient personally. An information search was conducted, a methodological rationale was provided, and a methodology for selecting the coordinates of the reference waypoints was proposed and recommendations in the form of a checklist for the application of the developed an improved way of planning the ship 's voyage in difficult navigation conditions.

24 scientific works have been published on the topic of the dissertation. The main results of the dissertation work were published in 21 scientific works (13 of them individually), in particular: in scientific profile publications included in the list of the Ministry of Education and Culture of Ukraine - 2 scientific articles; in foreign scientific publications – 8 articles (1 article – indexed in the SCOPUS scientometric database and belongs to the scientific publication of the third quartile (Q3)); in collections of materials of scientific conferences – 12; separate sections completed in the scientific research work financed on a competitive basis of scientific research and research and development works, the subject of which was approved by the Scientific Council of the Ministry of Education and Science of Ukraine - 1; invention patents - 1.

Works [1-4, 6, 12-14, 16, 18-21] were prepared by the author alone. From scientific works published in co-authorship, only those provisions that belong to the author personally are used in the dissertation [5, 7-11, 15, 17, 22-24].

Dissertation studies were carried out in the following works of the recipient:

[1] – improved and increased the accuracy of the method of planning the ship's route with the inclusion of an analyzer of the types of risks existing in confined water areas; the necessity of managing the navigational risks of the vessel's voyage cycle and the importance of monitoring navigational data from sensor systems, taking into account the conditions of the sailing area, the safe margin of depth under the keel and the accuracy of the vessel's location; it was determined that there are no recommendations on the analysis of the emergency danger of the planned passage of the vessel, which indicates the need to include the planning stage of navigation risks; the urgency of the problem of the absence of a separate stage «Analysis and assessment of risks» is determined; the systematization of types of navigational risks according to various features that exist in the ship's voyage cycle has been carried out; an analysis of types of risks was carried out on the basis of accident statistics in two channels with difficult water areas and swimming conditions;

[2] – «Navigation risk analyzer» was developed based on the analysis of the route planning method for the ship's voyage cycle, which allows systematizing risks for the

purpose of classification and effective management. Risk factors along the transition route in the voyage cycle and measures to reduce the level of risks to an acceptable level have been determined. To achieve this, it is necessary to prepare data on the characteristics of braking and turning for the transition state in the form of tables suitable for use in electronic computing systems;

[3] – a navigation risk classification model was developed, which allows to systematize and characterize their types and groups; an analysis of the causes of accidents and navigational risks in the areas of the Turkish (Bosphorus and Dardanelles), Singapore, Malacca and Tokyo straits were carried out;

[4] – the impact of the rapid introduction of information technologies on shipping processes and the likelihood of navigation risks in the event of a cyber-attack on ship operational and information systems are investigated. In the context of the spread of the COVID-19 Pandemic, a large-scale increase in the number of ransomware attacks on computer equipment around the world has been determined. An analysis of known NotPetya and WannaCry cyberattacks on navigation systems of transport vessels and ports was carried out. The probability of the influence of cyber threats on the information and navigation systems of military ships of the «Visby» type, built according to the «Stealth» technology, has been investigated. The variety of cyberattacks on the ship's global positioning system (GPS), automatic identification system (AIS), which distort information about the current state of the ship, is shown. The actions of hackers, built according to various principles and main aspects to ensure cyber security in the fleet, are defined;

[5] – a meaningful modernized model of route planning during the voyage cycle of a sea vessel was developed, which differs from the existing one by changing the method of planning the passage of trajectory points taking into account maneuvering characteristics, the water area for maneuvering and the introduction of the «Risk Analyzer» stage;

[6] – procedures have been developed for the implementation of a cyber security strategy to reduce the risks of vulnerability of the ship's navigation systems, port infrastructure and on-board automation, which can be used for training the ship's

personnel; an analysis of modern vulnerabilities of information and navigation systems was carried out; basic processes of cyber resilience analysis were developed; the need to create a cyber security strategy for the training of shore and ship personnel is determined; based on the analysis of the latest known information security vulnerabilities the possibility of identifying risks for each ship navigation information system is shown with the determination of the security level and rating scale from 0.0 to 10.0;

