

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

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Шумілова Катерина Володимирівна

УДК 656. 61.052

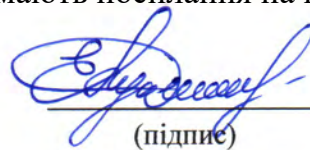
ДИСЕРТАЦІЯ

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

Спеціальність 271 - «Морський та внутрішній водний транспорт»
Галузь знань 27 - «Транспорт»

Подається на здобуття наукового
ступеня доктора філософії

Дисертація 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 – «Морський та внутрішній водний 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 установлено, 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 мілину; 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 мілину, 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.

Удосконалена існуюча система 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 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 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 змістовної моделі, аналізатора ризиків та узагальненої таблиці характеристик навігаційних ризиків рейсового циклу дозволили визначити способи 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

траскторних 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.** (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. DOI: 10.31653/2306-5761.33.2022.128-142.

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 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 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 методику 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, Малаккської 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 судах, 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 судноплавства на навколишнє середовище; визначено альтернативні види палива і інноваційні технології для майбутніх шляхів декарбонізації судноплавства;

[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 судноплавства 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 – «Sea and inland water 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 modernized system, which is based on a meaningful model for planning navigational risks when choosing the coordinates of waypoints of transition 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 way of planning the ship's voyage cycle **has been improved**;

- **improved** systematization of navigation risks and methods of managing their acceptable level;

- 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.** (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. DOI: 10.31653/2306-5761.33.2022.128-142.

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.**, 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>.

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, KPKVK 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://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 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. О. 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. <https://drive.google.com/drive/folders/1mYK3wKyJBGcAbk6QSnGHwQDHAOKjPvoG>

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, **K. 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, **K. 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». – № 12 2022 01850; заявлено 01.06.2022; опубліковано 28.09.2022, Бюл. № 39.

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.

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.

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.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ	48
ВСТУП	50
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ СУДНА.....	67
1.1. Аналіз причин аварійності в системах управління навігаційною безпекою судна	67
1.2. Фактори, які сприяють виникненню навігаційних ризиків та їх причини	77
1.3. Способи надзору за технічним станом судна і його пристроїв.....	86
1.4. Людський фактор і його вплив на рівень ризиків	91
1.5. Висновки за розділом 1	102
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ.....	104
2.1. Вибір теми, об'єкту і предмета дослідження	104
2.2. Комплексна ідентифікація ризиків та їх вплив на навігаційну безпеку судноплавства.....	105
2.3. Технологічна карта наукового дослідження.....	112
2.4. Обґрунтування методів рішення головного завдання.....	113
2.5. Висновки за розділом 2.....	118
РОЗДІЛ 3. НАВІГАЦІЙНІ РИЗИКИ ПРИ РЕЙСОВОМУ ЦИКЛІ МОРСЬКОГО СУДНА.....	122
3.1. Систематизація навігаційних ризиків за факторами, які їх визивають та причинами їх виникнення.....	122

3.2. Обґрунтування допустимого рівня навігаційного ризику....	137
3.3. Навігаційне планування шляху при рейсовому циклі	147
3.4. Модернізована система на основі змістовної моделі планування шляху та навігаційних ризиків.....	150
3.5. Висновки за розділом 3.....	152
РОЗДІЛ 4. УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ.....	154
4.1. Вибір способів управління ризиками при посадці на мілину.....	154
4.2. Попередження ризику навалів на брівку каналу чи фарватеру	163
4.3. Контроль ризику ситуації надмірного наближення та вибір маневру для його попередження	168
4.4. Висновки за розділом 4.....	173
РОЗДІЛ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИБОРУ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ РИЗИКІВ.....	176
5.1. Планування шляху судна методом маршрутного листа рейсового циклу.....	177
5.2. Планування і контроль шляху судна траєкторними точками методом модернізованої змістової моделі рейсового циклу.....	185
5.3. Рекомендації з вибору координат опірних шляхових точок. Чек-лист.....	191
5.4. Висновки за розділом 5	198
Висновки	200
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	203
ДОДАТОК А. Аналіз причин аварійності і катастроф за 20 років (2002-2021 роки).....	220

ДОДАТОК Б. Фактори, які сприяють виникненню навігаційних ризиків та їх причини.....	255
ДОДАТОК В. Підходи та аналіз оцінки навігаційних ризиків рейсового циклу судна.....	264
ДОДАТОК Г. Статистика аварійних подій, коливання рівня аварійності за 2008-2022 роки і види навігаційних ризиків.....	268
ДОДАТОК Д. Перехід Йокогама – Альма.....	285
ДОДАТОК Ж. Акти впровадження результатів дисертації і патент на корисну модель.....	294

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

ММО (IMO)	Міжнародна морська організація (International Maritime Organization)
СУБ	Система управління безпекою
AGCS	Найбільша світова компанія зі страхування корпоративних і спеціальних ризиків (Allianz Global Corporate & Specialty)
МКУБ	Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден
SOLAS-74	Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (Safety of Life at Sea)
MARPOL-73/78	Міжнародна конвенція щодо запобігання забруднення з суден (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)
ПДНВ (STCW)	Міжнародна конвенція з підготовки, дипломування та несення вахти для моряків (ПДНВ) 1978 року (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers – STCW) із Манільськими поправками 2010 р.
МП33-72	Конвенція про міжнародні правила по запобіганню зіткненню на морі (International Regulations for Preventing Collisions at Sea)
ОСПЗ (ISPS Code)	Міжнародний кодекс з охорони суден і портових засобів (International Ship and Port Facility Security Code)
IoT	Інтернет речей (Internet of Things)
РЛС	Радіо-локаційна станція

EKNIC (ECDIS)	Електронна картографічна навігаційно–інформаційна система (Electronic Chart Display and Information System)
GPS	Система глобального позиціонування (Global Positioning System)
AIS	Автоматична ідентифікаційна система (Automatic Identification System)
P&I Club	Японська страхова компанія (Protection & Indemnity/Захист & Відшкодування)
СКП	Середньо квадратична похибка
СППР	Система підтримки прийняття рішень
ШТ	Шляхові точки
ТТ	Траєкторні точки
БДЛК	Бузько-Дніпровсько-лиманський канал
ХМК	Херсонський морський канал
NSD	DNS-сервер з відкритим кодом (Name Server Daemon)
DNS	Програма, призначена для відповідей на DNS-запити за відповідним протоколом (Domain Name Server)
CRI	Глобальний індекс кліматичного ризику (Climate Risk Index)
CATZOC	Категорія зони довіри даним (Category Zone of Confidence)
ЦУ	Центр управління
ПП	Полюс повороту
ДЗВК	Динамічний запас води під кілем
СЗВК	Стандартний запас води під кілем
НЗ	Навігаційний запас
ЕНК	Електронні навігаційні карти

ВСТУП

Актуальність теми. Необхідність збереження людського життя, зниження ймовірності виникнення морських аварійних ситуацій, навігаційних ризиків, забезпечення екологічної безпеки, а також уникнення негативного впливу економічних наслідків, пов'язаних зі збитком від аварій, катастроф і кіберінцидентів підтверджується постійною актуальністю вдосконалення системи управління навігаційною безпекою в морській галузі.

Важкі наслідки, які відбулися від навігаційних аварій для людини і навколишнього середовища визначаються різноманіттям форм власності та управління морськими суднами, а також збільшуються роллю помилок «людського фактору» в процесі експлуатації суден.

У зв'язку з підвищенням рівня технічного оснащення суден кількість персоналу на борту скорочується, тому що більша частка робочих процесів автоматизується за рахунок впровадження інформаційних технологій (ІТ-технологій), включаючи навігаційні системи управління суднами.

Зростаюча складність сучасної техніки є наслідком інформаційної перевантаженості людини на борту судна і поганого забезпечення технології прийняття управлінських рішень з урахуванням психологічного стану людини в екстремальних ситуаціях. Зрозуміло, що сучасні автоматизовані комплекси суден і берегових систем звільнили людину від більшості рутинних операцій. Разом з тим, посилилася залежність безпеки складних судноплавних процесів від ефективності управлінських рішень, що приймаються судновим і береговим персоналом в екстремальних навігаційних умовах стислих вод.

Сучасне судно проводить у стислих водах у середньому до 5-10% ходового часу. Термін «стислі води» означає плавання поблизу берегів і навігаційних небезпек, на відстані менше 3-5 миль від узбережжя. На такі райони припадає понад 80% усіх навігаційних аварій. Це свідчить, з одного боку, про об'єктивну складність умов плавання, в яких маневрування судна «стиснуте» навігаційними умовами та (або) інтенсивним судноплавством. З іншого боку, це говорить про

недосконалість методів судноводіння за таких умов. Тому, пріоритетним питанням сьогодні є проблема зменшення навігаційних ризиків в складних умовах плавання (стислих водах). Отже, ризик присутній в 90% причин аварій та травм на морі, тобто він є одним із найбільших характерних проявів небезпеки.

Ризик – це «комбінація частоти і серйозності наслідків» (відповідно до Міжнародної морської організації (ММО, ІМО), який чітко формулює дві складові: ймовірності виникнення і ймовірності серйозності різних наслідків.

Навігаційний ризик – ризик, з яким стикається судно під час рейсового циклу в складних умовах плавання: зіткнення, посадка на мілину, навал на брівку каналу, фарватеру чи інші споруди і судна. Він є адаптованим до його вантажоперевезень, економічної діяльності, розміру, акваторії плавання та інших особливостей.

Під терміном «допустимий ризик» приймається такий його рівень, при якому судно після виникнення невизначеності (або у разі настання ситуації підвищеного ризику) зможе самотійно продовжити виконання рейсового циклу з дотриманням планових термінів доставки вантажу.

Допустимий ризик – це компроміс між станом суднових механізмів, які забезпечують рух судна і його життєдіяльність та рівнем безпеки, який можуть забезпечити механізми, які знаходяться в робочому стані та в резервуванні. Він поєднує в собі технічні можливості судна, кваліфікацію судового персоналу та його здатність управляти ризиками. Проте, «системний ризик» – це ступінь небезпеки системи управління рухом судна під час виконання рейсового циклу, при якій система управління схильна вийти з ладу під час виникнення небезпечних ситуацій. Системний ризик – це властивість системи. Елементами системи є: машини, інструменти, сировина та команда навігаційного містка. Вихід із ладу чи неправильне функціонування одного елемента системи може мати вплив і ускладнювати роботу інших елементів.

Актуальна технологія прийняття управлінських рішень базується на використанні нормативних, правових і технічних документів на паперових носіях, перенасичених інформацією і погано пристосованих для інтуїтивного

пошуку і застосування необхідної інформації. Безумовно, рекомендації таких документів корисні, але в екстремальних ситуаціях вони не дозволяють швидко знаходити конкретні управлінські рішення. Великі обсяги документації і правила її застосування не забезпечують оперативного проведення чисельних оцінок процесів, які повинні бути виконані з попередженням по відношенню до можливості виникнення навігаційних ризиків і швидкоплинних аварійних інцидентів.

Для складних багатофункціональних систем таких як, «людина – машина» стає неможливим не тільки обчислити оптимізацію функціоналу, але навіть уявити його в явному вигляді. Тому своєчасний облік і опис безлічі «позаштатних» ситуацій в умовах обмеженого часу стає нездійсненним завданням. Для удосконалення бази швидкого прийняття рішень в аварійних ситуаціях на судах ІМО рекомендувала створення інтегрованої системи контролю та прийняття рішень в аварійних ситуаціях.

Для визначення вимог щодо функціонування системи управління безпекою судноплавних компаній, що експлуатують морські судна діє «Положення про систему управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті», розроблене на виконання вимог статей 3, 4 Закону України «Про транспорт», статті 3 Кодексу торговельного мореплавства України та затверджене Наказом Міністерства транспорту України № 904 від 20.11.2003, яке визначає необхідність в створенні моделі (стандарту) управління безпекою судноплавної компанії.

Основою такого стандарту є Міжнародний Кодекс [1] з управління безпечною експлуатацією суден (МКУБ), прийнятий Міжнародною морською організацією (ІМО) в резолюції А.741 (18) в 1993 році і введений в 1994 році в Міжнародну конвенцію з охорони людського життя на морі 1974 р (SOLAS-74) через главу IX – «Управління безпечною експлуатацією суден». Міжнародний кодекс є, по суті, лише першою спробою формалізувати процес безпечної експлуатації морських суден.

Однією з найважливіших проблем морського судноводіння залишається забезпечення безаварійного плавання суден в обмежених умовах. Відповідно до аналізу статистичних даних, близько 80% навігаційних аварій посідає на міжнародне судноплавство. Звільнити судноплавство від ризику навігаційної аварії практично неможливо. Наслідками морських аварій є техногенні та екологічні катастрофи. Одна навігаційна аварія для світового танкерного флоту завдає збитків близько декілька сотен тисяч доларів США. Тому завдання пошуку причин таких наслідків для мінімізації виникнення навігаційних ризиків вказує на необхідність їх попереднього аналізу для вдосконалення контролю руху судна.

Навігаційні процеси управління рухом судна повинні розглядатися з точки зору оцінки існуючих ризиків, системного аналізу стану безпеки судна та прийняття рішень щодо запобігання виникнення ризиків, аварійних інцидентів, їх попередження, локалізації і ліквідації наслідків аварій.

Тому **проблема вдосконалення способів навігаційної безпеки** в аварійно небезпечних районах плавання є досить **актуальною** і повинна бути розглянута з точки зору аналізу морських інцидентів та врахування наслідків від їх впливу на майбутньому переході судна.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження виконувалося відповідно до положень Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р, згідно Указу Президента України №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», рішень Ради національної безпеки і оборони України а також в рамках планів наукових досліджень за держбюджетною темою Національного університету «Одеська морська академія» ДР 0119U001651 «Енергоефективна система позиціонування судна подвійного призначення», тематику якої схвалено Науковою Радою МОН України (Секція 7 – «Енергетика та енергоефективність»), у якій здобувачем виконано розділи 1.1. «Енергетична ефективність і енергоменеджмент морських суден» і 4.2. «Методи реєстрації

деградаційних ефектів на перетинах енергетичних потоків». Напрямок дослідження цієї наукової теми 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».

Мета та завдання дослідження.

Метою дисертаційного дослідження є розроблення модернізованої системи планування навігаційних ризиків в рейсовому циклі судна інженерним способом. Аналіз наслідків і причин аварійних подій, видів навігаційних ризиків дозволить систематизувати їх за частотою виникнення і управляти допустимим рівнем під час переходу судна.

Наукова гіпотеза полягає в можливості зменшення навігаційних ризиків рейсового циклу судна на аварійно небезпечних ділянках шляху, за рахунок належного планування рівня існуючих видів навігаційних ризиків і вибору відповідних способів управління ними.

Оскільки, згідно з рекомендаціями Керівництва з несення вахти на містку (Bridge Procedures Guide, 6th Edition, 2022), при плануванні безпечного переходу і організації безаварійного руху судна пропонуються лише чотири стадії, то включення етапу «Аналіз ризиків» може підвищити безпеку мореплавання. Тобто, оновлений спосіб планування може бути складений із п'яти стадій організації безпечного переходу і організації безаварійного руху:

- I. Appraisal (Оцінка).
- II. Planning (Планування).
- III. Risk Analysis (Аналіз ризиків).
- IV. Execution (Виконання).
- V. Monitoring (Контроль).

Головне завдання. Для досягнення визначеної мети в роботі необхідно розробити систему планування навігаційних ризиків при виборі координат шляху рейсового циклу судна, для аварійно небезпечних ділянок на основі модернізованої змістовної моделі визначення навігаційного ризику.

Отже необхідно вирішити три допоміжні задачі:

- **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 модернізованої змістовної моделі для визначення виду навігаційного ризику інженерним способом.

Для реалізації вищевказаних задач важливо:

- розглянути концепцію і особливості системи управління навігаційною безпекою судна;
- провести аналіз міжнародної статистики морських аварій за період 2002-2020 років та визначити види факторів впливу на процеси навігації в різних акваторіях плавання;
- створити каталог аварійних інцидентів, пов'язаних з навігаційними умовами, зі статистичними і хронометричними описами морських катастроф;
- систематизувати навігаційні ризики за видами і частотою появи на прикладі аналізу складних умов плавання в Бузько-Дніпровсько-лиманському каналі (БДЛК), Херсонському морському каналі (ХМК) та Стамбульських протоках (Босфор і Дарданелли);
- провести аналіз видів ризиків на основі статистичних даних аварійності у двох каналах зі складними акваторіями і високою інтенсивністю судноплавства;
- розглянути найбільш поширені види морських аварій, що сталися в Турецькій (Босфор і Дарданелли), Сінгапурській, Малаккській та Токійській протоках і провести дослідження видів навігаційних ризиків, існуючих в даних районах плавання;
- провести дослідження аналітико-статистичної інформації із міжнародних та вітчизняних наукових джерел та результатів експертних розслідувань і даних служб регулювання руху суден за період 2015-2021 років;

- розглянути звіти страхової компанії JAPAN P&I Club (Protection & Indemnity/Захист & Відшкодування) з розслідування і експертної оцінки морських інцидентів в п'яти районах – Токіо, Кобе, Імабарі, Фукуока, Саекі та Токійській протоці;
- виконати аналіз результатів розслідування причин морських аварій P&I Club за 2008-2016 роки, які сталися в протоках Японії з океанічними та прибережними суднами;
- розглянути звітність Marytime Report за 2012-2021 роки на порталі Міжнародного інституту морської геодезії (International Institute of Marine Surveying);
- проаналізувати види інцидентів, згідно даних довідника «Vol.50 4M4(5)E Analysis. Analysis of Accident Cases», виданого береговою охороною Японії за 2017-2021 роки, а також дані бюлетенів страхової компанії P&I таких, як «Loss Prevention Bulletin. Vol. 52» і «Coastal Vessel No.4. Prevention of damage to harbour facilities and related cases»;
- провести порівняльний аналіз рівня аварійності океанічних та прибережних суден за 2008-2021 роки;
- визначити вплив людських помилок на аварійність в процесах навігації і виділити основні психологічні фактори;
- встановити причини зіткнень та посадки на міліну, навалу на брівку каналу, фарватеру, іншу споруду або судно в складних умовах плавання;
- розробити спосіб визначення рівня навігаційних ризиків при плануванні шляху рейсового циклу;
- визначити особливості управління індивідуальними навігаційними ризиками в залежності від місця розташування джерела їх знаходження;
- виконати систематизацію видів навігаційних ризиків за різними ознаками, які існують в рейсовому циклі судна;
- оцінити наслідки і визначити фактори впливу ризиків на рух судна і процеси навігації в стислих умовах плавання;

- виконати аналіз причин аварійних подій із океанічними та прибережними суднами;
- встановити фактори, які сприяють виникненню навігаційних ризиків та їх причини;
- провести аналіз існуючих способів оцінки індивідуальних навігаційних ризиків та здійснити їх індивідуальну класифікацію за факторами виникнення;
- розробити «Аналізатор класифікації ризиків» з метою їх систематизації і класифікації та ефективного управління;
- запропонувати високоточний спосіб планування координат руху судна в стислих умовах плавання;
- запропонувати рекомендації для вдосконалення процедур планування рейсового шляху судна щодо зниження навігаційних ризиків (зіткнення, посадки на мілину, навалу на брівку каналу та ін.) для стабілізації технічних та електронно-обчислювальних систем керування рухом судна.

Методи дослідження

Основною формою експлуатації судна при морських перевезеннях вантажів являється закінчений рейсовий цикл їх доставки із одного порту в інший. Нормативна база ММО і державна база України визначають порядок підготовки і організацію безпечного руху при виконанні рейсового циклу. Вони містять рекомендації з планування координат на переході і методи контролю безпечного руху при його виконанні.

Тому, сучасна концепція безпеки маневрування під час виконання рейсового циклу базується на досягненні прийнятого рівня ризику. Її сутність полягає у прагненні пройти через таку малу небезпеку під час аварійного випадку, при якій судно без суттєвих пошкоджень самостійно закінчить виконання рейсового циклу.

На практиці досягти нульового рівня ризику неможливо, тому будемо розглядати концепцію допустимого ризику. Під терміном «допустимий ризик» приймається такий його рівень, при якому судно після виникнення аварійної

пригоди, зможе самотійно продовжити виконання рейсового плану з дотриманням планових термінів доставки вантажу.

Допустимий ризик – це компроміс між станом суднових механізмів, які забезпечують рух судна і його життєдіяльність та рівнем безпеки, який можуть забезпечити механізми, які знаходяться в робочому стані та в резервуванні. Він поєднує в собі технічні можливості судна, кваліфікацію суднового персоналу та його здатність управляти ризиками. Проте, «системний ризик» – це ступінь небезпеки системи управління рухом судна під час виконання рейсового циклу, при якій система управління схильна вийти з ладу під час виникнення небезпечних ситуацій. Системний ризик – це властивість системи. Елементами системи є: машини, інструменти, сировина та команда навігаційного містка. Вихід із ладу чи неправильне функціонування одного елемента системи може мати вплив і ускладнювати роботу інших елементів.

Величину допустимого ризику можна визначити, використовуючи витратний механізм, який дозволяє виконати аналіз стану суднових пристроїв, які забезпечують рух судна. Важливо розподілити навантаження між робочими та резервними пристроями для досягнення заданого рівня безпеки експлуатації судна і організації його життєдіяльності.

Перехід до управління ризиком, крім технічних та організаційних методів, включає ще й економічні методи, такі як страхування, грошову компенсацію збитків, додаткову платню за ризик та інші. В основі управління ризиком лежить методика порівняння витрачених коштів та отримання переваг від його зниження.

Для удосконалення способу планування рейсового циклу судна, з метою ідентифікації та управління допустимим рівнем навігаційних ризиків, в роботі використовуються такі методи:

- інженерний, який базується на статистиці частоти прояву видів небезпек (для уточнення та змінення даних при плануванні маршруту судна);
- експертний – коли ймовірність подій визначається опитуванням спеціалістів – експертів (для врахування наслідків і причин ризиків).

Наукова новизна отриманих у дисертації результатів полягає в методології планування рейсового циклу, яка відрізняється від існуючих введенням етапу аналізу ризиків на аварійно небезпечних відрізках шляху, зі створенням таблиці шляхових точок, які потім вносять у супутникову систему і виконують автоматичний контроль в цієї системі. При цьому у роботі:

- **вперше розроблено** модернізовану систему планування шляху при рейсовому циклі морського судна, в основі якої закладено змістовну модель. Вона відрізняється від існуючої введенням етапу аналізу навігаційних ризиків на переході інженерним методом. Суть методу – у використанні високоточного планування шляху рейсового циклу траєкторними точками (ТТ) методом шляхових точок (ШТ). Результати представлені у вигляді сумарної матриці координат переходу. Для підвищення точності планування, маневрені характеристики розраховані для стану судна в рейсі. Це дасть змогу замінити існуючий спосіб планування координат руху судна на високоточний;

- **вперше розроблено** аналізатор навігаційних ризиків для визначення виду небезпек та способу управління їх допустимим рівнем і **складено** 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;

- **отримала подальший розвиток** систематизація факторів навігаційного ризику, яка дозволяє встановити, що їх вид не залежать від району плавання, але залежить від типу і розмірів судна, зовнішнього середовища та навігаційних характеристик району плавання.

Практичне значення отриманих результатів визначається тим, що отримані в роботі способи, методики та алгоритми можуть бути застосовані при розробці актуальних планів рейсового шляху судна в стислих умовах плавання, при вдосконаленні інструкцій з відновлення і забезпечення роботи критично важливих технічних та інформаційних систем судна та реагування екіпажів на морські інциденти, з урахуванням наслідків аварій, вразливостей систем та ідентифікації можливих нових видів ризиків, а також в навчанні та підвищенні кваліфікації судноводіїв.

Отримані в дисертаційному дослідженні наукові результати і результати оцінки видів навігаційних ризиків, причини виникнення та фактори впливу на їх допустимий рівень, існуючі на маршруті судна визначають **наукове положення** дисертаційної роботи, а саме: безпека руху суден на аварійно небезпечних ділянках шляху забезпечується належним аналізом факторів, які впливають на навігаційні ризики, шляхом використання способів управління їх параметрами для оперативного контролю можливості досягнення допустимого рівня.

Особистий внесок здобувача. З наукових робіт, опублікованих у співавторстві, автору належить особисто: дисертаційна робота, виконана здобувачем особисто. Проведено інформаційний пошук, забезпечено методологічне обґрунтування, запропоновано методику 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.

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.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Актуальність проблеми забезпечення навігаційної безпеки судноплавства пов'язана з частими аварійними інцидентами, що ведуть до катастрофічних наслідків, загибелі людей та екологічних катастроф висуває її в ранг загальнонаціональної безпеки.

Морські судна є вагомою часткою світового флоту і забезпечують перевезення 80 % вантажопотоків. Тому, питання морської безпеки на різних рівнях управління постійно перебувають у центрі уваги фахівців морської галузі.

Важливі наукові концепції в області підвищення безпеки мореплавства, ефективності експлуатації суден та оцінки ризиків зіткнення, посадки на мілину, а також принципи безпечного управління судном сформульовані в наукових роботах [2-3]. Розроблені методи забезпечують гарантовану безпеку управління судном при виконанні морських операцій за рахунок вдосконалення способів оцінки небезпеки зіткнення суден, складових кількісного критерію оцінки надійності навігаційних процесів в складних умовах плавання.

Мореплавство завжди пов'язане з ризиком, який тією чи іншою мірою супроводжує судно. Найменший ризик, який можна прийняти за вихідний для

відносної оцінки, буде у судна, яке знаходиться у відкритому морі далеко від навігаційних небезпек.

Тому, важливо виділити загальні принципи систематизації видів навігаційних ризиків: характер обліку, об'єкт виникнення (ризики окремих операцій, напрямків діяльності, діяльності загалом). Це дасть можливість підвищити точність способу планування рейсового циклу судна на основі аналізу причин і наслідків від неврахування навігаційних ризиків.

Необхідність передбачення та визначення категорій ризиків показана в дослідженні [4]. На основі статистики і аналізу аварій суден за 2005-2015 роки отримані відносні значення втрат з урахуванням розподілу світового флоту. Визначені основні категорії нещасних випадків: поломки обладнання та навігаційні інциденти, такі як посадка на мілину, відмова двигуна і зіткнення.

У джерелі [5] представлено імітаційний метод оцінки ризику посадки судна на мілину під час переходу судна по фарватеру в аварійних ситуаціях у підхідному каналі к порту Свиноуйсьце (Польща). Цей метод полягає лише у визначенні ймовірності аварії і не розглядає підвищення точності руху судна та прогнозування навігаційних ризиків.

Дослідження [6] навігаційних ризиків пропонує нову модель для їх об'єктивного та кількісного прогнозування. Результати показали, що навігаційний ризик від механічних несправностей може бути результатом найбільшої аварії під час переходу в морі, а навігаційний ризик зіткнення є найбільшим при вході/виході з порту. Але, такі висновки були рекомендовані лише як довідкова інформація без визначення їх видів та методів прогнозування.

Робота [7] присвячена дослідженню руху судна через канал з крутим вигином на підставі швидкості судна, кута дрейфу та швидкості поперечної течії. Запропонована в роботі модель навігаційного ризику показує лише його різний навігаційний статус та відповідні діапазони. Але вона не розглядає спосіб аналізу ризику та його прогнозування при плануванні руху судна.

В статті [8] пропонується модель підтримки прийняття рішень для підвищення точності прийняття рішень щодо запобігання зіткненням. Вона

формується доменом безпеки навігації (NSD) та заснованим на домені індексом ризику зіткнення (CRI), здатним визначати стадію та ризик зіткнення між кількома суднами. Виявлено, що оцінка стадії зіткнення є точною, і можна визначити існуючий азимутальний діапазон ризику, тому судна можуть вживати прямих та ефективних заходів щодо запобігання зіткненню. Ймовірність виникнення аварій досліджена в роботі [9] – пропонується всеосяжна основа для оцінки навігаційного ризику та розгортання морських пошуково-рятувальних ресурсів (SAR). Але запропонована структура не розглядає аналіз наслідків ризиків для прийняття рішень щодо їх зменшення при плануванні рейсового циклу судна. Тобто вона заснована лише на поєднанні прийняття рішень щодо безлічі критеріїв, геопросторових методів та теорії ігор, шляхом застосування просторового багатокритеріального аналізу прийняття рішень у зоні відповідальності.

Оцінкою ризиків за параметрами, що описують процеси, займався відомий французький вчений Пуанкаре. На основі сучасного підходу він вивчав поняття структурної та динамічної стійкості процесу і структурний безліч елементів і параметрів, а також вперше ввів такі поняття як структурна і динамічна стійкість процесу та структурний безліч елементів і параметрів. «Ризик – це скоріше вибір, ніж жереб. Дії, які ми повинні зробити в залежності від наявної у нас свободи вибору, – ось що таке ризик насправді. Щоб судити про те, наскільки сучасні методи маніпулювання з ризиком є благом або злом, варто вивчити всю історію питання з самого початку» [10].

В джерелі [11] показано, які показники ймовірнісних характеристик можуть бути враховані для розроблення процедур зниження аварійних ризиків судна: «При розробці процедур щодо захисту судна від сукупності можливих загроз слід використовувати в якості показників стану безпеки судна імовірнісні характеристики небезпечної події, такі, наприклад, як ймовірність того, що судно протягом деякого часу буде перебувати в безпечному стані. Властивість безпеки судна при ідеальній (в сенсі ефективності функціонування) процедурі захисту

визначається тільки властивостями надійності критичних елементів захисту і надійністю проведення самої процедури захисту».

За результатами останніх досліджень всі причини загибелі суден дозволили визначити, що практично в кожному випадку діє правило: якщо уникнути цього інциденту неможливо, необхідно вжити заходів для максимального зниження його несприятливих наслідків, наприклад, примусової посадки суден на міліну при неминучості зіткнення суден у морі [12]. Тому, необхідно перспективне і безперервне вдосконалення навігаційних систем управління судном з урахуванням сучасної аварійної статистики, впливу людського фактору та ймовірних ризиків в процесі планування маршруту рейсового циклу.

Оцінку виникаючих або потенційно можливих ризиків аварійних подій в навігації, а також причини і обставини при яких вони виникають, здійснено в дисертаційній роботі [13]. Показано, що існуючі способи оцінки ризику потребують вдосконалення, тому що є неефективними у режимі операційної підтримки рішень. В дослідженні запропоновано удосконалення методів кількісної оцінки та управління ризиками в навігаційних задачах. Такі методи повинні враховувати параметри стану об'єктів управління і аналіз стану каналів зв'язку між ними. Також в роботі запропоновано категоризацію зон навігаційних ризиків та мінімального запасу під кілем, яка враховує точність картографічної інформації.

Отже, в основі визначення ризиків, в яких мали місце аварії лежить методологія їх класифікації, розслідування та обліку. Тому, аналіз ризиків і управління ризиками визначають способи забезпечення навігаційної безпеки будь-яких процесів управління рухом судна.

Велика кількість навігаційних інцидентів є наслідком людської помилки, яку можна зменшити регулярним моніторингом і аналізом причин виникнення інцидентів на аварійно небезпечних ділянках рейсового циклу судна.

Для вдосконалення способу планування рейсу судна і моделей оцінки потенційних навігаційних ризиків визначимо необхідні процеси для запобігання ризикам та зниженню негативних наслідків від аварійних подій: оновлення та

опрацювання планів безпечного і найбільш точного маршруту судна; моніторинг навігаційних ризиків та визначення методів управління і своєчасного реагування у разі їх виникнення; регулярне резервне копіювання даних навігаційно-інформаційних систем судна [14].

Для управління навігаційними ризиками рейсового циклу судна важливо контролювати навігаційні дані із сенсорних систем, умови району плавання, безпечний запас глибини під кілем, точність розташування судна та ін.

В сучасному судноплаванні морські переходи суден здійснюються на основі їх попереднього планування та прокладки за методикою нормативних документів Міжнародної морської організації (ММО). Проте, при їх виконанні відсутній етап аналізу ризиків та їх прогноз, що супроводжується наближеними розрахунками і різними похибками. Отже, попереднє прокладання матиме елементи невизначеності (у допустимих межах) з похибками систематичного та випадкового характеру.

Згідно з рекомендаціями Керівництва з несення вахти на містку (Bridge Procedures Guide, 6th Edition, 2022), при плануванні безпечного переходу і організації безаварійного руху судна пропонуються чотири стадії планування безпечного переходу і організації безаварійного руху: I. Оцінка (Appraisal). II. Планування (Planning). III. Виконання (Execution). IV. Контроль (Monitoring).

Ці стадії повинні виконуватись одна за одною, у порядку, викладеному вище. Отже, саме ці чотири стадії включені в документи ММО: Керівництво з несення вахти на містку (Bridge Procedures Guide, 6th Edition), Керівництво командою містка, 2-е Видання (Bridge Team Management, 2nd Edition), Резолюція ММО А. 893 (21) – Керівництво з планування рейсу (Resolution A.893(21) IMO).

Але, точність судноводіння в стислих умовах плавання не може бути гарантована лише виконанням вимог ММО і Міжнародної асоціації маячних служб (МАМС). Отже, вона не забезпечує навігаційну безпеку плавання великотоннажного судна в обмежених умовах на малих дистанціях до небезпеки (менше двох миль). У таких умовах плавання додатково необхідно, після закінчення планування шляху рейсового циклу, виконати аналіз і оцінку

навігаційних ризиків, які будуть зустрічатися в майбутньому переході.

Тому, недоліком існуючих рекомендацій являється саме відсутність окремо виділеного етапу «аналіз і оцінка ризиків», який повинен виконуватися після закінчення планування координат переходу. Виконання такого етапу дозволить оцінити навігаційну безпеку рейсового циклу і управляти ризиками саме під час переходу. Це забезпечить прогнозування ризиків, підвищить точність вибору безпечних глибин для маршруту переходу і контролю розташування судна в стислих умовах плавання.

В сучасних умовах управлінню ризиками приділяється значна увага з боку науковців і практиків з експлуатації морського флоту. Розробляються міжнародні та національні нормативні документи України з регулювання рівня ризиків та для уніфікації підходів до управління роботою господарюючих суб'єктів. Оновлений документ ДСТУ ISO/TR 31004:2018 «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (Risk management – Guidelines) має узагальнений характер і корисний для розуміння сутності ризиків і побудови ефективного процесу управління ними. Відповідно до стандарту ISO 31000:2018, метою управління ризиками є створення та захист цінності, прийняття рішень для встановлення та досягнення цілей і підвищення ефективності технологічного процесу перевозки вантажів морем.

Проте, ефективне управління ризиками при експлуатації морського судна потребує повної і детальної інформації про причини та наслідки аварійних подій, їхні особливості та групування за спільними ознаками. Судноводій не повинен чекати, коли такі ризики настануть. Таку інформацію може забезпечити систематизація видів ризиків для прогнозу їх факторів виникнення при переході, аналіз ризиків під час планування із встановленням причини їх появи і підготовка судноводія для управління ними. Тому небезпечні ділянки в стислих водах необхідно виявляти заздалегідь, під час підготовки до переходу. Проте, саме на цій стадії судноводії допускають найчастіше помилки, а дефіцит часу при плаванні не дозволяє виконувати необхідні розрахунки, що призводить до ускладнень.

Отже, відсутність рекомендацій з аналізу аварійної небезпеки планового шляху переходу судна вказує на необхідність включення стадії планування навігаційних ризиків при підготовці рейсового циклу. Для підвищення точності існуючого способу планування маршруту судна необхідно введення окремо виділеного етапу «аналіз і оцінка ризиків», який повинен виконуватися після закінчення планування координат переходу. Тому, **актуальною проблемою** є розробка нових способів планування заданого алгоритму управління криволінійним рухом судна.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ СУДНА

1.1. Аналіз причин аварійності в системах управління навігаційною безпекою судна.

Відносно висока аварійність, пов'язана з неналежною організацією служби на судні або в судноплавній компанії, вимагає від міжнародної морської громадськості вжиття заходів щодо підвищення навігаційної безпеки судноплавства.

За даними ІМО, близько 80% всіх аварійних випадків із суднами світового флоту пов'язані з «людським фактором», тобто з помилками, порушеннями норм і правил з боку осіб суднового екіпажу. З огляду на те, що навіть одна людина може вчинити дії, які приведуть до аварії, кіберінциденту, забрудненню середовища, створить для судна небезпечну ситуацію, виникає необхідність слідування принципу: «Безпека – це справа кожного». Потрібно мати на увазі, що «культура безпеки» повинна бути властива і стати способом життя для всіх без виключення співробітників компанії та членів екіпажу. Таким чином, чим швидше буде розширення сфери застосування стандартів безпеки в судноплавстві, тим більш дієвим буде контроль над виконанням вимог існуючих стандартів мореплавства, які формують «культуру безпеки».

Така «культура безпеки» передбачає необхідність створення і функціонування моделі системи управління безпекою для компаній, що експлуатують морські судна, яку визначено вимогами статей 3, 4 Закону України «Про транспорт», статті 3 Кодексу торговельного мореплавства України та затвердженого Наказом Міністерства транспорту України № 904 від 20.11.2003, які впроваджені в Положення про систему управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті, а також Національного Стандарту України ДСТУ ISO/IEC 27032:2016 (ISO/IEC 27032: 2012, IDT) – Інформаційні технології. Методи захисту. Вказівки з кібербезпеки (Видання офіційне – 2018 р.).

Головною основою для створення системи управління безпекою (СУБ) Компанії та судна є Міжнародний Кодекс з управління безпечною експлуатацією суден (МКУБ), прийнятий Міжнародною морською організацією (ММО, ІМО – International Maritime Organization) в резолюції А.741 (18) в 1993 році і введений в 1994 році в Міжнародну конвенцію з охорони людського життя на морі 1974 р (SOLAS-74) через главу IX – «Управління безпечною експлуатацією суден». Загальні принципи і категорії Міжнародного кодексу надають судноплавним компаніям можливість будувати процес безпечної експлуатації морських суден самостійно.

ММО заявляє, що МКУБ є попереджувачим документом, спрямованим на те, щоб невідповідності, які можуть так чи інакше вплинути на безпеку на морі, повинні бути заздалегідь виявлені і зроблені дії, щодо їх уникнення та запобігання. Відповідно до МКУБ кожна судноплавна компанія повинна розробити і ввести в дію СУБ, яка повинна стати основою усвідомлених безпечних дій і вчинків, що стануть звичними як для операторів на березі, так для екіпажу на судні. Ці дії в сукупності з безпечною технікою і умовами роботи на суднах створюють культурне середовище, в якому ризики можливих загроз для судна і персоналу будуть знижені до припустимого рівня.

Проаналізуємо [15] Annual Overview of Marine Casualties and Incidents (Щорічний огляд морських аварій та інцидентів) від EMSA (Європейське агентство з морської безпеки), яке показує, що протягом 2011-2015 років половина інцидентів із суднами мала навігаційний характер: посадка на мілину («Контакти») – 18 %, втрата контролю управління – 26%, зіткнення – 16%.

Згідно джерела [16] Maritime Safety Report (Звіт про безпеку на морі), протягом вимірюваного періоду за 2012-2021 роки було зафіксовано всього 947 втрат, 575 (61%) з яких сталися після затоплення. Частка збитків складала наступні відсотки: від пошкоджень корпусу та техніки складала 8%; судна, що зазнали аварії та сіли на мілину – 16%. Найпоширенішою причиною втрат суден стало пошкодження корпусу та механізмів.

У 2021 році, згідно звіту [17] «Стан безпеки судноплавства та аварійності на водному транспорті в Україні» встановлено зростання аварійності протягом 2021 року, у порівнянні із аналогічним періодом 2020 року. Отже, кількість аварійних подій збільшилась на 12 випадків (+22%), проте кількість загиблих та зниклих безвісти у цих аварійних подіях зменшилась на 60% (на 3 особи).

Морепоплавання завжди пов'язане з ризиком, який тією чи іншою мірою супроводжує судно. Найменший ризик, який можна прийняти за вихідний для відносної оцінки, буде у судна, яке знаходиться у відкритому морі далеко від навігаційних небезпек.

Тому, важливо виділити загальні принципи систематизації видів навігаційних ризиків: характер обліку, об'єкт виникнення (ризики окремих операцій, напрямків діяльності, діяльності загалом). Це дасть можливість підвищити точність способу планування рейсового циклу судна на основі аналізу причин і наслідків від неврахування навігаційних ризиків.

Необхідність передбачення та визначення категорій ризиків показана в дослідженні [18]. На основі статистики і аналізу аварій суден за 2005-2015 роки отримані відносні значення втрат з урахуванням розподілу світового флоту. Визначені основні категорії нещасних випадків: поломки обладнання та навігаційні інциденти, такі як посадка на мілину, відмова двигуна і зіткнення.

У джерелі [19] представлено імітаційний метод оцінки ризику посадки судна на мілину під час переходу судна по фарватеру в аварійних ситуаціях у підхідному каналі к порту Свиноуйсьце (Польща). Цей метод полягає лише у визначенні ймовірності аварії і не розглядає підвищення точності руху судна та прогнозування навігаційних ризиків.

Дослідження [20] навігаційних ризиків пропонує нову модель для їх об'єктивного та кількісного прогнозування. Результати показали, що навігаційний ризик від механічних несправностей може бути результатом найбільшої аварії під час переходу в морі, а навігаційний ризик зіткнення є найбільшим при вході/виході з порту. Але, такі висновки були рекомендовані лише як довідкова інформація без визначення їх видів та методів прогнозування.

Робота [21] присвячена дослідженню руху судна через канал з крутим вигином на підставі швидкості судна, кута дрейфу та швидкості поперечної течії. Запропонована в роботі модель навігаційного ризику показує лише його різний навігаційний статус та відповідні діапазони. Але вона не розглядає спосіб аналізу ризику та його прогнозування при плануванні руху судна.

В статті [22] пропонується модель підтримки прийняття рішень для підвищення точності прийняття рішень щодо запобігання зіткненням. Вона формується доменом безпеки навігації (NSD – Name Server Daemon) та заснованим на домені індексом ризику зіткнення (CRI – Climate Risk Index), здатним визначати стадію та ризик зіткнення між кількома суднами. Виявлено, що оцінка стадії зіткнення є точною, і можна визначити існуючий азимутальний діапазон ризику, тому судна можуть вживати прямих та ефективних заходів щодо запобігання зіткненню. Ймовірність виникнення аварій досліджена в роботі [23] – пропонується всеосяжна основа для оцінки навігаційного ризику та розгортання морських пошуково-рятувальних ресурсів (SAR – Seas At Risk). Але запропонована структура не розглядає аналіз наслідків ризиків для прийняття рішень щодо їх зменшення при плануванні рейсового циклу судна. Тобто вона заснована лише на поєднанні прийняття рішень щодо безлічі критеріїв, геопросторових методів та теорії ігор, шляхом застосування просторового багатокритеріального аналізу прийняття рішень у зоні відповідальності.

Для аналізу причин аварійності і ризиків в системах управління навігаційною безпекою судна розглянемо морські катастрофи за видами аварій з детальним описом подій за останні 20 років.

Базуючись на даних галузевого інформаційного порталу, створимо каталог (табл. 1.1А, додаток А) найбільш небезпечних морських катастроф зі статистичними і хронометричними описами інцидентів за 2002-2013 роки [24-25].

Зазначимо, що за останні 20 років катастрофи в морській галузі наростають жахливими темпами. Судновласники не мають достатніх ресурсів для підтримки технічного стану флоту на належному рівні, а інфраструктура морських

терміналів немає відповідного контролю. Численні повторювані інциденти з морськими суднами доводять неефективність сучасної існуючої системи контролю за морськими суднами та терміналами.

В період 2002-2013 років ми спостерігаємо випадки, що повторюються, по всьому світу (рис. 1.1А, додаток А).

Оскільки міжнародна система контролю та оцінки ризиків і загроз морських суден вичерпала свій потенціал і не в змозі запобігти подібним інцидентам, існує велика ймовірність того, що вони відбуватимуться дедалі частіше.

Згідно звіту [26] «Safety and Shipping Review» 2014 року від найбільшої світової компанії зі страхування корпоративних та спеціальних ризиків AGCS (Allianz Global Corporate & Specialty) за 2002-2013 роки було виявлено 1673 втрати суден (табл. 1.2А, додаток А) у всьому світі (в середньому склало 139 одиниць на рік).

Головними «гарячими точками» виявилися Південний Китай, Індокитай, Індонезія та Філіппіни (табл. 1.3А, додаток А). Проте, незважаючи на покращення втрат в останні роки, Британські острови, Північне море, Ла-Манш і Біскайська затока все ще займали четверте місце. Східне узбережжя США вибуло з топ–10 регіонів у 2013 році із 45 втратами [17].

Аналіз видання [26] Lloyd's List (Список Ллойда), яке висвітлює теми, пов'язані із морськими перевезеннями, страхуванням суден, морською логістикою та ін., показує тенденцію зменшення інцидентів із морськими суднами за 2002-2013 роки (рис. 1.2А, додаток А).

Основною причиною втрат залишається затоплення (Foundered) судна, на яке припадає 45% збитків з 2002 року (рис. 1.3А, додаток А). Піратські інциденти регулярно потрапляють у заголовки газет, але з 2010 року не було затоплення судна саме від піратської атаки.

Слід звернути увагу на зростання інцидентів [27] за категоріями у п'ятирічний період з 2011 по 2015 роки, яке прослідковується у звіті «Casualties and incidents. Summary overview 2011-2015» Європейського агентства з морської безпеки (European Maritime Safety Agency, EMSA).

Протягом 2011-2015 років половина інцидентів (рис. 1.4А, 1.5А, додаток А) із суднами мала навігаційний характер, наприклад – посадки на мілину або зіткнення [27].

Аварійні випадки все частіше трапляються на судах різного типу, а також морських терміналах (рис. 1.6А, 1.7А, додаток А). Вони все частіше пов'язані з розливами палива і завдають колосальні фінансові та екологічні збитки.

У більшості випадків ключовими причинами подібних аварій є неналежна експлуатація обладнання та недотримання необхідних заходів безпеки екіпажем. Зрозуміло, що існуюча система контролю та оцінки ризиків морських суден та терміналів не здатна виявити подібні порушення.

Згідно статистиці EMCIP (Європейська інформаційна платформа, European Marine Casualty Information Platform) по подіях на морі, морські аварії поділяються на дві різні категорії: «нещасний випадок з судном», коли аварія пов'язана із пошкодженням судна, обладнання або вантажу і «виробнича аварія», коли аварія стосується лише людей. У 2015 році зафіксовано 3296 нещасних випадків та інцидентів, з яких 2198 були жертвами на судах, а решта – нещасними випадками на виробництві.

Аналіз офіційних даних [28], наведених в таблиці 1.4А додатку А щодо стану аварійності за 2012-2017 роки на морському і річковому транспорті України, показав наступне:

2012 р. – з маломірними суднами сталося 26 аварійних подій, що підлягають обліку (9 осіб загинуло, 4 особи травмовано) та 24 аварійних події (АП), що не підлягають обліку (11 осіб загинуло, 5 осіб травмовано).

2013 р. – з маломірними (малими) суднами сталася 21 аварійна подія, що підлягає обліку, (загинуло 8 осіб, травмовано 1 особу) та 19 аварійних подій, що не підлягають обліку (загинуло 11 осіб, зникло безвісти 6 осіб, травмовано 1 особу), а саме: морський транспорт – 6 АП; річковий транспорт – 7 АП; маломірні (малі) судна – 19 АП (загинуло та зникло безвісти 25 осіб, травмовано 2 особи); судна під іноземним прапором – 8 АП. Загальна кількість аварійних подій, що сталися протягом 2013 року, зменшилась на 20% (рис. 1.8А, додаток

А) у порівнянні з відповідним періодом 2012 року (40 аварійних подій проти 50, у яких 18 осіб загинуло, 2 – зникли безвісти, 9 – травмовано) [28].

2014 р. – з маломірними (малими) суднами, сталися 8 аварійних подій, що підлягають обліку, (загинули 7 осіб, травмовано 1 особу) та 10 аварійних подій, що не підлягають обліку (загинули 4 особи, зникли безвісти 2 особи, травмовано 2 особи). Загальна кількість аварійних подій, що сталися протягом 2014 року, зменшилась на 55 % у порівнянні з відповідним періодом 2013 року.

Проте з 2015 року прослідковується тенденція збільшення серйозних аварій, кількості загиблих та травмованих, яка знижується у 2016 році і знову зростає у 2017 році (11 серйозних аварій).

Отже, за останні 4 роки (рис. 1.8А, додаток А) відбулося зменшення аварійності. Тобто, у 2010 році трапилось 101 аварійна подія, у 2011 – 72 аварійні події, у 2012 – 50 аварійних подій, у 2013 – 40 аварійних подій, у 2014 – 18 аварійних подій.

Протягом 2015 р. (рис. 1.9А, додаток А) всього сталося 39 аварійних подій, в яких 39 осіб загинуло, 6 осіб зникло безвісти та 26 – отримали травми різного ступеню тяжкості (в тому числі і переохолодження). Отже у 2015 році спостерігається збільшення аварійності, тобто загальна кількість аварійних подій, що сталися протягом 2015 року, у порівнянні з 2014 роком збільшилась на 21 аварійну подію, кількість загиблих – збільшилась на 28 осіб, кількість зниклих безвісти осіб – збільшилась на 4 особи, та кількість травмованих осіб – збільшилась на 23 особи.

Лише протягом I кварталу 2016 року сталося понад 20 серйозних морських аварій:

- посадка на мілину: балкер Tivoli, автомобілевоз Hoegh Osaka, суховантажі Hestia і Jan van Gent;

- зіткнення в протоці Дарданелла суховантажу Esperanza з поромом Ezine та автомобілевоза Makassar Highway із земснарядом Wang Cai Xiang 17 (район Чжанчжоу, Тайванська протока);

- вибухи й пожежі на балкарі Sea Triumph і танкері Julius Rutgers. Тоді ж під час шторму розломився навіпід і затонув цементовоз Cemfjord.

У 2017 році (рис. 1.10А, додаток А) спостережується значне збільшення аварійності у порівнянні з показниками 2016 року. Сталися 32 аварійні події, що на 68,4% більше від показника 2016 року (19 подій). Проте, у цих подіях загинуло 3 особи, що на 3 особи менше від показника 2016 року (6 осіб), та травмовано 1 особу – на 3 особи менше ніж у 2016 році (4 особи).

В порівнянні з показниками 2017 року, у 2018 році рівень аварійності на водному транспорті в Україні значно знизився (рис. 1.10А, додаток А). Кількість подій, що сталися – 13, що на 59,4 % менше показника 2017 року (32 події). Спостерігається зниження й кількості загиблих у цих подіях – у 2018 році загинуло у цих подіях 2 особи, що на 33,3 % менше показника 2017 року (3 особи) [28].

Протягом 2019 року (рис. 1.11А, додаток А) із маломірними (малими) суднами сталося 30 аварійних подій, в яких 10 осіб загинуло, 10 осіб зникло безвісти та 16 осіб отримали травми. Таким чином, загальна кількість аварійних подій, що сталися протягом 2019 року, у порівнянні з 2018 роком збільшилось на 17 аварійних подій, кількість загиблих та зниклих – збільшилось на 18 осіб. Кількість травмованих збільшилась на 10 осіб [29].

Щорічні коливання кількості аварійних подій (рис. 1.12А, додаток А) у сторону значного росту або зниження протягом 2014-2019 років не вплинули на загальний стан аварійності на водному транспорті в Україні. Він продовжує залишатися на високому рівні.

Аналізуючі дані Marytime Report 2012-2021 [30] на порталі Міжнародного інституту морської геодезії (International Institute of Marine Surveying), можна побачити позитивну динаміку зниження частки втрат у світовому флоті. Тобто, незважаючи на постійне зростання кількості суден, у період 2012-2021 років кількість втрат суден впала зі 132 до 58 у 2020 році. Отже, кількість жертв зменшилася з 1900 до 1500. Початкова причина аварій, що призвела до найбільшої кількості втрат суден – затоплення (рис. 1.13А, додаток А).

Протягом вимірюваного періоду за 2012-2021 роки було зафіксовано всього 947 втрат, 575 (61%) з яких сталися після затоплення. Частка збитків склала наступні відсотки: від пошкоджень корпусу та техніки склала 8%; судна, що зазнали аварії та вийшли на мілину – 16%; пожежа та вибух спричинили 12% збитків. Найпоширенішою причиною аварій було пошкодження корпусу та механізмів.

У період з 2012 по 2021 рік пасажирський/поромний сектор зазнав великої кількості жертв, з яких 94 призвели до втрат. Проте 28% втрат припали на пожежу та вибух. Пошкодження корпусу та механізмів стали причиною 58% втрат у цьому секторі, але було лише чотири таких інциденти, які призвели до втрати судна.

Більш уважний аналіз даних Lloyd's List Intelligence за останні 10 років показує, що кількість втрат, що призвели до затоплення, зменшилася з 132 у 2012 році до 57 у 2019 році, з 58 у 2020 році до 39 в період до середини серпня 2021 року (рис. 1.14А, додаток А).

Кількість втрат суден становила в середньому 34 судна на рік. Найбільш втратним був 2015 рік. Останні роки тенденція до зниження не була настільки різкою для сектора, як для деяких інших. Морський сектор складається з дуже різноманітних типів суден. Неможливо зробити якісь очевидні висновки щодо того, чому чи що потрібно зробити, щоб прискорити спад, не вникаючи в історію роботи всіх окремих підтипів і суден.

Танкери, як правило, перевіряються ретельніше, ніж інші типи суден, отже жертви та втрати в цьому секторі відносно невеликі. Десять років тому було 10 втрат на кожний рік. Відтоді сталося лише 0–8 випадків на рік. Контейнеровози, RO-RO (Roll-on/Roll-off – автомобілевоз) /PCTC (Pure Car and Truck Carriers – перевізник автомобілів і важкої техніки) та газовози мають лише кілька втрат на рік.

У період 2012-2021 (рис. 1.15А, додаток А) років кількість втрат суден скоротилася зі 132 до 39 у 2021 році, а кількість втрат зменшилась з 1922 до 1537, незважаючи на постійне зростання кількості суден.

За період з 2012 року по середину серпня 2021 року в результаті загибелі суден втрачено 2340 людей. У 2015 році було втрачено найбільше життів, коли у погану погоду затонув пором Don Fang Zhi Xing на ділянці Цзяньлі, китайської річки Янцзи. Лише 12 з 454 людей на борту були врятовані [30].

У 2019 році сталося 7 інцидентів, в результаті яких загинули 135 людей. Інцидентом з найбільшою кількістю став пасажирське судно Conception, яке загорілося на борту і затонуло біля острова Санта-Крус, Каліфорнія, забравши 25 життів.

Аналіз записів про нещасні випадки у Lloyd's List Intelligence (розділ. «SAFETY FOCUS: EUROPE AND NORTH AFRICA», стор. 28) показує збільшення інцидентів у регіоні Європа–Північна Африка (рис. 1.16А, додаток А) [30]. На регіон також припадає майже половина втрат та затримань (рис. 1.17А-1.19А, додаток А). Ймовірно, деякі інциденти з інших регіонів не були враховані. Найбільші втрати через затоплення були зареєстровані у регіоні Південно-Китайського моря, до якого також входили Індокитай, Індонезія та Філіппіни.

Інший регіон, де їх було багато, знаходився у водах Японії, Кореї та північного Китаю. На ці об'єднані регіони припадає 40% збитків через затоплення. Звернемо увагу, що за січень–серпень 2021 року 46 втрат склали перевізники генеральних вантажів. Проте кількість втрачених суден за рік скоротилася більш ніж на 70% – з 60 у 2012 році, до 17 у 2019 та 2020 роках. Проте, багато з них були отримали пошкодження корпусу і механізмів або зазнали загибелі і сіли на мілину. На щастя, ці нещасні випадки, не призвели до великої кількості поранених, загиблих або зниклих безвісти.

У майбутньому є потенційний ризик для безпеки судноплавства, а саме, небезпека пожежі та вибуху від альтернативних паливних технологій. Наприклад, аміак дуже токсичний і легко спалахує при дії високих температур. Такі види палива, необхідні для декарбонізації, щоб відповідати вимогам ІМО щодо скорочення удвічі викидів CO₂ від світового флоту до 2050 року.

За статистикою Maritime Safety Report за 2012-2021 роки і даними вебсайту морських катастроф [30-31], через посадку на мілину щороку гине щонайменше 25 суден (рис. 1.20А, додаток А). Причинами є як несприятливі погодні умови, так і людський фактор, коли екіпажи дозволяють собі розслабитися. Проте, в складній обстановці і під час негоди таких аварійних випадків фіксується удвічі менше. Тобто цьому сприяє, на думку експертів, належна організація служби на містку, добра морська практика, досвід, професіоналізм і компетентність судноводіїв.

Пожежі та вибухи також спричинили загибель більшості танкерів. За останні 10 років сталося 27 інцидентів, внаслідок яких загинуло 67 людей. Деякі судна спалахнули та/або вибухнули в сухому доці. Інші мали пожежі в машинному відділенні, але також були різні інші аварії або інциденти, які призвели до пожеж і вибухів. Одинадцять інцидентів, спричинених затопленням, стали причиною загибелі 28 життів.

Отже в майбутньому можуть виникнути основні проблеми з безпекою, оскільки пандемія призвела до втоми екіпажу та утруднила роботи з огляду, інспекцій та технічного обслуговування через обмеження на посадку на судна та отримання запасних частин. Це означає, що необхідні механізми контролю практично були відсутні протягом більшої частини 2020-2021 років.

За останнє десятиліття судноплавство значно покращило безпеку, завдяки впровадженню вищих стандартів будівництва та експлуатації суден. Кількість нещасних випадків скоротилась, але необхідно знизити ймовірність виникнення навігаційних ризиків, які пов'язані зі складнощами плавання в районах стислих вод і на аварійно–небезпечних відрізках шляху.

1.2. Фактори, які сприяють виникненню навігаційних ризиків та їх причини

Безпека плавання визначається надійністю роботи судноводія-оператора, як елемента процесу управління, що приймає остаточне рішення щодо вибору стратегії, тактики та технології маневрування. Виявляється це в інтегральному

показнику – рівні аварійності, дослідження якого дозволяє визначити характер та причини виникнення подій для розробки заходів щодо його зниження.

Щоб ідентифікувати найістотніші види навігаційних ризиків небезпеки і виключити менш суттєві чи незначні види ризиків з подальшого аналізу, необхідно провести аналіз морських катастроф та інцидентів [32].

Основною метою попереднього аналізу (див. розділ. 1. 1, додаток А) морських аварій у світі за останні 20 років було зосередження уваги на систематично повторюваних і наднебезпечних видах подій та ризиків. Важливо не пропустити події з високою частотою появи та суттєвим сукупним ризиком. Це дозволяє визначити види ризиків та причини їх виникнення.

Щоб керувати навігаційним ризиком, забезпечувати безпеку, необхідно чітко розуміти, що відбувається. Кількісний метод аналізу ризику створює основу для управління ризиком у майбутньому.

Як правило, аналіз ризику складається з трьох етапів:

1) перший етап – ідентифікація ризиків, тобто перелік факторів, що призводять до аварійної події;

2) другий етап – оцінка ймовірності настання аварійної події. На цьому етапі використовуються статистичні дані щодо аварій та катастроф, надійності технічних систем, застосовуються логічні методи аналізу типу дерево подій та дерево відмов, а також експертна оцінка фахівців морської галузі;

3) третій етап – оцінка впливів наслідків аварійної події на людей, судно та навколишнє середовище.

Отже, аналіз ризику це завжди поєднання можливих наслідків, причин і ймовірності настання аварійної події.

Зазначимо, що навігаційна сторона ризиків дає навігаційну причину події. Причину аварійної події визначає попередня інформація: конкретний опис обставин події; наслідки події (кількість осіб, що загинули або дістали серйозні тілесні ушкодження, їхнє громадянство, прізвища, імена та по батькові, адреси, площа забруднення навколишнього природного середовища); ступінь пошкодження суден, берегових споруд; характер і маса вантажів; інша

інформація, яка має цінність під час розслідування, а також пропозиції щодо проведення необхідних термінових заходів.

Для проведення аналізу причин навігаційних ризиків визначимо наступні два способи:

1) інженерний спосіб – дозволяє визначити вид аварійної події та район плавання, у якому існує навігаційний ризик. Він не відповідає на питання, в чому причина, отже і не дозволяє відповісти на питання, що треба зробити, щоб попередити подібну небезпечну навігаційну подію в майбутньому.

2) спосіб експертної оцінки – дозволяє встановити послідовності виникнення й розвитку події з детальним описом алгоритму протікання процесу. Він може бути отриманий тільки у органів, які виконують розслідування. Це страхова компанія, капітанія порту прибуття після аварії, судновласник, рішення суду і т. п.

Інженерний спосіб аналізу ризиків не дозволяє визначити причину аварійної події і дії для попередження її виникнення, тобто в наявності ризик, невизначений кількісною характеристикою. Проте спосіб експертної оцінки ризиків може бути отриманий тільки у органів, які виконували розслідування аварійної події.

Для більш детального дослідження наслідків подій і визначення факторів ризику в навігаційній системі управління рухом у рейсовому циклі морського судна розглянемо матеріали, що є в інспекціях портового нагляду України та судових експертиз. Це дозволить встановити причину аварійних подій, пов'язану з операторською діяльністю та намітити заходи щодо їх попередження.

За результатами експертних розслідувань аварійних подій на водному транспорті в Україні протягом 2021 року було зафіксовано 12 навігаційних подій (22%), проти 13 випадків (30 %) у 2020 році.

Отже, причинами таких аварій були наступні:

- недотримання вимог правила 34 глави V Міжнародної Конвенції з охорони людського життя на морі (СОЛАС-74) та пункту 1. 3 Резолюції ІМО А.893(21) «Керівництво по плануванню рейсу», якою зазначається, що до виходу в море

капітан повинен забезпечити, щоб намічений рейс був спланованим від причалу до причалу, включаючи ті райони, де потрібна наявність на борту лоцмана, а також забезпечення контролю за просуванням судна при виконанні плану переходу;

- відсутність завчасного визначення і врахування рівня оцінки ризику, незабезпечення належної організації дій екіпажів суден в аварійній ситуації, згідно з резолюцією ІМО А.741(18) (МКУБ) та наказом № 904, зокрема при заході суден в порт, а також під час маневрування та виконання швартових операцій з використанням буксирного забезпечення на акваторії порту тощо;

- недотримання рекомендацій звичайної морської практики з практичних прийомів та способів управління судном, зокрема щодо взаємодії з морським лоцманом та капітанами буксирів під час виконання швартових операцій, а також вжиття вчасних та рішучих дій для забезпечення безпеки судна та запобігання навалу на причал, інші судна та об'єкти, що стоять біля причалу або на рейді;

- неврахування маневрових характеристик судна та недотримання безпечної швидкості під час здійснення швартових операцій з використанням буксирного забезпечення, а також під час проходження біля засобів навігаційного обладнання (буїв) при здійсненні розходження з іншим судном в обмежених умовах акваторії порту, каналу, а також на річкових внутрішніх водних шляхах (Резолюції ІМО А.893(21), А.601(15));

- неналежна організація та невиконання членами екіпажу правил технічного обслуговування і експлуатації головних двигунів та допоміжних механізмів судна.

Для прикладу, розглянемо аварійність у Північно-західній частині Чорного моря та найнебезпечнішої його частини – Бузько-Дніпровсько-лиманському каналі (БДЛК) та у Херсонському морському каналі (ХМК). Загальна протяжність БДЛК – 81 км, ХМК – 40 км. За умовами плавання вони належать до найскладніших районів судноплавства. БДЛК має навігаційні особливості (рис. 1.1Б, додаток Б.), а саме – дуже складну акваторію: 12 колін і 12 поворотів; повороти на 40 і 60 градусів, а при заході у порти – до 90. При повороті, а зона

повороту – близько півмилі, судно проходить ще дві милі більш–менш прямо, потім – знову поворот, проте третє коліно взагалі довжиною всього в милю. Тобто з одного повороту відразу треба входити в інший. В даному випадку допомога техніки просто необхідна. Кількість колін ХМК – 3, навігаційна ширина каналу – 100 м.

За даними [32] служби регулювання руху суден «Дельта-Лоцман» за період 2015-2021 років, загалом у північно-західній частині Чорного моря в каналах, сталося 76 навігаційних подій: посадка на міліну – 23; навали – 25; зіткнення – 6; льодові випадки – 4; технічні причини – 18.

За видами аварійні випадки було розподілено в такий спосіб:

- на БДЛК: посадка на міліну – 27; зіткнення – 11; навали – 8; льодові випадки – 11; з технічних причин – 4;

- на ХМК: посадка на міліну – 54; зіткнення – 15; навали – 22; льодові випадки – 9; з технічних причин – 12.

Загалом у 2021 році в акваторіях БДЛК та ХМК аварійні події розподілились за наступними показниками: посадка на міліну – 81; зіткнення – 26; навали – 30; льодові випадки – 20; з технічних причин – 16.

Результати [33] експертної оцінки (проведених розслідувань) аварійних подій, що трапилися протягом 2021 року, показали, що причинами їх виникнення були наступні: потрапляння на міліну; здійснення навалу на інші судна, що стоять на якорі; невиконання відповідного маневру для запобігання зіткненню через несвоєчасне налаштування шкали радіолокатора під час плавання у районі, де є скупчення плавзасобів в очікуванні шлюзування; вихід за межі суднового ходу під час плавання в БДЛК та ХМК.

Також слід зазначити, що у першому кварталі 2021 року на водних шляхах України відбулися дві резонансні аварійні морські події:

- суховантажне судно «ARVIN» під час рейсу з порту Поті (Грузія) до порту Бургас (Болгарія) у Чорному морі, у берегів Туреччини, (у координатах: широта 41° 39,65 N; довгота 032° 11,45 E) через несприятливі погодні умови (шторм)

розломалося на дві частини та затонуло. В наслідок події загинуло 2 громадянина України та 3 громадянина України зникло безвісти;

- суховантажне судно «VOLGO-BALT-179» під час рейсу у Чорному морі, у морській зоні відповідальності Румунії, (у координатах: широта 44° 20,0 N; довгота 030° 29,0 E) подало сигнал лиха та затонуло. Наслідком події стало наступне: судно затонуло, 1 особа загинула, 2 члена екіпажу зникли безвісти, 10 осіб врятовано живими.

Для дослідження навігаційних ризиків в стислих умовах плавання поза межами водних шляхів України розглянемо Турецькі протоки (рис. 1.2Б, додаток Б.). Це район, де пропонуються послуги з руху суден, який складається з протоки Дарданелли довжиною 37 миль, Мармурового моря довжиною 110 миль і Босфорської протоки довжиною 17 миль під суверенітетом Турецької Республіки. Такий водний шлях між Чорним морем та Егейським морем загальною протяжністю 164 морські милі має велике значення для світової економіки, особливо для країн Чорного моря.

Незважаючи на географічну структуру Босфорської протоки (рис. 1.3Б, додаток Б), її вузькість, сильні течії, різкі повороти, мінливі кліматичні умови та середні показники за останні п'ять років, загалом щодня цією протокою проходять 30 суден, що перевозять небезпечні вантажі. Босфорська протока є найважливішим природним вузьким водним шляхом у світі. Крім усього цього, найважливішим є те, що понад 16 мільйонів людей, які живуть у Стамбулі, стикаються з великими небезпеками, які можуть виникнути через морський транспорт у будь-який момент.

Висока щільність морського руху (рис. 1.4Б, 1.5Б, додаток Б) в протоках Босфор і Дарданелли, обумовлена наступними факторами: збільшенням довжини і тоннажу прохідних суден; збільшенням проходу суден, що перевозять небезпечні вантажі; складною структурою руху; несприятливими погодними, морськими, поточними та кліматичними умовами; екологічними умовами та місцевою небезпекою; національними та міжнародними подіями; іншими видами морської діяльності в регіоні; конвенцією Монтре; правилами та

рекомендаціями Міжнародної морської організації та необхідністю співпраці з іншими подібними системами [33-34].

Особливо небезпечними є аварії танкерів. Наприклад, 13 березня 1994 року в Босфорі зіткнулися танкер *Nassia* і балкер *Shipbroker* (обидва під прапором Панами), внаслідок чого загинуло 29 моряків, і сталася пожежа. Балкер згорів, та якщо з пошкодженого танкера виплило понад 20 тис. т сирої нафти. До усунення наслідків аварії рух протокою було припинено на понад чотири доби.

На жаль, це не єдиний такий випадок. Так, 7 квітня 2018 року мальтійський танкер *Vitaspirit*, що прямував Босфором, через відмову кермової системи врізався носовою частиною у старовинну садибу XVIII століття на набережній Стамбула та пошкодив її.

Тому можна зрозуміти турецький уряд, який у вересні 2018 року запровадив нові правила судноплавства протоками Босфор та Дарданелли. Зокрема, танкери під час їхнього проходження обов'язково мають користуватися послугами турецьких буксирних суден, все відбуватиметься за графіком. А в очікуванні дозволу, судна відтепер мають стояти у чергах в обох напрямках руху, зокрема у Босфор.

Звичайно, це неприємно та незручно. Адже лише 6 лютого 2019 року, за даними ресурсу *Finanz*, з боку Чорного моря в очікуванні дозволу на прохід Босфором стояло 55 суден, у тому числі 26 танкерів класу *Aframax* та 21 класу *Suezmax*. Загальний вантаж перевищував 41 млн. барелів нафти.

Накопичення такої кількості суден із небезпечним вантажем (див. табл. 1.1Б, додаток Б) створює ризик можливих зіткнень та аварій в акваторії Чорного моря з відповідними загрозами для навколишнього середовища [35-36]. Адже круговий напрямок течій може винести нафтові плями до берегів будь-якої причорноморської країни та забруднити величезні ділянки узбережжя. Наскільки останні, зокрема Україна, будуть готові до усунення таких наслідків – велике питання.

У поєднанні з суміжними басейнами, Стамбульська протока має дійсно різні й особливі географічні, гідрографічні, океанографічні та метеорологічні умови,

на які можна легко вплинути через сезонні відмінності [37]. Ця протока є не тільки найвузщою, але також мають багато небезпечних різких поворотів особливо для човникових танкерів і контейнеровозів. Різні різкі повороти і звуження, наприклад, між Канділли та Асіяном під кутом 45° (рис. 1.6Б, додаток Б.) викликають швидкі зміни струмів на додаток до добре відомих основних течій [38].

Швидкість течії може досягати 8 вузлів від пункту Єнікой; де має бути різкий поворот 70° , зроблений на великій швидкості суднами, що йдуть з Чорного моря (рис. 1.7Б, додаток Б.).

На рис. 28.Б. (Додаток Б) показано зони максимального ризику зіткнення, тарану та посадки на мілину. В цих зонах протягом зимових та ранніх весняних місяців часто зустрічається туман і вони часто закриті для транзитних суден і навіть для невеликих пасажирських човнів. Проте, стійкі південні вітри мінімізують потік поверхневих течій і можуть іноді змінювати напрямок на північ.

Під впливом течій в Стамбульській протоці (рис. 1.8Б, додаток Б) накопичуються менш в'язкі матеріали, тоді більш в'язкі матеріали присутні в таких регіонах, як бухти або затоки, де течія слабка. Донні осади вздовж Стамбульської протоки утворені уламковим матеріалом, який переноситься потоками різного розміру (наприклад, Кабакоз, Гексу, Кючюксу, Ченгелькей (Єдиний), Бейлербейї, Гаріпче, Сарієр (Хюнкар), Бююкдері, Істіньє, Алібей та ін.). Осад складається з трьох основних блоків; кам'яні породи, гравій і піски.

Осади в протоці (рис. 1.9Б, додаток Б) Дарданелли можна просто розділити на дві групи: пісок і грязь. Гравійні і піщані матеріали переважають на мілководді, переважно на глибині до 10 до 20 м вздовж берегів. Вони широко поширені посередині і у південному кінці протоки.

Зі збільшенням глибини води домінуючими стають піщані одиниці: дрібнозернистий мулистий пісок і мул. Вони поширюються в більш широких областях в середній частині протоки (Еджеабат – Нара), а також в зоні нижче 50 м глибини води серед міст Кумкале, Седдулбахір і Чанаккале.

У цьому контексті, найбільш вразливими є вузькі та мілкі протоки. Для безпечного плавання необхідно бути уважними и добре знати морфологію морського дна та фізичні і географічні обмеження, що визначають режим водообміну між прилеглими морями.

Моряки повинні звертати увагу під час плавання на топографію морського дна вздовж Стамбульської протоки, яка наприклад, розкриває фізичні обмеження судноплавства в такому районі.

Зниження навігаційних ризиків при проходженні суден Турецькими протоками (Босфор, Дарданелли) можливо при врахуванні численних морських аварій та інцидентів і загроз навколишньому середовищу.

Розглянемо види найбільш поширених морських аварій, на прикладі тих, що сталися в 2013 році в Турецьких протоках, включаючи протоки Дарданелли, Стамбульську та інші, згідно даних вищевказаного турецького головного пошуково-рятувального координаційного центру (табл. 1.2Б, додаток Б).

Зазначимо, що найбільш поширеними видами морських аварій, які сталися в Турецьких протоках за період 2013-2021 роки, включаючи протоки Дарданелли, Босфор, Стамбульську та інші, були наступні: 21 % – навал на брівку каналу; 1 % – втрата судна; 5 % – відмова головного двигуна; 16 % – посадка на мілину; 4% – зіткнення/контакт, фарватеру; 4% – бортовий нахил (крен); 56% – інші (рис. 1.10Б, додаток Б).

На основі аналізу світових аварійних подій за останні 20 років виділимо основні причини аварійності в період з 2002 по 2021 роки: порушення Правил МППЗС-72; порушення Правил користування маломірними суднами на водних об'єктах; порушення Правил судноплавства на внутрішніх водних шляхах; порушення Правил безпечної експлуатації баз для стоянки маломірних (малих) суден; порушення правил пожежної безпеки на судах; недотримання вимог Кодексу ПДМНВ; експлуатація суден без технічного нагляду; керування суднами у стані алкогольного сп'яніння; невикористання рятувальних засобів на маломірних (малих) судах; використання незареєстрованих плавзасобів; вихід власниками маломірних (малих) суден з місць, які не призначені для цього;

зберігання маломірних (малих) суден поза межами баз стоянок; порушення Правил судноплавства на внутрішніх водних шляхах України, затверджених наказом Міністерства транспорту України від 16.02.2004 № 91; відсутність у судноводіїв необхідних навичок управління судном; 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; порушення правил використання маломірних (малих) суден на водних об'єктах областей України; у декількох випадках мало місце керування у стані алкогольного сп'яніння.

Організаційні причини: неналежна організація несення вахтової служби на ходовому містку для забезпечення безаварійного плавання судна, неврахування маневрених елементів судна, порушення правил техніки безпеки та охорони праці;

Навігаційні причини: посадки суден на міліну, навалювання суден на причали, плавучі кафе–ресторани та гідротехнічні споруди; технічні причини; психофізіологічні причини.

За результатами аналізу аварійних подій, що сталися в 2013-2021 роках в Турецьких протоках, включаючи протоки Дарданелли, Стамбульську та інші, визначимо фактори, які сприяють ймовірності виникнення навігаційних ризиків (табл. 1.3Б, додаток Б).

1.3. Способи надзору за технічним станом судна і його пристроїв

Технічний нагляд за суднами, що експлуатуються здійснює Регістр судноплавства України (далі – Регістр), який є національним класифікаційним товариством, що проводить класифікацію морських і річкових торговельних суден, а також контролює екологічну безпеку суден, відповідно до статті 22 Кодексу торговельного мореплавства України і статей 26 і 29 Закону України «Про транспорт». Згідно п. 9. Положення про Регістр судноплавства України класифікаційне товариство, шляхом проведення періодичних і позачергових оглядів, видає відповідні документи про придатність суден до плавання, а також

має право забороняти експлуатацію суден у разі порушення встановлених правил і вимог та забруднення навколишнього природного середовища [39].

У повноваження Регістру входять збір, узагальнення і аналіз інформації про аварійні події, що сталися із суднами та їх обладнанням, а також про причини затримок портовою владою суден з класом Регістра України [40].

На підставі прийнятих рішень про ступінь небезпеки аварійного випадку, виходячи з його виду та тяжкості наслідків, має бути виконано підготовку вихідних даних для оцінки ризиків. До них входять статистичні дані про відповідні аварії та інциденти, а також дані про надійність систем та обладнання. Ці дані повинні збиратися протягом усього рейсового циклу судна для використання накопиченого досвіду оцінки ризику. Даних та інформації має бути якнайбільше. Коли даних недостатньо, можуть використовуватися експертні оцінки, фізичні моделі та чисельне моделювання. При розгляді нового аварійного випадку, для аналізу та попередження якого не вистачає відповідного досвіду та статистичних даних про аварії, можна розглянути дані та інформацію інших аварій у судноплаванні.

Для отримання інформації про статистику морських аварій та інцидентів рекомендується скористатися відомими базами даних, з яких найбільш повна та загальнодоступна міститься у Глобальній інтегрованій системі інформації про судноплавання (Global Integrated Shipping Information System, GISIS), що підтримується ІМО [41].

Оброблені та систематизовані статистичні дані про морські події та катастрофи для європейських вод можна знайти у вільному доступі на сторінці Європейського агентства з безпеки на морі (European Maritime Safety Agency – EMSA) або на сторінці List of shipwrecks [42-43]. Статистичні дані для територіальних вод і суден надають інші країни, наприклад: Австралія, Японія, Норвегія, Данія, Канада. Підготовлені вихідні дані мають бути піддані всебічному аналізу. Метою аналізу є ранжування ризиків. Аналіз рекомендується виконати наступним чином.

Залежно від раніше прийнятого рішення щодо підготовки вихідних даних, їх обсягу та глибини, можна вибрати один або більше методів ідентифікації, наведених у стандарті ISO/IEC 31010:2019) [44].

У будь-якому випадку в результаті має бути визначений кінцевий список небезпечних подій з описом порядку ідентифікації, описом самих подій, умов виникнення, джерел небезпеки, кількісними та якісними характеристиками правдоподібності. До цих подій можуть бути віднесені, наприклад: зіткнення; посадка на міліну; удар або торкання морського дна; берега або підводного об'єкта (затопленого судна і т. п.); навал (удар об нерухомий або плаваючий об'єкт); пожежа / вибух; затоплення (повне або часткове); перекидання (отримання небезпечного крену, порушення остійності); пошкодження корпусу; пошкодження обладнання (відмова головного двигуна, механізмів);, втрата управління; піратство; зникнення судна з невідомої причини.

Підготовка судна до плавання полягає у приведенні судна в такий стан, який би забезпечував безпеку плавання судна, збереження вантажів, культурно-побутові умови для пасажирів та особливо нормальні умови роботи та відпочинку екіпажу.

Перед виходом у плавання старший помічник перевіряє наявність команди на борту і доповідає про це капітанові, а судновий лікар оглядає весь особовий склад, підписує разом із капітаном посвідчення про стан здоров'я екіпажу та пасажирів для подання до санітарного нагляду порту.

Третій помічник заздалегідь складає список необхідних на наступний рейс карт та навігаційних посібників та отримує їх у навігаційній камері. Перед виходом у море перевіряють стан навігаційних, електронно-навігаційних та радіонавігаційних приладів, всього штурманського майна, сигнальних вогнів, ракет та пристроїв для подачі звукових, світлових сигналів, телефонів, телеграфів, карт, лоцій, посібників тощо.

На перехід мають бути підібрані: морські навігаційні, допоміжні, довідкові та спеціальні карти; лоції та посібники для плавання; атласи; описи та правила плавання; загальні, довідкові та спеціальні посібники, включаючи «Зведений

опис районів, в яких заборонено або обмежено плавання суден (морями та океанами»); таблиці відстаней; комплект сповіщень мореплавцям.

Третій помічник перевіряє і звіряє судновий годинник у машинному відділенні, в каюті капітана, кают-компанії з годинником у штурманській рубці, які звіряються по хронометру, звіряє показання магнітних компасів і перевіряє їх, готує всі необхідні посібники та інструмент для прокладки маршруту.

Усі частини кермових пристроїв повинні бути оглянуті та в потрібних місцях змащені. Справну дію електричного кермового пристрою перевіряє електромеханік. Кермовий пристрій у дії перевіряє старший помічник. Перед виходом судна в море боцман змащує та перевіряє дію брашпиля, шпилів, швартовних лебідок. Третій механік та електромеханік відповідно перевіряють механічну та електричну частини цих пристроїв. За 15-20 хвилин до відходу боцман починає підготовку до відшвартування.

Всі рятувальні засоби та запаси постачання перед виходом у море перевіряються ретельно. Матроси першого класу перевіряють закріплені за ними рятувальні шлюпки, їхню справність, постачання та обладнання. Боцман і вахтовий помічник перевіряють кріплення шлюпок по похідному, готовність чергової шлюпки до негайного спуску, наявність на своїх місцях рятувальних кіл і буйків, що світяться. Старший помічник перевіряє технічний стан рятувальних та протипожежних засобів, інвентарю та палубного вантажу.

Після закінчення вантажних операцій боцман під керівництвом старшого помічника оглядає всі палуби судна з носа до корми, перевіряє надійність кріплення палубного вантажу, закриття вантажних люків, повітряних та вимірних трубок, вентиляційних труб, світлових та інших люків, наявність брезентових чохлів, тобто готують судно по похідному.

Для того, щоб судно було в змозі виконати рейсовий цикл, воно має бути повністю забезпечене судновим спорядженням та постачанням, бункером, водою та продовольством.

Старший, другий та третій механіки відають забезпеченням машинного відділення відповідними матеріалами та запасами. Старший механік погоджує

свої дії з капітаном, який контролює забезпечення судна запасами, продовольством та матеріалами. Третій помічник складає суднові ролі, списки особового складу, збирає дипломи та свідоцтва командного складу судна та оформляє відхід судна в інспекції портового нагляду. Перед виходом у рейс кожне судно повинно мати належним чином оформлені суднові документи.

Для перевірки технічного стану судна, суднових конструкцій та технічних засобів та оцінки роботи членів суднового екіпажу щодо підтримки судна у справному технічному стані всі судна флоту, що перебувають в експлуатації, піддаються інспекторському огляду створюваними судновласником спеціальними комісіями, що призначаються наказом організації судновласника. До складу комісії інспекторських оглядів повинні входити представники всіх основних служб та відділів судновласника, пов'язаних із технічною експлуатацією флоту.

Нагляд за запобіганням забруднення навколишнього середовища з суден здійснюється органами нагляду відповідно до чинних положень. Перевірка наявності та справності систем та технічних засобів збору, очищення та здачі нафтовмісних та стічних вод, а також сміття здійснюється Регістром, відповідно до міжнародних вимог та документів.

Огляди суден проводять інспектори органів нагляду за заявками суднової адміністрації або посадових осіб судновласника. Інспектори органів нагляду можуть проводити огляди суден у межах прав, встановлених посадовою інструкцією, без заявки з боку судновласника.

При кожному огляді (огляді) судна інспектором органу нагляду присутність капітана та старшого механіка чи осіб командного складу судна, ними уповноважених, є обов'язковою. Під час огляду (огляду) доцільно присутність групового інженера.

Капітан судна зобов'язаний забезпечити наявність інших осіб екіпажу, присутність яких при огляді судна він (або інспектор органу нагляду) вважає за необхідне або бажане. Командний склад судна має надавати інспектору всіляке сприяння організації та провадженні огляду судна.

На вимогу інспектора органу нагляду, капітан, старший механік або особи командного складу судна, ними уповноважені, зобов'язані подати йому всі документи, що стосуються попередніх оглядів (оглядів) судна, а також формуляр судновий, журнали обліку технічного стану, суднових конструкцій та технічних засобів, акти та інші документи, що належать до компетенції інспектора.

Капітан зобов'язаний негайно викликати представника інспекції реєстру для провадження спеціального огляду, пов'язаного з аварійним випадком. У разі неможливості прибуття інспектора на судно має бути створена компетентна комісія для детального розслідування аварії чи нещасного випадку. До відповідних органів нагляду, у найкоротший термін, передаються належно оформлені акти та інші документи. Між посадовими особами судновласника та інспекторами органів нагляду можуть виникнути розбіжності, які повинні вирішуватись на місці шляхом детального та об'єктивного розгляду пред'явленої вимоги. При неможливості прийняття узгодженого рішення судновласник виносить питання на остаточне вирішення вищою організацією, в підпорядкуванні якої складається орган нагляду, який пред'явив вимогу [45].

1.4. Людський фактор і його вплив на рівень ризиків

В останні роки на місток судна потрапив величезний потік нових технологій, і це змінило завдання екіпажу. Технології включають радіо дуже високої частоти (VHF) для зв'язку з адміністрацією порту та іншими суднами, навігацію з автопілотом, систему глобального позиціонування (GPS), удосконалені засоби радіолокаційної прокладки (ARPA) для відображення розташування місцевого морського руху, а також відображення електронних карт та Інформаційна система (ECDIS).

Судна працюють з великою інерцією, часто у поєднанні з безпосередньою близькістю до інших суден. Крім того, сигнали для прийняття рішень не завжди можна спостерігати безпосередньо, наприклад, взаємодія морського судна та вплив течій і метеорологічних умов часто «відчуються», а не вимірюються. Ці

фактори створюють проблеми для моряків та підвищують ризики роботи на судах.

Багато аварій трапляються саме через те, що людина здійснює вчинки, які їй не властиві в принципі. Часто попередній позитивний досвід ризикованих дій, який завершився благополучно, штовхає людину на нові ризиковані вчинки. Тому, можна стверджувати, що характерною рисою моряка є саме ризикованість, адже, ризикуючи він не тільки видобуває собі їжу, забезпечує сім'ю, а й реалізується як особистість.

Людський фактор – багатозначний термін, що описує можливість прийняття людиною помилкових або алогічних рішень у конкретних ситуаціях.

Термін «людський фактор» часто використовується як пояснення причин морських катастроф і аварій, що спричинили збитки або людські жертви [46].

Питання впливу «людського фактору» на стан аварійності в судноплавстві були розглянуті в резолюції ІМО, зокрема А.772 (18) «Фактор втомленості при укомплектуванні суден екіпажами та забезпеченні безпеки» від 04 листопада 1993 року та А.947 (23) «Принципи та цілі організації щодо концепції людського елемента» від 05 листопада 2003 року. Людський фактор був визнаний як головна причина, яка значно погіршує безпеку сучасного морського судноплавства, про що ІМО вказала у 2003 році в документі «Бачення людського фактору, принципи та цілі» (Human Element Vision, Principles and Goals) [47].

Проблеми взаємодії людини з технічними засобами, а також питаннями негативного впливу «людського фактору» на ефективність, надійність та безпеку взаємодії елементів системи «людина-машина», досліджені в багатьох авторів [48-49].

При розслідуванні будь-яких аварій важливо враховувати причини психологічної складової поведінки «людського фактору» (безпосереднього учасника аварійної події). Отже, моряк (капітан, вахтовий помічник та екіпаж тощо), а також береговий персонал є відповідальними за безпечне управління судном.

На морському судні найчастіше капітан і вахтовий помічник капітана схильні до ризику виникнення аварійної ситуації, оскільки приймають рішення щодо продовження руху судна. У таких випадках важливо приділяти увагу динаміці розвитку подій.

За даними японської страхової компанії P&I Club (Protection & Indemnity / Захист & Відшкодування), 25% аварій відбувається через помилки вахтового помічника капітана, а з вини вахтового механіка – лише 2% аварійних подій, де вони могли і не бути присутніми. Така різниця пояснюється тим, що в полі уваги судноводія перебуває більша кількість динамічних зворотних зв'язків і процесів, багато з яких носять характер невизначеності. Тому, наприклад, при розходженні судів судноводій повинен прогнозувати не лише свої дії, а й дії помічника іншого судна, з яким належить розходитися, а щоб діяти впевнено, слід не лише усвідомити ситуацію, а й взяти її під контроль.

Стан підвищеної тривожності, пов'язаний із прийняттям управлінського рішення, є наслідком того, що людина погано переносить складність і неоднозначність ситуації, яка може посилюватись рівнем особистісної тривожності, властивій будь-якій адекватній людині. У стресових ситуаціях процеси психіки людини змушують її діяти всупереч як професійному досвіду, так і здоровому глузду.

Сучасне судно насичено навігаційною технікою і здається, що це надає всі можливості для безаварійного плавання. Проте, аварійні події є неминучими, тому що ймовірність виникнення невідомої проблеми ставить людину у складний стан у випадках настання нестандартної ситуації. В мореплаванні більшість ситуацій – нестандартні.

Тому питання прийняття управлінських рішень пов'язано з взаємовідносинами між людиною та технологіями, яким приділяють мало уваги. Проте, це питання дуже серйозно впливає на процеси навігації.

Розслідування будь-якої аварійної події завжди має відбиток суб'єктивної думки. Глибинні процеси аварії так і залишаються нерозкритими. Моделювання будь-якої ситуації підпорядковане лінійним процесам, тоді як реальні події – це

процес нелінійний. Протікання лінійних та нелінійних процесів людина сприймає по-різному. Наприклад, у стародавніх греків було два боги часу: Хронос – бог абсолютного часу (лінійного, послідовного та обчислюваного), а Кайрос – бог моменту різних та різних аспектів часу, (можливості, щасливого та нещасного випадку). Нобелівський лауреат Тоні Моррісон пише: «Час шаруватий, а не лінійний, тому що він є досвідом людської свідомості».

Кожен факт аварійного випадку породжує свої індивідуальні асоціації в експертів з розслідуванням аварійних подій. Проте, при цьому не враховується нелінійність сприйняття часу тими, хто залучений до динаміки аварійної ситуації. Відображення подій в актах розслідування мають характер колективної дії, тобто суб'єктивні поступки кожного окремого експерта, під впливом причин різного характеру, наводяться до спільного знаменника. Останній може істотно розходитися з об'єктивними даними.

Тому необхідні повторні ревізії найбільш резонансні подій. Приклад тому Наприклад, загибель «Титаніка» у квітні 1912 року продовжує породжувати нові версії причин, що призвели до катастрофи, оскільки найчастіше експертизі піддаються лише «очевидні» фактори.

Для рідкісних та унікальних аварійних подій, що не мають репрезентативної статистики, використовується теоретичний аналіз системи, який має на меті виявити можливий хід розвитку подій та визначити їх наслідки. Такий метод базується на сценарному підході, оскільки для розгляду процесу використовується побудова ланцюжків ймовірних подій, пов'язаних причинно-наслідковими зв'язками. На початку сценарію такого ланцюжка стоїть група вихідних подій – причин, в кінці – група подій – наслідків [50, с. 62].

Щоб керувати ризиком, забезпечувати навігаційну безпеку, необхідно чітко розуміти, що відбувається. Тому, кількісні методи аналізу ризику створюють основу для управління ризиком. Отже, аналіз ризику складається з ідентифікації небезпек (список небажаних подій, що призводять до аварії), оцінки ймовірності настання аварійної ситуації (статистичні дані з аварійності та надійності технічної системи, експертна оцінка фахівців у даній галузі) і оцінка впливів

наслідків аварії на людей, судно та навколишнє середовище. Аналіз ризику – завжди поєднання можливих наслідків та ймовірності аварії.

Розміри сучасних суден, їх навігаційна оснащеність і некомпетентність судновласників справляють негативний і розслаблюючий ефект на рішення, що приймаються і носять знижений рівень тривожності. А тим часом розумний рівень тривожності повинен бути присутнім. Як показало тестування, серед слухачів курсів підвищення кваліфікації, середній рівень особистісної тривожності (норма) у 57,7%, а реактивна тривожність в нормі у 75% старших помічників капітана (в тестуванні брало участь 52 особи). У капітанів рівень особистісної тривожності в нормі у 52,6%, осіб, а рівень реактивної тривожності в нормі у 62,8% (в тестуванні брало участь 78 осіб). У цілому середній рівень особистісної тривожності (норма) властивий для 56,9% осіб, а реактивної тривожності для 53,8% (всього взяли участь у тестуванні 197 судноводіїв).

Отже вплив людського фактору з його низьким рівнем тривожності сприяє прийняттю ризикованих рішень, а з підвищеним та високим рівнями перешкоджає прийняттю адекватного рішення.

Дуже велика частка нещасних випадків на судах пояснюється людською помилкою, хоча визначення та інтерпретація помилки, мабуть, досить широко варіюються у міжнародних джерелах. Аварія нафтового танкеру «Торрі-Каньйон», якої він зазнав аварії біля берегів Корнуолла, спочатку пояснювалася низкою людських помилок. Однак, при більш детальному розгляді ці помилки можна віднести як до управлінських рішень, які чинять тиск на капітана, так і до проблем конструкції обладнання, які призвели до відсутності зворотного зв'язку про активацію режиму автопілоту. Ці проблеми виникали на вищих рівнях у системі і не були помилкою окремої людини, але необхідність приписати провину на окремому рівні все ще здається сильною.

Згідно з довідником [51], виданим береговою охороною Японії за 2017-2021 роки визначено, що 74% аварійних подій відбувались через людський фактор («human factors»), як представлено на рис. 1.11Б додатку Б. Тобто майже всі вони були пов'язані з людськими помилками.

Тоді можна припустити, що 94% усіх морських аварій спричинені людським фактором, тобто якби не було людських помилок, більшість морських аварій мали б не відбуватися. Однак, на жаль, неможливо усвідомити «нуль» людських помилок.

За основною причиною людських помилок [52-53] виділимо наступні психологічні фактори:

- *Психологічна реактивність (самоефективність).* Це коли люди не хочуть робити щось проти власної волі. Вони можуть бути схильні сказати: «Я не буду робити те, що ти мені кажеш».
- *Захоплення, тиск однолітків і упередженість норми (виправдання та когнітивний дисонанс).* Будь-хто інший зробив би те саме і психологія: «Що будуть сусіди думати?» і «Я особливий, мені ніщо не може зашкодити!».
- *Зміщення підтвердження.* Люди несвідомо схильні вірити лише у те, у що хочуть вірити (в інформацію, яка підтверджує те, у що вони вірять), а не цілеспрямовано шукати інформацію про протилежне. Вони можуть сказати щось на кшталт: «Припиніть перебільшувати!».

Отже, визначимо 12 характеристик людини, які є у кожного і які можуть викликати людську помилку: 1. Люди іноді роблять помилки. 2. Люди іноді бувають необережними. 3. Люди іноді забувають. 4. Люди іноді не помічають. 5. У людей є моменти неувважності. 6. Люди іноді здатні бачити або думати тільки про одну річ. 7. Люди іноді поспішають. 8. Інколи люди стають емоційними. 9. Люди іноді роблять припущення. 10. Люди іноді ліниві. 11. Люди іноді панікують. 12. Люди іноді грішать, коли ніхто не дивиться.

Зрозуміло, що «нуль морських аварій» не можливо досягти, хоча кожна особа, працююча не тільки на судні, але й ті, хто – в офісах на суші, завжди в гонитві за безпечною роботою.