[7] – a way of determining the position of waypoints (WP) has been developed, taking into account the zones of increased emergency for factors of navigational risks when planning the route of the voyage cycle; the specifics of managing individual navigational risks are determined depending on the choice of location of the station; the methods of selecting WP on the nautical chart are considered, taking into account its geodetic basis, drawn lines of recommended safe zones and courses, soil characteristics, navigational and hydrometeorological conditions, zones of individual navigational risks of the voyage cycle of a sea vessel according to the factors that cause them; the technique of high-precision planning of the maneuvering scheme with trajectory points (TP) when entering/exiting the port is shown;

[8] – a method of homomorphic data encryption was developed to protect the ship's navigation and information system; the problem associated with the Covid-19 pandemic was investigated and the impossibility of timely renewal of navigation safety systems on sea vessels; the need for data encryption is determined, stored in the information and control systems of sea vessels in connection with the risk of a cyberattack; a meta-analysis of information leakage risks was performed; a basic response plan for the protection of navigation systems has been developed;

[9] – the interrelationships of various factors and concepts in the safety management system (SMS) of the ship and the company, the goals and objectives that must be solved in the process of functioning of the SMS are established; an assessment and analysis of the influence of subjective factors was carried out risk factors for the «operator - vessel – shore» system;

[10] – the main stages of actions in emergency situations for the organization of crisis management of navigation processes have been developed; an analysis of modern information on maritime incidents was carried out; the cause-and-effect relationships of the accident are determined, factors and types of risk;

[11] – Sections 1.1 and 4.2 have been completed, the content of which is published in works [15-18]; a study of the positioning of the dual-purpose vessel was carried out to improve the accuracy of stabilization on the course and estimate the energy consumption; problems of energy efficiency and prospects for the implementation of multi-purpose and autonomous dual-purpose vessels are identified;

[12-14] – a general classification of modern risks was developed; the main causes of sea accidents were investigated; the cause of the increase in cyberattacks on navigation and information systems around the world related to the Corona virus (Covid-19) pandemic has been determined; the vulnerability of modern ship satellite navigation systems and the need for cyber security management to reduce the risks of losing control of the ship are considered; the actions necessary to create a plan for responding to cyber incidents on ships are determined for the timely response of the crew and the minimization of risks;

[15-16] – the problem of man-made risks in shipping – reduction of CO₂ emissions was investigated; an analysis of the impact of the intensity of shipping on the environment was carried out; alternative types of fuel and innovative technologies for future ways of decarbonization of shipping are identified;

[17-18] – an assessment of critical risks from the future implementation of autonomous vessels (drone vessels) on alternative fuel sources was carried out;

[19] – preventive actions for the implementation of the strategy are proposed information security (cyber security) of ship navigation IT systems; the need to take into account 5 important issues for understanding the real situation of the risk of cyber-attack is determined;

[20] – the possibility of increasing the level of efficiency of the ship safety management system (SMS) and the company was investigated; established dependence on changes in the technical condition of vessels (sudden and catastrophic changes),

which can lead to a worse state of safety of individual vessels and cause a sudden change in the state of the company's SMS efficiency; the effects of the human factor are determined - the contradiction of the chiefs of ship services, the emergence and existence of temporary horizontal ties based on competitiveness;

[21] – the issue of cyber security of the fleet, protection of the own data and implementation of the intelligent and preventive solutions for the safety of the functioning of navigational systems and equipment were considered;

[22] – the impact of shipping on the environment, decarbonization and the use of ecological fuel on ships were investigated;

[23] – an analysis of the specifics of the inverted bow technology of the X-BOW design in bad weather conditions and in matters of fuel usage and energy saving carried out;

[24] – a useful model «System for determining the navigational risks of the voyage cycle and managing their level» was patented, which refers to the methods of determining the factors of navigational risk and the automated selection of methods of managing their level according to the factor determined during the operational control of the ship's movement along the planned path specified by the trajectory points, performing the determination of lateral displacement by means of decision support systems, which allows preparing the ship's mechanisms for operation during the passage of accident-prone sections of the path.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an extended abstract, an introduction, five chapters, a list of used sources and appendices. The total volume of the work is 307 pages, of which 202 pages are the main text, 15 figures, 13 tables, a bibliography with 132 names on 17 pages, 6 appendices on 88 pages.