Високе робоче навантаження і, як результат, втома – головна перешкода для нормального соціального життя моряка на борту судна. На цих та інших причинах акцентували увагу моряки під час спеціального опитування. Отже, на думку моряків, основними перешкодами для їхньої соціалізації були наступні:

38% – навантаження та втома; 19% – відсутність інтернету та інших засобів зв'язку; 17% – бюрократія (паперова робота); 16% – проблеми з налагодженням контактів у середині команди; 10% – відірваність від сім'ї.

Моряки втомлюються, оскільки на них лежить дуже велика відповідальність за прийнятті управлінських рішень та навантаження. Це підтверджується в доповіді за результатами проекту «Індекс щастя моряків» (The Seafarer's Happiness Index) [54]. У доповіді «The Seafarer's Happiness Index Q2 data» йдеться: «Постійно зростаюча кількість норм і вимог лише збільшує навантаженість моряків. Вони зізнаються, що через величезний обсяг роботи, необхідність заповнювати велику кількість документів і дотримуватися запропонованих процедур, відчувають постійний стрес і тиск». Результати розрахунку індексу щастя моряків у четвертому кварталі 2021 року показали, що середній бал склав 6,41 із 10, порівняно з 6,59 – у 3 кварталі. Це відображає натиск проблем, що стоять перед моряками, які потрібно вирішити.

Зрозуміло, що у моряків України все менше надій зійти на берег у потрібний час, оскільки це погіршується введенням військового стану у країні і новими штамами Covid-19. В цілому моряки висловлюють надію на вивчення нових можливостей для відпочинку та розваг, наприклад, через Інтернет, який має стати доступнішим і дешевшим. Багато моряків вказали, що вони перевіряють насамперед доступ до Інтернету, перш ніж підписувати новий контракт [55].

Через велике та неконтрольоване навантаження на роботі у моряка можуть виникнути такі проблеми зі здоров'ям: проблеми з концентрацією уваги, стан пригніченості, постійне безпричинне занепокоєння, нагнітання обстановки, безсоння, головний біль, пітливість, втрата апетиту, м'язова напруга або біль, запаморочення, біль у грудях та прискорене серцебиття, часті застуди, розлад шлунку, задишка, сухість у роті, тривожність, поганий настрій, дратівливість, зростання вживання алкоголю та нікотину, звичка гризти нігті.

Сучасні моряки також є частиною багатонаціональних екіпажів, і цей фактор впливає на їх прийняття рішень, ситуаційну поінформованість, комунікацію і, зрештою, продуктивність. Відсутність досліджень когнітивних

навичок моряків може, частково, бути пов'язана з труднощами виміру таких ознак через динамічний характер управління морськими суднами та навігації. Крім того, оскільки моряки завжди будуть взаємодіяти з іншими агентами, прийняття рішень буде спільним процесом, що робить аналіз цих когнітивних навичок ще більш проблематичним.

Зараз у галузі загалом визнається важливість «людського фактору» у судноплаванні: у нещодавніх доповідях Міжнародної морської організації та Клубу R&I визнається необхідність більшого балансу між експлуатаційною ефективністю, екологічними проблемами, безпекою та благополуччям моряків, а також пасажирів.

Ключовим моментом зниження впливу людського фактору на рівень ризиків виникнення аварійної події є усвідомлення ситуації за межами безпосередніх причин аварій. Це може бути досягнуто шляхом докладного визначення ланцюгів прихованих помилок, пов'язаних із процедурами та діями, що сприяли їх виникненню.

Поточні вимоги до судна та умови роботи в морі на даний час розглядаються як проблемні, створюючи ситуацію, яка не дає морякам достатніх можливостей для відпочинку та сну. Найчастіше моряки готові працювати, будучи дуже стомленими, бо це вважається професійним.

Широко поширена думка про те, що втома «приходить з роботою», хоч і не відноситься до морської галузі, але ускладнює для моряків визнання втоми як проблеми для вжиття відповідних заходів. Це «заганяє» екіпаж у пастку поганої відповідності, оскільки він відчувається відповідальним за керування власною втомою на борту судна, що робить нинішні підходи до управління втомою неефективними.

Як показує аналіз причин аварійності, наведений в розділі 1.1. управління роботою судна залежить від помилок судноводія, який їм управляє. Вони обумовлені відсутністю достатнього узгодження трьох складових частин процесу – зовнішніх обмежень, факторів руху та психофізіологічних характеристик людини, як елемента системи. Для оцінки безпеки плавання

необхідно враховувати психофізіологічний стан оператора і фактори, які впливають на рух судна. Отже, негативними наслідками роботи можуть бути помилки аналізу навігаційної інформації і навігаційної обстановки, а саме:

- неправильна оцінка умов виміру надлишкових навігаційних параметрів і, як наслідок, неправильний вибір способу визначення місця та формули для розрахунку радіальної СКП місця;
- підвищена оцінка точності місця судна у реальному часі, пов'язана з неврахуванням повторюваної та можливої систематичної похибок;
- неправильний розрахунок середніх квадратичних та граничних похибок навігаційних величин та місця судна;
- неврахування чи неправильний облік гідрометеорологічних факторів, що впливають на точність судноводіння;
- відсутність прогнозу розташування судна на найближчий інтервал часу;
- порушення встановленої організації взаємодії «оператор – судно – берег»;
- відсутність взаємної інформації з питань судноводіння;
- відсутність інформації для штурмана про незаплановане попереднє прокладання зміни координат руху судна;
- відсутність виклику капітана судна на ходовий місток у необхідних умовах;
- делегування управління капітаном судна старшому помічнику в складних умовах плавання;
- порушення розподілу функцій між операторами управління рухом.

У діяльності оператора руху суден помилки виникають у процесі отримання зорової інформації, через необхідність її обробки (рис. 1.1). Такий етап збоїв в управлінні судном характеризується втратою орієнтування. Для їх усунення необхідно використовувати інформацію, яка однозначно сприймається.

Якщо відбулася зміна зовнішніх впливів і обмежень, то оператору потрібно здійснювати обробку декларативної інформації, що надходить в процесі контролю над параметрами процесу управління судном при коригуванні планової траєкторії. Цей етап призводить до помилок в управлінні процесом

маневрування. Для їх зменшення необхідно розробляти інформаційну систему підтримки прийняття рішень при взаємодії зовнішніх операторів, лоцмана і капітана. Схема організації управління і відповідного інформаційного забезпечення наведена на рис. 1.1.

Через недоліки в організації прямого, зворотного і локального зв'язків між елементами системи управління під час лоцманської проводки для маневрування судна і покращення контролю з боку берегових служб виникають ризики посадки на ґрунт, навали на брівку каналу, інше судно або знаки огороження. Капітан може делегувати керування рухом судна лоцману, проте відповідальність зберігається за капітаном.

Висновки за розділом 1

1. На основі аналізу існуючих методів оцінки і класифікації ризиків був визначений спосіб експертної оцінки ризиків, який дає детальний опис та алгоритм протікання події, встановлює її навігаційну причину та наслідки. Він може бути отриманий тільки у органів, які виконували розслідування аварійної події (капітанія порту, судовласник, страхові компанії, судові експерти та ін.). В період 2015-2021 років у БДЛК і ХМК сталося 76 навігаційних подій, які були розподілені за наступними видами: 23 – посадки на мілину, 25 – навалів, 6 – зіткнень, 4 – льодові випадки, 18 – випадків 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 судового ходу під час плавання в БДЛК та ХМК.

2. 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) незабезпечення капітаном планування наміченого рейсу від причалу до причалу, а також незабезпечення контролю за просуванням судна при виконанні плану переходу; 3) відсутність завчасного визначення і неврахування рівня оцінки ризику для належної організації дій екіпажу в аварійній ситуації та під час маневрування та виконання швартових операцій; 4) недотримання рекомендацій з практичних прийомів та способів управління судном, а також невжиття вчасних та рішучих дій для забезпечення безпеки судна та запобігання навалу на причал, інші судна та об'єкти, що стоять біля причалу або на рейді; 5) неврахування маневрових характеристик судна та недотримання безпечної швидкості під час проходження біля засобів навігаційного обладнання (буїв) при здійсненні розходження з іншим судном в обмежених умовах акваторії порту і каналу; 6) неналежна організація та невиконання членами екіпажу правил технічного

обслуговування і експлуатації головних двигунів та допоміжних механізмів судна.

3. Навігаційна підготовка судна до рейсу повинна починатися з приходу судна в порт. Кожна особа командного складу зобов'язана передбачити проведення своєчасного ремонту, налагодження навігаційного обладнання, сигнальних засобів у період стоянки судна у порту. Перед виходом у море необхідно особливу увагу приділяти підготовці основного та резервного кермового пристрою, стан яких має забезпечувати безперебійне та справне керування 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 судових документів,

Незалежно від періодичності інспекторських оглядів судновласник забезпечує постійний нагляд за технічним станом суден у вигляді аналізу судової, звітної документації з технічної експлуатації судна, спеціальних випробувань устаткування, аналізу відмов, несправностей устаткування тощо.

4. Проблема зниження негативного впливу людського фактору на рівень ризиків в сучасному суднопластві вимагає комплексного рішення, яке може бути досягнуто шляхом застосування сучасних інформаційних систем управління судном, що забезпечують функції підтримки прийняття рішень, на основі принципів ефективної взаємодії «людина – автоматизована система управління».

Впровадження таких систем має здійснюватися одночасно із запровадженням нових програм підготовки плавскладу, спрямованих на підвищення ефективності комунікативної взаємодії членів машинної команди, умінь прийняття ними правильних управлінських рішень у критичних умовах, формування лідерських якостей. Це дозволить ефективно долати проблему негативного впливу людського фактору і, як наслідок, сприятиме зниженню кількості морських аварій.

Матеріали розділу опубліковані в роботах [15-55].

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВДОСКОНАЛЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ОЦІНКИ РИЗИКІВ

2.1. Вибір теми, об'єкта і предмета дослідження.

Традиційна технологія прийняття управлінських рішень базується на використанні численних настанов, директивних, нормативних, правових та технічних документів на паперових носіях, погано пристосованих для пошуку, сприйняття та переробки необхідної інформації. Рекомендації таких документів, безперечно, корисні, але в екстремальних навігаційних умовах (районах стислих вод, каналах, фарватерах, вузьких для маневрування ділянках) вони не дозволяють швидко знаходити конкретні управлінські рішення. Громіздка документація та правила її застосування не забезпечують оперативного проведення складних розрахунків та чисельних оцінок процесів, які мають бути виконані з попередженням щодо керованих швидкоплинних подій.

Основною метою оцінки ризику, в таких випадках, є врахування на основі параметрів, які поступають від навігаційних приладів про рух судна, можливо оперативно прийняти обґрунтоване рішення з вибору способів управління допустимим рівнем ризику.

Оцінка ризику повинна забезпечувати:

- розуміння потенційних небезпек та вплив їх наслідків на досягнення встановлених цілей процесу маневрування;
- способи отримання інформації, яка потрібна для прийняття рішень;
- розуміння причин виникнення небезпеки та її джерел;
- ідентифікацію ключових факторів, що формують навігаційний ризик, уразливих місць для судна та його систем;
- можливість зменшення рівня ризику до допустимого рівня шляхом використання резервних засобів управління, зміни режиму руху чи перепланування алгоритму управління судном;
- запобігання новим інцидентам на основі вибору способів аналізу наслідків інцидентів та їх відповідність правовим та обов'язковим вимогам;

- адекватне обґрунтування рішення щодо зменшення рівня ризику відповідно до встановлених нормативних вимог та критеріїв його ефективності на всіх стадіях рейсового циклу.

Отже, методами підвищення навігаційної безпеки являється зменшення ймовірності виникнення навігаційних ризиків протягом всього рейсового циклу судна та прийняття адекватного рішення по зменшенню його рівня.

Об'єкт досліджень – методика планування переходу в рейсовому циклі судна.

Предмет досліджень – удосконалення способу планування та управління навігаційними ризиками рейсового циклу судна.

2.2. Комплексна ідентифікація ризиків та їх вплив на процеси судноплавства.

Тенденція економічного розвитку і зріст світової торгівлі, збільшення числа великих суден не усувають аварії на море за допомогою вдосконалення морських технологій. Отже для судноплавної галузі є необхідним в даний час створення механізму управління безпекою, який мінімізує операційні ризики і нещасні випадки, викликані людськими факторами для створення безпечного судноплавства в аварійно небезпечних районах стислих вод.

Збільшення інтенсивності руху на морських шляхах, плавання суден в складних метеорологічних умовах, у вузкостях, каналах та інші причини викликають необхідність в управлінні, мінімізації та попередженні ризиків, пов'язаних із забезпеченням навігаційної безпеки мореплавства.

Основними причинами морських аварій є зіткнення, посадка на міліну, поломки, пошкодження або відмова двигунів і устаткування, людські помилки в багато операторній системі «оператор – судно – середовище».

За даними лондонського класифікаційного товариства – Регістру судноплавства Ллойда, щорічно гинуть 300-400 суден, аварію зазнає понад 8 тис. суден загальним тоннажем понад 600 тис. тонн. У таких аваріях судна щорічно гине близько 200 тис. осіб. [56]. В управлінні судном одночасно беруть участь

кілька операторів різних спеціальностей і якість управління залежить від їх кваліфікації, вміння виконувати аналіз і синтез інформації про рух судна особою, яка приймає рішення.

На основі аналізу великої кількості аварій суден можна зробити висновок, що будь-який транспортний процес неминуче пов'язаний з ризиком. У морському судноплавстві об'єктивно існує небезпека пошкодження або навіть загибелі судна, а також ризики, пов'язані з безпекою життя людей на морі. Тому виникає необхідність комплексно ідентифікувати процес виникнення ризиків та оцінити їх вплив на процеси судноплавства.

Для вироблення стратегії аналізу причин виникнення ризику та розробки способів їх зменшення судноплавна компанія може вибирати методи своєї організаційної структури, які повинні бути чітко організовані і сплановані для управління рівнем ризику.

Якість такої роботи повинна бути задокументована в інструкціях з системи управління безпекою організації роботи компанією та на суднах, які дозволяють оцінити процес прийняття рішень при організації навігаційної роботи.

Для морського судноплавства основними факторами ризику є: неконтрольована людиною залежність стану зовнішнього середовища від сил природи; морські судна, як складні інженерні споруди, є джерелом ризику відмови судових пристроїв; небезпечні властивості вантажів, що перевозяться; складність багато операторної системи управління рухом судна «навігаційний береговий оператор – оператор судна – оператор компанії» та додатково лоцман, під час проходки судна; помилки або необережність операторів, зайнятих управлінням судном, або членів екіпажу в рамках їх повсякденної життєдіяльності; психофізіологічні особливості операторів; вразливість кіберсистем морського інформаційного простору.

Необхідність в класифікації безлічі ризиків обумовлена аналізом причинно-наслідкових зв'язків аварійності флоту і дозволяє виявити перелік і природу основних факторів ризику діяльності людини на морі під час транспортування вантажів.

Під класифікацією розуміють систему взаємопов'язаних понять будь-якої галузі знання чи діяльності людини, використовувану як засіб для встановлення зв'язків між цими поняттями. Тому, задача загальної класифікації ризиків являє собою систематизацію безлічі ризиків на підставі виникаючих факторів та причин.

Актуальністю цієї теми є те, що ризики постійно ідентифікуються і обговорюються різними міжнародними організаціями. За результатами [57-58] останнього Глобального дослідження сприйняття ризиків, близько 1000 осіб, які приймають рішення, з державного сектора, приватного сектора, наукових кіл і громадянського суспільства оцінюють ризики, з якими стикається світ. Доклад и отчет про глобальні ризики (Global Risks Report, Review of Maritime Transport 2021 - UNCTAD) інформують про тривожну геополітичну і геоекономічну напруженість, яка не може не впливати на судноплавну галузь [58-59].

За результатами проведеного дослідження сучасної інформації про морські інциденти, викликані великомасштабними аваріями, визначимо найбільш вагомі фактори ризиків, які впливають на процеси судноплавства.

Відомо, що в цій області немає стандартизованої системи звітності про аварії. Повідомлення про інциденти можуть приховуватися моряками, особливо якщо вони відчують провину в таких випадках, також вони можуть бути не обізнаними в місцевих процедурах звітності або вважати, що інцидент може мати негативні наслідки для екіпажу або компанії. Такі ситуації значно занижують відомості про аварії, а це в свою чергу суттєво ускладнює оцінку безпеки. Також, недостатня координація між регулюючими і виконавчими органами та бюрократизація багатьох процесів нормування, негативно впливають на екіпаж що не сприяє вирішенню питань з аварійними ситуаціями. Аналіз причинно-наслідкових зв'язків аварійності в судноплавстві, а також інших транспортних засобів і технологій вантажоперевезень дозволяє визначити фактори ризику і відповідні види та причини ризиків [60-61].

Таким чином, для визначення реєстру ризиків проаналізуємо всі існуючі види ризиків, щоб зрозуміти, що кожен з них означає для забезпечення навігаційної безпеки мореплавання.

Причини виникнення ризиків дозволяють ідентифікувати їх за основними групами. Кожна з груп включає кілька видів ризику:

1. Природні ризики – ризик землетрусу, виникнення цунамі, зустрічі з тропічним циклоном, сходження лавин та ін.

2. Техногенні ризики – ймовірність аварії або катастрофи при експлуатації машин, механізмів, реалізації технологічних процесів. Група техногенних ризиків включає ризики: виникнення пожеж; забруднення навколишнього середовища; вихід з ладу головного двигуна (на судні), суднових систем і механізмів; аварії транспортних засобів і технологічних ліній; екологічні (розлив палива, отрутохімікатів, вибухи небезпечних вантажів).

3. Експлуатаційні ризики – ризики, пов'язані з неналежною комерційною експлуатацією транспорту, транспортних суден як виробничо–технологічних об'єктів. Група експлуатаційних ризиків включає ризики: втрати/псування вантажу; простої транспортних засобів і технологічних ліній і ін.

4. Професійні ризики (людський фактор) – недостатня кваліфікація моряків, прийняття помилкових рішень, погане знання мови, зменшення екіпажів високе робоче навантаження і, як їх результат – втома, а також погіршення загального психофізіологічного стану та ін.

Оскільки морське середовище є зоною високого ризику, моряки повинні витримувати неймовірно суворі умови праці: тривалий час без перепочинку; робота в морі на період більше шести місяців; довгі зміни з декількома днями відпочинку; короткі рейси, які створюють високе розумове навантаження на членів екіпажу (прибуття і від'їзди в умовах високої щільності руху) [62-63].

У зв'язку зі зростаючою автоматизацією процесів та розвитком електронної навігації ростуть і розміри суден, а екіпажі скорочуються, оскільки конкуренція в галузі підштовхує судновласників до підвищення ефективності. Стає очевидним, що вимоги до роботи зростають, так як завдання тепер

розподіляються між меншою кількістю суднового персоналу і як наслідок з'являється фактор втоми персоналу. Втома є серйозною проблемою, яка обумовлена багатьма факторами: персонал на містку судна повинен аналізувати інформацію з декількох постійно мінливих джерел; брак часу і множинні вимоги до одночасних завдань в процесі прийняття оперативних рішень; на борту сучасних суден менше уваги приділяється «м'яким» або «нетехнічним» навичкам, в порівнянні з дослідженнями технічних характеристик; сучасний моряк працює з багатонаціональним екіпажем, і цей фактор впливає на прийняття рішень, ситуаційну обізнаність, комунікацію і продуктивність [64].

5. Економічні ризики – інвестиційні ризики; ризики втрати фрахту і вантажу, транспортних засобів; ризики збитків внаслідок зміни ситуації на ринках, економічних криз, помилок планування, управління та ін.

6. Кіберризики – морське цифрове середовище (кіберпростір) – уразливості інформаційних систем, застаріле програмне забезпечення, втрата критично важливої інформації або несанкціоноване підключення до мережі морських кіберсистем з метою фальсифікації аварійних сигналів, зміни даних про судно, створення «кораблів-примар», крадіжки вантажів, суден та ін.; злом або впровадження шкідливих вірусів в програмне забезпечення (ПЗ) суднових та берегових систем. Виходячи з перерахованого, можна зробити висновок, що судно вкрай вразливе перед спланованою кібератакою [65-67].

В останні роки на місток судна потрапив величезний потік нових технологій і це змінило завдання, що виконуються екіпажем. Технології включають в себе радіо дуже високої частоти (VHF) для зв'язку з адміністрацією порту та іншими суднами, навігацію з автопілотом, систему глобального позиціонування (GPS), вдосконалені засоби радіолокаційної прокладки (ARPA) для відображення місця розташування місцевого морського руху, а також відображення електронних карт і інформаційну систему (ECDIS).

Наслідком цього припливу технологій є все більш складний інтерфейс з великими відмінностями між суднами та відсутність інтеграції між

технологіями. Платою за інновації в цифровій сфері є ризики кібератак, які набувають все більших масштабів в морській сфері.

Так, компанія Naval Dome, що спеціалізується в галузі морської кібербезпеки, у своєму звіті повідомила, що останнім часом кількість кібератак на морську галузь дуже збільшилася. За останні три роки кібератаки на морські навігаційні і операційні системи зросли на 900%. Якщо у 2017 році було повідомлено про 50 атак, у 2018 році кількість атак зросла до 120, то у 2019 році було зареєстровано 310 атак, у 2020 році ми бачимо (див. рис. 2.1В, додаток В) вже значне перевищення кількості – за 500 [68-69].

Відомо, що найбільш уразливим об'єктом для проведення успішної хакерської атаки є кінцева точка. Кінцевими точками прийнято вважати комп'ютери, сервери, ноутбуки, планшети, мобільні телефони та інші пристрої. Відсутність надійного захисту кінцевих точок дозволила реалізувати такі відомі атаки, як Petya, WannaCry, Bad Rabbit. У світовому масштабі збиток тільки від Wanna Cry оцінюється в більш ніж 4 мільярди доларів США.

Потрапляючи на комп'ютер, такий шкідливий код не створює своїх копій у вигляді файлів на диску, що не дозволяє виявити його традиційними способами. Антивірусний монітор, який стежить за появою шкідливих і небажаних файлів–додатків стає неефективним при такій загрозі. Такі віруси – «примари» існують в системі виключно в оперативній пам'яті довірених процесів. Це підтвердили дослідження компанії «Лабораторія Касперського» – знайти таку «безтілесну» заразу не так–то просто і більшість продуктів з нею справляється «так собі», а деякі «взагалі ніяк».

Згідно з актуальними даними [70] LiveJornal (Kaspersky Security Network) про кіберзагрози 2020 року у кіберпросторі з'явився «безфайловий» шкідливий код, який використовує архітектурні недоліки Windows для зараження комп'ютерів (як показано на рис. 2.2В, додаток В).

Кіберризики повинні належним чином враховуватися в існуючих системах управління безпекою. Резолюція MSC.428 (98) – управління морськими кіберризиками в системах управління безпекою, прийнята Комітетом з безпеки

на морі ІМО в червні 2017 року закликає морські адміністрації забезпечити ці вимоги після 1 січня 2021 року.

7. Ризики виникнення терористичних актів і піратства – захоплення або викрадення морського судна або здійснення контролю над ним силою чи загрозою сили, або шляхом будь-якої іншої форми залякування; вчинення акту насильства проти будь-якої особи на борту морського судна (території порту); руйнування морського судна або нанесення йому або його вантажу ушкоджень; вчинення дій з метою розміщення на борту морського судна пристроїв, які можуть зруйнувати це судно, завдати судну або його вантажу пошкодження; використання кораблів і суден у якості непрямого (непрямого) об'єкта терористичної діяльності; руйнування морського навігаційного обладнання, або нанесення йому серйозного пошкодження; руйнування портової споруди або нанесення йому серйозних пошкоджень; повідомлення завідомо неправдивих відомостей, які можуть створити загрозу безпеці плавання суден або безпеці порту [71-75].

Специфіка різних загроз та видів діяльності визначає необхідність розробки своєї класифікації ризиків в судноплаванні. В аспекті визначення типів ризиків такі природні фактори, як гідрометеорологічні, є генератором або причиною катастроф на морі, на суші і в повітрі. Техногенні фактори ризику (наприклад, несанкціонована зупинка головного двигуна судна при плаванні поблизу небезпек) можуть стати причиною загибелі судна і людей. По суті ті чи інші рішення при виникненні загроз пов'язані з ризиком зустрічі з несприятливою погодою, або ризиком відмов, або ризиком прийняття неправильного рішення (наприклад, в умовах невизначеності або неповної інформації), або ризиком втрати критично важливої інформації в морському кіберпросторі чи зламу системи. Тому доцільно класифікацію ризиків будувати за схемою: фактори ризику – ризики – ймовірні наслідки реалізації ризику. Таким чином, в класифікації ризиків доцільно розглядати поняття «фактори ризику», які відображують природу виникнення ризику (табл. 2.1В, додаток В).

2.3. Технологічна карта наукового дослідження

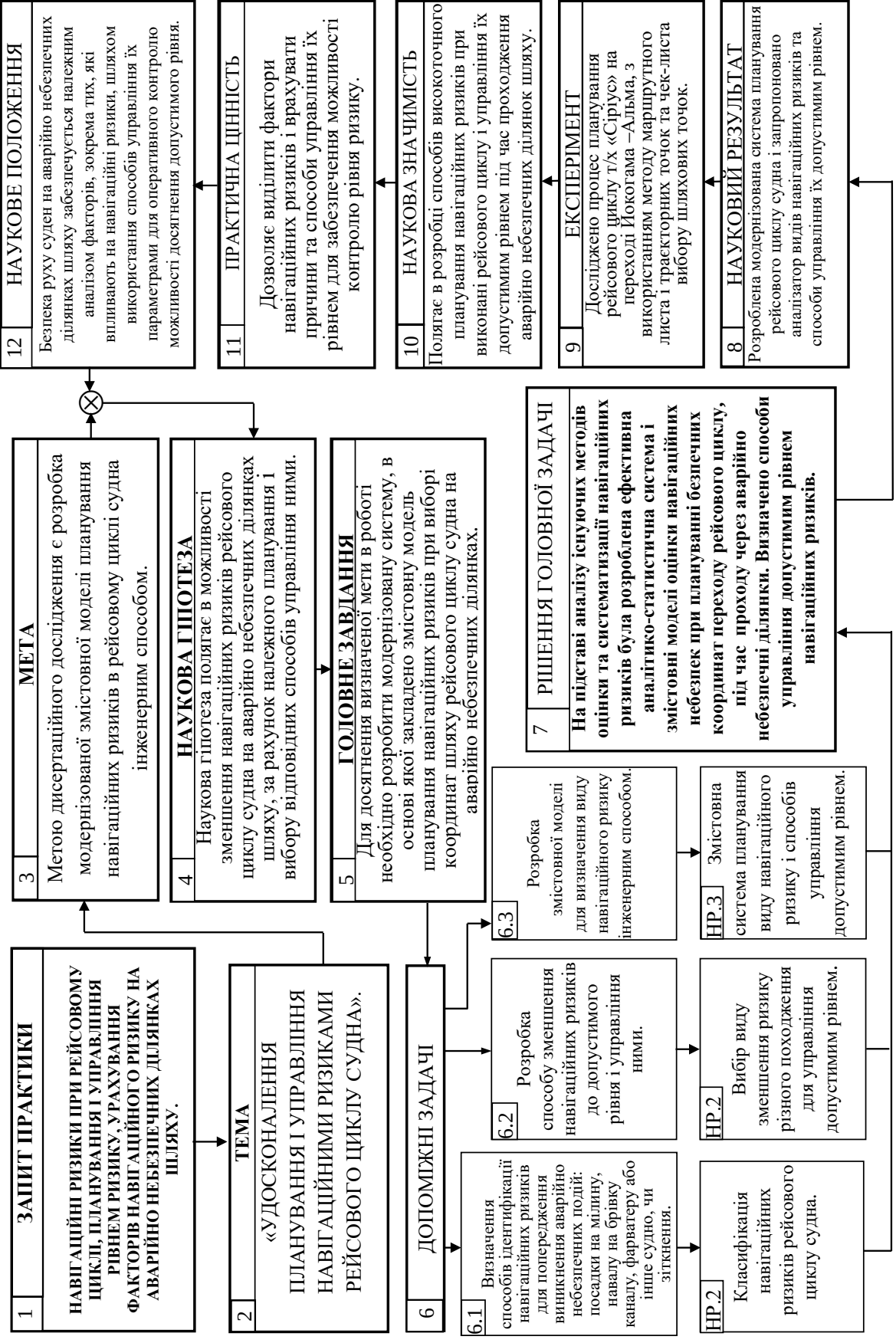


Рис. 2.1. Технологічна карта наукового дослідження

2.4. Обґрунтування методів рішення головного завдання.

Передбачувана наукова новизна дослідження полягає в можливості удосконалення способу планування рейсового циклу судна, з врахуванням даних про його маневрені властивості у режимі реального часу. Для оптимального управління рухом судна в стислих умовах плавання важливо аналізувати навігаційні ризики і враховувати їх вплив на майбутню траєкторію руху судна.

У такій постановці завдання планування навігаційних ризиків на аварійно небезпечних ділянках шляху та управління ними у майбутньому переході в стислих умовах плавання з метою високоточного розрахунку параметрів руху при плануванні рейсового циклу судна ставиться **вперше**.

Для виконання аналізу навігаційних ризиків, з метою їх ідентифікації і врахування впливу на рейсовий цикл судна, необхідно виконати класифікацію їх видів, яка представляє собою систематизацію безлічі ризиків на підставі якихось факторів і критеріїв.

В аспекті визначення типів навігаційних ризиків необхідно враховувати фактори, які є генератором або причиною катастроф на морі, на суші і в повітрі. Наприклад, несанкціонована зупинка головного двигуна судна при плаванні поблизу небезпек може бути викликана техногенним фактором ризику. Така аварійна подія може стати причиною загибелі судна і людей. Отже, виникнення загроз пов'язано з ризиком прийняття неправильного рішення або з ризиком зустрічі з несприятливою погодою, або ризиком відмов.

Для прогнозування навігаційних ризиків та аварійних подій необхідно розробити системний аналітичний підхід для їх запобігання чи зменшення їх наслідків. Він дозволить виявити причини, закономірності подій, частоту виникнення. Сьогодні розроблені та застосовуються кілька різних способів та методів аналізу виникнення і розвитку аварійних подій та катастроф. Одними із способів класифікації ризиків можуть бути наступні: 1) аналітико-статистичний метод виникнення аварій та катастроф; 2) метод експертної оцінки; 3) метод математичного опису; 4) метод теорії катастроф; 5) метод формалізованої оцінки

безпеки; 6) модельний метод; 7) логіко-графічний метод; 8) теоретико-множинний метод; 9) логіко-імовірнісний метод; 10) прецедентний спосіб.

1. Аналітико-статистичний метод ґрунтується на середньостатистичних прогнозах виникнення аварій і катастроф та на середніх збитках від них. Цей метод застосовується при аналізі імовірності виникнення аварій у портах та гаванях, на певних територіях.

2. Метод експертної оцінки – базується на алгоритмі і детальному описі послідовності виникнення і протікання аварійної події і може бути отриманий у страхової компанії, капітанії порту, судновласника або за судовим рішенням.

3. Метод математичного опису безлічі різних ситуацій застосовується в аналізі ризиків у складних технічних та транспортних системах. Його важко застосувати до завдань судноводіння: аналіз теоретично дуже складний і завжди піддається аналітичному опису, займає багато часу, пов'язаний з об'ємними розрахунками в електронних системах. Як наслідок, метод не дає наочного та повного уявлення про всі можливі фактори небезпеки, що впливають на судно.

4. Метод катастроф використовується для прогнозування лише негативних явищ.

5. Метод формалізованої оцінки безпеки (ФОБ) є імовірнісним методом виявлення можливих негативних подій на основі побудови «дерева можливих подій» і «дерева можливих рішень» з метою оцінки їх впливу на досліджувану систему.

6. Модельний метод ґрунтується на модельних описах небезпечних сценаріїв імовірного розвитку аварії та можливих збитків. Моделі розвитку ризиків можуть бути повними чи наближеними, складатися з кількох етапів.

7. Логіко-графічний метод представляє процес виявлення окремих передумов та розвиток їх у причинний ланцюг події у вигляді відповідних діаграм причинно-наслідкових зв'язків. Цей метод має достатню наочність, легко може бути викладений на папері, відкоригований і може знайти застосування на флоті, проте він не дає кількісної оцінки можливої загрози.

8. Теоретико-множинний метод дозволяє описати структуру і взаємовідносини множин властивостей об'єкта, що вивчається, можна висловити компонент опису проблеми та компонент вирішення проблеми: $\text{Прецедент} = \text{Проблема} + \text{Рішення}$.

9. Логіко-імовірнісний метод дозволяє побудувати логіко-імовірнісну модель функціонування складної технічної або транспортної системи та автоматизувати розрахунки з безпеки на комп'ютері.

10. Прецедентний метод використовується для вирішення різних проблем для дослідження технічного стану та причин критичних відмов механічних систем, а також для дослідження систем безпеки.

Як видно з вищевказаного, більшість з перелічених методів не може повною мірою передбачити і відобразити імовірність настання навігаційного ризику, можливу катастрофу чи аварію, час її початку та можливі наслідки. Деякі з методів вимагають складного математичного та програмного забезпечення, займають занадто багато часу та зусиль, не мають достатньої конкретики та наочності і не можуть бути використані повною мірою при плануванні маршруту руху судна в обмежених умовах плавання.

Тому, для аналізу існуючих навігаційних ризиків в дослідженні використаємо інженерний та експертний способи оцінки.

Інженерний метод дозволяє визначити фактор впливу навігаційного ризику на основі аналітико-статистичних даних, а також вид аварійної події та район плавання, у якому існує навігаційний ризик, що дає можливість ідентифікувати вид навігаційного ризику для управління його допустимим рівнем.

Метод експертної оцінки – дає можливість оцінити наслідки аварійної події, визначити причини та розробити методи управління навігаційними ризиками, оскільки базується на даних морських розслідувань досвідчених експертів та спеціалістів страхових компаній і портових служб безпеки руху. Такий метод дозволяє здійснити сценарне планування заходу/виходу із порту.

Встановлено, що експертний метод використовується страховими компаніями, а також компаніями, які управляють роботою морського флоту для визначення вірогідності виникнення ризиків та їх причин.

Проте, інженерний метод використаємо для вдосконалення способу визначення частоти прояв небезпек при майбутньому переході судна. Він вимагає зміни форми представлення даних про маневрені властивості судна [13]. Тому, такі дані потрібно розрахувати для того стану, у якому знаходиться судно під час рейсового циклу. Доцільно представити їх у компактному вигляді таблиць, які зручно використовувати в електронних системах. Це дасть змогу змінити спосіб планування координат руху. Тому, необхідно виконати планування координат ШТ, як рекомендує Резолюція ММО А.893 (21) – Керівництво з планування рейсу (Resolution A.893(21) IMO. Guidelines for voyage planning).

Приведена методика планування рейсового циклу в нормативних документах, таких як Керівництво з несення вахти на містку (Bridge Procedures Guide, 6th Edition), Керівництво командою містка, 2-е Видання (Bridge Team Management, 2nd Edition), Резолюція ММО А.893 (21) – Керівництво з планування рейсу (Resolution A.893(21) IMO) володіє цілим рядом недоліків, які полягають у наступному:

1. Не приведена методика вибору ШТ.
2. Нанесення шляху у вигляді прямолінійних відрізків не відповідає дійсності, оскільки судно ніколи не проходить через ШТ. Особливо цей недолік проявляється при плануванні шляху в каналах, фарватерах, на припортових акваторіях та в межах порту. Тому, це вимагає використовувати і розробляти нові методики планування для цих районів.
3. Відсутня методика планування криволінійних відрізків шляху з врахуванням характеристик повороткості.
4. Не розглянуті способи підвищення точності планування та контролю координат руху.

Для розробки способу удосконалення планування рейсового циклу судна необхідно визначати види навігаційних ризиків і враховувати фактори, які є генератором або причиною катастроф на морі, на суші і в повітрі. Наприклад, несанкціонована зупинка головного двигуна судна при плаванні поблизу небезпек може бути викликана техногенним фактором ризику. Така аварійна подія може стати причиною загибелі судна і людей. Отже, виникнення загроз пов'язано з ризиком прийняття неправильного рішення або з ризиком зустрічі з несприятливою погодою, або ризиком відмов.

Оскільки ризик ніколи не може бути постійним, його оцінка повинна забезпечувати безперервний, гнучкий і регулярний процес, який повинен переглядатися для підвищення навігаційної безпеки судноплавства, морського кіберпростору та запобігання забрудненню навколишнього середовища.

Для прогнозування навігаційних ризиків та аварійних подій необхідно розробити системний аналітичний підхід для їх запобігання чи зменшення їх наслідків. Він дозволить виявити причини, закономірності подій, частоту виникнення. Дотепер розроблені та застосовуються кілька різних способів та методів аналізу виникнення і розвитку аварійних подій та катастроф.

Для проведення аналізу причин навігаційних ризиків визначимо наступні два способи:

1) аналітико-статистичний спосіб – дозволяє визначити вид аварійної події і район руху. Він не відповідає на питання, в чому причина, отже і не дозволяє відповісти на питання, що треба зробити, щоб попередити подібну небезпечну навігаційну подію в майбутньому;

2) спосіб експертної оцінки – дозволяє встановити послідовність виникнення й розвитку події з детальним описом алгоритму протікання процесу. Він може бути отриманий тільки у органів, які виконують розслідування. Це страхова компанія, контора капітана порту прибуття після аварії, судовласник, рішення суду і т. п.

Отже, будемо використовувати спосіб експертної оцінки ризиків, який дає детальний опис та алгоритм протікання події, встановлює її навігаційну причину

та наслідки. Такий спосіб застосовується при аналізі аварійних подій у портах та гаванях і дає можливість проводити адекватну та оперативну оцінку ситуації в стислих умовах плавання. Для того, щоб виконати аналіз небезпеки виникнення ризиків при плануванні рейсового циклу, потрібно виділити аварійно небезпечні ділянки на схемі переходу та визначити параметри характеристик видів навігаційних ризиків, які існують на переході.

Для управління ризиками будемо використовувати інженерний метод, який базується на аналізі статистичних даних характеристики небезпечних ділянок і виконується кожною державою для підконтрольних районів стислих вод, включаючи фарватери прибережних районів, канали, припортові і портові акваторії. Виконаний аналіз дозволяє визначити узагальнений перелік факторів навігаційних ризиків по шляху в рейсовому циклі і підгодувати заходи для управління ними до допустимого рівня.

Суть інженерного методу управління ризиками вимагає високоточного планування координат переходу рейсового циклу ТТ і наявності статистичних даних з аварійності за маршрутом переходу.

Висновки за розділом 2.

Ефективний спосіб систематизації ризиків дає можливість проведення адекватної та оперативної оцінки наявності навігаційних небезпек для планування безпечного маршруту і способів управління їх допустимим рівнем. Оцінювання рівня навігаційних ризиків дозволяє адекватно визначати способи зменшення ймовірності їх настання.

Для вирішення головного завдання, спрямованого на удосконалення способу планування координат руху судна на аварійно небезпечних ділянках його розподілено на три допоміжних завдання: розробка способів ідентифікації навігаційних ризиків; удосконалення способів зменшення навігаційних ризиків, до допустимого рівня і управління ними; розробка змістовної моделі для визначення виду навігаційного ризику інженерним способом.

Базуючись на аналітико-статистичному методі оцінки видів навігаційних аварій і катастроф та експертного визначення виконано удосконалення методів планування вірогідності виникнення навігаційних ризиків при рейсовому циклі і запропонована узагальнена таблиця ризиків на переході.

Планування способів управління навігаційними ризиками на аварійно небезпечних ділянках переходу дозволяє підготуватися до їх виникнення і удосконалити способи вибору методів управління їх рівнем.

Розробка заданого алгоритму планування маршруту з урахуванням навігаційно небезпечних ділянок і управління допустимим рівнем ризику дає можливість завчасно спланувати способи мінімізації впливу небезпек на процес руху судна. Це вимагає попередньої підготовки судноводія для оперативного отримання інформації про аварійно небезпечні ділянки і використовувати новітні способи планування шляху та алгоритму роботи аналізатора ризику. Ці алгоритми не можуть бути реалізовані у складі існуючої системи через відсутність аналізу і планування навігаційних ризиків, оскільки немає можливості удосконалення за рахунок організації локальних зв'язків між елементами існуючих автоматизованих систем.

Для досягнення визначеної мети головним завданням досліджень являється розробка змістовної моделі планування навігаційних ризиків при виборі координат шляху рейсового циклу судна для аварійно небезпечних ділянок.

При розробці технологічної карти наукового дослідження використано системний підхід, згідно з яким для вирішення основного завдання здійснено його розбиття на допоміжні: визначення способів ідентифікації навігаційних ризиків для попередження виникнення аварійно небезпечних посадок міліну, навалу на брівку каналу, фарватеру або інше судно, чи зіткнення; розробка способу зменшення навігаційних ризиків, до допустимого рівня і управління ними; розробка змістовної моделі для визначення виду навігаційного ризику інженерним способом.

Результати виконання допоміжних завдань використані для вирішення головної задачі для створення аналізатора навігаційних ризиків та вибору способу управління їх допустимим рівнем.

Для досягнення поставленої мети були виконані натурні спостереження переходу т/х «Сіріус» по маршруту Йокогама-Альма. При цьому апробовано методику аналізу планування і управління навігаційними ризиками та **вперше використано** змістовну модель оцінки вірогідності появи небезпек. Результати аналізу оформлені у вигляді узагальненої таблиці переліку існуючих аварійних ділянок, визначено характеристики ризиків та вибрані способи управління їх допустимим рівнем.

Отримані результати можуть бути використані на морських суднах для широкого використання способів планування навігаційних ризиків та вибору засобів для управління їх рівнем.

Таким чином, визначена необхідність формування основних етапів дій в надзвичайних ситуаціях і кризах, таких як:

1. Стабілізація, яка визначається стандартом як діяльність з обмеження збитку, особливо на ранньому етапі дестабілізуючої події, включаючи: 1) дії по збереженню життя людей на морі; 2) запобігання подальшого поширення аварійних наслідків; 3) ліквідацію джерела навігаційного ризику; 4) спілкування в системі «оператор – судно – середовище» для забезпечення стабілізації роботи судна; 5) забезпечення безпеки життя людей і вжиття заходів щодо усунення наслідків аварійної ситуації; 6) ліквідацію ушкоджень судна і інших руйнувань для недопущення подальшого збитку; 7) припинення необґрунтованих витрат; 8) контроль загального психофізіологічного стану екіпажу; 9) впровадження технологій для захисту морських інформаційних систем.

2. Продовження виконання критично важливих функцій на судні, необхідних для виживання людей і забезпечення експлуатаційної придатності судна, а також досягнення першочергових цілей транспортного процесу.

3. Відновлення – дії, такі після початку аварійної події, що вживаються з метою повернення судна до традиційного характеру управління. Таке

відновлення на увазі повернення в передкризові умови мореплавання або інший стан з урахуванням можливостей і нових обставин.

4. Проведення заходів, спрямованих на запобігання, виявлення та припинення морської терористичної діяльності: 1) розповсюдження попереджувальної інформації у разі загрози вчинення терористичного акту; 2) вдосконалення та впровадження технічних засобів захисту власних суден, в першу чергу установка систем охоронної сигналізації, систем контролю і управління доступу, систем охоронного телебачення та систем зв'язку; 3) впровадження комплексу заходів попередження з метою запобігання терористичним актам; 4) створення банку даних на потенційно небезпечних пасажирів (що включає осіб, які перебувають в радикальних політичних організаціях, релігійних сектах, злочинних співтовариствах, схильних до вживання алкоголю на борту, які володіють навичками рукопашного бою і т. п.); 5) ретельна перевірка благонадійності екіпажів суден.

5. Впровадження технологій для кібербезпеки морських навігаційних інформаційних систем, дотримання заходів кіберзахисту для значного підвищення рівня стійкості від атак: 1) оновлення програмного забезпечення (ПЗ) для підтримки його актуальних версій на всіх системах морського кіберпростору; 2) впровадження логічного поділу мережі на різні сегменти для локалізації загрози від шкідливого ПЗ; 3) створення та підтримка регулярного тестування плану реагування на інциденти кібербезпеки; 4) резервне копіювання на віддалений носій критично необхідних даних; оперативна і злагоджена реакція берегового та суднового персоналу на інцидент для мінімізації збитків від кібератаки; 5) виявлення шляхів поширення вірусів і оперативне впровадження заходів безпеки; 6) офіційна заява у перші години кібератаки (у відкритих джерелах) про проблему та шляхи запобігання поширенню вірусу для зменшення масштабів кібератаки.

Зміст даного розділу викладено в роботах [13, 56-70].

РОЗДІЛ 3.

НАВІГАЦІЙНІ РИЗИКИ ПРИ РЕЙСОВОМУ ЦИКЛІ МОРСЬКОГО СУДНА

3. 1 Систематизований підхід до класифікації навігаційних ризиків рейсового циклу морського судна

При виконанні першої допоміжної задачі була проаналізована існуюча універсальна класифікація ризиків підприємства. При цьому існуючі ризики розподілені за видами та групами [76]. Але розглянуті ризики систематизовані за причинами їх виникнення, які мало підходять до процесів судноплавства. Тому виникає потреба систематизації існуючих ризиків при управлінні роботою морського транспорту.

На підставі виконаного аналізу в дослідженні розроблено модель систематизації ризиків, які виникають при управлінні роботою судна при рейсовому циклі (табл. 3.1). Це дозволило класифікувати причини виникнення навігаційних ризиків, визначити їх види і групи для підготовки судна при переході на навігаційно небезпечних відрізках шляху та вибрати засоби управління їх допустимим рівнем.

Система універсальної класифікації ризиків дозволила розробити «Аналізатор навігаційних ризиків» при рейсовому циклі, який визначає інженерним способом фактори, існуючі в рейсовому циклі судна. Це виконано на підставі відомостей про навігаційні небезпеки рейсового циклу, які кожна країна публікує для зони відповідальності своєї держави.

Для прикладу виконано аналіз причин аварійних подій і навігаційних ризиків в районах Турецької (Босфор і Дарданелли), Сінгапурської, Малаккської та Токійської протоків на підставі існуючих звітів P&I Club [15, 17].

Встановлено, що фактори навігаційного ризику не залежать від району плавання, але залежать від типу і розмірів судна, зовнішнього середовища та навігаційних характеристик району плавання. Навігаційні аварії виникають у 80 % випадків саме у стислих водах та акваторіях порту, припортових районах, на фарватерах та каналах, які складають 20 % від часу рейсу. В складних умовах

плавання на рух судна впливає безліч факторів, які не завжди можливо передбачити.

Прийнятний ризик при експлуатації морського транспорту ґрунтується на технічних, економічних, соціальних та політичних аспектах, які є компромісом між рівнем навігаційної безпеки і фінансовими можливостями. Сумарний ризик має допустимий мінімум, який визначається співвідношенням між інвестиціями у технічну та соціальну сфери та допустимими зовнішніми впливами. Цю обставину і треба враховувати при виборі рівня ризику, з яким судноплавство поки що змушене миритися.

Сучасне судноплавство є галуззю підвищеного ризику, оскільки аварійні інциденти, що трапилися кілька років тому і ті, які неминуче відбуватимуться, пов'язані з багатьма факторами впливу та складністю навігації. Складними умовами навігації є плавання в каналах, протоках, фарватерах, на мілководді, в районах з обмеженою акваторією («стислих умовах»), де на рух судна впливають такі фактори як запас глибини води під кілем, ширина каналу, наявність течії і вітру, топографія місцевості та інші судна.

Виконання навігаційного планування, управління на переході та контроль руху судна здійснюються згідно з параметрами, рекомендованими для рейсового циклу державними і міжнародними нормативними документами для безпечного плавання. Планування рейсового циклу морського судна нормується Резолюцією ІМО А.893 (21) – 1999 р. (Керівництво з планування рейсу) [77] і Bridge Procedures Guide, 6th Edition, 2022 (Керівництво з несення вахти на містку, 6-е видання) [78].

Навігаційна помилка при підготовці плану переходу або помилка при виконанні процесу маневрування може призвести до втрати судна, загибелі людей, пошкодження майна та в окремих випадках нанести значну шкоду навколишньому середовищу.

Отже, необхідно аналізувати попередні навігаційні події і враховувати ймовірність виникнення ризиків в процесі планування маршруту руху судна і під час його переміщення.

Питання систематизації видів та причин ризиків розглянуті в роботі [79, с. 447]. В ній приведені принципи класифікації ризиків, які відповідають вимогам міжнародних стандартів, але вони призначені для підприємств.

Ефективному та точному управлінню рухом судна присвячено дослідження [80], в якому навігаційні умови розглянуті як найважливіший фактор впливу на безпеку виконання рейсового циклу. Розроблена модель оцінки навігаційного ризику з урахуванням умов течії. У роботі розглядається лише вплив умов течії на рух судна, також створена модель оцінки навігаційного ризику з допомогою реляційного аналізу Грея. Запропоновано чотири визначальні індекси безпеки мореплавання, у тому числі ухил водної поверхні, протитечія, швидкість і глибина, а також п'ятирівнева класифікація оцінки навігаційного ризику. Але не розглянуто вплив таких навігаційних ризиків, як посадка на мілину, навал на брівку каналу, фарватеру, зіткнення, відмови головного двигуна та інші, які зустрічаються в рейсовому циклі судна.

В дослідженні [81] представлені результати аналізу, спрямованого на виявлення індикаторів та факторів, пов'язаних з навігаційними обставинами (посадками на мілину та зіткненнями). В аналізі порівнюються вантажні судна, принаймні з однією зареєстрованою навігаційною подією з тими, які не мали жодного випадку в період 2010–2019 років. За допомогою двовимірного та багатовимірного статистичного аналізу визначено відмінні ознаки суден, що потрапили до навігаційних аварій. Дослідження показує перспективний потенціал використання даних АІС (автоматизована інформаційна система) у поєднанні з різними наборами даних для отримання знань про фактори ризику та показники ризику.

Оцінку навігаційного ризику при маневруванні на підході до порту досліджено в роботі [82]. Запропоновано різні методи для оцінки ризику зіткнення у відкритому морі та в обмежених водних шляхах. У зв'язку з відсутністю в наукових джерелах інформації про ефективний метод вивчення навігаційного ризику при маневруванні на підході до порту, представлено три нові параметри (відстань, площа акваторії для маневрування та швидкість) для

покращення навігаційного моделювання ризику зіткнення, що застосовуються у портових басейнах. Визначена нова методологія для оцінки ризику зіткнення при підході до порту. Але не розглянуті навігаційні ризики, які зустрічаються протягом всього рейсового циклу судна.

Проблеми, пов'язані з аварійними подіями в складних районах плавання викликають необхідність дослідження ризиків виникнення аварійних подій для безпечного виконання рейсового циклу судна. Саме тому класифікація ризиків та визначення факторів їх впливу є необхідними для виконання судноводієм подальшого аналізу управління судном на аварійно небезпечних ділянках шляху.

Для прикладу розглянуто статистику складних районів плавання таких, як Турецькі протоки (включаючи Босфор і Дарданелли), Сінгапурську, Малаккську та Токійську протоки, характеристику яких наведено в додатку Г (табл. 3.1Г-3.2Г, рис. 3.1Г-3.6Г додатку Г). Відомий факт, що вони мають фізичні обмеження для акваторії при маневруванні суден під час плавання і особливу топографію морського дна. Підходи та аналіз оцінки ризиків приведено в додатках Б, В, Г і джерелах [83-107].

Метою дослідження є розробка моделі класифікації ризиків для системи управління їх допустимим рівнем.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішено наступні завдання:

1) виконано аналіз видів морських аварій та факторів навігаційних ризиків, що сталися в Турецькій (Босфор і Дарданелли), Сінгапурській, Малаккській та Токійській протоках [15, 17], де проведено порівняльний аналіз рівня аварійності [91-93] за 2008-2022 роки (табл. 3.1Г-3.7Г, рис. 3.1Г-3.10Г додатку Г);

2) базуючись на порівняльному аналізі аварійних інцидентів і причин їх виникнення визначено види навігаційних ризиків і фактори впливу, які існують в складних умовах плавання Турецької (Босфор і Дарданелли), Сінгапурської, Малаккської та Токійської проток (табл. 3.8Г, додаток Г);

3) встановлено основні психологічні фактори впливу людських помилок на аварійність (див. розділ 1.4.);

4) ідентифіковано види навігаційних ризиків в указаних районах плавання;

5) визначено причини зіткнень та посадки на міліну, навалу на брівку каналу, фарватеру, іншу споруду або судно в складних умовах плавання.

При розв'язанні проблеми класифікації навігаційних ризиків, які неможливо передбачити, на відміну від звичайних ризиків, використані статистичні та експертні дані про аварії, які дозволяють отримати причини виникнення аварійних ситуацій та їх наслідків.

Для безпечного виконання рейсового циклу судна, згідно запланованого маршруту, необхідно враховувати ризики на аварійно-небезпечних ділянках шляху. Такі ризики віднесемо до поняття «навігаційні ризики» рейсового циклу.

Отже, для визначення змісту «навігаційних ризиків» і розробки способів оцінювання, вимірювання, прогнозування та вибору заходів реакції на ризики необхідна систематизація їх видів і груп. Вона може бути побудована на основі вищезазначеної універсальної класифікації ризиків підприємства і «Аналізатора навігаційних ризиків» [108], який визначає перелік факторів навігаційних ризиків, існуючих в рейсовому циклі судна. На підставі такого аналізатора розробимо модель класифікації навігаційних ризиків з визначенням характеристик для ефективного управління їх допустимим рівнем (табл. 3.1.).

Таблиця 3.1.

Модель класифікації навігаційних ризиків рейсового циклу судна

Категорія ризику	Характеристика ризику
1. За економічним змістом	<i>Операційний ризик:</i> проблеми, недоліки і загрози функції управління судновласника, компанії або капітана
	<i>Ринковий ризик:</i> конкуренція між судноплавними компаніями, зростання цін, курс валют, обмеження і правила присутності на ринку
	<i>Бізнес-ризик:</i> ділові зв'язки із судноплавними компаніями, береговими портовими службами, кріюінговими компаніями, страховими агентствами, партнерами, вантажовідправниками, замовниками та контрагентами
	<i>Кредитний ризик:</i> орієнтація судновласника в кредитній політиці держави

Продовження таблиці 3.1.

2. За відношенням до судноплавної компанії	<i>Внутрішні ризики:</i> діяльність судновласника або судноводія
	<i>Зовнішні ризики:</i> не залежать від судновласника або судноводія, але впливають на їх діяльність (військові дії, піратство, політична нестабільність, економічна криза, пандемія, тероризм, техногенні катастрофи, зміна клімату)
3. За часовим горизонтом	<i>Стратегічні ризики:</i> невиконання запланованого рейсового циклу судна, несвоєчасна доставка вантажів
	<i>Поточні ризики:</i> постійні або нові навігаційні ризики, виникаючі в режимі реального часу на маршруті судна, від порту відходу до порту прибуття.
4. За факторами виникнення	<i>Економічні ризики:</i> економічний стан в країні, регіоні, судноплавній компанії
	<i>Соціально-етнічні ризики:</i> багатонаціональні екіпажи, кваліфікація екіпажу, працездатність, пандемія, етнічні конфлікти, мовні проблеми
	<i>Екологічні:</i> аварії або катастрофи при експлуатації судна, техногенні катастрофи в акваторії району плавання
5. Залежно від характеру прояву у часі	<i>Прості ризики:</i> передбачувані навігаційні ризики, які проявляються в рейсовому циклі судна; матеріальні і керовані з високим ступенем ймовірності
	<i>Складні (комплексні) ризики:</i> комбінація ризиків, яка вимагає комплексного підходу до їх оцінки, аналізу і управління допустимим рівнем (глибина води під кілем, ширина каналу, відмова головного двигуна, використання шляхових (топографічних) карт невідповідного масштабування, низька кваліфікація та недостатній практичний досвід судноводія, відсутність належного контролю руху судна збоку капітана)
6. Залежно від рівня втрат та серйозності	<i>Допустимі ризики:</i> рівень ризику, при якому судно може самостійно завершити рейсовий цикл з мінімальними відхиленнями за часом
	<i>Катастрофічні ризики:</i> загрожують продовженню руху судна та цілісності його конструкції, можуть спричинити втрату судна, загибель людей, втрату вантажу, техногенну катастрофу
7. Залежно від комплексності	<i>Постійні ризики:</i> присутні протягом всього рейсового циклу судна (наприклад: глибина води під кілем, ширина фарватеру, швидкість течії, швидкість судна, стан головного двигуна)
	<i>Тимчасові ризики:</i> ризики при здійсненні окремих операцій, несприятливі погодні умови, стихійні лиха чи ризики зіткнення, загибель людей, втрата вантажу, посадка на мілину або втрата контролю руху судна, втрата орієнтації
8. За джерелом (причиною) виникнення	<i>Суб'єктивні ризики:</i> діяльність капітана, екіпажу, операторів берегових служб, працівників лоцманської служби, яка залежить від їх кваліфікації, теоретичних знань і практичного досвіду
	<i>Об'єктивні ризики:</i> не залежать від дій екіпажу (техногенні явища, економічні зміни або кризи, погодні умови, військові дії,

Продовження таблиці 3.1.

	пандемії, політичні зміни, кібератаки на інформаційно-навігаційні системи судна та ін.)
9. За рівнем обґрунтованості прийняття ризику	<i>Обґрунтовані і допустимі:</i> передбачувані з мінімальним впливом на рейсовий цикл судна
	Частково обґрунтовані ризики: прийняті до початку або в процесі рейсового циклу
	<i>Авантюрні ризики:</i> мають умовний характер (втрати або ймовірні втрати з причин невиконання цілей), орієнтовані на прийняту політику управління ризиками в судноплавній компанії або на систему управління безпекою (СУБ) судна
10. За рівнем передбачуваності та оцінки	<i>Повністю передбачувані (очікувані) ризики:</i> пов'язані із циклічними процесами механізмів і систем судна, рівнем знання навігаційної обстановки певного району плавання, процесами і етапами діяльності екіпажу на судні, фазами життєвого циклу
	<i>Недостатньо (або складно) передбачувані ризики:</i> важко оцінювані і важко передбачувані (зміни в політиці країни, штормові погодні умови, погіршення стану здоров'я суднового персоналу, виникнення етнічних і робочих конфліктів та саботажу, відмови механізмів і систем судна, кібератаки на навігаційне обладнання, техногенні катастрофи)
11. За можливістю впливу на ризик	<i>Керовані ризики:</i> прийняття рішень щодо управління судном, вжиття заходів щодо уникнення, пом'якшення, попередження ймовірності виникнення аварії, відмови двигуна, використання дублюючих рульових пристроїв або прийняття допустимого рівня ризику
	<i>Некеровані ризики:</i> техногенні катастрофи, військовий стан, пандемія, стихійні лиха, нові види кібератак на навігаційне обладнання
12. За ймовірністю настання	<i>Ризики з високою та середньою ймовірністю:</i> відношення кількості аварійних подій до кількості суден, які пройшли через даний район плавання, при цьому середня ймовірність реалізації ризику буде в межах 10–25 %, висока – понад 25 %
	<i>Ризики з низькою ймовірністю:</i> прийняття рішень в умовах невизначеності, а також ймовірність реалізації ризику менше 10 %
13. За масштабом охоплення та відношенням до судноплавної компанії	<i>Мікроризики (локальні):</i> існують на рівні компанії судновласника, судна або акваторії плавання, на які можна впливати
	<i>Макроризики (глобальні):</i> існують на галузевому, регіональному або національному рівні, загальносвітові та міждержавні, на які переважно неможливо впливати
14. За видами можливих втрат	<i>Ризики, пов'язані з ресурсами:</i> матеріальні, фінансові, трудові, природні (застарілі судна, некваліфікований персонал, неякісне паливо, фінансова політика компанії-судновласника)
	<i>Нематеріальні ризики:</i> помилкове прийняття рішень щодо оцінки навігаційної обстановки, неефективне управління судноплавною компанією, судном і екіпажем

1. За економічним змістом:

- *операційний ризик* – пов'язаний із проблемами, недоліками і загрозами функції управління судновласника, компанії або капітана: а) судновласник управляє вантажоперевезеннями; б) капітан забезпечує безпечну доставку вантажів з порту відходу до порту прибуття;

- *ринковий ризик* – залежить від того, хто вирішує, який вантаж буде включено в морські перевезення, формується під впливом таких ринкових показників, як конкуренція між судноплавними компаніями, зростання цін, курс валют, обмеження і правила присутності на ринку;

- *бізнес-ризик* – залежить від ділових зв'язків із кріюінговими компаніями, страховими агентствами, партнерами, вантажовідправниками, замовниками та контрагентами;

- *кредитний ризик* – залежить від орієнтації судновласника в кредитній політиці держави.

2. За відношенням до підприємства:

- *внутрішні ризики* – їх виникнення, як правило, залежить від діяльності судноводія або судновласника, оскільки вони впливають на внутрішні процеси (наприклад: технічні ризики – при виході з ладу двигунів або при відмові рульового пристрою; кермо виходить з ладу, як правило у вузькості, за це несе відповідальність капітан); ними можна і потрібно ефективно управляти, передбачати, нейтралізувати або скеровувати у потрібне русло;

- *зовнішні ризики* – ризики, які безпосередньо не залежать від судноводія або судновласника, але впливають на їх діяльність (військові дії, піратство, політична нестабільність, економічна криза, пандемія, тероризм, техногенні катастрофи, зміна клімату, забруднення навколишнього середовища, зміни у законодавстві, оподаткування, стрімкий розвиток світових технологій, дії конкурентів);

3. За часовим горизонтом:

- *стратегічні ризики*, які пов'язані з виконанням запланованого рейсового циклу судна, своєчасною доставкою вантажів і впливають на розвиток судноплавного підприємства;

- *поточні ризики* – вимагають прийняття негайних рішень і реакцій щодо управління навігаційними ризиками в режимі реального часу.

4. За факторами виникнення:

- *економічні ризики* – залежать від економічного стану в країні, регіоні, в судноплавній компанії;

- *соціально-етнічні* – пов'язані з багатонаціональними екіпажами, їх кваліфікацією, працездатністю, пандемією, етнічними конфліктами, традиціями, мовними проблемами;

- *екологічні ризики* – ризики аварії або катастрофи при експлуатації судна: виникнення пожеж; забруднення навколишнього середовища; розлив палива, отрутохімікатів; вибухи небезпечних вантажів.

5. Залежно від характеру прояву в часі:

- *постійні ризики* – присутні протягом всього рейсового циклу судна (наприклад: глибина води під кілем, ширина фарватеру, швидкість течії, швидкість судна, стан головного двигуна), їх необхідно оцінювати і аналізувати весь час на маршруті руху судна;

- *тимчасові ризики* – виникають лише при здійсненні окремих навігаційних операцій і залежать від конкретного часу або періоду (наприклад: несприятливі погодні умови, стихійні лиха чи ризики зіткнення, загибель людей, втрата вантажу, посадка на мілину або втрата контролю руху судна).

6. Залежно від рівня втрат та серйозності наслідків:

- *допустимий ризик* – той, при якому у випадку аварійної події судно може самостійно завершити рейсовий цикл з мінімальними відхиленнями за часом (наприклад: відмова головного двигуна, пошкодження корпусу, збій живлення, навал на брівку каналу, посадка на мілину та інші).

Існує три способи управління допустимим ризиком: 1) включення резервних та дублюючих механізмів; 2) технічний ремонт механізмів для забезпечення

стану, який дозволить судну самостійно завершити рейсовий цикл; 3) своєчасне і якісне виконання регламентних та профілактичних робіт механізмів і систем.

- *катастрофічний ризик* – загрожує продовженню руху судна та цілісності його конструкції, може спричинити втрату судна, загибель людей, втрату вантажу, руйнування навігаційних конструкцій та берегових портових споруд, забруднення навколишнього середовища.

7. Залежно від комплексності:

- *прості* – передбачувані навігаційні ризики, оскільки вони проявляються в рейсовому циклі судна; вони можуть бути управляємими, тому що є матеріальними і з високим ступенем ймовірності настання (ризик зіткнення через втрату керованості свого судна або зустрічного судна – судно втрачає здатність до управління за однією з двох основних причин: при виході з ладу двигунів або при відмові рульового пристрою та додатковою причиною);

- *складні (комплексні)* – ризики, які містять в собі взаємопов'язані підвиди і вимагають комплексного підходу до оцінки, аналізу і управління (наприклад: посадка на мілину може буде наслідком комбінації ризиків – відмови головного двигуна, штормових умов, неякісного планування маршруту судна, відсутності належного контролю збоку капітана, зміни топографічних умов, пожежі, військових дій або терористичних актів);

Отже, навігаційні складні ризики відрізняються від простих (технічних) тим, що до їх факторів виникнення повинні бути віднесені як мінімум наступні: глибина води під кілем, ширина каналу, відмова ГД, використання шляхових (топографічних) карт невідповідного масштабування, низька кваліфікація та недостатній практичний досвід судноводія, відсутність належного контролю руху судна і перекладання відповідальності на лоцмана збоку капітана.

8. За джерелом (причиною) виникнення:

- *суб'єктивні ризики* – пов'язані з діяльністю капітана, екіпажу, операторів берегових служб, працівників лоцманської служби, які залежать від їх кваліфікації, теоретичних знань і практичного досвіду (безпечну експлуатацію судна забезпечує «людський фактор»);

- *об'єктивні ризики* – виникають незалежно від дій екіпажу, наприклад, техногенні явища, економічні зміни або кризи, погодні умови, військові дії, пандемії, політичні зміни та інформаційна невизначеність.

9. За рівнем обґрунтованості прийняття ризику:

- *обґрунтовані ризики* – ті, які можливо передбачити, судноводій приймає їх вплив на рейсовий цикл судна, який буде мінімальним;

- *частково обґрунтовані ризики* – приймаються до початку або в процесі планування маршруту судна, дозволяють виконати рейсовий цикл і план вантажоперевезень в очікуваній рівності результатів і вигод;

- *авантюрні ризики* – залежать від прийнятої політики судновласника або компанії; пов'язані зі значними втратами або ймовірністю втрат і невиконанням поставлених цілей. Проте такі ризики носять досить умовний характер, оскільки в будь-якому разі при прийнятті рішень очікується перевищення вигоди над можливими негативними наслідками. Тому вони орієнтовані на прийняту політику управління ризиками в судноплавній компанії або на систему управління безпекою (СУБ) судна, яка пов'язана з вибором виду реакції на ризик і планом подальших дій. Отже, обґрунтованість прийняття ризику є дуже важливою для їх оцінки і управління допустим рівнем.

10. За рівнем передбачуваності і оцінки:

- *повністю передбачувані (очікувані) ризики* – сюди належать ризики, які пов'язані із циклічними процесами механізмів і систем судна, рівнем знання навігаційної обстановки певного району плавання, процесами і етапами діяльності екіпажу на судні, фазами життєвого циклу. Оскільки вони є очікуваними, то мають середній або високий рівень ймовірності й достатню точність оцінки;

- *недостатньо (або складно) передбачувані ризики* – ті, які важко оцінити і передбачити (наприклад різкі зміни в політиці країни, штормові погодні умови, ризики погіршення стану здоров'я суднового персоналу, виникнення етнічних і робочих конфліктів та саботажу, відмови механізмів і систем судна, кібератаки на навігаційне обладнання, техногенні катастрофи в даних районах плавання та

ін.). Вони мають значний вплив на рух судна, життя людей, діяльність судноплавної компанії та екіпажу.

11. За можливістю впливу на ризик:

- *керовані ризики* – контролюються прийняттям рішень щодо управління їх впливом на рейсовий цикл судна, які базуються на заходах щодо уникнення, пом'якшення, попередження ймовірності їх виникнення або прийняття допустимого рівня, залежно від ступеню впливу на судно, людей, навколишнє середовище та цілі компанії-судновласника;

- *некеровані ризики* – ті, які не піддаються управлінському впливу збоку судновласника, капітана і екіпажу, лоцмана або берегових служб (наприклад: техногенні катастрофи, військовий стан, пандемія, стихійні лиха).

12. За ймовірністю настання:

- *ризики з високою та середньою ймовірністю* – залежать від відношення кількості аварійних подій до кількості суден, які пройшли через даний район плавання, при цьому середня ймовірність реалізації ризику буде в межах 10-25 %, висока – понад 25 % [109];

- *ризики з низькою ймовірністю та невизначені* – сюди належать ті ризики, у яких коефіцієнт варіації менше 10 %, отже в такому разі мова іде про прийняття рішень в умовах невизначеності.

13. За масштабом охоплення:

- *мікроризики (локальні)* – виникають на рівні компанії-судновласника, судна або акваторії плавання, пов'язані з їх функціонуванням і взаємовідносинами з іншими сторонами, на які можна прямо або опосередковано впливати;

- *макроризики (глобальні)* – ризики, які виникають на галузевому, регіональному або національному рівні, загальносвітові ризики та міждержавні, на які судновласник або судноводій може впливати лише опосередковано або переважно не має впливу.

14. За видами можливих втрат:

- *ризики, пов'язані з ресурсами*: матеріальними, фінансовими, трудовими, природними (застарілі судна, некваліфікований персонал, неякісне паливо, зміни у фінансовій політиці компанії-судновласника, невиконання регламентних робіт з технічного нагляду судна – відмова головного двигуна, втрати вантажів через недобросовісне виконання обов'язків з контролю руху судна, неефективне використання ресурсів, несприятливі погодні умови – ймовірність загибелі судна, людей у разі зіткнення, посадки на міліну, навалу на споруди та інші судна);

- *нематеріальні ризики*, пов'язані з втратами нематеріальних активів і негативними наслідками від неефективного управління: суднохідною компанією, судном і екіпажем; нераціональною побудовою контролю і моніторингу навігаційної обстановки; неврахування умов навколишнього середовища, відсутність оцінки ймовірностей настання ризиків; відсутність своєчасного реагування та управління ризиками і процесами; встановлення недосяжних цілей; відсутність або перекладання відповідальності капітана або інших посадових осіб у виявленні, оцінюванні та прийнятті рішень щодо навігаційних ризиків.

В Положенні про класифікацію, порядок розслідування та обліку аварійних морських подій із суднами, діючому на водному транспорті України [110], говориться що: «ризик – дії, не передбачені правилами, якими слід керуватися у визначеній несприятливій ситуації, усвідомлено розпочаті з метою запобігання або зменшення шкоди людям, судну або вантажу, яка може бути заподіяна їм, якщо в умовах конкретної небезпеки немає можливості діяти у відповідності з установленими правилами».

Тому, навігаційний ризик визнається виправданим лише за одночасної наявності наступних умов:

1. Ризик повинен відповідати меті, для якої розробляється – безпечна експлуатація судна, збереження життя людей, майна і екологічна безпека для навколишнього середовища.

2. Мета не може бути досягнута звичайними, не пов'язаними з ризиком діями.

3. Ризик не повинен переходити у явне заподіяння шкоди: втрати судна, загибелі людей, аварійної події, пошкодження корпусу судна, руйнування споруд і навігаційного обладнання.

4. Предметом ризику мають бути матеріальні об'єкти (судно та його обладнання, берегові споруди, фінансові та технічні ресурси, але не життя людей).

Вищезазначене трактування ризику та ступеня його обґрунтованості цілком стосується дій капітанів суден лише при вирішенні завдань навігаційної безпеки плавання.

Основною причиною зіткнень є відсутність виявлення зустрічного судна або виявлення його з дуже великим запізненням. В такому випадку ухилення від зіткнення стає складною і не вирішуваною проблемою. Причиною несвоєчасного виявлення зустрічного судна найчастіше є невиконання вимог МПЗЗ-72 (Міжнародні правила запобігання зіткненню суден у морі) щодо організації ближнього та далекого спостереження за суднами, що знаходяться у районі плавання.

За даними вищерозглянутих експертних розслідувань визначимо основні причини аварійних подій.

Причини зіткнень:

1. Незадовільне спостереження:

- невиявлене зустрічне судно;
- зустрічне судно виявлено з дуже великим запізненням ($D = 0,2 \dots 1,0$ милі);
- зустрічне судно виявлено із запізненням ($D = 1 \dots 3$ милі).

2. Бездіяльність при своєчасному виявленні судна:

- не визначалися ЕРЦ (елементи руху «цілі»); відповідно до вимог ММО (Міжнародної морської організації) з попередньої інформації в пам'яті системи позиціонування судна (СПС) необхідно зберігати координати засічок «цілей» протягом не менше 8 хвилин, для забезпечення перегляду їх «слідів»). Така

можливість дозволяє визначити, чи робила «ціль» маневр, коли оператор відволікався від екрана СПС і, чи не розраховувався маневр розбіжності;

- не зупинено судно;
- не давався задній хід за безпосередньої небезпеки зіткнення.

При кожному зіткненні зазвичай має місце кілька порушень. Іншою поширеною причиною зіткнень є ризик збоку капітанів суден, а саме – уникнення зіткнення в аварійній ситуації без вчасного зупинення руху свого судна. При маневруванні в складних умовах судноводій не завжди може уникнути елементів ризику. Але вся справа в почутті міри та обґрунтованості ризику, тобто важливо контролювати рівень допустимих параметрів навігаційного ризику.

Причини посадки на мілину, навалу на брівку каналу або торкання ґрунту:

1. Незадовільний контроль за місцем судна: у вузкостях; при підході до берега із боку моря; при вході в порт та на рейд; при стоянці на якорі.

2. Втрата орієнтування: неправильне управління судном у штормових умовах; плавання без лоцмана у районі лоцманської проводки; перекладання відповідальності управління судном на лоцманське проведення; недооблік навігаційної обстановки під час маневру розбіжності; надмірна швидкість у вузкостях. Втрата орієнтування означає втрату місця на карті через порушення правил ведення навігаційної прокладки або грубих помилок в контролі місцезнаходження судна.

3. Незадовільна навігаційна підготовка до виходу в море.

4. Помилки зчислення або низька його якість.

3. Помилки, пов'язані з обсерваціями.

4. Помилки аналізу навігаційної інформації та навігаційної обстановки.

5. Промахи (грубі помилки) під час навігаційної прокладки.

6. Недотримання допустимих параметрів навігаційної безпеки плавання.

7. Порушення встановленої організації взаємодії «оператор – судно – берег»: відсутність взаємної інформації з питань судноводіння.

8. Низька організація використання радіолокаційної станції (РЛС), гідроакустичної станції та ехолота для спостереження за навігаційною обстановкою при підході до берега та при плаванні у вузькості.

9. Вихід у море з невідрегульованими технічними засобами судноводіння: з невизначеними поправками приладів та систем; із застарілими даними про девіацію та радіодевіацію.

3. 2. Обґрунтування допустимого рівня навігаційного ризику

Навігаційний ризик розглядають залежно від рівня втрат та можливості продовження рейсового циклу при виникненні аварійної події:

- *допустимий ризик* – той, при якому у випадку аварійної події судно може самостійно завершити рейсовий цикл з мінімальними відхиленнями за часом, без використання допоміжних ресурсів та фінансових витрат для завершення рейсового циклу.

Існує три способи управління допустимим ризиком (див. розділ 3.1.): 1) якісне планування шляху високоточними координатами ТТ, включаючи криволінійні відрізки шляху, яке враховує маневрені характеристики судна, кут перекладки руля та конфігурацію акваторії для маневрування [111-112]; 2) використання резервних та дублюючих механізмів і пристроїв судна [113-114]; 3) технічний ремонт механізмів перед плаванням в районах стислих вод та інтенсивного судноплавства, який дозволить судну самостійно рейсовий цикл [32, 114].

Недоліком існуючих рекомендацій з підготовки судна до рейсового циклу являється відсутність етапу аналізу навігаційних ризиків при плануванні координат переходу. Крім того, в них відсутня методика високоточного планування шляху для стислих вод фарватерів, каналів, припортових та портових акваторій.

Відсутність узгоджених способів та методів оцінки рівня ризиків до початку рейсового циклу і адекватну реагування для зменшення їх рівня, які описані в існуючих наукових роботах за цією тематикою, не дозволяють зменшити рівень

ризиків і носять абстрактний та узагальнений характер. Отже, в існуючій нормативній базі вони потребують використання системного підходу до їх ідентифікації та вибору способів управління ними.

Систематизація видів і груп ризиків є важливим інструментом їхнього ефективного управління. Такий підхід допомагає підібрати індивідуальні способи щодо оцінювання, вимірювання, прогнозування та вибору способів реакції на їх виникнення.

Нормативний документ «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (Risk management – Guidelines) ДСТУ ISO 31000:2018 [115] надає детальні відомості про оцінку ризиків. В них описується класифікація їх видів, переваги і недоліки методів, які можуть використовуватись в даному процесі. Також стандарт корисний для розуміння сутності ризиків і побудови ефективного процесу управління ними. Це дозволяє порівнювати можливі варіанти управління ними та підходи до оцінки і реагування на ризики. Отже, розглянемо вищевказані три способи.

Спосіб 1. – дозволяє розглянути питання високоточного планування координат руху судна з урахуванням маневрених характеристик, кута перекладки руля, конфігурації акваторії плавання, включаючи планування і контроль управління по криволінійних траєкторіях.

Особлива актуальність цього питання проявляється в стислих водах при плаванні в фарватерах, каналах, припортових водах та на акваторії порту.

Для планування криволінійних траєкторій сьогодні використовується приблизний графічний спосіб апроксимації шляху відрізком кривої, яка поміщена в даних про судно [116]. Точність такого способу не задовольняє сучасним вимогам до планування координат криволінійного руху, хоча такий спосіб реалізований в сучасних ЕКНІС.

Перехід на електронні карти потребував зміни форми представлення даних про характеристики гальмування і повороткості. Компактна таблична форма дозволяє розмістити повністю дані про характеристики гальмування і повороткості судна на 2-х сторінках паперу формату А4 [117].

Розрахунок планових координат проводиться для центра ваги (ЦВ) та характерних точок траєкторії руху судна – початку повороту, закінчення повороту, початку гальмування та траєкторних точок ЦВ прямолінійних відрізків шляху через 0.2 кбт та криволінійних ділянок через 1,5 або 10 градусів повороту.

Координати заданого шляху оформлюються як суми лінійних матриць прямолінійних і криволінійних ділянок шляху. Навігаційна система управління рухом складається з пристроїв автоматичного визначення відхилень від планових координат і систем підтримки прийняття рішень з маневрування, для коригування відхилень, що з'являються.

Для цього спочатку визначають координати ШТ, відносно яких планують координати ТТ. Призначають кут повороту і відносно ШТ розраховують точки початку та закінчення циркуляції і назначають кут перекладки руля та вибирають інтервал дискретизації рівним 5^0 при $\Delta\theta_i \leq 30^0$ і 10^0 при $30^0 \leq \Delta\theta_i \leq 60^0$ та рівним 15^0 при $\Delta\theta_i > 60^0$.

Розрахунок координат точок прямолінійних ділянок проводиться через інтервал шляху ΔS кбт, а координати криволінійних ділянок через кут $\Delta\Delta\theta = 5^0$ при куті повороту до $\Delta\theta_i = 60^0$ або $\Delta\Delta\theta = 10^0$ при куті повороту більше 60^0 градусів. Заданий інтервал шляху необхідно вибирати з урахуванням похибки визначення місця і району плавання – відкрите море або стислі води. У відкритому морі рекомендується призначати $\Delta S = 1$ кбт, а в умовах обмеженого простору до $\Delta S = 0,2$ кбт.

З урахуванням вищевикладеного алгоритм роботи судноводія при плануванні шляху ТТ з інтервалом ΔS кбт в умовах обмеженого простору буде наступним [118].

1. На карті наносять ШТ району обмежених вод і результати прокладки заносять в табл. 3.2.

2. Визначають кути повороту $\Delta\theta_i$ і вибирають кути перекладки руля δ для

кожної ШТ маршруту та розраховують кут повороту $\Delta\theta$ за формулою:

$$\Delta\theta_i = IK_{i+1} - IK_i, \quad (3.1)$$

- вибирають кут перекладки δ_{ex} з урахуванням вище приведених рекомендацій;

- вибирають інтервал дискретизації $\Delta\Delta\theta$ і розраховують кількість проміжних точок на циркуляції за формулою:

$$n = \Delta\theta_i / \Delta\Delta\theta. \quad (3.2)$$

Потім формуються матриці прямолінійних ділянок від початкової точки 0 до точки початку циркуляції. За ними розраховуються координати матриць циркуляції, остання точка яких є початковою наступної прямолінійної ділянки. В першу чергу для розрахунку необхідно визначати матрицю координат криволінійних ділянок. Як приклад розрахунок зробимо для ШТ, координати якої наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

Фрагмент початкової ділянки шляхових точок

№ ШТ	ІК	Плавання S, миль	φ	λ	$\Delta\theta_i$
0	102 ⁰	3,7	38 ⁰ 07,9 ¹ S	144 ⁰ 31,7 ¹ E	-
1	55 ⁰	4,0	38 ⁰ 05,7 ¹ S	144 ⁰ 36,1 ¹ E	47 ⁰
2	67 ⁰	0,7	38 ⁰ 05,5 ¹ S	144 ⁰ 36,9 ¹ E	12 ⁰

Подальший алгоритм розрахунку буде наступним:

- визначають кут повороту із 1-ої до 2-ої ШТ $\Delta\theta_i = 47^0$;

- вибирають кут перекладки руля за вище приведеними рекомендаціями:

$$\delta_{ex} = 10^0 \text{ і кут; } \Delta\Delta\theta = 5^0;$$

- визначають число точок криволінійної траєкторії: $n = 47/5 = 9$;

- вибирають із табл. 3.2. для кута перекладки $\delta_{ex} = 10^0$ значення:

$$\ell_1 = 4,22 \text{ кбТ і } D_T = 6,79 \text{ кбТ};$$

- розраховують значення відрізків МН і МК за формулами:

$$MH = \ell_1 - \frac{D_r}{2} + \frac{D_r}{2} \operatorname{tg} \frac{\Delta \Theta_i}{2} = 4,22 - 3,395 + 3,395 \cdot \operatorname{tg} 23.5^\circ = 2,301 \text{ кбт}, \quad (3.3)$$

$$MK = \frac{D_r}{2} \operatorname{tg} \frac{\Delta \Theta_i}{2} = 3,395 \cdot \operatorname{tg} 23.5^\circ = 1,476 \text{ кбт}. \quad (3.4)$$

Розрахунок відрізків необхідно виконувати до третього знаку в кабельтов, з наступним заокругленням до другого.

- за координатами 1-ої ШТ, напрямку зворотному IK_1 із 0-ої точки і відрізка MH розраховують, за формулами письмового числення, координати точки початку циркуляції $H_{ц1}$:

$$PШ = MH \cdot \cos(IK_1 + 180^\circ) = 0,2301' \cdot \cos(102^\circ + 180^\circ) = 0,04784' \text{ к N}, \quad (3.5)$$

$$OTШ = MH \cdot \sin(IK_1 + 180^\circ) = 0,2301' \cdot \sin(102^\circ + 180^\circ) = -0,22507', \quad (3.6)$$

$$PД = OTШ \cdot \sec \phi_m = -0,2250' \cdot \sec 38.1^\circ = -0,28593', \quad (3.7)$$

- розраховують координати точки початку циркуляції:

$$\varphi_{ц1} = \varphi_{пт1} + PШ = 2285.7' - 0,04784 = 2285,65216' = 38^\circ 05.6522' S \quad (3.8)$$

$$\lambda_{ц1} = \lambda_{пт1} + PД = 8676.1' - 0,2859' = 8675,7141' = 144^\circ 35,7142' E, \quad (3.9)$$

- за координатами 1-ої ШТ, напрямку IK_2 із 1-ої точки і відрізка MK розраховують координати точки закінчення циркуляції $K_{ц1}$:

$$PШ = MK \cdot \cos IK_2 = 0,1476' \cdot \cos 55^\circ = 0,08466' \text{ к N}, \quad (3.10)$$

$$OTШ = MK \cdot \sin IK_2 = 0,1476' \cdot \sin 55^\circ = 0,12091', \quad (3.11)$$

$$PД = OTШ \cdot \sec \phi_m = 0,1209' \cdot \sec 38.1^\circ = 0,15364', \quad (3.12)$$

- розраховуємо координати точки закінчення циркуляції:

$$\phi_{кц1} = \phi_{пт1} + PШ = 2285.7' - 0,1209' = 2285,65216' = 38^\circ 05.54636' S, \quad (3.13)$$

$$\lambda_{кц1} = \lambda_{пт1} + PД = 8676.1' + 0,2859' = 8676,3859' = 144^\circ 36,3859' E. \quad (3.14)$$

Розрахункова схема визначення поточного значення відрізків приведена на фрагменті ділянки шляху на рис. 3.1.

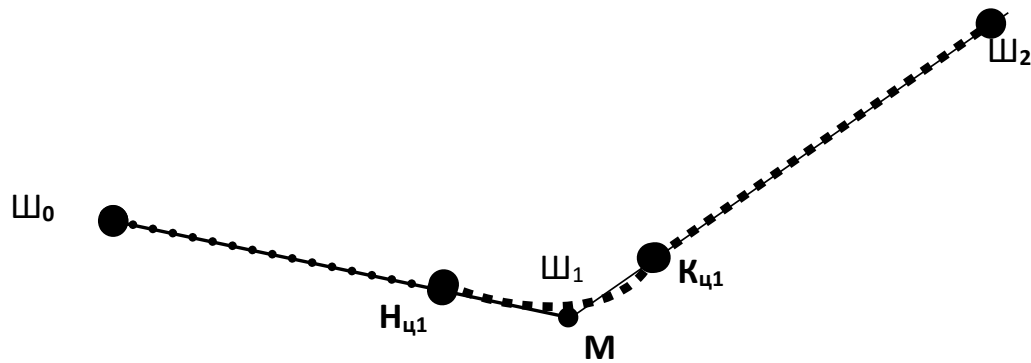


Рис. 3.1. Схема розміщення ТТ відносно шляхової Ш₁ точки М

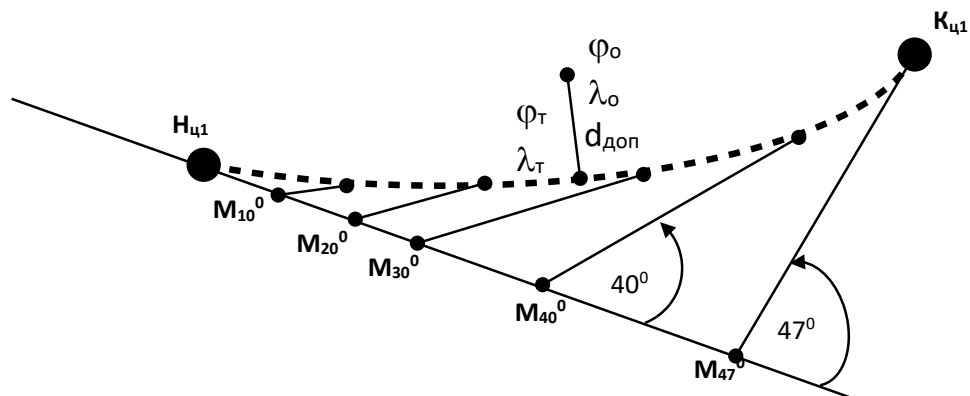


Рис. 3.2. Розрахунковий алгоритм визначення координат ТТ і графічна прокладка відрізків

Розраховують траєкторні точки криволінійної траєкторії, за координатами точки початку циркуляції і відрізках Нц1М100, М100К100, графічно наносять та аналітично обчислюють координати всіх ТТ і формують матрицю $M_{П12}$ координат повороту (рис. 3.2.) в ШТ 1.

Аналогічно формують матрицю ТТ повороту із першої ШТ в другу, можна записати так:

$$M_{п12} = \left\| \begin{matrix} \left| \varphi_{нц1} \right|, \left| \varphi_{п11} \right|, \left| \varphi_{п21} \right|, \dots, \left| \varphi_{пi1} \right|, \dots, \left| \varphi_{п(n-1)1} \right|, \left| \varphi_{пn1} \right|, \left| \varphi_{кк1} \right| \\ \left| \lambda_{нц1} \right|, \left| \lambda_{п11} \right|, \left| \lambda_{п21} \right|, \dots, \left| \lambda_{пi1} \right|, \dots, \left| \lambda_{п(n-1)1} \right|, \left| \lambda_{пn1} \right|, \left| \lambda_{кк1} \right| \end{matrix} \right\|, \quad (3.15)$$

для всіх $i \in \{1, \dots, n\}$, де n – число ТТ криволінійної траєкторії даної ШТ.

За координатами 0-ої ШТ $\varphi_0 = 38^{\circ}07,9'S$, $\lambda_0 = 144^{\circ}31,7'E$, напрямку $IK_{1и} = 102^{\circ}$

із 0-ої точки і відрізка дискретизації шляху 0,1 милі в відкритому морі та 0,02 милі в стислих умовах розраховують, за формулами письмового числення, координати наступних точок траєкторії руху за такими формулами:

$$PШ = \Delta S \cdot \cos IK_1 = 0,1' \cdot \cos 102^\circ = 0,02079' \text{ к N}, \quad (3.16)$$

$$OTШ = \Delta S \cdot \sin IK_1 = 0,1 \cdot \sin 102^\circ = 0,0978', \quad (3.17)$$

$$, PД = OTШ \cdot \sec \varphi_m = 0,0978 \cdot \sec 38.1^\circ = 0,12428', \quad (3.18)$$

- розраховуємо координати точки траєкторії:

$$\phi_{011} = \phi_0 + PШ = 2287.9' + 0,02079' = 2287,92079' = 38^\circ 07.92079' S, \quad (3.19)$$

$$\lambda_{011} = \lambda_0 + PД = 8671,7' + 0,12428' = 8671,82428' = 144^\circ 31,8243' E. \quad (3.20)$$

Надалі розраховують координати точок прямолінійної траєкторії від початкової $|\phi_0, \lambda_0|$ до першої точки початку повороту $|\phi_{\text{нп1}}, \lambda_{\text{нп1}}|$ і формують масив ТТ у вигляді першої шляховий матриці. Розрахунок точок виконують за формулами письмового числення, до п'ятого знаку хвилини і наступним округленням до чотирьох. Така точність необхідна в зв'язку з малою відстанню між точками, що визначає положення центра ваги і високою точністю визначення місця судна супутниковими системами в диференціальному режимі, коли радіальна СКП досягає значення ± 2 метра.

Потім організують обчислення і опис масивів даних у вигляді шляхових матриць $M_{01}, M_{12} \dots M_{j(j+1)} \dots M_{(m-1)m}$ для всіх $j \in \{1, \dots, m\}$, де m число ШТ.

Матрицю ТТ прямолінійної ділянки з початкової точки в першу шляхову можна записати:

$$M_{01} = \left\| \begin{matrix} |\phi_0|, |\phi_{011}|, |\phi_{012}|, \dots, |\phi_{01j}|, \dots, |\phi_{01(k-1)}|, |\phi_{01k}| \\ |\lambda_0|, |\lambda_{011}|, |\lambda_{012}|, \dots, |\lambda_{01j}|, \dots, |\lambda_{01(k-1)}|, |\lambda_{01k}| \end{matrix} \right\|, \quad (3.21)$$

для всіх $i \in \{1, \dots, k\}$, де k кількість ТТ прямолінійної траєкторії.

Формують масив шляхових матриць і матриць ТТ повороту для всіх шляхових точок [119] в наступному порядку:

$$M_{01}, M_{n12}, M_{12}, M_{n23}, M_{23} \dots M_{ni(i+1)}, M_{i(i+1)}, \dots M_{n(m-1)m}, M_{(m-1)m}, \quad (3.22)$$

де M_{01} – матриця ТТ лінійного відрізка із початкової 0-ої ШТ до точки подачі

команди на перекладку руля;

M_{n12} – матриця повороту із першої ШТ в другу від початку $H_{ц1}$ до кінця $K_{ц1}$ криволінійного відрізка; M_{12} , M_{23} , $M_{i(i+1)}$, $M_{(m-1)m}$ – матриці відрізків поворотів;

M_{n23} , $M_{ni(i+1)}$, $M_{ni(i+1)}$ – матриці ТТ прямолінійних відрізків.

Матриці переходу не містять відомостей про траєкторії шляху від причалу до місця висадки лоцмана при відході і від місця прийому лоцмана до причалу в порту приходу. Ці відомості повинні формуватися у вигляді суднового плану плавання під лоцманської проводкою.

Для контролю за проходженням по криволінійній траєкторії встановлюють допустиме значення $d_{\text{доп}}$, при якому необхідно коригувати рух. Його величину $d_{\text{доп}}$ рекомендується призначати за значенням радіальної СКП визначення місця судна, постійної часу затримки повороту і величини зони нестійкості діаграми керованості, з урахуванням швидкості ходу. Значення $d_{\text{доп}}$ можна визначити за формулою [119]:

$$d_{\text{доп}} = M_0 + V \cdot t_3 \cdot \sin \varphi(t), \quad (3.23.)$$

де M_0 – радіальна СКП визначення місця судна; t_3 – час запізнювання в обробці інформації в системі; $\varphi(t)$ – кут ризику; V – швидкість руху судна.

Спосіб 2. Використання резервних та дублюючих механізмів і пристроїв судна.

Багаторічна практика використання рульових пристроїв показала, що при плаванні в відкритих морях задіяно один насос, а в стислих акваторіях і при швартуванні вмикають в паралельну роботу два насоси [114]. Це забезпечує підвищення швидкості перекладки руля майже в 2 рази.

Традиційно основний рульовий привод забезпечує перекладку руля з 35° одного борту на 30° іншого борту за 28 секунд на максимальній швидкості судна. Проте, запасний привод забезпечує поворот з 20° одного борта на 20° іншого борта за 60 секунд на половинній швидкості, але не менше 7 вузлів.

В такому випадку створюються більш безпечні умови для розходження суден и швартовних операцій. Зазначимо, що компанії-виробники рульових

пристроїв дозволяють використання режиму сумісної роботи насосів. Але в такому режимі рульові пристрої працюють ненадійно, трапляються часті відмови.

Ризик зіткнення через втрату керованості судна трапляється з двох основних причин: при виході з ладу двигунів або при відмові рульового пристрою та додатковою причиною. Отже, передбачити такий інцидент можливо за рахунок здійснення моточистки і своєчасної заміни запчастин перед заходом в акваторію стислих вод.

Для запобігання аварійним випадкам, пов'язаним з несправністю рульового приводу, у вузкостях і в районах з інтенсивним судноплавством, слід тримати в готовності ручне управління рулем та за можливістю планувати маневр з урахуванням ймовірності зупинки двигуна.

Якщо на судні в наявності два рульових пристрої – основний і запасний, то при зупинці головного двигуна (ГД), це зменшує ймовірність його відмови, оскільки є дублюючий пристрій. Коли настає зупинка головного двигуна на одно-гвинтовому судні з одним ГД, він не резервується – навігаційний ризик є і він має підвищений рівень. Також, коли на ГД не подається живлення – має місце підвищення рівня навігаційного ризику посадки на міліну, навалу на брівку каналу, зіткнення та інших інцидентів.

Враховуючі аварійні події із суднами, пов'язані з відмовами ГД і рульового приводу перед підходом до районів плавання, які потребують особливої обережності управління судном (каналах, фарватерах, припортових водах та на акваторіях портів), можливо передбачити такі інциденти. При вказаних ситуаціях належна робота систем дистанційного управління рульовою машиною забезпечується переходом на ручний режим управління.

У разі відмови одного з насосів рульової машини перехід на інший повинен виконувати вахтовий помічник, а вахтовий механік зобов'язаний доповісти про інцидент старшому механіку і зробити запис у судовому журналі.

У випадку відмови всіх систем дистанційного управління виконується перехід на аварійний дублюючий рульовий пристрій за вказівкою капітана.

Аналогічний алгоритм забезпечення роботи рульового пристрою використовується при переході на запасний та резервний механізми для інших суднових пристроїв, які передбачені конструкцією судна для суттєво важливих операцій, які забезпечують рух судна.

Спосіб 3. Технічний ремонт механізмів перед плаванням в районах стислих вод та інтенсивного судноплавства.

Звичайний технічний профілактичний ремонт включає мінімальний за обсягом вид роботи для забезпечення нормальної експлуатації судна (не більше встановлених норм зносу) до чергового планового ремонту. Під час такого ремонту усувають несправності суднових механізмів шляхом заміни або відновлення окремих складових частин (швидкозношувані деталі), а також виконують регулювальні роботи.

Для цього потрібно заздалегідь визначити і занести в судновий журнал час проходження аварійно небезпечних ділянок шляху та виконані заходи з використання способів управління допустимим ризиком, на підставі даних аналізатора ризиків.

Перед плаванням на аварійно небезпечних ділянках шляху користуються картою самого крупного масштабу і останніми випусками відомостей для судноводіїв та оперативним контролем параметрів маневрування, включаючи ширину полоси та маневрений зсув.

Для цього забезпечують належне документування всіх дій, прийнятих при використанні аналізатора ризиків, які відповідають виникаючим ситуаціям для управління допустимим рівнем ризику.

Тому, перед початком рейсового циклу потрібно виконати позачерговий профілактичний огляд і ремонт суднових пристроїв, які забезпечують рух судна для їх надійної експлуатації.

В загальній теорії надійності основною характеристикою являється вірогідність безвідмовної роботи суднових механізмів $P(t)$ визначається за формулою:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (3.24)$$

де $\lambda = 1/T_o$ – інтенсивність відмов (помилки); $T_o = \Sigma t_i / n$ – напрацювання на відмову (помилку); Σt_i – аналізований час роботи руху на аварійно небезпечній ділянці (несення вахти); n – кількість помилкових дій; t – час проходження ділянки шляху; $e = 2,7182$ – основа натурального логарифму.

Якщо вести вірний статистичний облік значних промахів і неправильних дій судноводіїв, то за інтервал часу проходження аварійно небезпечної ділянки можливо отримати вірогідні значення параметрів T_o и λ , які будуть значними характеристиками судноводія, його освіти, стажу роботи і т. п.

3. 3. Навігаційне планування шляху при рейсовому циклі

Основною формою експлуатації морського транспортного судна являється рейсовий цикл. Планування, виконання і контроль руху при рейсовому циклі морського судна нормує ІМО. Однак окремі процедури планування і управління переходом детально не визначені. Це призводить до виникнення питань врахування навігаційних ризиків в складних умовах плавання.

Коли судно виконує рейс, воно проходить небезпечні ділянки шляху. Це визиває необхідність проаналізувати всі небезпечні ділянки, які існують на шляху, визначити фактори ризику та спланувати способи управління їх допустимим рівнем.

Першим кроком планування є визначення характерних шляхових точок, які оформляються у вигляді таблиці ШТ рейсового циклу. Положення координат ШТ впливає на точність планування маршруту судна і безпеку управління.

Недолік указанного способу особливо проявляється при плаванні по фарватеру, каналу, припортовому районі і на акваторії порту.

Класичний спосіб контролю координат руху потребує зняття параметрів відліку координат, нанесення місця на карту і оцінювання положення судна відносно планової траєкторії.

Процес контролю місця судна займає близько 2 хвилин, тому інформація запізнюється до моменту прийняття рішення з коректурі руху.

Для скорочення часу обробки інформації використовуються системи підтримки прийняття рішень, паралельних індексів та сітки координат.

Особливістю такого способу планування являється той факт, що судно ніколи не пройде по шляховим точкам, які судноводій наносив на карту під час при планування заданого шляху. Це значно знижує точність координат ТТ і особливо проявляється в стислих водах, коли виникає ризик аварійної події.

Тому виникає необхідність автоматизувати процес обробки інформації та підвищити точність її обробки. Способами підвищення точності являються наступні: перерахунок координат, які визначає супутникова антена; визначення абсциси центру ваги, абсциси полюсу повороту і зсуву та ширини маневреної полоси.

Для того, щоб організувати роботу системи підтримки прийняття рішень (СППР) при русі в обмежених умовах, необхідно високоточне планування заданого шляху і контроль параметрів переміщення з можливим коригуванням руху при відхиленні. Тому для цього необхідно використання наступних навігаційних пристроїв: розрахунку гальмівних характеристик; розрахунку параметрів повороткості; розрахунку абсциси центру ваги; визначення високоточних координат приймальної антени та перерахунок їх на центр ваги; розрахунку таблиці координат траєкторії руху у вигляді шляхових точок (ШТ), курсів та плавання за ними; розрахунку кутів повороту для кожної ШТ та вибору кута перекладки керма.

Змістовна модель [120] планування методом шляхових точок приведена на рис. 3.3.

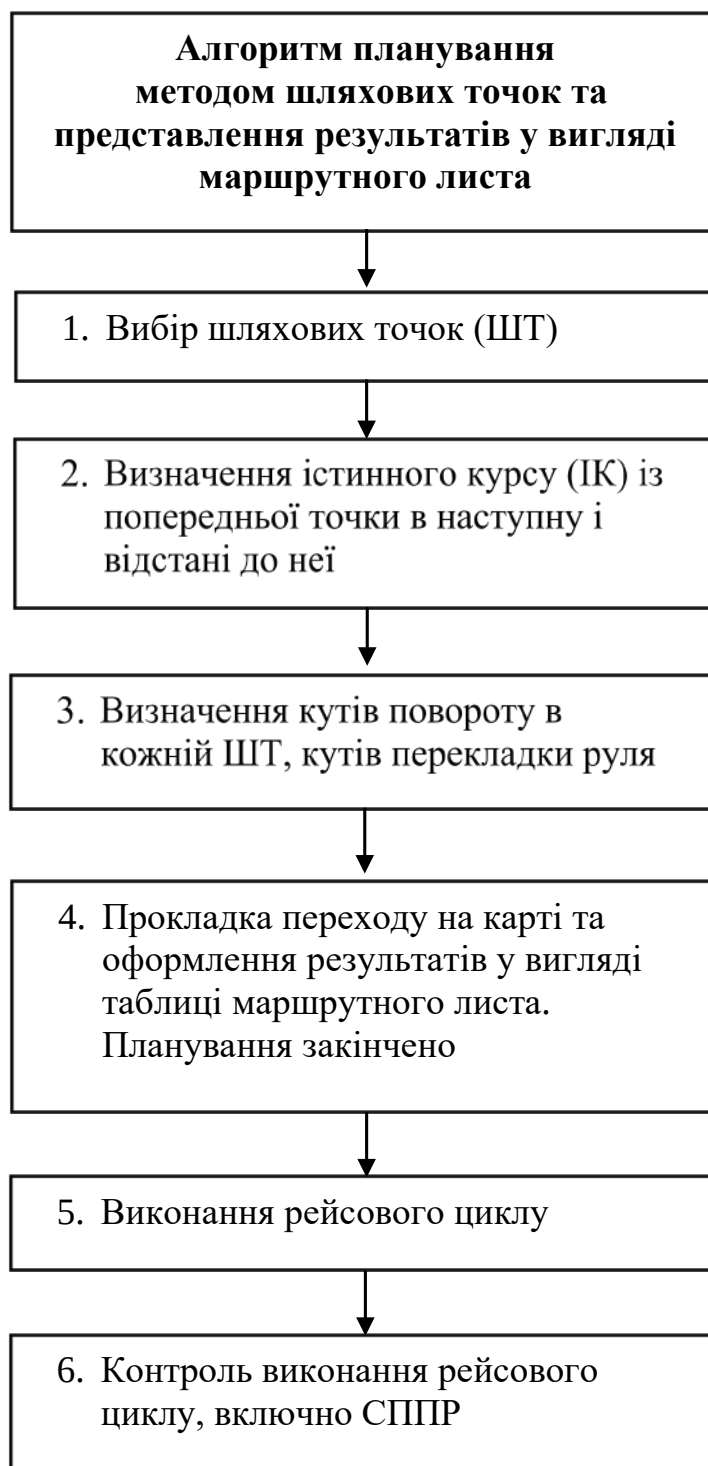


Рис. 3.3. Змістовна модель планування методом ШТ

З початком руху проводять розрахунок відхилення поточних координат від планових та розробку пропозиції щодо коригування руху. Результати представляють у вигляді таблиці ШТ, яка прокладається на генеральній карті у вигляді відрізків між ШТ.

3.4. Модернізована система на основі змістовної моделі планування шляху та навігаційних ризиків

В існуючих наукових роботах немає узгоджених способів та методів оцінки рівня ризиків та вибору засобів реагування. Ті, які існують, носять абстрактний і узагальнений характер нормативної бази і потребують використання системного підходу до їх класифікації.

Нормативний документ [121] «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (Risk management – Guidelines) ДСТУ ISO 31000:2018 надає детальні відомості, однак в діючих рекомендаціях відсутні вимоги щодо планування навігаційних ризиків та способів управління їх допустимим рівнем.

В роботі запропоновано доповнити етап алгоритму планування шляху процедурою аналізу навігаційних ризиків інженерним способом [122].

Додатково до існуючого алгоритму введено етап аналізу навігаційних ризиків за інформацією про аварійно небезпечні ділянки шляху, які зазвичай розміщують в лоціях та інформаційних бюлетенях страхових компаній. Після встановлення виду навігаційного ризику відомості поступають на аналізатор і визначають спосіб управління ризиком до допустимого значення.

Модернізована система на базі змістовної моделі планування рейсового циклу методом ТТ приведена на рис. 3.4.

Аналіз існуючих способів оцінки індивідуальних навігаційних ризиків показав ефективність застосування інженерного методу для управління їх допустимим рівнем, який враховує статистику аварійних подій і частоту прояву видів небезпек. Такий метод використовують страхові компанії, експерти з розслідування морських аварій, капітанія порту, а також компанії, які управляють судноплавними процесами.

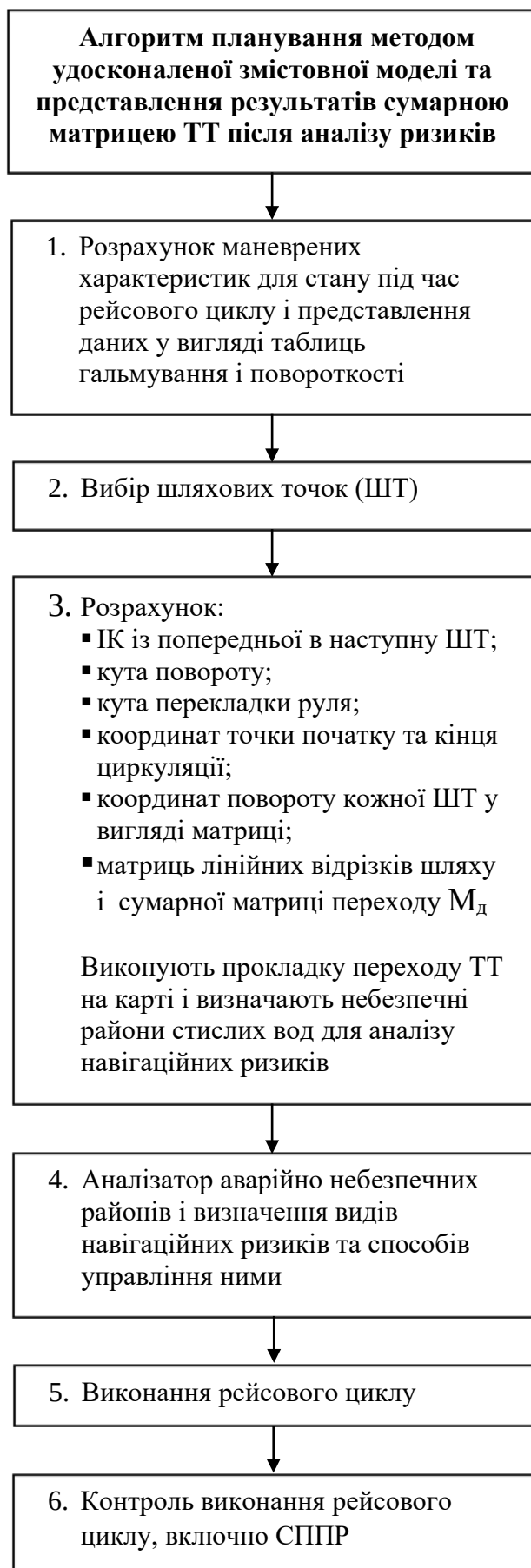


Рис. 3.4. Модернізована система планування методом ТТ

Після прокладки сумарної матриці за допомогою інженерного методу, на генеральній карті, проводять етап аналізу ризиків на переході, далі – виділяють аварійно-небезпечні відрізки шляху і визначають види ризиків, які будуть зустрічатися на переході. Після цього розробляють методи управління ризиками та способи зниження їх рівня до допустимих значень.

Тому, для зменшення рівня ризику посадки на мілину необхідно високоточне планування руху траєкторними точками, автоматичний контроль величини бічного зміщення і введення коректного запасу глибини води під кілем. Отже, постійний автоматичний контроль ширини полоси, шляхом розрахунку абсциси полюсу повороту, дозволяє попередити зіткнення, посадку на мілину та навал на стінку каналу, фарватеру чи судно у причалу.

3.5. Висновки за розділом 3

1. В роботі визначені наступні фактори виникнення навігаційних ризиків: несправність головного двигуна; посадка на мілину, викликана неточним плануванням траєкторії руху судна; відсутність оперативного контролю бічного зсуву, який викликає 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 та відсутність аналізу навігаційних ризиків; недостатня підготовка команди навігаційного містка для управління рівнем навігаційних ризиків.

2. Недоліки існуючих нормативних документів та відсутність конкретних рекомендацій з планування навігаційних ризиків рейсового циклу призводять до неготовності суднового персоналу до управління при виникненні аварійних подій в небезпечних районах плавання.

3. Причинами аварійності суден в різних акваторіях світу, за період 2017-2021 роки, були наступні: аварії, пов'язані з непереборними силами («Irresistible forces») склали 20 % (2173 події), матеріалами і конструкціями («Materials and structure») – 6 % (593 події), що становило 26 % інцидентів (2766 подій) від

загальної кількості аварій. Проте 74% (7826 подій) відбувались через людський фактор («human factors»). Крім того, 6 % (590 подій) були викликані непередбачуваними обставинами, а саме недостатнім моніторингом погодних і навігаційних умов («Insufficient monitoring of weather and sea conditions»), 8% (883 події) – пов’язані з недостатнім обслуговуванням корпусу та обладнання («Insufficient maintenance of hull and equipment»), 20 % (2148 подій) сталися за причиною недостатнього огляду («Insufficient lookout») та 11 % (1123 події) виникли в результаті помилки керування двигуном («Engine handling error»). Тобто майже всі ці події пов’язані з людськими помилками.

4. Встановлено, 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 мілину; навал на брівку каналу та портове обладнання та інші судна; зіткнення; льодові випадки; втрата орієнтації; технічні причини та відмова ГД та рульового обладнання.

5. Розроблено спосіб визначення рівня індивідуальних навігаційних ризиків при плануванні шляху рейсового циклу, який відрізняється від існуючого нормативного і дозволяє установити причину виникнення і способи управління їх допустимим рівнем. Застосування запропонованого способу виконано у вигляді «Аналізатора ризиків», який дозволяє визначити причину виникнення ризиків, вибрати алгоритм забезпечення безаварійного руху. Спосіб оформлено у вигляді удосконаленої модернізованої системи, в основі якої закладено змістовну модель планування рейсового циклу методом ТТ. Отже, з початком руху судна необхідним етапом є оперативний контроль бічного зсуву від безпечних планових ТТ, який дозволяє розробити адекватну процедуру коригування руху судна. Для зменшення рівня навігаційних ризиків, можуть бути розглянуті методи імітаційного моделювання, які базуються на основі побудови моделей впливу небезпек, з врахуванням всіх зовнішніх і внутрішніх факторів, що зустрічаються на шляху рейсового циклу судна.

Матеріали розділу опубліковані в роботах [15, 17, 32, 76-121].

РОЗДІЛ 4. УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ

4.1. Вибір способів управління ризиками при посадці на міліну

Недоліком існуючих рекомендацій являється відсутність окремо виділеного етапу «аналіз і оцінка ризиків», який повинен виконуватися після закінчення планування координат переходу. Виконання такого етапу забезпечить оцінку навігаційної безпеки рейсового циклу і дозволить адекватно управляти ризиками під час переходу. При цьому будемо розглядати такий вид ризику, який пов'язаний з процесом перевезення вантажів, що визначає системний підхід.

Найбільш універсальна класифікація ризиків і способів управління їх рівнем приведена в роботі [80, розділ 3.]. Вона виконана на підставі аналізу 16 наукових теоретичних і практичних робіт різних напрямків діяльності підприємств і авторів. Це дозволяє зрозуміти природу різного виду ризиків і розробити способи та принципи управління допустимим їх рівнем. За цією причиною приведена класифікація має практичну і теоретичну цінність, Перелік видів ризиків, які можуть існувати на будь-якому підприємстві дозволяє ідентифікувати ризики і потребує розробки способів для ефективного управління ними. На підставі цієї класифікації можливо визначити способи адекватного коригування їх допустимого рівня.

Серед існуючих факторів навігаційного впливу на рівень ризиків перше місце займає посадка міліну. Вона враховує комплекс параметрів безпечного руху: радіус повороту; границі безпечної зони та поправки на крен, диферент; щільність води; просідання від швидкості руху судна; точність визначення місця на карті та інших факторів.

Виконаний аналіз впливу указаних факторів дозволив оцінити аварійну небезпеку запланованого маршруту і вид навігаційного ризику, який існує на маршруті судна. Але в роботі [80] не розглянуті способи управління ризиками при різних їх видах та не приведена методологія їх врахування при плануванні переходу.

Для управління ризиком при посадці на міліну в дослідженні розглянуто наступні способи [122]: інженерний, імітаційний (модельний) та експертний. Отже, для управління навігаційним ризиком будемо використовувати інженерний спосіб, який має достатнє втілення при використанні математичного статистичного аналізу. Він дозволяє визначити частоту виникнення (табл. 4.1.) різних видів ризиків [92, 111].

Таблиця 4.1.

Статистика видів і причин аварійності – розслідування аварій P&I Club в протоках Японії за 2008-2016 роки

Класифікація причин аварій	Причини аварій в протоках Японії	Всього	Відносна аварійність
Проблеми із обладнанням	Несправність швартовної лебідки	16	1,2%
	Несправність берегового обладнання	16	1,2%
	Несправність іншого суднового обладнання	14	1,0%
	Несправність обладнання під час обробки вантажу	13	0,9%
	Несправність головного двигуна	12	0,9%
	Проблема з люковим закриттям	1	0,1%
	Інша несправність обладнання	2	0,1%
	Проміжний підсумок несправності обладнання	74	5,3%
Людський фактор	Помилка в маневруванні на судні	853	61,4%
	Помилка лоцмана в маневруванні	107	7,7%
	Інші помилки, спричинені людиною	91	6,5%
	Недостатній огляд	38	2,7%
	Помилка маневрування буксира	29	2,1%
	Помилка маневрування інших суден	25	1,8%
	Помилка берегового персоналу	29	2,1%
	Засинання	1	0,1%
	Брак знань та інформації	1	0,1%
	Проміжний підсумок за людським фактором	1174	84,5%
Погодні і морські умови	Несприятливі погодні та морські умови	142	10,2%
Всього		1390	100,0%

Такий спосіб використовують страхові та судноплавні компанії. Це дозволяє їм встановити ймовірність виникнення та причини навігаційних подій при організації заходів для зменшення їх числа.

Для впровадження в практику роботи судноводіїв інженерного способу необхідно розрахувати маневрені властивості судна для того стану, у якому воно знаходиться під час рейсового циклу і представити у компактному вигляді таблиць, які зручно використовувати в ЕОС. Це дасть змогу змінити спосіб планування координат, але спочатку необхідно виконати планування шляховими точками (ШТ), як рекомендує нормативний документ ММО, Резолюція ІМО А.893 (21) – Керівництво з планування рейсу.

Крім того, інженерний спосіб управління ризиками базується на оголошених статистичних даних з аварійності і здійснюється кожною державою для небезпечних районів стислих вод, включаючи фарватери, канали, припортові регіони і портові води. Отриманий аналіз визначає перелік факторів навігаційних ризиків, виникаючих протягом рейсового циклу, їх частоту появи і дозволяє визначити адекватний спосіб, який дозволяє знизити їх до допустимого рівня.

Суть інженерного способу управління ризиками вимагає високоточного планування координат переходу рейсового циклу траєкторними точками (ТТ) і наявності статистичних даних з аварійності за маршрутом переходу для аварійно небезпечних ділянок шляху. Умовами використання способу являються наступні параметри:

1. Дані про характеристики гальмування і повороткості для стану судна при переході, у вигляді таблиць, які зручно використовувати в електронно-навігаційному обладнанні.

2. Координати ШТ, представлені у вигляді маршрутного листа переходу.

3. Програмне забезпечення для планування сумарної матриці координат ТТ рейсового циклу переходу, від місця висадки лоцмана в порту відходу до прийому його в порту приходу. Планування заходу в порт і виходу із нього виконується за окремою методикою, у вигляді суднового лоцманського плану для навігаційних цілей [112].

4. Прокладка сумарної матриці на карті у вигляді ТТ і виділення аварійно небезпечних ділянок шляху та вибір факторів навігаційного ризику. Вибір виконується по відношенню осадки судна та глибини моря, ширини маневреного зсуву, інтенсивності судноплавства і причини ризику та статистичних характеристик вірогідності виникнення аварійних подій.

Після прокладки на карті сумарної матриці переходу, інженерним способом визначаються аварійно небезпечні частки шляху. Для цього використовується апарат математичної статистики, шляхом аналізу факторів навігаційного ризику і частоти виникнення різних їх видів для управління допустимим рівнем.

Для управління ризиком посадки на мілину до допустимого рівня виконано три вимоги: високоточне планування шляху ТТ, включаючи криволінійні відрізки шляху; використання системи автоматичного контролю бічного зсуву при високоточному визначенні місця судна; установлення надійного навігаційного запасу води під кілем.

Загальний запас води під кілем знайдемо, віднявши осадку судна від існуючої висоти води, з урахуванням висоти припливів. Відстань під кілем, яка залишилась від загального запасу після віднімання поправок на динамічний рух судна при хвилюванні, просідання з урахуванням поправок на замулювання і врахування похибок при визначенні глибини та осадки, являється навігаційним запасом.

Маневреність судна характеризує його здатність виконувати заплановані маневри без допомоги буксирів. Така характеристика погіршується, коли запас води падає нижче критичного рівня. Такий навігаційний запас (НЗ) не повністю залежить від вертикальної хитавиці.

Динамічний запас води під кілем (ДЗВК) залежить від припливів, хитавиць при хвилюванні, нахилення, просідання. Зупинимось на характеристиці кожного фактору.

Припливи. Вплив розглядається протягом всього часу руху в стислих водах. При цьому враховуються випадки зміни в гідрометеорологічних параметрах, викликаних тиском та ефектом рівня води.

Хитавиця. Вона викликає рух судна в шести ступенях свободи.

Нахилення. Це динамічний кутовий рух з вертикального положення в поперечній площині. Цей фактор характеризується параметрами: ДЗВК, осадка T , ширина B , швидкість судна V , кут крену KG , метацентрична висота GM та радіус циркуляції.

Просідання – це комбінація притопленого корпусу судна і зміни диференту від ходу.

Швидкісне просідання судна виникає тільки на мілководді, у момент, коли запас води під кілем сильно обмежений. Коли судно перебуває на плаву, на нього діють 2 сили – тяжкості згори та підтримки знизу. Воно може просісти нижче або збільшити свою осадку у таких випадках:

1) збільшаться сили тяжіння, (взяли більше вантажу); 2) зменшаться сили підтримки (перейшли у воду із меншою щільністю).

Коли судно рухається мілководдям, у носовій частині корпусу судна виникає зона підвищеного тиску. Вода прагне піти під корпус судна і оскільки місця там зовсім небагато, вода збільшує швидкість потоку. Тобто протікає швидше, ніж якби не було обмежень щодо запасу води під кілем. При збільшенні швидкості потоку рідини тиск, який вона чинить на корпус судна (сила підтримки), зменшується, згідно із законом Бернуллі (чим вище швидкість потоку, тим менше в ньому тиску).

Просідання середньої частини судна знаходиться за формулами [123]:

$$\left. \begin{aligned} \Delta d_{cp} &= \frac{(K^2 - 1) * V_c^2}{2g}, \text{ при } \frac{H_{гл}}{d} \leq 1.4 \\ \Delta d_{cp} &= \sqrt{\frac{d}{H_{гл}}} \frac{(K^2 - 1) * V_c^2}{2g}, \text{ при } 1.5 \leq \frac{H_{гл}}{d} \leq 1.4 \end{aligned} \right\}, \quad (4.1)$$

де Δd_{cp} – просідання середньої частини корпусу судна, м; K – коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини судна L до його ширини B (табл. 4.2.); V_c – швидкість руху судна, м/с. Найбільш логічним представляється використовувати в розрахунках довжину судна за ватерлінією $L_{вл}$, яка діє.

Таблиця 4.2.

Значення коефіцієнта K

L/B	4	5	6	7	8	9	12
K	1.32	1.27	1.23	1.19	1.17	1.15	1.1

Найбільш важливим фактором, який впливає на просідання, являється швидкість судна відносно води.

Фактори, які впливають на динамічний запас води під кілем, графічно показані на рис. 4.1.

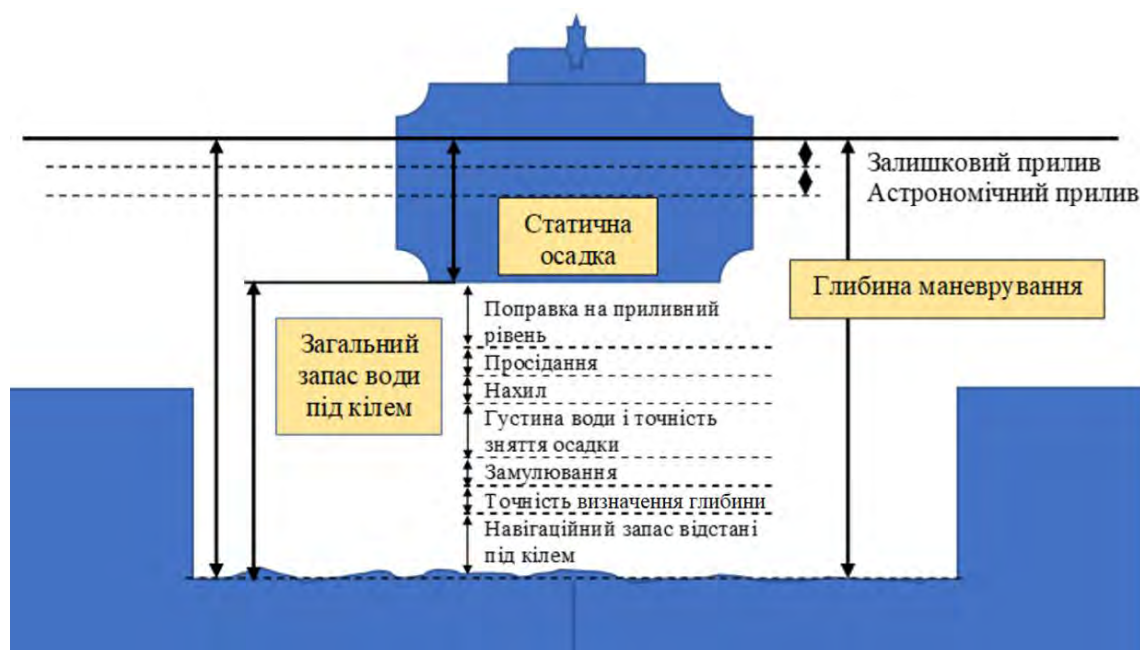


Рис. 4.1. Розрахунок динамічного запасу води під кілем

Прогрес у комп'ютерних технологіях дозволяє оперативно виконувати розрахунки у режимі реального часу за існуючими параметрами стану судна та зовнішніми погодними умовами.

Складність ситуації полягає не тільки в тому, що малий запас води під кілем в даних умовах являє собою реальну навігаційну небезпеку, але і в тому, що поведінка судна на мілководді істотно відрізняється від поведінки на глибокій воді.

Мінімальна глибина, необхідна для безпечного плавання судна в метрах, розраховується за формулою [123]:

$$H_{\min} = T_k + UKC + \Delta T_{xв} + Z, \quad (4.2)$$

$$T_k = T_{cp} + \Delta T_k, \quad (4.3)$$

де: T_k – осадка судна з урахуванням диференту на корму, вимірюється в метрах; UKC (Under Keel Clearance) – запас води під кілем; $\Delta T_{xв}$ – осадка судна з урахуванням хвилювання; Z – мінімальний запас води під кілем повинен бути більше 1 метра; T_{cp} – середня осадка.

З урахуванням T_n , T_k , T_{cp} і ΔT , співвідношення довжини судна до ширини L/B і кута диференту φ отримаємо збільшення диференту на корму на мілководді:

$$\Delta T_k = \varphi \cdot T_{cp}, T_k = T_{cp} + \Delta T_k. \quad (4.4)$$

Запас води під кілем UKC , в залежності від водотоннажності, розмірів судна, швидкості його руху V , коефіцієнту повноти судна C_b розраховується за формулою:

$$UKC = \frac{2V^2 C_b}{100}. \quad (4.5)$$

Збільшення осадки від хвилювання:

$$\Delta T_{xв} = 0.6h_{xв}, \quad (4.6)$$

де $h_{xв}$ – висота хвилювання.

Тоді мінімальна глибина для безпечного проходу буде дорівнювати:

$$H_{min} = T_k + UKC + \Delta T_{xв} + Z. \quad (4.7)$$

Однак через швидку зміну метеорологічних умов прогноз судна може бути зроблений тільки на обмежений проміжок часу в 24-36 годин. Точні рішення щодо переходу і під час стоянки в порту можуть бути зроблені тільки під час

самого процесу. Фактори безпеки включаються в похибки замірів глибин, замулювання та хвилювання разом з різницею між передбачуваним та фактично заміряним на переході.

Мінімальні відстань під кілем та навігаційний запас встановлюються згідно з міжнародними нормативними принципами. Згідно з існуючими вимогами система ДЗВК розраховує максимальні осадки та приливні вікна так, щоб межі не порушувалися уздовж всього переходу судна.

Максимальна осадка та приливні вікна справедливі тільки для певного часу переходу. При всіх прогнозах для приливних вікон поза межами допустимого інтервалу можуть використовуватися правила стандартного запасу води під кілем (СЗВК). Такі правила базуються на метеорологічних умовах від середнього до критичного ступеня їх розвитку. Приливні вікна, отримані за правилами СЗВК часто можуть бути легшими, чим отримані згідно правил ДЗВК.

Зазначимо особливості використання електронних навігаційних карт (ЕНК) для вибору запасу води під кілем (ECDIS і CATZOC – Category Zone of Confidence, категорія зони довіри даним). Поява ECDIS призвела до виділення на картах зони довіри CATZOC, для виділення точності даних навігаційних знаків, які нанесені на карті. Це дозволяє судноводію по кількості нанесених зірок в даній частині карти, обведених фігурною лінією, судити про точність вимірювання глибини, відстаней на карті та якість обстеження акваторії.

Термін ZOC означає зона довіри, і використання даних появляється на карті шляхом ввімкнення спеціального рівня під назвою «Якість даних». Символи на ЕНК для позначення точності, наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3.

Символи для позначення зон довіри на електронній карті

ZOC		Точність місця	Точність за глибиною		Покриття морського дна	Типові характеристики обстеження
	A1		= $0.50 + 1\%d$		Проведено повне обстеження	Контрольоване, систематичне обстеження позиції та
			Глибина (м)	Точність (м)		

Продовження таблиці 4.3.

		±5 m +5% depth	5	0.55	площі. Виявлені	глибини з високою точністю, що досягається за
			10	0.6		
			15	0.65		
			20	0.7	морського дна та виміряні глибини.	допомогою DGPS та 3-х високоякісних ліній положення (LOP) і багатопроменевої, канальної або механічної системи розгортки.
			25	0.75		
	A2	±20 m	= 1.0 + 2% d		Проведено повне обстеження площі. Виявлені значні риси морського дна та виміряні глибини.	Контрольоване, систематичне обстеження позиції та глибини з точністю, меншою ніж ZOC A1 і з використанням сучасного обстеження ехолотом та гідролокатором, або механічною системою розгортки.
			Глибина (м)	Точність (м)		
			5	1.1		
			10	1.2		
			15	1.3		
			20	1.4		
	B	±50 m	= 1.0 + 2% d		Не досягнуто повного обстеження площі, незвідані ризика, небезпечні для поверхневої навігації не очікуються, але можуть існувати.	Контрольоване, систематичне обстеження, досягнуте з такою ж точністю за глибиною, але з меншою точністю позиції, ніж ZOC A2, з використанням сучасного обстеження ехолотом, але не гідролокатором або механічною системою.
			Глибина (м)	Точність (м)		
			5	1.1		
			10	1.2		
			15	1.3		
			20	1.4		
			25	1.5		
	C	±500 m	= 2.0 + 5% d		Повне обстеження площі не досягнуто, можливо очікувати великі аномалії глибини	Обстеження низької точності або дані, зібрані по змозі, такі, як проміри глибини при проходженні.
			Глибина (м)	Точність (м)		
			5	2.3		
			10	2.5		
			15	2.8		
			20	3.0		
			5	3.3		

Продовження таблиці 4.3.

	D	Гірше ніж ZOC C	Повне обстеження площі не досягнуто, можливо очікувати великі аномалії глибини.	Дані низької якості або дані, які не можуть бути оцінені якісно через відсутність інформації.
	D	Гірше ніж ZOC C	Повне обстеження площі не досягнуто, можливо очікувати великі аномалії глибини.	Дані низької якості або дані, які не можуть бути оцінені якісно через відсутність інформації.
	U	Без оцінки – якість батиметричних даних, що повинна бути оцінена.		

Цей рівень не потрібно постійно відображати, а тільки тоді, коли під час проходження районів стислих вод існує загроза виникнення навігаційних ризиків.

4.2. Попередження ризику навалів на брівку каналу чи фарватеру

Ризик навалу на брівку, портове обладнання чи інші судна виникає тоді, коли ширина маневреного зсуву відносно планових координат заданих ТТ більше допустимого значення.

Процес визначення величини існуючого зсуву повинен бути здійснений оперативно в процесі маневрування. Такий спосіб оцінки зсуву займає час, якого немає у судноводія. Тому потрібно використовувати навігаційний прилад, який автоматично визначає зсув і ширину полоси, яку судно займає при цьому.

Для розрахунків представимо судно у вигляді прямокутника з шириною B_c і довжиною між перпендикулярами L з характерними точками: центр ваги G ; центр управління [124] $ЦУ$ – точка на судні в якій перебуває особа, яка проводить окомірне визначення положення судна; крайні характерні точки ватерлінії по носу H_n і $H_{п}$ та кормі K_n і $K_{п}$.

При обчисленнях процес визначення ширини полоси розділимо на два етапи: 1) рух судна на прямолінійних відрізках шляху; 2) криволінійний рух судна, коли ширина маневреного зсуву судна збільшується.

Перший етап – рух судна на прямолінійних відрізках шляху, коли ширина смуги, займана судном при маневруванні B_{Π} визначається проекціями крайніх точок характерного лінійного розміру $L_x = \sqrt{L^2 + B_c^2}$ на лінію, перпендикулярну вектору переміщення судна:

$$B_{\Pi} = L_x \cdot \sin \left(C + \arctg \left(\frac{B_c}{L} \right) \right), \quad (4.8)$$

де C – сумарний кут зсуву.

Ширину маневреного зсуву Y_M визначимо за формулою:

$$Y_M = 2 Y_o + B_{\Pi}, \quad (4.9)$$

де Y_o – бічний зсув ЦВ від лінії планового шляху за рахунок рискання, який визначимо за формулою:

$$Y_o = V t_3 \sin \varphi(t), \quad (4.10)$$

де t_3 – час запізнення в обробці інформації в системі управління; $\varphi(t)$ – кут рискання; V – швидкість судна за лагом.

Вірогідну ширину смуги (рис. 4.2.) маневрового зсуву Y_{MB} знайдемо шляхом лінійного складання Y_M і середньоквадратичної похибки визначення місця судна M_o :

$$Y_{MB} = Y_M + 2M_o + B_{\Pi}. \quad (4.11)$$

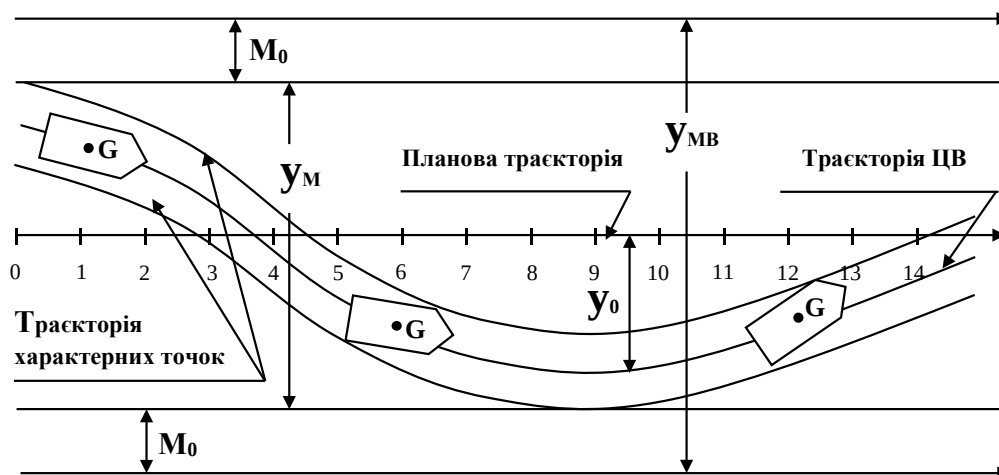


Рис. 4.2. Вірогідна ширина полоси при русі центру ваги G судна.

Необхідною і достатньою умовою безпечного проходження одиночного судна через небезпечний район обмежених вод є виконання вимоги, щоб допустима ширина безпечної смуги руху U_{MD} , що визначається за допомогою карти, була більше ймовірної ширини смуги U_{MB} тобто $U_{MD} > U_{MB}$. З цієї нерівності можна визначити вимоги до необхідної точності визначення місця для забезпечення безаварійного проходу району аварійно небезпечних вод, з урахуванням максимального значення кута зсуву $C = 90^\circ - \arctg(B/L)$, коли ширина смуги, займаної судном, максимальна і дорівнює L_x :

$$M_{OD} < 0,5 U_{MB} - U_O - 0,5 L_x, \quad (4.12)$$

де M_{OD} – допустима похибка визначення місця судна для безаварійного проходу ділянки.

Другий етап. Необхідну ширину маневреного зсуву [111] при криволінійному русі визначають за емпіричною формулою:

$$B_{пк} = B_c + 0,09 \cdot L + M_o, \quad (4.13)$$

де $B_{пк}$ – ширина суднохідної акваторії фарватеру чи каналу на повороті, м; B_c – ширина судна на міде лі, м; L – довжина судна між перпендикулярами, м; M_o – похибка утримання судном місця (точність визначення місця).

При криволінійному русі ширина маневреного зсуву судна збільшується, порівняно з прямолінійним і вона визначається положенням полюсу повороту (ПП). Граничним значенням розподілу характеру руху являється величина нишпорення на постійному курсі $\omega_{нишп}$, яка досягає значення кутової швидкості при утриманні в ручному режимі управління чи за допомогою авторульового. Величини цих радіусів знайдемо наступним чином. Для отримання більш точних залежностей, які описують ширину маневреного зсуву при криволінійному русі [124], розглянемо схему повороту судна, яка зображена на рис. 4.3.

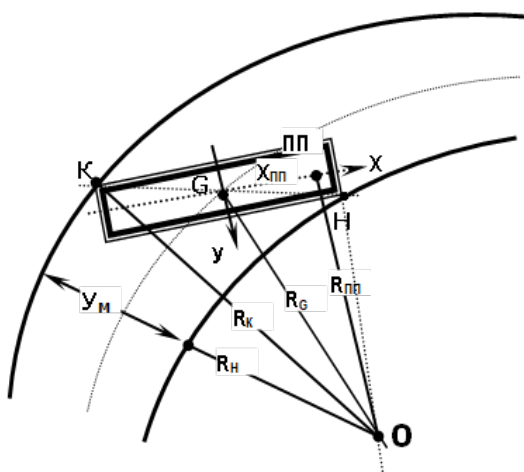


Рис. 4.3. Схема криволінійного руху при повороті судна

корми K і носа R_H :

$$Y_M = R_K - R_H. \quad (4.14)$$

Радіус кривизни траєкторії $ПП$ $R_{ПП}$ визначимо із прямокутного трикутника $ГППО$ за формулою:

$$R_{ПП} = \sqrt{R_G^2 - X_{ПП}^2}, \quad (4.15)$$

де R_G – радіус кривизни $ЦВ$, відомий із суднових документів.

Радіус кривизни траєкторії зовнішньої кормової точки R_K визначимо із трикутника із сторонами $R_{ПП} + \left(\frac{B_c}{2}\right)$, $\left(\frac{L}{2}\right) + X_{ПП}$ за формулою:

$$R_K = \sqrt{\left(X_{ПП} + \frac{L}{2}\right)^2 + \left(R_{ПП} + \frac{B_c}{2}\right)^2}, \quad (4.16)$$

де $X_{ПП}$ – абсциса $ПП$, L – довжина між перпендикулярами, B_c – ширина.

Для визначення радіусу R_H носової внутрішньої точки H розглянемо трикутник HGO . Позначимо кут $ППГО$ через α , кут $ППГН$ через β , а кут HGO через γ . Тоді для HGO (рис. 4.3.) за формулою косинусів отримаємо:

$$R_H = \sqrt{R_G^2 + (L_x / 2)^2 - R_G \cdot L_x \cdot \cos \gamma}, \quad (4.17)$$

де L_x – характерний лінійний розмір HK , який дорівнює $L_x = \sqrt{L^2 + B_c^2}$.

Значення кута α розрахуємо за формулою:

На схемі приведено випадок розташування $ПП$ в межах корпусу судна при передньому ході. Випадок розташування $ПП$ за корпусом розглядати не будемо, оскільки він відповідає використанню якоря, буксирів і не представляє інтересу для руху в каналах і фарватерах при управлінні рулем.

Як зображено на схемі (рис. 4.3.), ширина полоси маневреного зсуву Y_M дорівнює різниці радіусів кривизни траєкторій R_K точок

$$\alpha = \arcsin(R_{\text{ПП}}/R_G). \quad (4.18)$$

Значення кута β розрахуємо за формулою:

$$\beta = \arcsin((B_c/2)/(L_x/2)). \quad (4.19)$$

Тоді значення кута γ розрахуємо за формулою:

$$\gamma = \alpha - \beta. \quad (4.20)$$

Враховуючи радіальну СКП визначення місця M_0 , отримаємо формулу для визначення вірогідної ширини маневреного зсуву при повороті судна:

$$Y_{\text{МВК}} = R_K - R_H + 2M_0 = \sqrt{(X_{\text{ПП}} + \frac{L}{2})^2 + (R_{\text{ПП}} + \frac{B_c}{2})^2} - \sqrt{R_G^2 + (L_x/2)^2} - R_G \cdot L_x \cdot \cos \gamma + 2 M_0. \quad (4.21)$$

Отримана формалізована модель (4.21) визначення вірогідної ширини маневреного зсуву при повороті судна $Y_{\text{МВ}}$ дозволяє установити її залежність від абсциси $ПП$ і радіуса циркуляції від заданого кута перекладки руля.

Таким чином, величиною абсциси $ПП$ і радіуса циркуляції центру ваги та кормової кінцівки судна задаються розміри акваторії, яка необхідна для безпечного виконання повороту судна і маневрування. Якщо вірогідна ширина зсуву співпадає з допустимою шириною, зображеною на карті, то для зменшення ризиків навалів на брівку, рекомендується використовувати кормовий буксир.

Для підвищення інформаційного забезпечення процесу маневрування для зменшення ризику навалу на брівку, рекомендується постійне використання розглянутої системи контролю ширини маневреного зсуву і своєчасного реагування на відхилення від планового шляху.

4.3. Контроль ризику ситуації надмірного наближення та вибір маневру для його попередження

Ризики зіткнення в стислих водах ускладнюють вибір маневру через різноманіття ситуацій і велику кількість альтернатив, які на перший погляд не дають можливості вирішити задачу однозначно [125]. Для вирішення завдання необхідно ввести дві аксіоми, які очевидні і не вимагають доказів.

Аксіома 1. Якщо існує ймовірність зіткнення і ці цілі небезпечні, то виконується умова: $(d\Pi / dt) = 0$, $(dD / dt) < 0$.

Аксіома 2. Оптимальним курсом відвороту для попередження зіткнення є паралельний або зустрічний курс небезпечного судна. Якщо наше судно відверне на такий курс, то відразу зменшується залежність небезпечного зближення від ймовірного маневру зустрічного судна.

Збільшення або зменшення швидкості і відворот його від нашого судна послабляють ситуацію зближення, а відворот в нашу сторону мало ймовірний, але його можна передбачити і врахувати введенням навігаційного запасу.

Введенням аксіоми 2 вноситься визначеність у вирішення завдання і можна завчасно розрахувати для небезпечного судна маневр останнього моменту. Розрахунок часу настання маневру зручно зробити за спостережуваними параметрами – відстані між суднами та курсовим кутом q .

Для отримання аналітичної залежності розглянемо трикутник АМВ, наведений на рис. 4.4., з якого отримаємо співвідношення з урахуванням того, що пеленг цілі не змінюється:

$$\sin q = \frac{k \cdot \sin P}{\sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}} \text{ і } D_n = V_A \cdot t_{\text{пер}} \sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (4.22)$$

де P – відносний курс, який змінюється від 0 до 180°; $t_{\text{пер}}$ – час початку спостережень до приходу в точку перетинання курсів; k – відношення швидкостей суден V_A/V_B ; D_n – початкова відстань між суднами; q – курсовий кут.

Наведені залежності (4.22) показують, що ситуація небезпечного зближення визначається відношенням швидкостей руху нашого судна і цілей, значенням відносного курсу P і, що особливо важливо, швидкістю нашого.

Для отримання аналітичних залежностей і обліку характеристик судна для виконання маневру при надмірному зближенні необхідно визначити, на якій відстані між ними необхідно починати маневрування і настає час, коли можна попередити зіткнення [125].

З урахуванням залежностей (4.22) і рис. 4.3. отримаємо:

$$D_{\text{пмг}} = H_r M \sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (4.23)$$

$$D_{\text{ппп}} = H_{\text{п}} M \sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (4.24)$$

$$D_{\text{плл}} = H_{\text{л}} M \sqrt{1 - 2 \cdot k \cdot \cos P + k^2}, \quad (4.25)$$

де $H_{\text{з}}M$ – відстань, яку пройде власне судно від моменту подачі команди на задній хід до повної зупинки руху; $H_{\text{п}}M$ – відстань, яку пройде власне судно від моменту подачі команди «право на борт» до моменту розходження; $H_{\text{л}}M$ – відстань, яку пройде власне судно від моменту подачі команди «ліво на борт» до моменту розходження.

При звичайному маневруванні судноводій використовує управляючі дії з запасом. Для режиму руху судна це означає використання швидкості до середнього ходу, а перекладки руля – до 15° . Цей запас необхідно мати на випадок, коли виникають відхилення від планового маршруту. При настанні надмірного зближення потрібно використовувати максимально можливі управляючі команди – «задній повний» (ЗП), «право на борт» і «ліво на борт». Черговість настання кожного випадку визначається геометрією зближення. При цьому, в процесі зближення настає три етапи: 1) надмірне наближення, коли в розпорядженні судноводія існує три альтернативи; 2) надмірне небезпечне наближення, коли залишається дві альтернативи; 3) аварійне наближення настає при однієї можливості попередження зіткнення, яка отримала назву «маневр останнього моменту». Цей момент може бути визначений заздалегідь, як і вид необхідного маневру для попередження зіткнення.

Позначимо вираз під коренем у формулі (4.22) символом R , тоді отримаємо $R = \sqrt{1 - 2k \cos P + k^2}$.

З урахуванням похибки вимірювань, геометричних розмірів суден і вірогідного неблагополучного маневру в наш бік зустрічного судна, необхідно ввести навігаційний запас $S_{\text{нз}} = f(L, m_D, B_{\text{ц}}, \ell_{2\text{ц}})$. З урахуванням залежностей (4.22) формули (4.23)-(4.25) приймуть вигляд (рис. 4.4.):

$$D_{\text{ппп}} = (S_{\text{ГМ}} + \text{ММ}') \cdot R, \quad (4.26)$$

$$D_{\text{плл}} = \left[\left(a_{\text{л}} + b_{\text{л}} \operatorname{tg} \frac{\Delta k_{\text{л}}}{2} \right) + \text{ММ}' \right] \cdot R, \quad (4.27)$$

$$D_{ПМП} = \left[\left(a_{П} + b_{П} \operatorname{tg} \frac{\Delta k_{П}}{2} \right) + MM' \right] \cdot R, \quad (4.28)$$

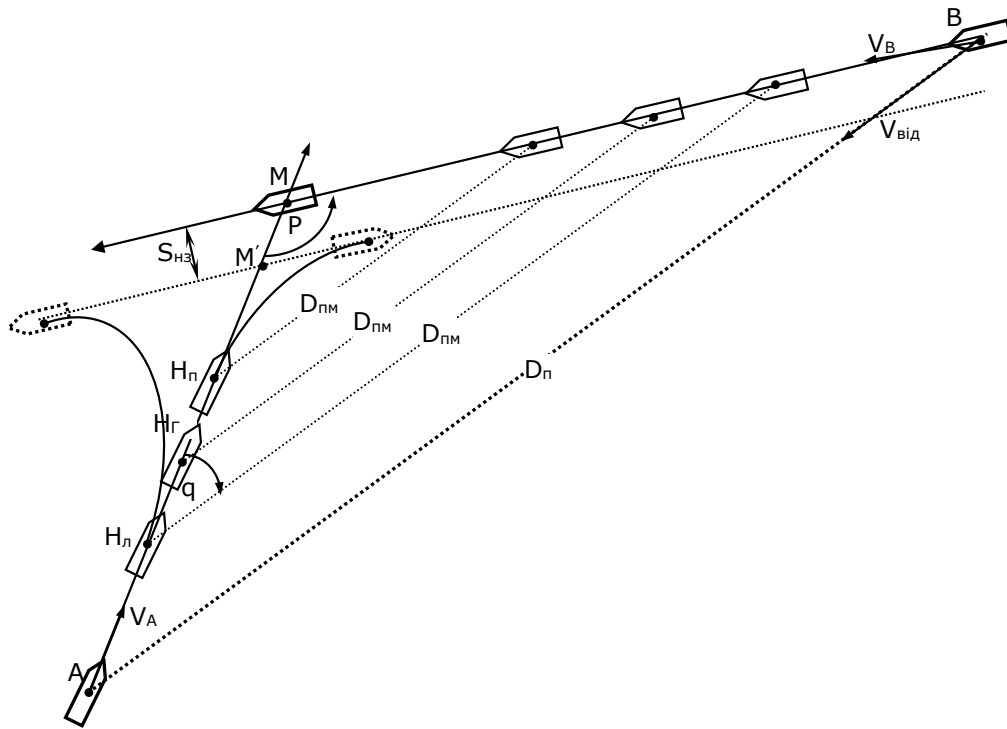


Рис. 4.4. Надмірне наближення суден, які мають навігаційний запас

де $S_{ГМ}$ – гальмівний шлях для режиму роботи ЗП; $a_{л}, v_{л}$ – коефіцієнти повороткості при повороті вправо; $a_{п}, v_{п}$ – коефіцієнти повороткості при повороті вліво; Δk – кут повороту, який визначається за формулами:

$$\Delta k_{л} = P, \text{ при } q_{пб}; \Delta k_{п} = 180 - P, \text{ при } q_{пб}, \quad (4.29)$$

$$\Delta k_{л} = 180 - P, \text{ при } q_{лб}; \Delta k_{п} = P, \text{ при } q_{лб}. \quad (4.30)$$

MM' – відстань від точки перетинання курсів до лінії безпечного руху, яку можливо розрахувати із виразу:

$$MM' = \frac{S_{НЗ} \cdot R}{k \cdot \sin P}, \quad (4.31)$$

де $S_{НЗ}$ – навігаційний запас.

З урахуванням залежностей (4.20.)–(4.25.), момент часу, коли необхідно виконувати маневр останнього моменту гальмуванням, визначається за формулою:

$$T_{\text{пмг}} = \frac{D_{\text{н}} - D_{\text{пмг}}}{V_0} \cdot R. \quad (4.32)$$

Час виконання маневру останнього моменту поворотом вліво:

$$T_{\text{пмл}} = \frac{D_{\text{н}} - D_{\text{пмл}}}{V_0} \cdot R. \quad (4.33)$$

Час виконання маневру останнього моменту поворотом вправо:

$$T_{\text{пмп}} = \frac{D_{\text{н}} - D_{\text{пмп}}}{V_0} \cdot R. \quad (4.34)$$

Отримані залежності дозволяють виробити необхідні рекомендації щодо виконання маневру останнього моменту, а також автоматизувати процес вибору його виду.

Таким чином, у розпорядженні судноводія з початку зближення є три види маневрів: гальмування заднім повним ходом; перекладку руля вліво на борт; перекладка вправо на борт. При цьому будемо вважати «маневром останнього моменту» той, який настане останнім.

Для підвищення надійності маневрування при надмірному зближенні необхідно ввести запас [125], який буде враховувати зону безпеки, яку судноводій зазвичай вводить навколо зустрічного судна, як показано на рис. 4.4. З урахуванням приведеного величину $S_{\text{нз}}$ можливо отримати за формулою:

$$S_{\text{нз}} = L_{\text{рлс}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{P}{2} + \frac{B_{\text{ц}}}{2} + m_D \frac{\sin P}{\sin(P+q)} + \ell_{2\text{ц}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{P}{2}, \quad (4.29.)$$

де $L_{\text{рлс}}$ – відстань від антени РЛС до крайньої точки по носу судна; m_D – середня квадратична похибка визначення відстані; $\ell_{2\text{ц}}$ – пряме зміщення цілі при перекладці руля на борт.

Для зручності випадки настання моменту надмірного зближення справа зведені в табл. 4.4. На підставі приведених вище математичних моделей в роботі [116] наведена функціональна схема навігаційного приладу, який автоматично визначає ризики наявності надмірного, небезпечного чи аварійного наближення і визначає вид маневру для попередження ризику.

Принцип, на якому побудований пристрій полягає у наступному: в звичайних умовах маневрування судноводій повинен використовувати

управляючі сили з запасом, для попередження зіткнення, коли така потреба виникне. Це означає що він використовує кути перекладки руля до 15^0 , а режими роботи машини тільки до переднього і заднього середнього.

Таблиця 4.4.

Черговість настання маневру останнього моменту при відмітках справа

Курсовий кут q	Відносний курс P	Вид зближення і маневру		
		Надмірне	Небезпечне	Аварійне
менше 90^0		гальмування	поворот вліво	поворот вправо
	більше 90^0	поворот вліво	гальмування	поворот вправо
		поворот вліво	поворот вправо	гальмування
		гальмування	поворот вліво	поворот вправо
	дорівнює 90^0	поворот вліво	поворот вправо	Гальмування
		поворот вправо	поворот вліво	гальмування
		гальмування	поворот вправо	поворот вліво
	менше 90^0	поворот вправо	гальмування	поворот вліво
		поворот вправо	поворот вліво	гальмування
дорівнює 90^0		гальмування	поворот вправо	поворот вліво
	менше 90^0	поворот вправо	гальмування	поворот вліво
		поворот вправо	поворот вліво	гальмування
більше 90^0		гальмування	поворот вправо	поворот вліво
	менше 90^0	поворот вправо	гальмування	поворот вліво
		поворот вправо	поворот ліво	гальмування

При виникненні аварійно небезпечної ситуації судноводій повинен використовувати максимальні сили засобів управління. Таких альтернатив у нього три – повний задній, право на борт чи ліво на борт. Порядок настання альтернативи визначається курсовим кутом зустрічного судна q та відносним його курсом P , як показано на рис. 4.4.

4.4. Висновки за розділом 4.

Визначено особливості управління індивідуальними навігаційними ризиками, які залежать від джерел виникнення аварійних подій, а саме зовнішніх або внутрішніх факторів.

Проте не всі небезпечні події можуть бути віднесені до навігаційних. До списку навігаційних подій не відносяться пожежі, відмови суднових пристроїв і механізмів, техногенні катастрофи, складні природно-кліматичні умови тощо. Тому список небезпечних подій базується на описі порядку їх ідентифікації, хронологічних даних самих подій, умов виникнення, джерел небезпеки і кількісних та якісних характеристик.

1. Для управління ризиками в рейсовому циклі вибрано інженерний метод. Він базується на оголошених прибережними державами статистичних даних з аварійності в аварійно небезпечних районах рейсового циклу. Такі дані дозволяють визначити фактори ризику за шляхом переходу і вибрати способи управління їх допустимим рівнем. Для їх впровадження в дослідженні розроблено аналізатор ризиків для вибору заходів щодо мінімізації їх рівня. Для досягнення цього рекомендується використовувати наступні заходи:

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

2) скласти координати ШТ, представлених у вигляді маршрутного листа переходу;

3) використати програмне забезпечення для планування сумарної матриці координат ТТ рейсового циклу переходу, від місця висадки лоцмана в порту відходу до прийому його в порту приходу. Планування заходу в порт і виходу із нього виконується за окремою методикою – у вигляді суднового лоцманського плану для навігаційних цілей [112];

4) здійснити прокладку сумарної матриці на карті у вигляді ТТ, виділити аварійно-небезпечні ділянки шляху та вибирати фактори небезпеки і ризику. Вибір виконується по відношенню осадки судна та глибини моря, ширини маневреного зсуву, виду та інтенсивності судноплавства і статистичних характеристик вірогідності аварійних подій.

Практична реалізація запропонованого способу в роботі судноводіїв та страхових компаній потребує необхідності розрахування маневрених

властивостей судна для стану, у якому воно знаходиться під час рейсу. Представлення маневрених характеристик у вигляді таблиць дасть змогу замінити існуючий спосіб планування координат у вигляді маршрутного листа на сумарну матрицю координат ТТ переходу. Використовуючи інженерний спосіб управління, визначають фактори навігаційних ризиків та управління ними для зниження до допустимого рівня. Аналіз факторів ризиків дозволяє визначити причини їх виникнення в рейсовому циклі і дозволяє підгодувати заходи для зниження рівня навігаційних ризиків до допустимого значення.

2. 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, коли настає небезпечне зближення і визначено вид маневру, який він повинен вибрати для зниження ризику зіткнення із табл. 4.4., 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 призводить до аварійного 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 існуючого закону маневру останнього моменту.

Матеріали розділу опубліковані в роботах [80, 92, 111-112, 116, 122-125].

РОЗДІЛ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИБОРУ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ РИЗИКІВ

Планування переходу може розглядатися як дія, спрямована на високоточне визначення безпечних координат переходу та подальший контроль управління проходження судна за ними. У процесі планування необхідно виконувати наступне:

- зібрати, всю інформацію, що відноситься до рейсу;
- точно відзначити аварійно небезпечні ділянки шляху та розробити заходи для безпечного їх проходження;
- визначити ділянки, на яких існують навігаційні ризики, та визначити навігаційні методи, по всіх ділянках переходу, для управління їх допустимим рівнем;
- переконатися, що перехід по потрібному шляху можна ефективно контролювати, використовуючи систем підтримки прийняття рішень для автоматичного та оперативного контролю безпечних параметрів маневрування;
- визначити час необхідний для підготовки команди містка і місце, коли необхідно посилити його склад;
- довести складений план переходу до відома та розуміння, так, щоб він був зрозумілий всьому штурманському складу містка, а за необхідності, включаючи лоцмана, на період лоцманської проводки.

Помічник, відповідальний за складання плану, повинен докладно доповісти та обґрунтувати прийняті рішення під час обговорення для підготовки остаточного варіанту. Рівень планування повинен відповідати обставинам переходу на розсуд капітана, оскільки схема та зміст плану переходу не обумовлені Резолюцією ММО А.893(21).

Крім того методика визначення навігаційного ризику не передбачена в існуючих нормативних документах, а існує тільки декларативна вимога врахувати всі аварійно небезпечні ділянки переходу.

5.1. Планування шляху судна методом маршрутного листа рейсового циклу.

Основною формою експлуатації морського транспортного судна при перевезеннях вантажу являється рейсовий цикл. Нормативними документами ММО, які регламентують підготовку до виконання переходу є Резолюція ІМО А.893 (21) – 1999 р. (Керівництво з планування рейсу) і Bridge Procedures Guide, 6th Edition, 2022 (Керівництво з несення вахти на містку, 6-е видання).

З моменту затвердження цих документів міжнародне судноплавство пройшло цілу епоху, майже всі судна перейшли на електронні карти, що потребує використання нових технологій високоточних способів планування координат шляху і оперативного контролю процесу руху судна.

Приведена методика планування рейсового циклу в нормативних документах ММО володіє цілим рядом недоліків, які полягають у наступному:

1. Не приведена методика вибору ШТ і визначення їх координат.
2. Нанесення шляху у вигляді прямолінійних відрізків не відповідає дійсності, оскільки судно ніколи не проходить через ШТ. Особливо цей недолік проявляється при плануванні шляху в каналах, фарватерах, на припортових акваторіях та в межах порту. Це вимагає використовувати і розробляти нові методики планування для районів стислих вод.
3. Відсутня методика планування криволінійних відрізків шляху з врахуванням характеристик повороткості.
4. Не розглянуті способи підвищення точності планування та контролю координат руху.
5. Не розглянуті способи планування навігаційних ризиків та методи управління їх рівнем.

При способі представлення результатів підготовки координат методом маршрутного листа існують чотири стадії планування безпечного переходу і організації безаварійного руху, згідно з вимогами ММО: I. Appraisal (Оцінка); II. Planning (Планування); III. Execution (Виконання); IV. Monitoring (Контроль), які повинні виконуватись одна за одною у порядку, викладеному вище. Однак такий

спосіб не містить детального плану заходу/ виходу із порту, хоча вимоги про планування шляху від причалу порту відходу до причалу порту приходу містяться в рекомендаціях ММО. Причиною такого положення є той факт, що планування заходу в порт вимагає більш точних способів виконання підготовки до переходу, чим планування шляху у відкритому морі, які на сьогодні не розроблені до кінця. По цій причині кожна судноплавна компанія розробляє самостійно рекомендації для своїх суден.

Першим, і найважливішим кроком при плануванні координат шляху являється вибір шляхових точок (ШТ). Матеріалом для планування являються паперові карти. Критерієм якості карти служить, в першу чергу джерело, по якому вона складена. Техніка гідрографічних робіт і методи виконання геодезичних робіт сьогодні дозволяють визначати координати опірних пунктів з точністю до десятих частин метра. Ступінь довіри до морської навігаційної карти визначається джерелом, на підставі якого вона складена, та повнотою нанесеного навантаження умовними позначками. Для цілей судноводіння і навігації при плануванні рейсового циклу рекомендується використовувати карти: генеральні масштабу 1:1000 000; шляхові навігаційні карти масштабу 1:100 000; часткові навігаційні масштабу 1:25 000 [126].

Генеральні карти використовуються для попереднього вибору ШТ і визначення початкових даних про їх координати та наявність аварійно небезпечних районів на шляху переходу в рейсовому циклі. Шляхові карти рекомендується використовувати для всього переходу, включаючи вибір аварійно небезпечних ділянок. Часткові навігаційні карти використовуються для каналів, фарватерів, припортових вод та портових акваторій. Крім вказаних при плаванні в цих районах рекомендується використовувати карти більш крупного масштабу для детального аналізу навігаційних умов.

При використанні карт різних держав виникають похибки двох типів: використання різних геодезичних основ; порівняно невисока точність визначення геодезичних координат опорних пунктів, відносно яких на карту наносяться частки прибережжя [127].

При впровадженні супутникових навігаційних радіонавігаційних систем різко виросла вивченість земного шару, та появився тісний зв'язок між національними геодезичними системами. Це призвело до розповсюдження в світі єдиної координатної системи WGS-84, яка використовується при розрахунку обсервованих координат в супутникових РНС. Таким чином перший недолік, через різницю в геодезичних основах навігаційних карт, практично усунений.

Другим джерелом похибок являється відносно невисока точність визначення геодезичних координат самих опорних пунктів відносно яких на карту наносяться частки прибережжя. При цьому на карті зберігається правильне взаємне розташування нанесених об'єктів, але вони зміщені на величину похибки, допущеної при визначенні геодезичних координат опорних пунктів. Похибки другого типу носять випадковий характер і не піддаються попередньому обчисленню. Похибки обох типів діють сумісно і це необхідно враховувати при роботі з картами різних держав.

Отримання шляхових точок проводиться на підставі апарату геодезичної навігації на перетині рекомендованих шляхів та серединних ліній в два етапи. Попередній етап виконується на генеральній карті по координатам портів відходу та приходу рейсового циклу. Другий етап виконується починаючи з порту відходу на карті масштабу 1:25 000 у вигляді суднового плану лоцманської проводки до точки висадки лоцмана .

Потім підбираються шляхові навігаційні карти масштабу 1:100 000 на весь перехід до точки прийому лоцмана і на них підбираються ШТ. Далі, на карті масштабу 1:25 000, від точки прийому лоцмана складається судновий план заходу і складається таблиця координат ШТ переходу для рейсового циклу. Указана таблиця крім координат ШТ доповнюється допоміжними навігаційними даними, які на паперовій карті вручну отримуються і заносяться в таблицю для використання під час переходу.

Для прикладу виконаємо проробку переходу т/х «Сіріус» по маршруту Йокогама (Японія) – Альма (Австралія) двома способами:

- 1) методом маршрутного листа;
- 2) методом траєкторних точок.

При першому способі по координатах ШТ обернена навігаційна задача дозволяє знайти відстань, між двома сусідніми точками, і взаємні напрями. Результати обчислень і розрахунків зведемо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Шляхові точки сценарного планування виходу із порту Йокогама

Номер точки	Координати точки	Відстань, кбт	Курс в наступну точку	Кут повороту	Кут перекладки руля
0	$\varphi = 35^{\circ}22'N$; $\lambda = 139^{\circ}41'E$	-	143°	0°	Перемінні
1	$\varphi = 35^{\circ}27'N$; $\lambda = 139^{\circ}35'E$	87	197°	63°	15° , Висадка лоцмана
2	$\varphi = 35^{\circ}59'N$; $\lambda = 139^{\circ}42'E$	170	159°	38°	Перемінні

Як приклад складання суднового плану лоцманської проводки при відході т/х «Сіріус» із порту Йокогама розглянемо сценарне планування методом траєкторних точок (ТТ) при маневруванні, схема якого наведена на рис. 5.1.

В шляховій точці ШТ₁ виконуємо висадку лоцмана і яка являється початковою для переходу та визначення координати ШТ, зводимо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2.

Шляхові точки переходу Йокогама – Альма для т/х «Сіріус»

Номер точки	Координати точки	Відстань, морські милі	Загальна відстань, морські милі	Курс в наступну точку	Примітка
0	$35^{\circ} 22.000' N$; $139^{\circ} 41.100' E$	-	-	-	Причал – порт Йокогама
1	$35^{\circ} 15.070' N$; $139^{\circ} 47.523' E$	8,69	8,69	$142,8^{\circ}$	Висадка лоцмана
2	$34^{\circ} 58.800' N$; $139^{\circ} 41.500' E$	16,98	25,67	$196,9^{\circ}$	-
3	$08^{\circ} 49.800' N$; $150^{\circ} 49.800' E$	1680,00	1705,67	$158,6^{\circ}$	-
4	$01^{\circ} 32.700' S$; $153^{\circ} 56.300' E$	646,86	2352,53	$163,3^{\circ}$	-
5	$04^{\circ} 20.100' S$; $153^{\circ} 53.100' E$	166,61	2519,14	$181,1^{\circ}$	-
6	$11^{\circ} 27.500' S$; $154^{\circ} 36.800' E$	427,59	2946,73	$174,2^{\circ}$	-
7	$21^{\circ} 50.600' S$; $154^{\circ} 04.500' E$	621,34	3568,07	$182,9^{\circ}$	-

Продовження табл. 5.2.

8	22° 38.398' S; 154° 04.538' E	47,63	3615,70	180,0 °	-
9	22° 47.000' S; 152° 50.393' E	69,09	3684,79	262,9 °	-
10	22° 58.543' S; 152° 09.545' E	39,44	3724,23	253,0 °	-
11	23° 11.496' S; 151° 38.247' E	31,61	3755,84	245,9 °	-
12	23° 24.410' S; 151° 00.935' E	36,68	3792,52	249,5 °	Прийом лоцмана
13	23° 25.979' S; 150° 58.822' E	2,49	3795,02	231,2 °	-
14	23° 28.848' S; 150° 57.784' E	3,01	3798,03	198,5 °	-
15	23° 31.866' S; 150° 56.248' E	3,32	3801,35	205,1 °	-
16	23° 34.029' S; 150° 53.386' E	3,40	3804,75	230,6 °	-
17	23° 34.468' S; 150° 52.172' E	1,20	3805,95	248,6 °	-
18	23° 34.896' S; 150° 51.856' E	0,52	3806,47	214,3 °	Причал – порт Альма

За результатами табл. 5.2 прокладаємо план переходу ШТ, схема якого приведена на рис. 5 2.

План суднового заходу [112], шляхові точки якого приведені в табл. 5.3. приймає на борт лоцмана порту Альма в 12-й ШТ для швартування (рис. 5.3.).

Таблиця 5.3.

Шляхові точки сценарного планування входу в порт Альма

Номер точки	Координати точки	Відстань, морські милі	Загальна відстань, морські милі	Курс в наступну точку	Примітка
12	23° 24.410' S; 151° 00.935' E	36,68	3792,52	249,5 °	Прийом лоцмана
13	23° 25.979' S; 150° 58.822' E	2,49	3795,02	231,2 °	-
14	23° 28.848' S; 150° 57.784' E	3,01	3798,03	198,5 °	-
15	23° 31.866' S; 150° 56.248' E	3,32	3801,35	205,1 °	-
16	23° 34.029' S; 150° 53.386' E	3,40	3804,75	230,6 °	-
17	23° 34.468' S; 150° 52.172' E	1,20	3805,95	248,6 °	-
18	23° 34.896' S; 150° 51.856' E	0,52	3806,47	214,3 °	Причал – порт Альма

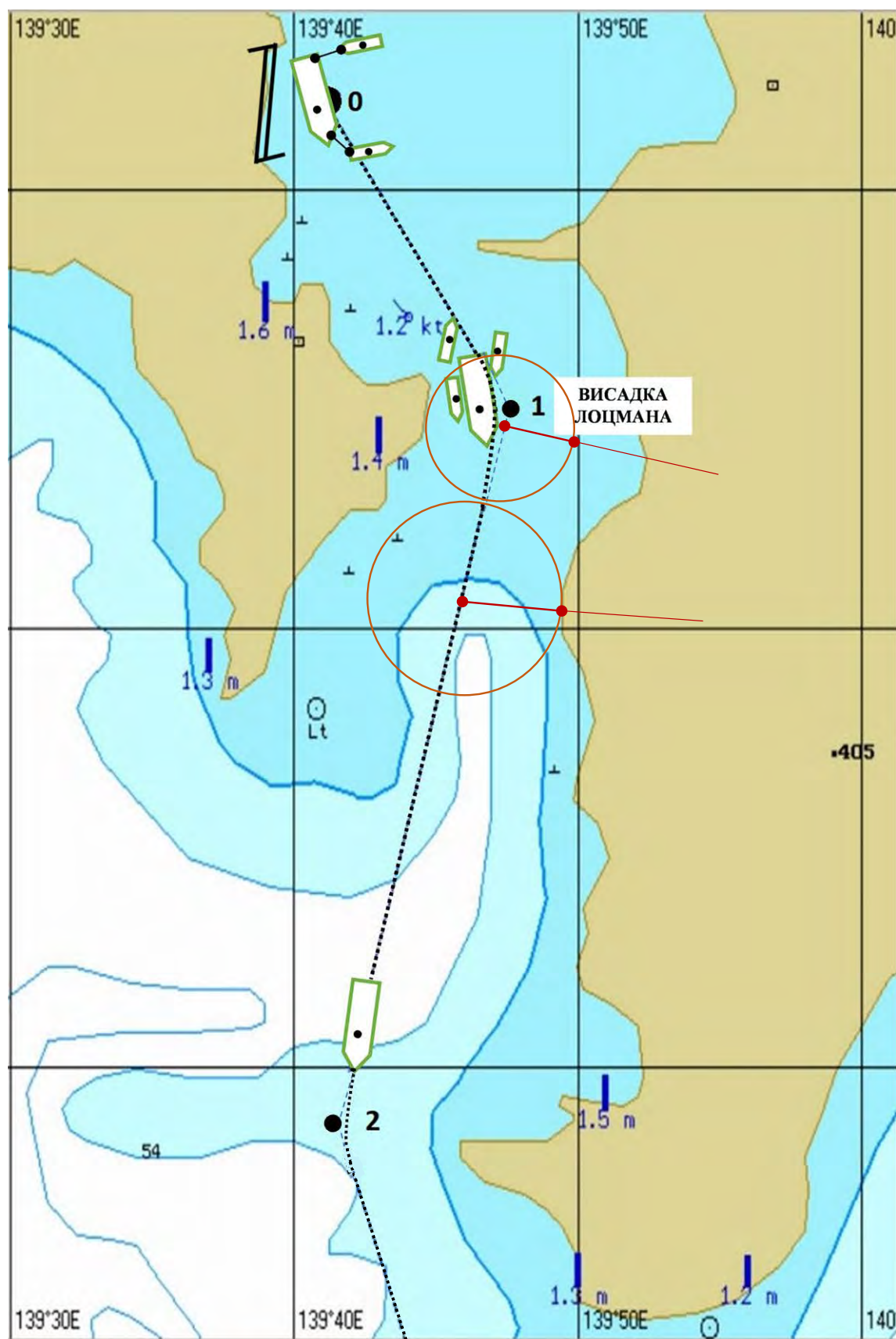


Рис. 5.1. Сценарне планування виходу із порту Йокогама траєкторними точками (ТТ 0-2)

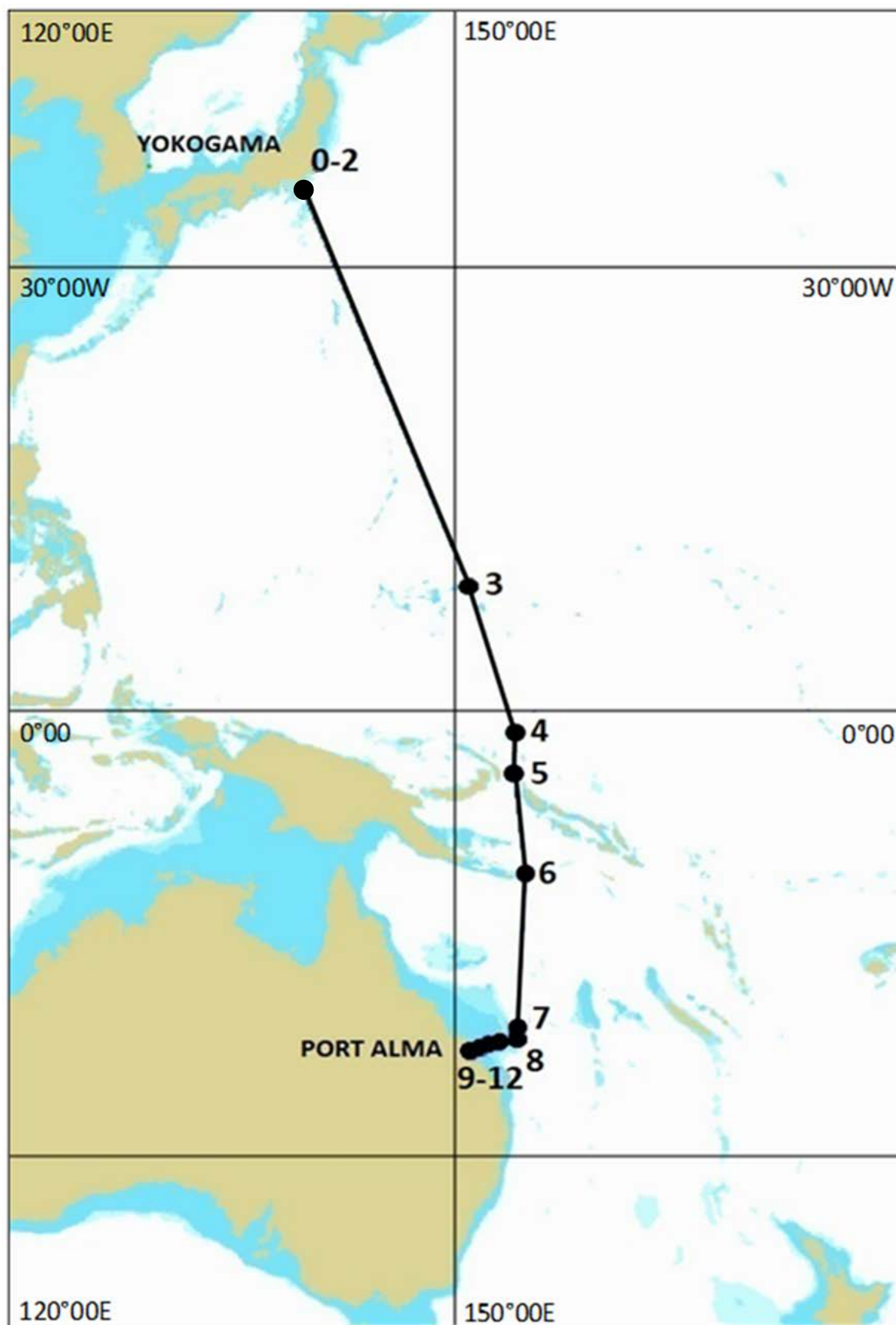


Рис. 5.2. Схема маневрування при виході із порту Йокогама і планування переходу шляховими точками (ШТ)

До приходу в ШТ 11 т/х «Сіріус» виконує сценарне планування ТТ швартування до причалу в ШТ 18, схема якого приведена на рис. 5.3.

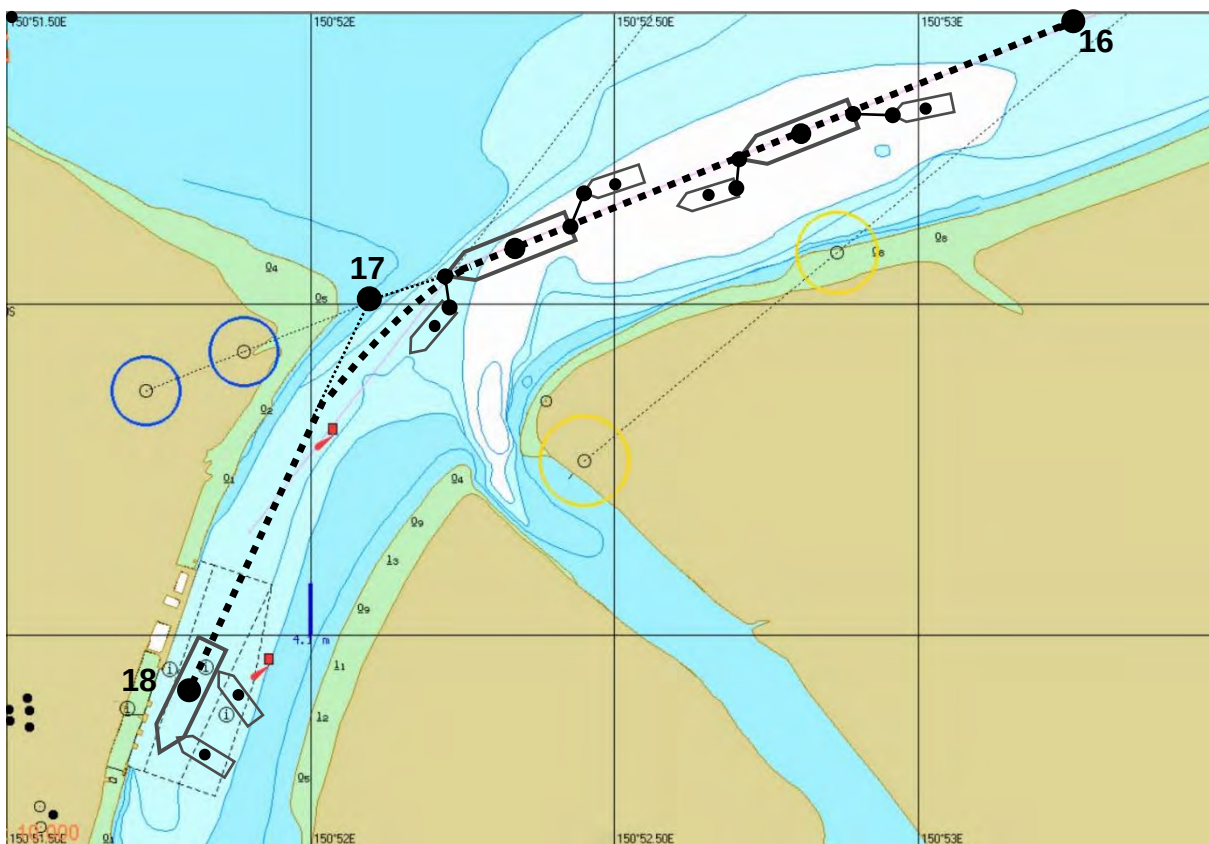


Рис. 5.3. Схема швартування в порту Альма при плануванні траєкторними точками (ТТ 16-18)

Судновий план заходу [112], шляхові точки котрого приведені в табл. 5.3. приймає на борт лоцмана порту Альма, подальший план заходу якого приведено на рис. 5.3.

Оскільки нормована методика планування ММО виходу із порту Йокогама і заходу в порт Альма не передбачена, то ми використовували програму і алгоритми, які опубліковані в роботі [112]. В результаті отримуємо доповнення до шляхових точок матриці координат ТТ прямолінійних і криволінійних відрізків шляху при виході/заході в порт.

5.2. Планування і контроль шляху судна траєкторними точками методом модернізованої змістової моделі рейсового циклу.

При способі представлення результатів підготовки координат траєкторними точками пропонується п'ять стадій планування безпечного переходу і організації безаварійного руху: I. Appraisal (Оцінка); II. Planning (Планування); III. Risk Analyzation (Аналізатор навігаційних ризиків) IV Execution (Виконання); V. Monitoring (Контроль), які повинні виконуватись одна за одною. Такий спосіб додатково містить необхідність виконання стадії аналізу аварійно небезпечних ділянок, після вибору ШТ, складання їх таблиці та прокладки шляху на генеральній карті, як приведено в табл. 5.2. і на рис. 5.2 [122].

Детальний план заходу/виходу із порту, для планування шляху від причалу порту відходу до місця висадки лоцмана та від місця прийому лоцмана до причалу порту приходу приведені на рис. 5.1., 5.3.

Для оцінки існуючих навігаційних ризиків розглянемо послідовність виникнення небезпек протягом рейсового циклу судна. Визначимо найменші дистанції, де існують навігаційні ризики на аварійно небезпечних ділянках та відрізках шляху особливої уваги на маршруті Йокогама – Альма (табл. 5.4). Відповідні рисунки 5.4Д-5.15Д приведені в додатку Д.

Таблиця 5.4.

Узагальнена характеристика навігаційних ризиків рейсового циклу

№ шляхової точки (ШТ)	Коротка характеристика ризику безпеки	Мінімальна дистанція, морські милі	Назва орієнтиру
0	Акваторія порту Йокогама, навал на портове обладнання, посадка на міліну	Судно ошвартовано біля причалу	Портове обладнання (причал №22)
ШТ 1	Виступаючий мис справа	2.42	Маяк Kannon Saki, півострів Мігура (гирло Токійської затоки)
Між ШТ 1-2	Виступаючий мис зліва	2.92	Мис Suno Saki, розташований в південно-західній точці півострова

Продовження таблиці 5.4.

			Босо на острові Хонсю (в Тихому океані, в місті Татеяма).
ШТ 2	Виступаючий мис зліва	3.50	Маяк Nojima Saki, мис Suno Saki
Між ШТ 2-3	Виступаючий мис	3.35	Ділянка Piaanu Pass, острови Torras I
Між ШТ 3-4	Група островів	8.7	Група островів (ділянка Piaanu Pass) Torras I в південно-західній частині Тихого океану між островами Санта-крус і Нові Гебриди
Між ШТ 4-10	Різке падіння глибини до 30 м і так далі	7.5	Підводний кораловий атол Lyra Reef, близько 40 кілометрів (25 миль) в діаметрі, на площі 1300 квадратних кілометрів (500 квадратних миль).
ШТ 10	Двостороння зона розділення руху		Острови Feni Islands, ділянка з перетином смуг руху
Між ШТ 10-12	Дистанція до рифу справа	2.0	Риф Guthrie Sh (Shoal)
	Дистанція до рифу зліва	4.6	Риф Guthrie Sh (Shoal)
	Дистанція до островів зліва	1.2	Острови Overfalls
	Дистанція до островів справа	0.5	Острова Jabiru Shoals
Між ШТ 13-14	Ділянка з підводною скелею з глибиною 5.4 метра в каналі		Підводна скеля Oswestry Rk
ШТ18	Акваторія порту Альма (кранці, причал, крани, інші судна, мілководдя)	Судно ошвартовано біля причалу	Портове обладнання (причал №22)

На виході з порту Йокогама до лоцманської станції (висадки лоцмана) слідуємо з особливою обережністю під керівництвом лоцмана, звертаємо увагу на найменшу дистанцію по правому борту до берегів Японії 2.42 морських милі

(рис. 5.1.). Потім контролюємо найменшу дистанцію 2.92 морських милі по лівому борту (рис. 5.4Д). Після спостерігаємо за дистанцією 3.50 морських миль у Nojima Saki (маяк, розташований на південному краю півострова Босо, Японія) по лівому борту (рис. 5.5Д). Після зміни курсу дистанція по лівому борту зменшиться до 3.35 морських милі (рис. 5.6Д). Далі на ділянці Pīaapu Pass по лівому борту острови Toggas I, не є безпосередньою небезпекою, але враховуємо найменшу дистанцію 8.7 морських милі (рис. 5.7Д).

Контролюємо прохідний Lyga Reef (видалений затоплений кораловий атол, діаметром близько 40 кілометрів, що тягнеться на площі 1300 квадратних кілометрів), відстань до якого безпечна для нас і складає 21,3 морських милі, звертаємо увагу і враховуємо відстань 7.5 морських милі, справа 30 метрову глибину, виміряну ще в 1944 році (рис. 5.8Д).

На ділянці Feni Islands (архіпелаг в південно-західній частині Тихого океану, що належить Папуа – Новій Гвінеї), перед проходом Pioneer Channel, звертаємо увагу, що з правого борту дистанція до островів складає 8,7 морських милі - безпосередньої небезпеки немає (рис 5.9Д). Після слідуємо з особливою обережністю в двосторонній зоні розділення руху, особливо на ділянці з перетином смуг руху (рис. 5.10Д).

Дотримуючись особливої обережності в двосторонній зоні розділення руху, маємо справа дистанцію до Guthrie Sh (Shoal) 2,0 морських милі і 4.6 морських милі до рифу по лівому борту (рис. 5.11Д).

Продовжуємо слідувати з особливою обережністю, перетинаючи двосторонню зону розділення руху (рис. 5.12Д). Потім, проходячи острова Overfalls, дотримуємося дистанції 1.2 морської милі по лівому борту.

Далі, по лівому борту, проходячи острова Overfalls, дотримуємося дистанції 1.2 морської милі по лівому борту. По правому борту звертаємо увагу на Jabiru Shoals з дистанцією 0.5 морської милі по правому борту (рис. 5.13Д-5.14Д). Проходячи через канал з лоцманом на борту, нам зустрінеється ділянка з підводною скелею Oswestry Rk і глибиною 5.4 метра (рис. 5.15Д).

Для оцінки навігаційних ризиків, які існують у рейсовому циклі судна була виконана підготовка вихідних даних. До них входять статистичні і експертні дані про відповідні аварії та інциденти, а також дані про надійність систем та обладнання. Ці дані збираються протягом усього рейсу судна від порту до порту. Таких даних та інформації має бути якнайбільше. Коли даних недостатньо, можуть використовуватись експертні оцінки, фізичні моделі та чисельне моделювання. Результати підготовки таких даних приведені в табл. 5.4.

При розв'язанні проблеми класифікації навігаційних ризиків, які неможливо передбачити, на відміну від звичайних ризиків, розглянемо статистичні та експертні дані про аварії, які можна використати для обліку при плануванні майбутнього маршруту судна у складних умовах плавання. Ризики можуть бути охарактеризовані за допомогою статистичних характеристик, що дозволяє прогнозувати їх на момент часу вперед.

Аналіз навігаційних ризиків виконується за допомогою аналітико-статистичних даних. На цьому етапі дається опис причин виникнення аварійних ситуацій та їх наслідків. Зазвичай виділяють 4 підходи до аналізу та оцінки ризиків.

1. Інженерний, що опирається на статистику, розрахунок частот, імовірнісний аналіз безпеки, побудова дерев небезпеки.

2. Модельний (імітаційний), заснований на побудові моделей впливу шкідливих факторів на процес переходу. Ці методи засновані на розрахунках, для яких не завжди є вихідні дані.

3. Експертний, коли ймовірність різних подій визначається на основі звітних даних розслідувань і опитування досвідчених спеціалістів, тобто експертів.

4. Соціологічний, заснований на опитуванні свідків аварійного випадку.

Для проведення аналізу існуючих навігаційних ризиків використаємо інженерний спосіб, а також спосіб експертної оцінки. Інженерний спосіб базується на аналітико-статистичних даних і дозволяє визначити вид аварійної події та район плавання, у якому існує навігаційний ризик. Але він не дає відповіді на питання, в чому причина, отже і не дозволяє відповісти на питання,

що треба зробити, щоб попередити подібну небезпечну навігаційну подію в майбутньому. Проте він дає можливість визначити вид навігаційного ризику для майбутнього управління його рівнем.

Спосіб експертної оцінки – визначається проведенням розслідувань (опитувань) досвідчених спеціалістів (експертів) страхових компаній, а також портових служб безпеки руху, і дозволяє оцінити наслідки аварійної події, визначити причини і розробити методи управління навігаційними ризиками.

Для аналізу було розглянуто статистику складних районів плавання таких, як Турецькі протоки (включаючи Босфор і Дарданелли), Сінгапурську, Малаккську та Токійську протоки, які мають фізичні обмеження для суден під час плавання і особливу топографію морського дна [34-37, 84-86, 90-94]. Також була розглянута статистика аварійності каналу, при заході в порт Альма.

Для проведення розслідування і експертної оцінки морських інцидентів в п'яти районах – Токіо, Кобе, Імабарі, Фукуока, Йокогама Токійської протоки, була створена страхова компанія JAPAN P&I Club (Protection & Indemnity), відповідно із законом про асоціацію взаємного страхування судновласників і є єдиною, що базується в Японії.

Аналіз статистики розслідування причин морських аварій P&I Club за 2008-2016 роки приведено в табл. 3.4Г-3.6Г додатку Г. Зазначимо, що біля 10% (142 випадки) від загальної кількості аварій були непередбаченими («Weather and sea conditions» – шквальні вітри та припливні потоки). В основному це викликано відмовою судноводіїв від ретельної перевірки погодних карт та інформації про погоду, а також відсутністю належного аналізу щодо інформації про припливні явища та прогнози погоди.

Розслідування причин морських аварій в складних районах плавання, розглянутих вище показало, що вид навігаційної аварії, та фактор який його викликає, мають однакову природу і причину, тому способи управління їх рівнем не залежать від регіону, в якому розташовані стислі води.

Після отримання ШТ переходу в табл. 5.2. виконуємо розрахунки матриць координат ТТ циркуляції [119] для ШТ 2-10, матриць [120] прямолінійних

відрізків шляху $M_{12}, M_{23}, M_{34}, M_{45}, M_{56}, M_{67}, M_{78}, M_{89}, M_{910}, M_{1011}, M_{1112}$. В результаті чого отримують сумарну матрицю рейсового циклу від моменту висадки лоцмана в порту відходу до прийому лоцмана в порту приходу:

$$M_{p\pi} = M_{12} + M_{\pi 2} + M_{23} + M_{\pi 3} + M_{34} + M_{\pi 4} + M_{45} + M_{\pi 5} + M_{56} + M_{\pi 6} + \\ + M_{67} + M_{\pi 7} + M_{78} + M_{\pi 8} + M_{89} + M_{\pi 9} + M_{910} + M_{\pi 10} + M_{1011} + M_{\pi 11} + M_{1112}. \quad (5.1)$$

Результати прокладаємо на карті у вигляді ТТ, як показано на рис. 5.1Д, 5.2Д, 5.3Д додатку Д.

Після визначення аварійних небезпечних ділянок рейсового циклу, складають перелік факторів навігаційного ризику та аналізують їх вид, причини і способи управління до допустимого рівня, як приведено на рис. 5.1Д. додатку Д.

Після прокладки сумарної матриці на карті у вигляді ТТ і виділення аварійно небезпечних ділянок шляху здійснюється вибір факторів небезпеки і ризику. Вибір виконується за відношенням осадки судна та глибини моря, ширини маневреного зсуву, інтенсивності судноплавства і виду навігаційного ризику та статистичних характеристик вірогідності аварійних подій.

Таким чином в результаті аналізу навігаційних ризиків визначено їх наявність та вид і характер необхідної перед рейсової підготовки для безаварійного виконання рейсового циклу з підтриманням допустимого рівня ризиків. Це дасть змогу удосконалити існуючий спосіб планування і управління допустимим рівнем навігаційного ризику в рейсовому циклі судна і дозволить представити дані у вигляді компактної таблиці.

За характером навігаційних ризиків побудуємо аналізатор виду ризиків та засоби управління їх рівнем, як показано на рис. 5.4.

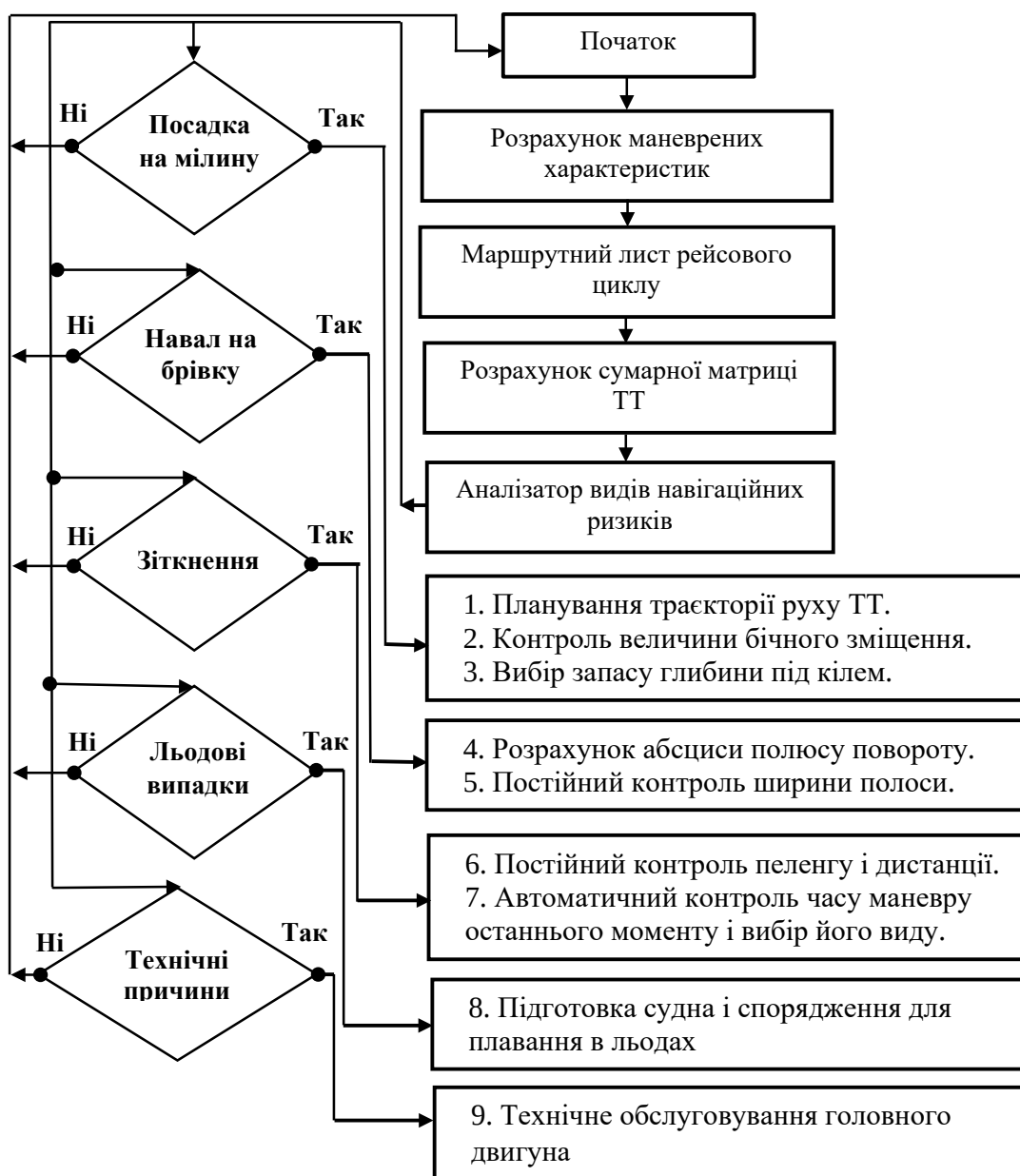


Рис. 5.4. Аналізатор навігаційних ризиків

5.3. Рекомендації з вибору координат опорних шляхових точок (ШТ).

Чек-лист.

При використанні карт різних держав виникають похибки двох типів: використання різних геодезичних основ; порівняно невисока точність визначення геодезичних координат опорних пунктів, відносно яких на карту наносяться частки прибережжя [127].

При впровадженні супутникових навігаційних радіонавігаційних систем

різко виросла вивченість земного шару, та появився тісний зв'язок між національними геодезичними системами. Це призвело до розповсюдження в світі єдиної координатної системи WGS-84, яка використовується при розрахунку обсервованих координат в супутникових РНС. Таким чином перший недолік, через різницю в геодезичних основах морських навігаційних карт, практично усунений.

Другим джерелом похибок являється відносно невисока точність визначення геодезичних координат самих опорних пунктів, які використовуються при нанесенні на карту частки прибережжя яка прилягає до них. При цьому на карті зберігається правильне взаємне розташування нанесених об'єктів, але вони зміщені на величину похибки, допущеної при визначенні геодезичних координат опорних пунктів. Похибки другого типу носять випадковий характер і не піддаються попередньому обчисленню. Тому похибки обох типів діють сумісно і це необхідно враховувати на картах різних держав.

Основі принципи такого врахування наступні: при першій можливості, з підходом до берегу, необхідно своєчасно переходити на визначення місця судна за береговими орієнтирами, такими як напрям і сумарні похибки $\Delta\varphi_{\Pi}$, $\Delta\lambda_{\Pi}$, які розраховуються за формулою:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\varphi_{\Pi} &= \varphi_{\kappa} - \varphi_{\circ} \\ \Delta\lambda_{\Pi} &= \lambda_{\kappa} - \lambda_{\circ} \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

де φ_{κ} і λ_{κ} – координати визначені візуальним способом; $\varphi_{\circ}$ і $\lambda_{\circ}$ – координати, визначені супутниковою системою.

У 2018 році закінчився перехідний період, протягом якого за конвенцією більшість суден обов'язково мали перейти на використання електронних засобів навігації. Векторні карти у звичайному вигляді, зроблені за стандартом S-57, у вільному продажу та розповсюдженню відсутні. Карти стандарту S-57 використовуються лише в гідрографічних службах для обміну між собою та для виробництва. Для поширення необхідно їх кодувати, шифрувати, щоб уникнути підробок. Тому було розроблено спеціальний стандарт шифрування S-63, який

криптує стандарт S-57. Для цього необхідно мати data-сервер, зареєстрований та схвалений Міжнародною гідрографічною організацією та відповідні сертифікати.

Електронні карти обходяться дорожче за паперові, але у них є багато додаткових функцій підтримки прийняття рішень. попереджуючі про появу навігаційних ризиків, пов'язані з радіолокатором для вирішення завдань розбіжності з небезпечними судами, та інших. Попередню прокладку для рейсового циклу зручніше робити на електронних картах, ніж на паперових. Крім того, легше підібрати масштаб карти відповідно до тривалості рейсового циклу. Для зручного планування і коректного вибору ШТ процес рекомендується виконувати в три етапи: попередній, з нанесенням ШТ на генеральній карті масштабу 1:1000 000; детальний, з нанесенням ШТ на навігаційних шляхових картах масштабу 1:100 000; інверсний судновий високоточний план лоцманської проводки заходу/виходу із порту для навігаційних цілей на часткових навігаційних картах масштабу 1:25 000.

Існуючий спосіб планування методом маршрутного листа не містить детального плану заходу/ виходу із порту, хоча вимоги про планування шляху від причалу порту відходу до причалу порту приходу містяться в рекомендаціях ММО. Причиною такого положення є той факт, що планування заходу в порт вимагає більш точних способів виконання підготовки до переходу, чим планування шляху у відкритому морі, які на сьогодні не розроблені до кінця.

Спосіб планування сумарною матрицею [112] являється більш точним, і дозволяє використовувати автоматичні системи підтримки прийняття рішень (СППР) при переході і маневруванні. Матриці переходу можуть бути використані для навігаційних цілей при плануванні траєкторії шляху від причалу до місця висадки лоцмана при відході і від місця прийому лоцмана до причалу в порту приходу. Ці відомості повинні формуватися у вигляді суднового плану плавання під лоцманською проводкою, для навігаційних цілей [112]. Але спосіб планування сумарною матрицею базується на необхідності визначати опірні шляхові точки (ШТ), які використовуються як в першому, так і в другому

способах та впливають на точність визначення координат криволінійних траєкторій.

Приведена методика планування рейсового циклу в нормативних документах ММО володіє цілим рядом недоліків, які наведено в розділі 5.1.

Оскільки методика планування ШТ в нормативних документах не розглянута, це суттєво впливає на точність побудови матриць ТТ поворотів, тому дослідження цього питання являється актуальним.

У посібнику «Океанські шляхи світу» рекомендації відносно нашого переходу приведені в ст. 7.162. Згідно з рекомендаціями, океанський шлях від порту Йокогама до порту Альма прокладається локсодромічними курсами і проходить на схід від Каролінських і Маріанських островів, через Соломона і Коралового моря. Від порту Йокогама необхідно йти в протоку Бугенвиль так, щоб пройти принаймні в 20 милях на схід від Маріанських островів і островів Огасавара ($27^{\circ}00'N$, $142^{\circ}10' O$), а також на схід від рифа Ліра ($1^{\circ}56' S$, $153^{\circ}25' O$). Пройшовши протоку Бугенвиль необхідно, залишивши в 30 милях до заходу риф Поклінгтон, увійти до проходу Пайонир ($4^{\circ}20' S$, $153^{\circ}55' O$). Далі необхідно перетнути море Соломона, потім йти посередині між острівцем Адел, що лежить в 7,6 милі от мису Деливеранс (острів Россел), і рифом Поклінгтон ($10^{\circ}50' S$, $155^{\circ}45' O$), після необхідно слідувати до порту Альма.

Отримання шляхових точок проводиться на підставі апарату геодезичної навігації на перетині рекомендованих шляхів та серединних ліній в два етапи. Попередній етап виконується на генеральній карті за координатами портів відходу та приходу рейсового циклу. Другий етап виконується, починаючи з порту відходу на карті масштабу 1:25 000, у вигляді суднового плану лоцманської проводки до точки висадки лоцмана.

Потім підбираються шляхові навігаційні карти масштабу 1:100 000 на весь перехід до точки прийому лоцмана і на них підбираються ШТ. Потім на карті масштабу 1: 25000 від точки прийому лоцмана складається судновий план заходу і складається таблиця координат ШТ переходу для рейсового циклу. Указана таблиця крім координат ШТ доповнюється допоміжними навігаційними даними,

які на паперовій карті вручну отримуються і заносяться в таблицю для використання під час переходу.

Таким чином приведена система забезпечує визначення інженерним методом виду навігаційного ризику і його причини та способу управління його рівнем, шляхом аналізу аварійності небезпечних ділянок шляху. Це значно підвищить точність планового шляху і оперативність контролю відхилення від безпечних планових траєкторних точок.

Алгоритм вибору шляхових точок [128] при формуванні координат переходу в рейсовому циклі може бути виконано способом маршрутного листа та сумарною матрицею координат ТТ. Тому, в роботі 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.

Для досягнення мети в дослідженні було виконано наступне:

- проведено аналіз необхідного масштабу карт для існуючих способів оцінки індивідуальних навігаційних ризиків за факторами впливу.
- розроблено спосіб визначення положення 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 [129];
- розглянуто методику високоточного планування схеми маневрування ТТ при заході/виході із порту.

Для систематизації алгоритму визначення необхідних даних і отримання ШТ розробимо чек-лист підготовки входу/виходу в порт Самсун.

Підбір шляхових точок починають з порту відходу (рис. 5.5). Для прикладу розглянемо перехід т/х «Вільнюс Сівейс» із турецького порту Самсун від причалу № 5 до причалу «Fishing Port 8» українського порту Чорноморськ. Для отримання координат ШТ в порту Самсунг нанесемо рекомендовану геодезичну лінію входу/виходу в порт до причалу №5 інверсним способом від точки

прийому лоцмана і отримаємо координати ШТ 3, в якій буде виконуватися висадка лоцмана.

Дані т/х «Вільнюс Сівейс» наступні: довжина між перпендикулярами 190,9 м; ширина на міделі 28,0 м; середня осадка в вантажі 6,5 м; потужність головної силової установки 10600 кВт; носовий підрулюючий пристрій 2х740 кВт; кормовий підрулюючий пристрій 370 кВт.

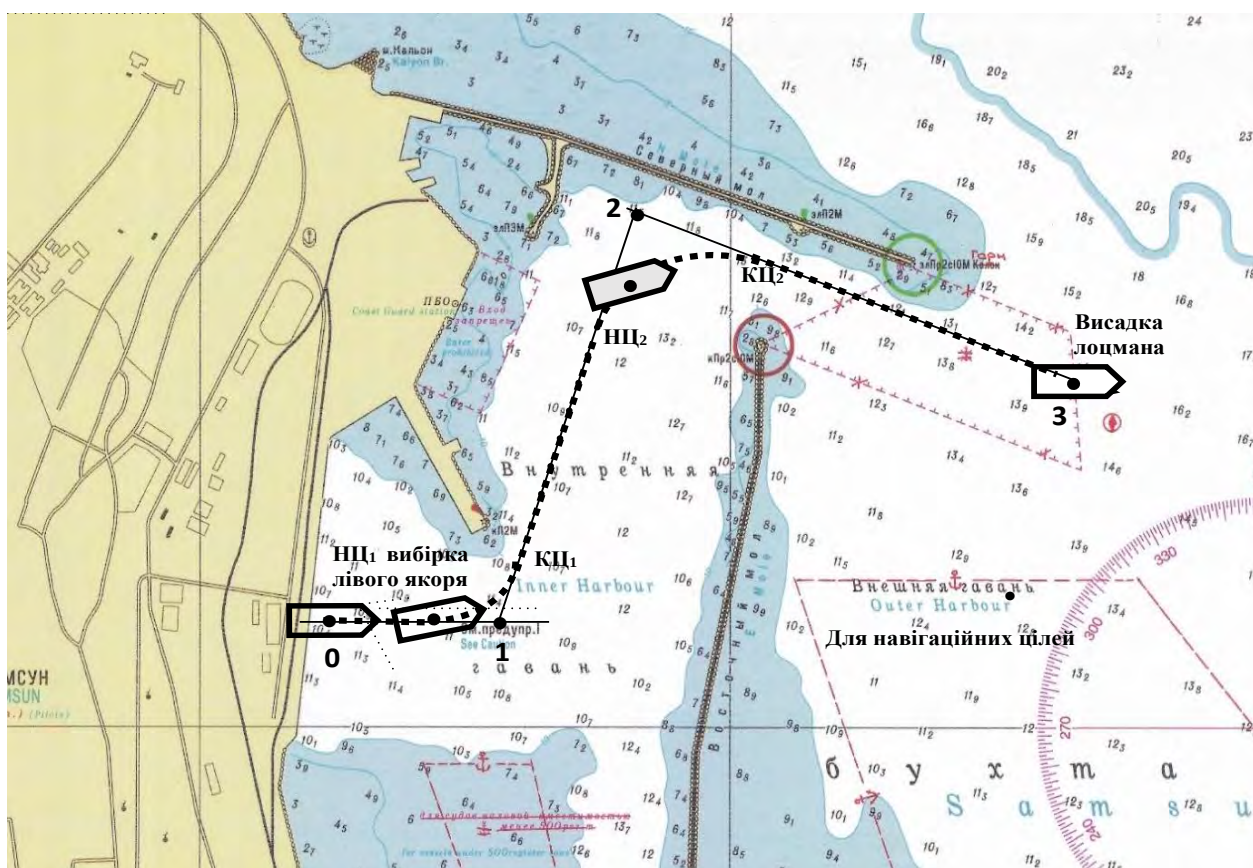


Рис. 5.5. Сценарне планування відходу т/х «Вільнюс Сівейс» в порту Самсун методом шляхових точок

За координатами ШТ, використовуючи пряму і обернену геодезичну задачу, розраховуємо відстань між ними і взаємні напрями. Пряма геодезична задача дозволяє за даними координатами однієї точки, азимутом чи дирекційним кутом з неї на другу точку і відстанню між ними знайти координати другої точки і напрям на першу. Розрахунки зведемо в табл. 5.4.

Таблиця 5.4.

Шляхові точки сценарного планування виходу із порту Самсун

Номер точки	Координати точки	Відстань, кбт	Курс в наступну точку	Кут повороту	Кут перекладки руля
0	$\varphi = 41^{\circ}18'.045N; \lambda = 31^{\circ}20'.27E$	-	90°	0°	Змінні
1	$\varphi = 41^{\circ}18'.045N; \lambda = 36^{\circ}20'.5E$	0.9	27°	63°	15°
2	$\varphi = 41^{\circ}18'.65N; \lambda = 36^{\circ}20'.89E$	6.8	109°	72°	15°
3	$\varphi = 41^{\circ}18'.445N; \lambda = 36^{\circ}21'.72E$	6.5	109°	–	Висадка лоцмана

Подальше планування [112] виконується наступним чином. За координатами ШТ₁, куту повороту 63° і куту перекладки руля 15° розраховуємо матрицю ТТ і координати точок початку НЦ₁ і закінчення траєкторії циркуляції КЦ₁, та обчислюємо матрицю повороту $M_{\psi 1}$. Після цього розраховуємо координати початку НЦ₂, закінчення КЦ₂, та координати ТТ повороту в районі ШТ₂ у вигляді матриці $M_{\psi 2}$. Далі розраховуємо координати прямолінійних ТТ від КЦ₁ до точки НЦ₂ у вигляді матриці прямолінійного відрізка шляхової точки ШТ₁ – M_{nl} та від КЦ₂ до ШТ₃ – M_{n2} і представляємо у вигляді матриці прямолінійного відрізка ШТ₂ через 0,2 кбт. Навігаційна підготовка до швартування закінчена і може бути записана як сума матриць відходу M_6 складових етапів:

$$M_6 = M_{\psi 1} + M_{nl} + M_{\psi 2} + M_{n2}. \quad (5.3)$$

Подальший крок – розробити маршрут від точки висадки лоцмана у порту Самсун ШТ₃ до пункту прийому лоцмана в порту Чорноморська. Чек-лист нанесення ШТ в порту Самсун при заході/виході судна до причалу 5 буде наступним, як приведено в табл. 5.5.

Для кожного порту чек-лист заходу/виходу буде свій, оскільки конфігурація акваторії для маневрування і число ШТ будуть відрізнятися.

Таблиця 5.5.

Чек-лист нанесення ШТ для виходу судна від причалу 5 порту Самсун

№ з/п	Алгоритм і характер виконуваних операцій	Отримані результати
1.	Розрахунок характеристик повороткості	l_1, l_2, D_m, D_y
2.	Визначення координат прийому лоцмана ШТ ₃	$\varphi = 41^{\circ}18'.045N$ $\lambda = 31^{\circ}20'.27E$
3.	Проведення рекомендованої зворотної геодезичної лінії курсу виходу із порту	$ЗІК = 289^{\circ}$
4.	Проведення лінії ІК відходу від причалу	$ІК = 90^{\circ}$
5.	Проводять серединну лінію $ІК = 27^{\circ}$, із дотриманням рекомендованої відстані до мису хвилеріза зліва і визначають координати точки перетину з рекомендованим курсом заходу в порт і відходу від причалу та визначають координати ШТ ₁ і ШТ ₂ .	$\varphi_1 = 41^{\circ}18'.045N$; $\lambda_1 = 36^{\circ}20'.5E$ $\varphi_2 = 41^{\circ}18'.65N$; $\lambda_2 = 36^{\circ}20'.89E$
6.	Перевіряють глибину вздовж серединної лінії і наявність навігаційних перешкод.	Глибина 10.0 м, перешкод немає
Для визначення ШТ рекомендовано: 1. Використовувати геодезичні лінії, які співпадають з напрямком руху. 2. Проводити серединні лінії, які співпадають з напрямком руху і вздовж яких немає навігаційних перешкод. 3. Планування шляху виконувати траєкторними точками, включаючи криволінійні траєкторії, а координати представляти у вигляді матриць.		

Але алгоритм і принципи вибору ліній для отримання їх положення будуть такими, як наведено в чек-листі.

5.4. Висновки за розділом 5.

У розділі приведена існуюча система 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, згідно з вимогами існуючих нормативних документів ММО для виходу/заходу в порт. Але існуючі документи володіють недоліками:

відсутня методика вибору ШТ; використовується нанесення шляху у вигляді прямолінійних відрізків; відсутня методика планування криволінійних відрізків шляху; не використовуються способи підвищення точності планування та контролю координат руху; не використовуються способи планування навігаційних ризиків та методи управління їх рівнем.

Ці недоліки усунені при використанні способу планування шляху ТТ, методом модернізованої системи, в основу якої закладено змістовну модель (див. розділ 3.4.). В ній 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 [127]. Результати аналізу зведені в підсумкову таблицю, яка дозволяє оцінити характер зовнішніх впливів [128-129] і передбачити способи підвищення безпеки переходу.

На прикладі відходу із порту Самсун приведена методика формування координат ШТ та виконані рекомендації по їх проведенню. Установлено, що для кожного порту буде свій чек-лист з алгоритму визначення координат ШТ.

Представлення шляху руху координатами ТТ дає можливість використовувати системи підтримки прийняття рішення і автоматизувати процес використання навігаційних пристроїв, які покращують точність отримання параметрів руху, та підвищують оперативність їх визначення для прийняття рішення з маневрування.

Матеріали розділу опубліковані в роботах [112, 119-120, 122, 125-129].

ВИСНОВКИ

1. Оцінка стану питання. Зниження ймовірності виникнення навігаційних ризиків для безпечного судноплавства, а також усунення негативного впливу наслідків, пов'язаних зі збитками від аварій підтверджується постійною необхідністю вдосконалення системи управління рухом судна.

Підвищення рівня технічного оснащення суден [130-132] призвело до скорочення складу екіпажу на борту, у зв'язку з цим виникає необхідність автоматизувати процес планування і управління рухом судна за рахунок впровадження інформаційних технологій, включаючи системи навігації.

Сучасне судно проводить у стислих водах у середньому до 5-10% ходового часу. На цей період припадає понад 80% усіх навігаційних аварій. Це свідчить про складність умов плавання, в яких маневрування судна обмежено акваторією для маневрування та інтенсивним судноплавством. Це свідчить про недосконалість методів управління судном, що змушує розробляти нові способи планування руху та виконувати пошук нових способів автоматичного і оперативного контролю параметрів маневрування..

2. Формулювання вирішеної наукової задачі та її значення для науки і практики. Пріоритетним питанням сьогодні є проблема розробки нових способів планування координат з урахуванням маневрених характеристик судна та існуючих навігаційних ризиків в рейсовому циклі.

Існуючими навігаційними ризиками являються наступні: зіткнення, посадка на мілину, навал на брівку каналу, фарватеру та обладнання порту чи суден, які пришвартовані в ньому. Знання факторів виникнення ризиків дозволяє судноводію підготуватися до факту їх появи і визначити способи управління їх допустимим рівнем.

Своєчасне планування і аналіз існуючих навігаційних ризиків, які виникали на шляху переходу під час рейсового циклу, дозволяє судноводію вибрати

адекватні способи підготовки управління судном при проходженні аварійно небезпечних ділянок шляху.

3. Висновки і рекомендації щодо наукового та практичного використання отриманих результатів.

Аналіз існуючих небезпек рейсового циклу дозволяє розробити способи високоточного планування навігаційних ризиків при виконанні рейсового циклу і управляти їх допустимим рівнем під час проходження аварійно небезпечних ділянок шляху.

Наукова гіпотеза полягає в можливості зменшення навігаційних ризиків рейсового циклу судна на аварійно небезпечних ділянках шляху, за рахунок належного планування, вибору відповідних способів управління їх рівнем та своєчасного реагування на їх виникнення.

Практична цінність полягає в тому, що виконаний аналіз і розробка способів планування руху дозволяє виділити фактори навігаційного ризику і врахувати їх причини і методи управління їх рівнем та визначити можливість довести рівень ризику до допустимого.

4. Якісні та кількісні показники отриманих результатів.

Якісними показниками отриманих результатів являються «Аналізатор ризиків», модернізована система планування навігаційних ризиків для управління їх допустимим рівнем, узагальнена таблиця характеристик навігаційних ризиків, спосіб визначення шляхових точок, з врахуванням геодезичної основи карти і оформленням у вигляді таблиць координат рейсового циклу.

Кількісними показниками є параметри маневрування, навігаційних характеристик району плавання, абсциси полюсу повороту, ширини бічного зсуву та маневрової полоси, які підлягають оперативному визначенню та постійному контролю під час маневрування.

5. Обґрунтування достовірності отриманих результатів.

Отримані результати верифіковані натурними експериментами з процесу планування рейсового циклу т/х «Сіріус» на переході Йокогама – Альма з

використанням методу маршрутного листа і траєкторних точок та чек-листа вибору шляхових точок. Запропоновані результати використані під час сценарного планування т/х «Сівейс» за маршрутом «Самсун – Чорноморськ» методом траєкторних точок.

Розроблено модернізовану систему на основі змістовної моделі планування рейсового циклу судна, з використанням аналізатору видів навігаційних ризиків і способів управління їх допустимим рівнем.

Запропонована модернізована система може бути використана для розробки нормативних документів ММО та в освітньому процесі закладів вищої освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Резолюція А.741(18). Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден та попередженням забруднення. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_304#Text.
2. Мальцев А. С. Теорія і практика безпечного управління судном при маневруванні: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. д.т.н. / Мальцев Анатолій Сидорович. – Одеса, 2007. – 36 с.
3. Мальцев А. С. Учет статистики по аварийности при проектировании систем управления движением судна. //Сб. тезисов докладов. Международная конференция “Безопасность мореплавания и ее обеспечение при проектировании и постройке судов”. Николаев УГМТУ, 2004. – С. 20–22.
4. Pipchenko, O. D. Accident rate analysis of the world fleet 2005–2015 // Sudnovodinnya / Sh&Nav, 2017. 1 (27). pp. 160–169. doi: 10.31653/2306-5761.27.2017.160-169.
5. Gucma, S., Przywarty, M., Słaczka, W. and Gralak, R. Risk of grounding by a ship passing a fairway –simulation method of navigational risk estimation in emergency situations // European Navigation Conference (ENC), 2019. pp. 1–6. doi: 10.1109/euronav.2019.8714146.
6. Chou, C., Wang, C., Hsu, P. A novel quantitative and qualitative model for forecasting the navigational risks of Maritime Autonomous Surface Ships, Ocean Engineering, 2022. V. 248. ISSN 0029-8018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.110852>.
7. Yan, T., Qian, D., Shu, Y., Yang, Y., Xu, R. Vessel navigation risk and stern-swing index in sharp bend channels // Ocean Engineering, 2021. V. 238. ISSN 0029-8018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109640>.
8. Zhou, J., Ding, F., Yang, J., Pei, Z., Wang, C., Zhang, A. Navigation safety domain and collision risk index for decision support of collision avoidance of USVs. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 2021.

- V. 13. pp. 340–350. ISSN 2092-6782. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2021.03.001>.
9. Zagorodnia Y. V., Pozdniakova V. V., Marukhnenko O. M. Safety of Navigation as a Factor of Increasing the Efficiency of the Commercial Operation of the Ship. Development of transport. Scientific Journal, Issue 1 (8), 2021. - P. 62 - 69.
 10. Питер Л. Бернстайн. Против богов. Укрощение риска / Питер Л. Бернстайн. – М.: АО «Олимп-Бизнес», 2000. – 400 с. ISBN 5-901028-17-1. <http://flibusta.site/b/432113/read>.
 11. Меньшиков В. И. Модель и механизм функционирования системы управления безопасной эксплуатацией судов / В. И. Меньшиков, Кукуи Фирмин Дживо. // Вестник МГТУ: Труды Мурман. гос. техн. ун-т, – 2002. – Т.5, № 2. – С. 171–176.
 12. Александров М. Н. Безопасность человека на море. – Л.: Судостроение, 1983.
 13. Піпченко О. Д. Розвиток теорії та практики управління ризиками при вирішенні комплексних навігаційних задач. Докторська дисертація. НУ «ОМА», Одесса, 2021. – 286 с.
 14. 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>.
 15. Annual Overview of Marine Casualties and Incidents, 2019. Режим доступу: https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2019/11/EMSA-Annual-Overview-of-Marine-Casualties-and-Incidents-2019-2019_11.pdf.
 16. Maritime Safety Report 2012-2021, 2021. Режим доступу: <https://www.iims.org.uk/maritime-safety-report-2012-2021/>.

17. The state of accidents and safety of navigation on water transport, 2021. Режим доступу: <https://marad.gov.ua/ua/diyalnist/stan-avarijnosti-ta-bezpeki-sudnoplavstva-na-vodnomu-transporti>.
18. Pipchenko, O. D. Accident rate analysis of the world fleet 2005-2015 // *Sudnovodinnya / Sh&Nav*, 2017. 1 (27). pp. 160–169. doi: 10.31653/2306-5761.27.2017.160-169.
19. Gucma, S., Przywarty, M., Słaczka, W. and Gralak, R. Risk of grounding by a ship passing a fairway – simulation method of navigational risk estimation in emergency situations // *European Navigation Conference (ENC)*, 2019. pp. 1–6. doi: 10.1109/euronav.2019.8714146.
20. Chou, C., Wang, C., Hsu, P. A novel quantitative and qualitative model for forecasting the navigational risks of Maritime Autonomous Surface Ships, *Ocean Engineering*, 2022. V. 248. ISSN 0029-8018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.110852>.
21. Yan, T., Qian, D., Shu, Y., Yang, Y., Xu, R. Vessel navigation risk and stern-swing index in sharp bend channels // *Ocean Engineering*, 2021. V. 238. ISSN 0029-8018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109640>.
22. Zhou, J., Ding, F., Yang, J., Pei, Z., Wang, C., Zhang, A. Navigation safety domain and collision risk index for decision support of collision avoidance of USVs. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 2021. V. 13. pp. 340–350. ISSN 2092-6782. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2021.03.001>.
23. Xavier Bellsolà Olba, X. B., Daamen, W., Vellinga, T., Hoogendoorn, S. P. State-of-the-art of port simulation models for risk and capacity assessment based on the vessel navigational behaviour through the nautical infrastructure // *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 2018. V. 5. (5). pp. 335–347. ISSN 2095-7564. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.03.003>.
24. Хроника морских катастроф XXI века. Режим доступу: <https://mortrans.info/chronicle-of-a-disaster/>.

25. Великие кораблекрушения (youtube) 22.02.2022. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=ct93iTTqMTA>.
26. Safety and Shipping Review 2014. Режим доступа: <https://liye.info/doc-viewer>.
27. Annual Overview of Marine Casualties and Incidents. Режим доступа: <https://www.emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/item/3011-summary-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2011-2015.html>.
28. Інформація про стан аварійності на транспорті в Україні Управління безпеки на транспорті та технічного регулювання. Режим доступа: <https://data.gov.ua/dataset/state-emergency/resource/cee18820-afda-4356-83f2-ed8c27ec04d8>.
29. Стан аварійності на транспорті за 2019 рік.pdf. Режим доступа: <https://mtu.gov.ua/files/bezpeka/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BD%20%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%96%20%20%D0%B7%D0%B0%202019%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf>.
30. Maritime Safety Report 2012-2021. Режим доступа: <https://www.iims.org.uk/maritime-safety-report-2012-2021/>.
31. Морські катастрофи. Неісторичний контекст. Режим доступа: <https://tyzhden.ua/World/229599>.
32. Звіт БДЛК, 2021. Режим доступа: <https://mkrada.gov.ua/files/UGZ/2021/%D0%97%D0%92%D0%86%D0%A2%20%D0%91%D0%94%D0%9B%D0%9A.pdf>.
33. Annual report 2013. General department for coastal security. Режим доступа: <https://kiyiemniyeti.gov.tr/Data/1/Files/Document/Documents/Pm/YI/mj/A1/2013%20Y%C4%B1l%C4%B1%20Sekt%C3%B6r%20Raporu.pdf> [in Turkish].
34. Reports. Coastal safety. Headquarters. Режим доступа: <https://www.kiyiemniyeti.gov.tr/raporlar> (viewed on 2022-02-04) [in Turkish].

35. Статистика проходу суден турецькою протокою. Режим доступу:
<https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/turk-bogazlari-gemi-gecis-istatistikleri>
[in Turkish].
36. 2021 YILI SEKTÖR RAPORU. Режим доступу:
<https://www.kiyiemniyeti.gov.tr/Data/1/Files/Document/Documents/XW/Cu/bY/hy/2021%20YILI%20SEKT%C3%96R%20RAPORU.pdf> [in Turkish].
37. Стамбульський канал. Режим доступу:
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%B1%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB.
38. Geographic and Batyhymetric Restrictions along the Turkish Straits Sea Area, In: Ünlü, S., Alpar, B., Öztürk, B. (Eds) (2018). Oil Spill along the Turkish Straits Sea Area; Accidents, Environmental Pollution, Socio–Economic Impacts and Protection. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 47 İstanbul, Turkey. Режим доступу:
https://www.researchgate.net/publication/329530176_Geographic_and_Batyhy_metric_Restrictions_along_the_Turkish_Straits_Sea_Area_In_Unlu_S_Alpar_B_Ozturk_B_Eds_2018_Oil_Spill_along_the_Turkish_Straits_Sea_Area_Accidents_Environmental_Pollution_Socio-Eco/figures?lo=1.
39. Положення про Регістр судноплавства України Режим доступу:
<http://www.shipregister.ua/about/registr.pdf>.
40. Класифікаційне товариство. Регістр судноплавства України. Режим доступу: <http://www.shipregister.ua/ships/index.html>.
41. Global Integrated Shipping Information System. Режим доступу:
<https://gis.imo.org/Public/Default.aspx>.
42. EMSA. Accident Investigation. Режим доступу: <https://emsa.europa.eu/we-do/safety/accident-investigation.html>.
43. List of shipwrecks. Режим доступу:
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_shipwrecks_in_2022.

44. IEC 31010:2019(en,fr). Risk management – Risk assessment techniques. Management du risque – Techniques d'appréciation du risque <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iec:31010:ed-2:v1:en,fr>.
45. Надзор за состоянием судов. Режим доступа: <https://sea-man.org/nadzor-zasudami.html>.
46. Значение словосочетания «человеческий фактор». Режим доступа: <https://kartaslov.ru/%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0/%D1%87%D0%B5%D0%B%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9+%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80>.
47. Бень А. П. Человеческий фактор при принятии решений в судовождении и пути снижения его влияния / А. П. Бень, И. В. Паламарчук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2015. – № 1. – С. 4–9. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdm_i_2015_1_3.
48. Стадниченко С. М. Человеческий фактор на море: учебно-методическое пособие / С. М. Стадниченко. – Одесса: Астропринт, 2003. – 192 с.
49. Менеджмент морських ресурсів: навчальний посібник / Безлуцька О. П., Колегаєв М. О., Кошлик Л. А., Кулікова Л. Б., Лещенко А. М., Нестеренко В. Б., Перепадя К. В., Тригуб С. М., Ходаковський В. Ф., Цимбал М. М. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2012. – 100 с.
50. Энциклопедия по экономике. Режим доступа: <https://economy.ru.info/page/247237213228208166228185111226142206162058169041/>.
51. Vol.50 4M4(5)E Analysis. Analysis of Accident Cases. Режим доступа: https://www.piclub.or.jp/wp-content/uploads/2021/03/Loss-Prevention-Bulletin-Vol.50_Full.pdf (переглянуто 2022-05-19).
52. Бень А. П. Людський фактор в автоматизованих системах управління судном та шляхи зниження його впливу / Бень А. П. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон: Видавництво ХДМА, 2012. – № 2 (7). – С. 26-30.

53. Человеческий фактор и неправильная оценка ситуации – причины столкновения судов в Сингапуре. Режим доступа: <http://www.mtelegraph.com/singapore-human-error-and-poor-judgement.html> (переглянуто 2022-03-16).
54. What is The Seafarers Happiness Index? Режим доступа: <https://www.missiontoseafarers.org/seafarers-happiness-index>.
55. Індекс щастя моряків за 4 квартал 2021 року показав важливість наявності WiFi на борту. Режим доступа: <https://ua.sudohodstvo.org/index-shhastyamoryakiv-za-4-kvartal-2021-roku-pokazav-vazhlyvist-nayavnosti-wifi-na-bortu>.
56. Чрезвычайные ситуации на водном транспорте. Режим доступа: http://gimsyaroslavl.narod.ru/Rescuer/Rescuers_Guidebook/ch149_sailcrash.htm.
57. Risk Assessment for Ships: A General Overview, 2020. Режим доступа: <https://www.marineinsight.com/marine-safety/risk-assessment-for-ships-a-general-overview/>.
58. Global Risks Report, 2019. Режим доступа: <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019>.
59. Review of Maritime Transport 2021 - UNCTAD. Режим доступа: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_0.pdf.
60. Информационный отраслевой портал Mortrans.info: «Аварии и происшествия», 2020. Режим доступа: <https://mortrans.info/allnews/>.
61. Chen, C.; Chiang, Z. ; Liu Y. и Zeng X. 2018. Критические факторы успеха в управлении безопасностью на море в судоходной отрасли. В кн.: Лю, З.Л. и Мi, С. (ред.), Достижения в области устойчивого развития портов и океанов. Журнал прибрежных исследований, специальный выпуск № 83, С. 846–850. Coconut Creek (Флорида), ISSN 0749-0208.
62. Risk Assessment for Ships: A General Overview, 2020. Режим доступа: <https://www.marineinsight.com/marine-safety/risk-assessment-for-ships-a-general-overview/>.

63. Информационный отраслевой портал Mortrans.info: «Аварии и происшествия», 2020. Режим доступа: <https://mortrans.info/allnews/>.
64. Моряк Украины. «Кибербезопасность судна находится в руках моряков», 2017. Режим доступа: <https://moryakukrainy.livejournal.com/3843048.html>.
65. Kobyliński L. Risk analysis and human factor in prevention of CRG casualties / L. Kobyliński // Trans Nav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2009. – № 3 (4). – P. 443–448.
66. Морские новости. Благотворительная организация «Фонд помощи морякам «Ассоль»», 2020. Режим доступа: <http://assol.org.ua/category/morskie-novosti/>.
67. Шумілова К. В. Навігаційні ризики в аспекті кібербезпеки транспортних суден і військових кораблів. 4th International Scientific and Practical Conference «Scientific Trends and Trends in the Context of Globalization», Umeå, Sweden. NO. 24(121), August, 2022, С. 391–408. ISSN 2709-4685. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2022.037>.
68. Материалы компании «Positive Technologies». «Кибербезопасность на бескрайних морях», 2016. Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/pt/blog/303198/>.
69. Развитие информационных угроз во втором квартале 2019 года. Статистика. Режим доступа: <https://securelist.ru/it-threat-evolution-q2-2019-statistics/94476/>.
70. LiveJornal – Королевство кривых зеркал, 2020. Режим доступа: https://e-kaspersky.livejournal.com/772626.html?media&utm_source=recommended&utm_content=main_block.
71. Кибератаки на морские порты. Режим доступа: <https://codeby.net/threads/kiberataki-na-morskie-porty.77563/>.
72. Демиденко, В. В. Пиратство, терроризм, мошенничество на море: правовые аспекты / В. В. Демиденко, В. М. Прусс, А. Н. Шемякин. – Одесса, 1997. – 144 с.

73. Гайкович, А. Н. Морской терроризм: кораблестроительный аспект / А. Н. Гайкович, Н. И. Никитин // Экспорт вооружений. – 2003. – № 2.
74. The Review of Maritime Transport / UNCTAD, 2018. Режим доступа: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2018_en.pdf.
75. Kristiansen S. Maritime Transportation: Safety Management and Risk Analysis / S. Kristiansen. – Elsevier, 2010. – 508 p.
76. 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>.
77. Resolution A.893(21) IMO. Guidelines for voyage planning. Режим доступа: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.893\(21\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.893(21).pdf).
78. Bridge Procedures Guide, Sixth Edition. Режим доступа: <https://www.slideshare.net/CaptArunKumarMishra/bridge-procedures-guide-ics-6th-edition>.
79. Семенова, С. М. (2020). Класифікація ризиків: систематизований підхід з метою управління. Вісник Хмельницького національного університету, № 4, Том 2. – С. 42–51. <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2021/03/10.pdf>.
80. Shanghong Zhang, Zhu Jing, Wenda Li, Long Wang, Dawei Liu, Taiwei Wang, Navigation risk assessment method based on flow conditions: A case study of the river reach between the Three Gorges Dam and the Gezhouba Dam, Ocean Engineering, Vol. 175, 2019, Pages 71–79, ISSN 0029-8018, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.02.016>.
81. Asbjørn Lein Aalberg, Rolf Johan Bye, Peter Risberg Ellevseth, Risk factors and navigation accidents: A historical analysis comparing accident-free and accident-prone vessels using indicators from AIS data and vessel databases, Maritime Transport Research, Vol. 3, 2022, 100062, ISSN 2666-822X, <https://doi.org/10.1016/j.martra.2022.100062>.

82. Ulku Ozturk, S. Ilker Birbil, Kadir Cicek, Evaluating navigational risk of port approach manoeuvrings with expert assessments and machine learning, Ocean Engineering, Volume 192, 2019, 106558, ISSN 0029-8018, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106558>.
83. Reports. Coastal safety. Headquarters. Режим доступу: <https://www.kiyiemniyeti.gov.tr/raporlar> (viewed on 2022-02-04).
84. Safety in the Straits of Malacca and Singapore. Режим доступу: https://www.nippon-foundation.or.jp/en/what/projects/safe_passage.
85. Сінгапурська протока. Режим доступу: https://www.wiki.uk-ua.nina.az/%D0%A1%D1%96%D0%BD%D0%B3%D0%B0%D0%BF%D1%83%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0.html.
86. Резолюция А.476(XII). Плавание через малаккский и сингапурский проливы. Режим доступу: http://rise.odessa.ua/texts/A476_12.php3.
87. Iranian container ship broke in two? Singapore Strait accident UPDATE. Режим доступу: <http://www.maritimebulletin.net/2020/05/11/iranian-container-ship-and-indo-bulk-carrier-collision-and-grounding-singapore-strait-video/>.
88. Post-Panamax container ship grounding Singapore Strait Nov 25 UPDATE no collision. Режим доступу: <http://www.maritimebulletin.net/2020/11/23/post-panamax-container-ship-grounding-alert-confirmed-singapore-strait-video/>.
89. Port Statistics. Режим доступу: <https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/maritime-singapore/Research-and-Statistics/port-statistics/>.
90. Морской порт Сингапура. Режим доступу: http://korabley.net/news/morskoj_port_singapura/2013-08-05-1503.
91. Coastal Vessel No.4. March 2018. Prevention of damage to harbour facilities and related cases. 2018. Режим доступу: https://www.piclub.or.jp/wp-content/uploads/2018/04/Loss-Prevention-Bulletin-Naiko-Class-Vol.4_Full.pdf.
92. Maritime Safety Report 2012-2021. <https://www.iims.org.uk/maritime-safety-report-2012-2021/>.

93. Japan P&I Loss Prevention Bulletin. Vol. 52. November 2021. Response to Oil Spills. Режим доступу: https://www.piclub.or.jp/wp-content/uploads/2021/11/Loss-Prevention-Bulletin-Vol.52_Full.pdf.
94. Человеческий фактор и неправильная оценка ситуации – причины столкновения судов в Сингапуре. Режим доступу: <http://www.mtelegraph.com/singapore-human-error-and-poor-judgement.html>.
95. 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).
96. 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, Р. 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>.
97. 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, Р. – 40-46, ISSN 3547-2340. <http://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2020/09/VOL-1-No-49-49-2020.pdf>.
98. ДР № 0119U001651 «Енергоефективна система позиціонування судна подвійного призначення». Рукопис. Заключний звіт з НДДКР, керівник Онищенко О. А., НУ «ОМА», Одеса, 2020 р. Розділи 1.1, 4.2.
99. 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://oduvvs.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/conf_maritime_security.pdf.
100. 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.
 101. 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.
 102. 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, грудень 2021 р. – Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novyjSformuloj.pdf>.
 103. 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>.
104. 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, грудень 2021 р. – Одеса: НУ «ОМА». <http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ISCT-NST-novyjSformuloj.pdf>.
 105. 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.
 106. 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».
 107. 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>.

108. 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. 4th International Scientific and Practical Conference «Scientific Trends and Trends in the Context of Globalization», Umeå, Sweden. NO. 24(121), August, 2022, С. 337–358. ISSN 2709-4685. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2022.032>.
109. Семенова, С.М. (2014). Емерджентність у застосуванні системного підходу до управління підприємством. Міжнародна науково-практична конференція «Новий погляд на економіку – тенденція інноваційного розвитку». Асоціація студентів і педагогів «Економіст», 25 липня 2014 р. Київ. Будапешт. Відень. Наук.-інф. опубл. центр на базі Асоціації студентів і педагогів «Економіст», Будапешт, 196 с. С. 35-38.
110. Про затвердження Положення про класифікацію, порядок розслідування та обліку аварійних морських подій із суднами. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0959-06#Text>.
111. Мальцев, А. С. (2022, April). Побудова криволінійних траєкторій маневрування методом відрізків. In The 9 th International scientific and practical conference «Science, innovations and education: problems and prospects» (April 6-8, 2022) CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2022. 580 p. (p. 152).
112. Maltsev, A., & Surinov, I. (2021). Improving the navigational preparation of a bridge crew for entering/leaving a port, including activities in case of emergency. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(3 (111)), 42–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.235092>. Scopus.
113. Вильский Г. Б. Исследование информационной безопасности водных путей / Г. Б. Вильский // Судовождение: сб. научн. трудов / ОНМА. – Вып.18. – Одесса: «ИздатИнформ», 2010 – С. 38–47.

114. Харин В. М. Судовые гидравлические рулевые машины: учеб. пособие / В. М. Харин; М-во образования и науки Украины, Одес. нац. морская акад. – О.: Фенікс, 2005. – 280 с.
115. ISO 31000:2018. Режим доступу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_31000_2018.pdf.
116. Мальцев А. С. (2019). Системы принятия решений по управлению движением судна, монография/ А. С. Мальцев, А. П. Бень. – Херсон.: ХГМА. – 240 с.
117. Вильский Г. Б, Мальцев А. С., Бездольный В. В., Гончаров Е. И. (2007). Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов / Под ред. А. С. Мальцева, Г. Б. Вильского. – Одесса – Николаев: Феникс. – 456 с.
118. Мальцев С. Е. (2019). Навігаційний пристрій підтримки прийняття рішення при автоматичному плануванні руху судна траєкторними точками при заході /виході із порту./С.Е. Мальцев.//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Natural and Technical Sciences, – 2019. V11 (25), issue 206, . – P. 41–46.
119. Sokolenko, V. The system of precision planning marine ship's voyage // Advances in Aerospace Technology, 2016. V. 68 (3). pp. 46–53. doi: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.68.10908>.
120. Шумілова К. В., 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.
121. ДСТУ ISO 31000:2018 (ISO 31000:2018, IDT). Менеджмент ризиків. Принципи та настанови. Режим доступу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_31000_2018.pdf.
122. 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/>.
123. Товстокорий О. М., Півоваров Л. А. Маневрування суден у звичайних умовах: навч. посіб. з дисципліни «Управління судном» / О. М. Товстокорий, Л. А. Півоваров; Херсон. держ. мор. акад. – Херсон: ХДМА, 2020. – 555 с.
 124. Мальцев, С. Е. (2021). Оперативний контроль ширини маневреного зсуву в стислих водах // Судноводіння: Зб. наук. праць. НУ «ОМА», Одеса: «ВидавІнформ», 2021. Вип. 31. С. 22–37. doi: <https://doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.22-36>.
 125. Мальцев, А. С. (2013). Методологические основы маневрирования судов при сближении. / А. С., Мальцев, В. В., Голиков, И. В., Сафин, В. В., Мамонтов. // Одесса.: ОНМА. – 218 с.
 126. Классификация карт. Режим доступу: <https://flot.com/publications/books/shelf/rulkov/53.htm>.
 127. В. И. Дмитриев В. И. Навигация и лоция. – Моркнига: 2009. – 458 с.
 128. Maltsev A., Surinov, I., Shumilova K. Selection of waypoints for planning the ship's voyage cycle // 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/>.
 129. **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 29.09.2022, Бюл. № 38.
 130. 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».

131. K. Onischuk, K. 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>.
132. V. Tatyanchenko, K. 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>.

ДОДАТОК А

Аналіз причин аварійності і катастроф за 20 років
(2002-2021 роки)

Таблиця 1.1А

Каталог морських катастроф за 2003-2012 роки

Рік	Вид аварійної події	Опис виникнення події	Тип катастрофи
2002	Крах парому Le Joola – 26/09/2002 	Перевантажений пором перекинувся в бурхливому морі, число загиблих склало 1864. Одна із найстрашніших катастроф на морі в історії світу. Пором перевозив понад 2 000 пасажирів із порту Сенегалу, коли за 35 кілометрів від берегів Гамбії 26 вересня 2002 року, він за 5 хвилин перекинувся. Причина загибелі порома перевантаження, за можливості взяти на борт не більше 550 пасажирів, пором прийняв на борт понад 2 000 людей [21].	Перекидання
	Крах танкера Prestige в Біскайській затоці – 13/11/2002 	Однокорпусний танкер «Престиж», що ходив під багамським прапором і перевозив нафтопродукти, потрапив у сильний шторм. Судно не витримало удару стихії, внаслідок чого у його корпусі утворилася тріщина завдовжки 35 метрів. Після цього танкер почав давати витік близько 1000 тонн мазуту на добу. Це морська екологічна катастрофа, що стала найбільшою в історії Європи.	Несприятливі погодні умови
	Крах сухогруза Camadan – 12/03/2002 	12 березня біля берегів Мальти затонуло турецьке вантажне судно Camadan. Сигнал про лихо з тонучого суховантажу надійшов за 24 години до того, як судно зникло під водою. Для допомоги екіпажу турецького суховантажу з острова було піднято гелікоптер, за допомогою якого всі 12 людей, які перебували на борту, були врятовані. Крім того, до місця лиха прибули американський есмінець та датський буксир. Не зважаючи на всі зусилля, Camadan затонув, коли його намагалися доставити до порту, повідомляє Reuters [22].	Причина невідома
	Крах вантажного судна Mercury – 22/10/2002	Вантажне судно Mercury II перекинулося і затонуло в Каспійському морі з втратою 43 із 51 людини на борту [23].	Причина невідома

Продовження таблиці 1.1А

	Зіткнення ролкера Tricolor (Триколер) з контейнеровозом Каріба – 14/12/2002 	На борту норвезького судна Триколер, що затонув у ніч на суботу в Ла-Манші, було близько 3 тисяч розкішних автомобілів. Загальна вартість вантажу оцінюється принаймні у 30 мільйонів фунтів (близько 50 мільйонів доларів). Судно Триколер, перевозило з Європи до Великобританії 2862 автомобілі BMW, Volvo та Saab та не менше 77 контейнерів. Триколер, водотоннажність якого становила 55 тисяч тонн, зіткнувся з контейнеровозом Каріба (водотоннажність – 20 тисяч тонн) у густому тумані. Катастрофа сталася за 48 кілометрів від узбережжя графства Кент. Хоча ніхто не загинув, корабель залишився лежати на боці в мулі 30-метрової водної колії. Команда з 24 людей зуміла евакуюватися. Контейнеровоз Каріба отримав серйозні пошкодження, проте зміг самостійно дістатися Антверпена, в Бельгії [24].	Несприятливі погодні умови
	Пожежа та вибух на контейнеровозі Hanjin Pennsylvania – 11/11/2002 	Дорогою до Європи, за 150 км від Шрі-Ланки на контейнеровозі «Hanjin Pennsylvania» стався вибух. Вибухнув один із контейнерів. Судно горіло чотири дні. На четвертий день вибухнув ще один контейнер на іншій палубі. Загинуло 2 члени екіпажу. Пожежа дуже сильно пошкодила судно, воно було визнано конструктивною втратою та продано на металобрухт. Проте йому пощастило. Компанія, що купила його, вирішила відновити понівечений пожежею контейнеровоз. Після ремонту він отримав ім'я NORASIA BELLATRIX, під яким існує і сьогодні [25].	Пожежа та вибух на судні
2003	Крах нафтової баржі Spabunker IV – 21/01/2003 	У районі порту Альхесірас баржа потрапила в шторм. Несприятливі погодні умови спричинили витік нафти. Близько 4 години ранку, баржа з 1000 тонн нафти на борту поринула на глибину 50 м.	Несприятливі погодні умови

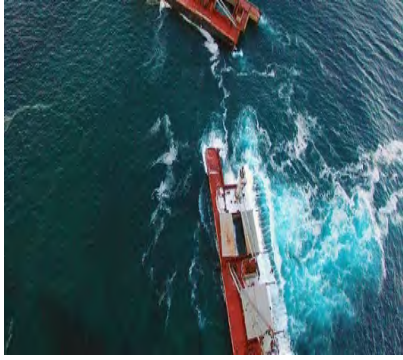
Продовження таблиці 1.1А

2004	Зіткнення з контейнеровозом балкера Fu Shan Hai – 31/05/2003 	Зіткнувся з кіпрським контейнеровозом "Gdynia" поблизу острова Борнхольм (Данія). Після удару китайське суховантажне судно було серйозно пошкоджено. Почався витік речовин, що перевозилися на його борту (66000 тонн поташу, 1,800 тонн мазуту і 110 тонн дизельного палива та мастильних матеріалів), судно почало тонути.	Зіткнення
	Посадка на мілину балкера Jambo – 29/06/2003 	Кіпрський суховантаж, що прямував з Дубліна в Одда (Норвегія) з вантажем 3300 тонн цинку сульфід, сів на мілину на північному узбережжі Шотландії біля входу в Loch Broom. Водолази, що оцінювали ступінь пошкодження корпусу, помітили, що цинковий концентрат почав просочуватися у воду, оскільки судно було серйозно пошкоджене. Об'єм забруднення: 1000 тонн сульфід цинку.	Посадка на мілину
	Посадка на мілину танкера Tasman Spirit – 27/07/2003 	Сів на мілину біля міста Карачі віст на підході до Порт Карачі. Протягом наступних кількох днів вилилося понад 33 000 тон нафти в Аравійське море. Тріщини почали з'являтися на корпусі. До 17 серпня корабель розділювався на дві частини, випустивши в Аравійське море близько 12 000 тонн сирової нафти. Забруднено 16 кілометрів узбережжя.	Посадка на мілину
	Крах буксиру Аннмас – 18/01/2004 	Ішов вгору за течією річки від Фос-сюр-Мер до Ліону. Сталося зіткнення з опорою залізничного мосту. Після поштовху буксир почав тонути. З п'яти членів екіпажу, які перебували на борту, один загинув, ще чотирьом вдалося врятуватися. Витік бензолу, що стався внаслідок аварії, викликав забруднення площею 300 м навколо судна. Евакуйовано 500 місцевих жителів, які проживають на околицях річки.	Зіткнення із опорою мосту

Продовження таблиці 1.1А

Вибух та аварія хімовоза Bow Mariner – 28/02/2004 	Перевозив 11000 тонн етанолу з Нью-Йорка до Х'юстона. На борту корабля стався гучний вибух і судно стрімко затонуло за 50 миль від узбережжя Вірджинії, опустившись на глибину 80 метрів. Внаслідок аварії троє людей загинули, ще 18 людей визнано зниклими безвісти.	Вибух на борту
Зіткнення з контейнеровозом хімовоза Epa 2 – 28/06/2004 	Німецький хімічний танкер Epa 2, який перевозив 960 тонн сірчаної кислоти, зіткнувся з контейнеровозом Pusan Senator. Хімічному танкеру вдалося пришвартуватися до занурення. Зіткнення пошкодило зовнішній корпус судна. Аварія викликала невелике забруднення через витік забруднюючих речовин у системі вентиляції.	Зіткнення
Вибух хімовоза Viciña – 15/11/2004 	Під час розвантаження танкера Viciña (вантаж – 14 000 тонн метанолу) у бразильському порту Паранагуа на борту судна сталися два гучні вибухи. Два члени екіпажу загинули внаслідок аварії, ще двоє офіційно вважаються зниклими безвісти.	Вибух на борту
Зіткнення з терміналом танкера Атхос – 26/11/2004 	Танкер наближався до терміналу розвантаження, коли раптово вдарився нижньою частиною корпусу металеву трубу. Внаслідок аварії судно втратило близько 1 000 тонн високов'язкої нафти. Понад 200 км берегової лінії у штатах Пенсільванія, Нью-Джерсі та Делавер були забруднені. Група реагування розгорнула понад 30 км бонових загородж. Два сектори атомної електростанції були тимчасово закриті. Внаслідок цієї аварії було завдано значних екологічних та економічних збитків.	Зіткнення
Зіткнення контейнеровозів Itona та Hyundai Advance – 07/12/2004	Судно втратило 450 тонн бункерного палива у гирлі річки Чжуцзян. Була організована операція з реагування, оскільки влада побоювалася, що	Зіткнення

Продовження таблиці 1.1А

		аварія завдасть значних збитків довкіллю. Це був найбільший розлив нафти, що колись відбувався в китайських водах.	
	Посадка на мілину танкера Selendang Ayu – 07/12/2004 	Танкер, який транспортував вантаж сої та 1600 тонн важкого палива, постраждав від пошкодження двигуна, коли потрапив у шторм на Алеутських островах. Через надзвичайно важких погодних умов вертоліт, що прибув для реалізації операції з очищення, розбився. Загинули 6 членів екіпажу. У березні 2005 року капітан малайзійського суховантажу Selendang Ayu був присуджений американським судом до 3 років позбавлення волі умовно за те, що брехав про час пошкодження і зупинки двигуна. Перш ніж просити допомоги від буксира, він чекав у бурхливому морі не 11, а 13 годин.	Посадка на мілину
2005	Посадка на мілину контейнеровозу Al Amine – 15/02/2005 	137-метровий контейнеровоз MSC Аль Амін, що належить флоту Марокко, постраждав через механічне пошкодження у туніській затоці біля санаторію Korbous, проливаючи від 100 до 150 тонн мазуту.	Порушення правил вантажних операцій
	Посадка на мілину баржі з кислотою в Шоколадній затоці – 15/08/2005 	Баржа, на борту якої було 1572 м3 сірчаної кислоти, сіла на мілину в Шоколадній затоці в штаті Техас. Вимірювання рН, взятого навколо судна, що сів на мілину, вказали на наявність сірчаної кислоти у воді: близько 1 300 м3 кислоти вилилося в гирло.	Посадка на мілину
2006	Зіткнення газовозу Sigmagas із танкером Happy Bride – 04/01/2006	Газовоз Sigmagas, що йде під прапором Антигуа та Барбуда, зіткнувся з танкером Happy Bride (прапор острова Мен). Причиною аварії став збій у системі управління судном. Зіткнення сталося на нафтовому терміналі в Donges.	Зіткнення. Збій у системі управління судном

Продовження таблиці 1.1А

		Франція. Sigmagas протаранив корпус Harry Bride, пошкодивши бак, що містить 60 кубометрів важкої нафти (бункерного палива).	
Зіткнення з балкером химовозу – 31/01/2006		У районі Маршаллових островів мальтійський балкер General Grot Rowski, який транспортував 26 000 тонн фосфатів із Сафі до Марокко, зіткнувся з хімічним танкером Есе, що прямував із Касабланки до Марокко. Есе перевозив 10000 тонн фосфорної кислоти. В результаті аварії стався значний витік вмісту танкера.	Зіткнення
Посадка на мілину танкера Tugen – 03/02/2006		Танкер Tugen зупинився у порту Морондава (Мадагаскар) для дозаправки нафтопродуктами. Наступного дня близько 4 години вечора корабель зірвало з якоря під час тропічного шторму, що налетів. Tugen винесло на піщану мілину навпроти порту.	Посадка на мілину
Падіння контейнерів з Nedlloyd Mondriaan – 09/02/2006		Контейнеровоз Nedlloyd Mondriaan прямував із Саутгемптона (Англія) до Гамбурга (Німеччина). Судно потрапило у шторм біля голландського узбережжя. Хвилі, що налетіли, стали причиною падіння 58 контейнерів за борт. Наступного дня пляжі голландського острова Терсшелінген були усіяні тенісними туфлями, портфелями та дитячими іграшками. Слід зазначити, що через 10 днів судно потрапило у шторм у Біскайській затоці та втратило ще 50 порожніх контейнерів. У той же день у тому ж місці через шторм судно CMA-CGM Otello також втратив 50 контейнерів.	Несприятливі погодні умови
Падіння контейнерів з Otello – 17/02/2006		З контейнеровозу CMA CGM Otello під час сильного шторму у Біскайській затоці впало за борт 48 контейнерів. Згодом, незважаючи на багаторазові обстеження території з повітря, жодного контейнера не було знайдено. Більшість із них, ймовірно, затонули одразу ж після падіння.	Несприятливі погодні умови. Недостатня міцність кріпильного обладнання

Продовження таблиці 1.1А

	Падіння контейнерів з Verdi – 18/02/2006 	Багамський контейнеровоз CMA CGM Верді потрапив у шторм у районі мису Фіністерре (Іспанія), внаслідок чого було втрачено 85 контейнерів та пошкоджено 55 інших. Коли судно прибуло до Саутгемптона (Англія), його вантаж був розташований на борту нестійко. Ця аварія схожа на два інших інциденти, пов'язані з контейнеровозами CMA CGM Отелло та P&O Nedlloyd Mondrian, які сталися приблизно в цей же час.	Несприятливі погодні умови
	Вибух контейнерів на Hyundai Fortune – 21/03/2006 	На своєму шляху з Азії до Європи панамський контейнеровоз Hyundai Fortune постраждав унаслідок потужного вибуху на висоті близько 100 км на південь від Ємену. Близько 60-90 контейнерів упали за борт. Внаслідок вибуху на судні почалася пожежа, яка поширилася по кормі корабля. Крім цього, 7 контейнерів з феєрверками спровокували повторні вибухи. В результаті в корпусі судна утворилася 12-метрова тріщина і екіпаж був евакуйований з судна. Причини аварії досі невідомі. Вона могла статися через високу температуру повітря або вогню, що спровокував бурхливу реакцію з деякими з вантажних речовин (гіпохлорит кальцію або феєрверк).	Вибух на судні
	Катастрофа танкера Solar 1 – 11/08/2006 	Танкер Solar 1 перевозив 2000 тонн нафти, коли він раптово затонув на глибині 300 м в районі острова Гуімаріс на Філіппінах. Понад 1300 тонн нафти вилилося у море. З 20 членів екіпажу 18 людей було врятовано, один зник безвісти, один загинув. Побережжя було сильно забруднене через постійний витік нафти з корпусу судна. На території острова регіональною владою була оголошена катастрофа.	Порушення правил вантажних операцій

Продовження таблиці 1.1А

	Зіткнення із вантажним судном танкера Bright Artemis – 14/08/2006 	Танкер Bright Artemis перевозив 250 тисяч тонн нафти з Перської затоки Японію, коли отримав сигнал лиха з вантажного судна Amar. Вирішили прийти йому на допомогу. Був сильний вітер. Потужним поривом вітру суховантаж кинуло і вдарило об нафтовий танкер, що поблизу. Корпус Bright Artemis зазнав пошкодження площею близько 5 м². Обидва баки танкера були пошкоджені, почався витік нафти. Обсяг нафти, що розлилася у морі, становив близько 4 500 тис. тонн.	Зіткнення. Несприятливі погодні умови
	Викид на берег контейнеровозу Rokia Delmas – 24/10/2006 	Під час шторму у контейнеровозу Rokia Delmas відмовив головний двигун. В результаті судно сів на мілину на південному узбережжі Ільде-Ре. Контейнеровоз стояв на якорі, проте корму судна вдарило об скелі приблизно за 1 морську милю на південь від Couarde-sur-Mer. Судно транспортувало какао-боби, дерево, а також понад 500 тонн мазуту (IFO 380) та 50 тонн судового дизеля. У процесі огляду судна було виявлено витік палива, проте істотного забруднення морської поверхні не спостерігалось.	Несприятливі погодні умови. Відмова двигуна. Посадка на мілину
2007	Посадка на мілину балкера Golden Sky – 15/01/2007 	Кіпрський суховантаж Golden Sky плив у Балтійському морі. Через проблеми з двигуном він змушений був зупинитися. Суворі погодні умови призвели до того, що 15 січня судно з вантажем у 24 983 тонни хлористого калію було викинуто на мілину за 900 м від Вентспілсу (Латвія). 16 членів екіпажу було евакуйовано на гелікоптері, а 8 залишилися на борту Golden Sky.	Посадка на мілину
	Аварія контейнеровозу Napoli – 18/01/2007 	Контейнеровоз MSC Napoli при переході від Антверпена (Бельгія) до Сінеша (Португалія) потрапив у шторм у районі Бофорта. Різке посилення південно-західного вітру, 10-метрові хвилі стали причиною того, що судно отримало пробоїну в корпусі по лівому та правому борту.	Несприятливі погодні умови. Пошкодження корпусу судна

Продовження таблиці 1.1А

		Вода затопила машинне відділення, і старший механік вирішив зупинити головний двигун. Капітан негайно передав сигнал лиха. Вертоліт ВМС Франції Super Frelon прибув на місце аварії о 10.53 і підтвердив наявність пробоїни в корпусі. Евакуювали 26 членів екіпажу.	
Пошкодження контейнерів на Annabella – 26/02/2007 	У Балтійському морі британський контейнеровоз «Аннабелла» потрапив у важкі погодні умови, через які судно дало крен. Наступного ранку екіпаж виявив, що блок із семи контейнерів упав з передньої частини трюму, що призвело до їх пошкодження. При цьому верхні три контейнери містили небезпечний вантаж – газ бутілен. Судно було перенаправлено до порту Котка у Фінляндії, де пошкоджені контейнери були благополучно вивантажені. Після розслідування з'ясувалося, що падіння контейнерів було обумовлено недостатньо щільною стиковкою їх між собою, через що відбулося зміщення центру тяжіння. В результаті нижні контейнери виявилися недостатньо стійкими, щоб утримувати рівновагу. Було перевищено максимально допустиму вагу контейнерів, також контейнери були з'єднані кріпильними болтами. Ця аварія демонструє недоліки обміну інформацією. Проблеми комунікації у координації дій, як бачимо, у результаті можуть призвести до катастрофи.	Проблеми комунікації щодо координації дій між відправниками вантажу, працівниками на вантажних терміналах і, безпосередньо, екіпажем судна Пошкодження вантажу	
Катастрофа ролкера Republica di Genova – 08/03/2007 	Судно закінчило завантаження транспортних засобів та контейнерів у порту Антверпена (Бельгія), щоб вирушити до Луанди (Ангола). Коли корабель уже був готовий покинути порт, він перекинувся у бік набережної. Жоден із 40 з лишком членів екіпажу, які марно намагалися утримати судно у вертикальному положенні до останньої хвилини, не постраждав. Вантаж, розміщений на палубі, впав на набережну і у воду,	Бельгійські правоохоронні органи вважають, що аварію викликали технічні причини	

Продовження таблиці 1.1А

		тоді як вантаж, що був у трюмах, перевернувся догори дном.	
Зіткнення з танкером балкера New Flame – 12/08/2007		Балкер New Flame зіткнувся з датським нафтовим танкером Torm Gertrud за 1,5 км від Гібралтару. Внаслідок зіткнення балкер, на борту якого знаходився металобрухт та близько 700 тонн бункерного палива, дав крен у носовій частині. Судно сів на мілину на глибину близько 30 м. При цьому над	Зіткнення
		водою залишилася лише частина його палуби. Протягом кількох тижнів після зіткнення 780 кубометрів палива успішно відкачали з судна. 22 грудня 2007 року, в момент очікування буксирування, судно розломилося навпіл. 10 лютого 2008 New Flame затонув, порушивши плани з ліквідації аварії з боку Titan Salvage.	
Зіткнення з мостом контейнеровозу Cosco Busan – 07/11/2007		Контейнеровоз Cosco Busan зіштовхнувся з однією з веж мосту Сан-Франциско Bay Bridge у Каліфорнії. Підсумком аварії стала пробоїна у корпусі судна розміром близько 100 футів. Внаслідок зіткнення близько 50 тисяч галонів мазуту (IFO 380) вилилося в затоку Сан-Франциско. Точна причина аварії невідома. На воді були розгорнуті скіммери та бони з метою локалізації та збору нафти. Більшість пляжів узбережжя були закриті, на них велися заходи щодо очищення. Декілька птахів були знайдені мертвими, після чого були мобілізовані команди відновлення дикої природи.	Зіткнення
Масова аварія в Керченській протоці – 11/11/2007		У ніч з 10 на 11 листопада 2007 року сильний шторм обрушився на Керченську протоку, що пов'язує Азовське море (на півночі) та Чорне море (на півдні). Вітер понад 30 м/с викликав 5-метрові хвилі у морі, де глибина коливається від 7 до 12 метрів. Багато суд проігнорували попередження про зміни погоди та опинилися в дуже рідкісних метеорологічних умовах для цього регіону. В результаті 10 судам, більша	Несприятливі погодні умови

Продовження таблиці 1.1А

		частина яких стояла на якорі, було завдано серйозних збитків. Принаймні 4 моряки загинули, 19 пропали безвісті. 11 листопада 2007 року чотири судна затонули у Керченській протоці. Російський танкер «Волгонефть-139» розламався надвое під час перевезення 3500 тонн мазуту. Відбувся розлив близько 1300 тонн нафти із задньої частини танкера. Ще 1000 тонн нафти, що залишалися на борту, було відкачано. Судно відбуксировали у Порт Кавказ. Невеликі залишкові витоки тривали з передньої частини судна.	
	Зіткнення з баржею танкера Hebei Spirit – 07/12/2007 	Нафтовий танкер Hebei Spirit стояв на якорі в порту Інчхон на західному узбережжі Південної Кореї, на південь від Сеула, коли на нього налетіла баржа Samsung I, яка дрейфувала через поломку буксирного троса. Це зіткнення, що відбулося всього за 8 км від узбережжя, призвело до пошкодження в обшивці Hebei Spirit і розливу не менше 10 000 тонн сирої нафти в Жовте море. Для Кореї цей розлив був порівнянний лише з прецедентом, що стався в 1995 році, який досі вважався найбільшим розливом нафти в країні.	Зіткнення
	Розлив нафти з платформи Statfjord – 12/12/2007 	Близько 4000 м3 нафти вилилося в Північне море Статфйорд з офшорної нафтової платформи, розташованої близько 200 км на захід від міста Берген в Норвегії. Розлив стався у той час, коли човниковий танкер Navion Britannica перекачував нафту. Пляма, за початковими оцінками, становила 8 км завдовжки і 1 км завширшки, але надвечір 12 грудня площа його поверхні становила вже 23 км². На наступний день пляма була близько 10 км завдовжки і 5 км завширшки, із середньою товщиною менше 100 мкм.	Операція із завантаження нафти
2008	Крах балкеру Ice Prince – 15/01/2008	14 січня 2008 року грецький суховантажний Ice Prince проходив через Ла-Манш. Саме у цей час у нього відбувся повний збій живлення.	Збій живлення на судні

Продовження таблиці 1.1А

		У зв'язку з дуже складними погодними умовами судно затонуло наступного дня на півдорозі між Шербуром (Нормандія) і Портлендом (Великобританія) у водах, що знаходяться під британською юрисдикцією. 2000 тонн деревини, які знаходилися на борту суховантажу, опинилися у воді. 20 членів екіпажу було евакуйовано, створено зону відчуження діаметром 1 000 м. Існувала також небезпека розливу палива, яке знаходилося на борту судна – 423 тонни мазуту (IFO 180) та 123 тонни суднового дизельного масла. Забруднення берегової лінії не було зафіксовано. Деревина, що потрапила в море, зрештою впливла на берег у Суссексі (Англія).	
Крах порома Princess of the Stars – 21/06/2008		Біля берегів острова Сібуян затонув пором Princess of the Stars. На його борту було 850 людей. Більшість із них загинули, численні тіла залишалися в пастці аварії. 28 червня операцію з підняття тіл було призупинено у зв'язку з тим, що на борту порома, що затонув, знаходилися контейнери з пестицидами. Вирішили, що необхідно підняти контейнери, перш ніж зняти судно з мілини і продовжити операцію з підняття тіл. Навколо місця аварії філіппінською владою було створено п'ятикілометрову зону відчуження, в якій було заборонено рибальство та інші активності.	Несприятливі погодні умови
Вибух на газовозі Friendshipgas – 24/07/2008		24 липня 2008 року панамський танкер-газовоз був у доці верфі Перама (Греція) на ремонті, коли стався вибух. Пожежна команда працювала протягом більш ніж чотирьох годин, щоб загасити пожежу та запобігти поширенню полум'я. 8 членів екіпажу танкера загинули, 4 зникли безвісти, ще 4 отримали поранення. Варто зазначити, що у 2007 році двоє людей загинули на цій же верфі. Вибух стався в одному із	Вибух та пожежа на судні

Продовження таблиці 1.1А

		паливних відсіків газовозу під час проведення зварювальних робіт. Двоє робітників технічного обслуговування після цього інциденту було заарештовано.	
2009	Витік палива з авіаносця «Адмірал Кузнецов» – 14/02/2009 	14 лютого 2009 року програма супутникового спостереження CleanSeaNet Європейського агентства з безпеки на морі (EMSA) виявила нафтову пляму 80 км на південний захід від Корку (Ірландія). Пляма покривала площу поверхню 22,5 м ² . Морський рятувальний координаційний центр Ірландії (МСКЦ), а потім і ірландська берегова охорона були попереджені про ситуацію, що склалася. Підозри щодо походження розливу вказав на	Завантаження / Розвантаження
		операції заправки на російському авіаносці «Адмірал Кузнецов». ВМФ Росії оцінили рівень розливу нафти розлив від 20 до 30 тонн, тоді як ірландська берегова охорона повідомила про 300 до 500 тонн. Це найбільший розлив нафти навколо Британських островів з часів катастрофи на Sea Empress моря в 1996 році.	
	Пошкодження циклоном суховантажного судна Pacific Adventurer – 11/03/2009 	Вантажне судно Pacific Adventurer, яке перевозило хімічні продукти, потрапило під дію циклону, внаслідок чого 31 контейнер з аміачною селітрою потрапив за борт. Через дві години команда зрозуміла, що по лівому борту біля машинного відділення біля корабля тріщина. Паливний бак, а також бак бункера, розташований нижче за ватерлінію, були пошкоджені. Було пролито 270 тонн нафти, яка утворила пляму завдовжки 5,5 км та завширшки 0,5 км. Загалом було забруднено територію близько 60 км вздовж берегової лінії.	Несприятливі погодні умови
	Розлив хімікатів з танкера Broad Oak Toiletries – 21/08/2009	Вантажний танкер прибув на завод Broad Oak Toiletries до Тівертон (Великобританія), щоб доставити миючий засіб – лаурилсульфат натрію. Співробітник компанії допомагав водієві танкера в	Завантаження / Розвантаження

Продовження таблиці 1.1А

		перекачуванні миючого засобу в бак, але незважаючи на це, бак зрештою був переповнений. На наступний день сильний дощ змив залишки миючого засобу в річку Ловман. Через кілька годин співробітники агенцій з охорони навколишнього середовища прибули до річки та виявили сотні мертвих риб, серед яких були і лосось, і форель, і бички, і піскарі. Лаурилсульфат натрію вбиває рибу, ушкоджуючи зябра, що призводить до того, що риба просто задихається. У березні 2010 року, після того, як Broad Oak Toiletries визнала себе винною в аварії, компанія була оштрафована на £8000. Крім того, Broad Oak Toiletries зобов'язали сплатити витрати у розмірі £4196.	
	Посадка на мілину балкера Gülser Ana – 26/08/2009 	У ніч з 25 на 26 серпня 2009 року на турецький суховантаж Gülser Ana було завантажено 39 250 тонн фосфоритів (фосфатної породи), 570 тонн мазуту, 70 тонн суднового дизеля та 8 тонн мастила. Судно вийшло з Кпеме (Того) до Вішакхапатнаму (Індія). Суховантаж сів на мілину у найпівденнішій точці Мадагаскару Фаух Сар. Аварія стала причиною появи пробоїн у борту судна. Екіпаж судна у складі 23 людей було евакуйовано. 30 серпня судно розламалося надвоє. Через розлом стався розлив частини палива та вантажу.	Посадка на мілину
2010	Зіткнення з баржею танкера Eagle Otome – 23/01/2010 	Зареєстрований у Сінгапурі нафтовий танкер Eagle Otome із 13000 тоннами нафти на борту зіткнувся з баржою у водному шляху Сабін-Ніч у Порт-Артурі (штат Техас, США). Ніхто не постраждав, але один із танків був пошкоджений внаслідок зіткнення, і 1800 тонн нафти вилилося за борт. Навколо нафтового танкера та баржі створено заборонену зону. Тим часом, власник танкера, American Eagle Tankers Incorporated Ltd, мобілізувала свого підрядника з локалізації та збору забруднюючих речовин, що розлилися в радіусі близько 15 км. У	Зіткнення Вузькість водного шляху

Продовження таблиці 1.1А

		У зв'язку із сильним запахом нафтових плям близько ста місцевих жителів було евакуйовано на кілька годин. Цей інцидент став найбільшим розливом нафти, який стався у Техасі за 15 років. Частково він пояснюється напруженим судноплавством у цій галузі, а також вузькістю водного шляху, який не розширювався та не заглиблювався з 1960 року.	
Падіння контейнерів з вантажного судна Linda – 06/02/2010		Фінський суховантаж Linda на шляху з Роттердама (Нідерланди) до Санкт-Петербурга (Росія) втратив три контейнери в морі на південь від острова Готланд (Швеція). За словами власника, Langh Ship Oy Ab, аварія сталася, коли нижній контейнер у стеку впала під вагою інших. За судовими документами, один із контейнерів	Падіння контейнерів
		перевозив 5 тонн легкозаймистих речовин, а два інших – близько 15 тонн забруднювачів морського середовища. Шведська берегова охорона провела морський та повітряний пошук контейнерів, але він не увінчався успіхом.	
Зіткнення з буксиром контейнеровозу Strauss – 19/02/2010		Італійський буксир Francia вів контейнеровоз CMA CGM Strauss за 1,5 морські милі на південь від порту Генуя-Вольтрі (Італія). Зіткнення між декількома судами порушило справу про пробоїни в одному з паливних танків судна-контейнеровозу, внаслідок чого розлилося приблизно 180 тонн мазуту. Екіпаж CMA CGM Strauss відразу вжив усіх необхідних заходів, щоб зупинити розлив нафтопродуктів, зокрема шлях перекачування захоплення пошкодженого танка в інші бункерні танки. Витік палива був поставлений швидко під контроль, тому CMA CGM Strauss і Francia змогли благополучно прибути в док.	Зіткнення
Посадка на мілину балкера Shen Neng 1 – 03/04/2010.		Китайський балкер Shen Neng 1, який перевозив 65000 тонн вугілля, сів на мілину на мілководді в Дуглас Шоул біля біля Великого Бар'єрного рифу (Австралія).	Посадка на мілину

Продовження таблиці 1.1А

		Аварія пошкодила паливний бак і 3 тонни мазуту вилилися у воду. Розлив був оброблений дисперсантами. Судно в момент аварії знаходилося більш ніж за 30 миль від узгодженого курсу. Інцидент стався за 70 км від узбережжя Квінсленду. Австралія вимагає компенсації, заявивши, що аварія могла стати причиною великої катастрофи в одному з найважливіших і вразливих екологічних районів у світі, включеному в об'єкти Світової спадщини ЮНЕСКО. Бюро транспортної безпеки підтвердило, що корабель взяв незаконний курс. Крім того, розслідування виявило порушення під час управління судном. Його кермовий, мабуть, дрімав на посту.	
	Зіткнення з контейнеровозом хімовоза Uranus – 08/10/2010 	Близько 5:30 за місцевим часом китайський балкер Hanjin Rizhao зіткнувся з хімічним танкером YM Uranus, що вийшов з порту Маргера (Італія) в Амстердам (Нідерланди). Балкер протаранив задню частину танкера лівим бортом. Хімічний танкер YM Uranus був побудований у 2008 році, на його борту було 6 500 тонн нафтопродуктів. Китайське судно було здано в експлуатацію у липні 2010 року. На борту Hanjin Rizhao перевозили сталь. Після зіткнення Hanjin Rizhao залишився на місці аварії приблизно за 30 миль на захід від острова Уессана, щоб допомогти хімічному танкеру у разі потреби.	Зіткнення
2011	Посадка на міліну контейнеровозу Godafoss – 17/02/2011 	О 8 годині вечора ісландський контейнеровоз Godafoss сів на міліну неподалік міста Фредрікстад на південному сході Норвегії, поблизу шведського кордону. Аварія сталася на території єдиного національного норвезького морського парку. Незважаючи на сприятливі кліматичні умови для навігації, Godafoss не зміг уникнути великих рифів шириною від 100 до 200 метрів.	Посадка на міліну

Продовження таблиці 1.1А

		На борту були вибухові речовини, які не здетонували. Берегова служба Норвегії, місцеві муніципалітети та норвезька та шведська берегова охорона були мобілізовані негайно.	
Посадка на мілину балкера Oliva – 16/03/2011		О 4:30 ранку балкер Oliva сів на мілину на острові Найтінгел у Південній Атлантиці, на півдорозі між Аргентиною та Південною Африкою. Балкер йшов до Сінгапуру з вантажем соєвих бобів і міцно застряг на північному узбережжі острова. Наступного дня 22 члени екіпажу були евакуйовані на Единбург за допомогою судна Prince Albert II. З Кейптауна було відправлено буксир Smit Amandla із командою експертів-екологів на борту. Вони прибули лише 21 березня. Погодні умови спричинили розлом балкера вранці 18 березня. Корми затонули, і бункерне паливо (1500 тонн мазуту) було пролите. Острів було забруднено. Також постраждали береги трьох сусідніх островів.	Посадка на мілину
Посадка на мілину контейнеровозу Rena – 05/10/2011		Контейнеровоз Rena вантажопідйомністю 3500 контейнерів (дедвейт 47 230), що йшов під прапором Ліберії, сів на мілину на північ від Нової Зеландії, в 20 км від узбережжя Тауранга. На борту було 1368 контейнерів. Інцидент стався на рифі Астролябії, який славиться своєю флорою та фауною (колонії дельфінів, китів, тюленів та пінгвінів). Ліквідацією можливих екологічних наслідків зайнялася влада Нової Зеландії. 28 жовтня у тому ж регіоні стався другий викид на мілину, на щастя, без жодних серйозних наслідків. Контейнеровоз Schelde Trader сів на мілину на підході до Тауранги незабаром після виходу з порту. Про забруднення не повідомлялося.	Посадка на мілину
Викид на берег суховантажного судна Bremen – 16/12/2011		Незважаючи на прогноз про сильні вітри, зареєстроване на Мальті вантажне судно ТК Bremen залишило	Посадка на мілину

Продовження таблиці 1.1А

	без вантажу порт Лор'ян і стало на якір у спокійних водах острова Груа, перш ніж вирушити до Англії. Судно до цього прибуло з України в Лор'ян, де воно вивантажило 5300 тонн соняшникової олії. У ніч з 15 по 16 грудня судно потрапило в шторм «Іоакім» (вітер 50-60 вузлів, 5-7 метрів хвилі) і спробувало перейти до більш захищеної області, оскільки якір тримав важко. О 0:40 судно запросило допомоги від морського рятувально-координаційного центру CROSS Etel, потім його викинуло на берег за 2 км на південь від гирла Ріа-д'Етель.	
Крах Costa Concordia – 13/01/2012 	Увечері 13 січня 2012 року круїзне судно Costa Concordia, яке кілька годин тому вийшло з Чивітавек'я недалеко від Рима до середземноморського круїзу, несподівано вдарилося об скелю біля острова Джильо. Понад 4 000 людей з 60 країн, зокрема близько 1 000 членів екіпажу, перебували на борту лайнера. Судно нахилилося на правий бік за 50 метрів від берега. Морська вода ринула через пробійни в корпусі. Протягом кількох хвилин Costa Concordia кренилося на бік. На борту виникла паніка, в особливо складних умовах було евакуйовано кілька тисяч людей. До кінця вихідних шістьох людей було визнано загиблими, тридцять зниклими безвісти і понад сорок – пораненими. У наступні дні на Costa Concordia продовжувалися пошуки зниклих безвісти. Було розкрито водонепроникні двері судна. Ці операції кілька разів припинялися через суворі погодні умови. Рятувальні роботи завершилися 27 січня. Загалом 30 людей загинуло, двоє зникли безвісти і вважаються загиблими. Італійська влада остаточно припинила пошук тіл 31 січня.	Зіткнення зі скелею

Продовження таблиці 1.1А

	Вибух на контейнеровозі Flaminia – 14/07/2012 	На борту 300-метрового контейнеровозу MSC Flaminia, у трюмі №4, стався сильний вибух, причина якого залишилася не з'ясованою. У момент вибуху судно знаходилося в центральних районах Атлантичного океану і прямувало з Чарльстона (США) до Антверпена (Бельгія) з 2876 контейнерами на борту. Член екіпажу, який намагався загасити пожежу, спричинену вибухом, оголошено зниклим безвісти. Інший моряк помер від отриманих травм. Ще троє було поранено і доставлено на Азорські острови, тоді як інше судно перевозило решту екіпажу (громадян Німеччини, Польщі та Філіппін) до Саутгемптона (Англія). Другий вибух стався за чотири дні, 18 липня. Вогонь вирував протягом дев'яти днів і поширився на інші частини корабля. Контейнеровоз, кинутий екіпажом, нахилився на 11° за рахунок усунення вантажу та заповнення трюмів водою від гасіння пожежі. Надбудова, машинне відділення та кермо було пошкоджено вогнем. Кількість контейнерів, що впали за борт, невідома. У середині жовтня один із членів екіпажу помер від отриманих травм.	Вибух на судні
	Викид на берег рефрижератора Asian Lily – 24/12/2012 	Рефрижераторне судно Asian Lily на шляху з Нової Зеландії на Філіппіни село на міліну на острові Квайавата в Папуа-Новій Гвінеї, віддаленому від великих портів, які могли б надати своєчасну допомогу. У ході аварії судно отримало пролом у корпусі, з якого паливний мазут вплив у море. 27 грудня два буксири були направлені на допомогу в цей район, і судно було знято з мілини 10 січня 2013 року. Мазут міг завдати серйозної шкоди місцевій екосистемі, багатій на морську флору і фауну, проте масштаби розливу виявилися незначними.	Посадка на міліну

Продовження таблиці 1.1А

2013	Крах цементовозу Emeline – 09/01/2013 	Близько 03:00 за Гринвічем 9 січня 2013 року індонезійський цементовоз Emeline в результаті шторму, викликаного тропічним циклоном «Нарелл», затонув у морі Флорес, Індонезія. Цементовоз прямував з порту Soekarno-Hatta, Макаassar, до порту Banyuwangi, Східна Ява, за різними даними, або з вантажем цементу, або під навантаження цементу в баласті. 17 людей екіпажу перейшли до двох рятувальних плотів, двоє при цьому впали у воду і пропали безвісти. 6 моряків з одного з плотів були врятовані індонезійським суховантажем Mahakam River, що знаходився поблизу, проте суховантаж не зміг продовжувати пошуково-рятувальну операцію і змушений був слідувати в найближчий притулок через сильний шторм. Пліт з 9 рештою членів екіпажу востаннє було помічено об 11:00 за Гринвічем 9 січня. 10 січня влада вислала на пошуки плоту вертоліт, але незабаром повернувся через негоду.	Несприят- ливі погодні умови
	Катастрофа краболова «Шанс 101» – 27/01/2013 	У Японському морі поблизу узбережжя Тернейського району, Приморський край, краболов «Шторм 101» 25 січня 2013 потрапив у шторм. 26 січня о 10:45 за владивостокським часом капітан наказав зробити поворот на зворотний курс через лівий борт. Об 11:05 стався крен правого борту, екіпажу було дано команду покинути судно. Воно було покинуто протягом 10 хвилин, ще через 5 хвилин судно перекинулося. Сигнал SOS не був поданий, аварійний радіобуй не активовано. Спрямований на пошуки краболов «Талан», що належить тій же компанії «Схід-1», виявив 27 січня близько 22:00 за часом Владивостока судно, що перекинулося. О 22:45 суховантаж «Анатолій Торчинов» виявив пліт з 10 рибалками з «Шанс 101», їх було піднято на борт суховантажного судна та доставлено до Холмська рано	Несприят- ливі погодні умови

Продовження таблиці 1.1А

		вранці 28 січня. О 07:00 ще один пліт із п'ятьма рибалками, включаючи капітана, виявив краболов «Талан», він доставив врятованих до Находки. Капітан наступного дня помер. Екіпаж «Шанс 101» складався з 30 осіб, з них 19 громадян РФ та 11 громадян Індонезії. Серед врятованих 15-ти виявилось 11 громадян РФ та 4 Індонезії. Загинули 15 людей, крім капітана – здебільшого, ті, хто не встиг одягнути гідрокостюми через паніку. Краболов був у справному стані, у 2012 році пройшов ремонт у Пусані, результати якого підтверджено Росморрегістром. У тому ж році судно пройшло огляд на відповідність вимогам Міжнародного кодексу з управління безпекою. Під час внутрішнього розслідування компанії причиною катастрофи було названо помилкову команду капітана під час маневрування.	
Крах балкера Harita Bauxite – 16/02/2013 	У ніч на 17 лютого 2013 року в Південно-Китайському морі біля берегів Філіппін балкер Harita Bauxite зі зламаним в ході шторму двигуном розвернуло лагом до хвилі, він почав відчувати сильну бортову хитавицю і затонув. Балкер прямував з Обі (Індонезія) на Нінбо (Китай) у штормових умовах. Філіппінська Берегова охорона повідомила що о 09:00 за місцевим часом 17 лютого, що було ними отримано повідомлення з борту китайського балкера Jin Cheng про порятунок з двох рятувальних плотів 10 матросів-бірманців за 22 милі від мису Болінао, острів Лусон, Філіппіни, Південно-Китайське море. Імовірною причиною катастрофи стало усунення вантажу. Екіпаж становив 24 особи. З 10 врятованих один уже був мертвим або помер невдовзі після порятунку, 2 серйозно травмовані, їх доправили до лікарні силами Берегової охорони.	Несприятливі погодні умови	

Продовження таблиці 1.1А

	Крах вантажного судна Guang Yang Xin Gang – 18/03/2013 	Судно Guang Yang Xin Gang перекинулося та затонуло 18 березня, близько 17:15 за місцевим часом. Судно знаходилося за 40 миль від Лункоу, провінція Шандунь, Бохайська затока, Жовте море. Судно випливало з Тяньцзінь на Тайчжоу. З 14 людей екіпажу один у несвідомому стані врятований гелікоптером, один вважається зниклим безвісти, 12 загинули, їхні тіла витягнуті з води. Китайські ЗМІ називають Guang Yang Xin Gang контейнеровозом, але підтверджень немає.	Переки- дання
--	---	---	--------------------------

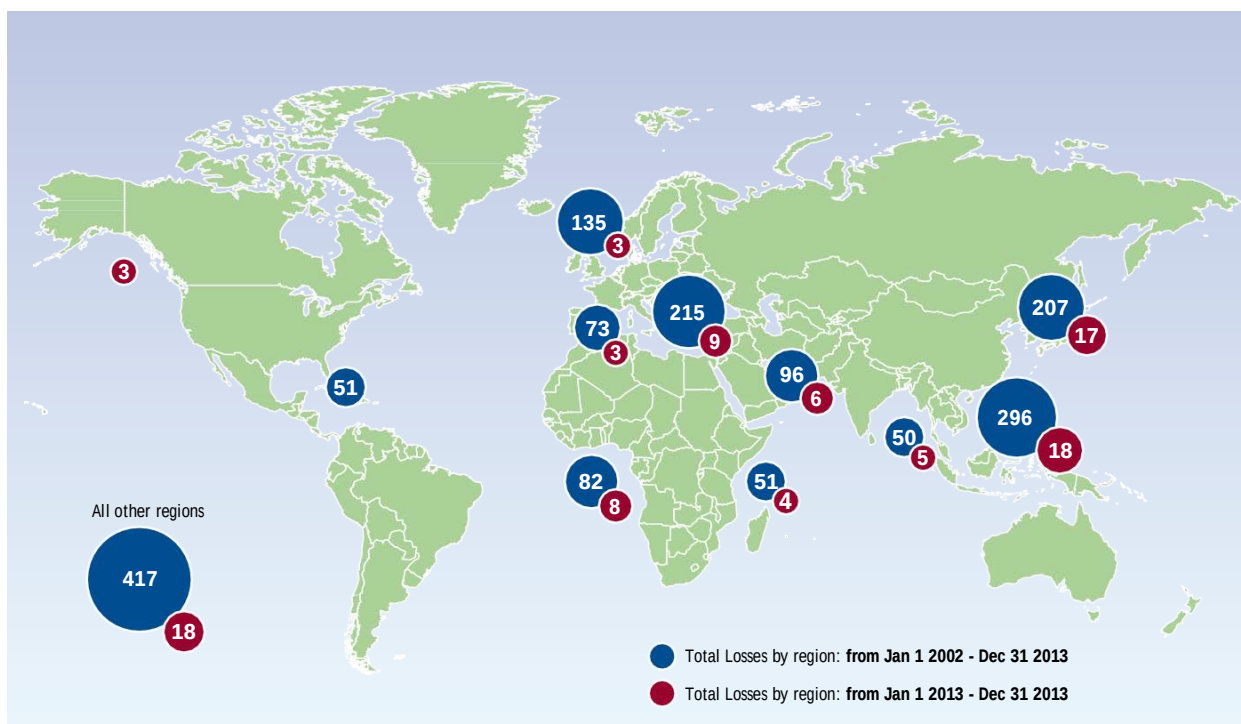


Рис. 1.1А – Загальні втрати за 10 найбільшими регіонами, 2002-2013 роки

Таблиця 1.2А

Загальні втрати за типом судна за 2002-2013 роки

Період / Тип судна	Barge	Bulk	Cargo	Chemical / Product	Container	Dredger	Fishery	LPG/LNG	Other	Passenger	Ro-ro	Supply / Offshore	Tanker	Tug	Unknown	
2002	4	7	63	7	2	3	40	2	16	13	6	1	2	7		173
2003	3	10	75	8	1	1	32		6	14	7		5	9	3	174
2004	2	8	58	10		4	33	1	4	9	8	3	2	9	1	152
2005	6	6	61	6	2	4	35	1	3	12	7	3		5		151
2006	6	8	61	11	4	3	23		3	12	10	3	2	7	1	154
2007	6	12	70	6	3	2	34		6	8	5	5	1	11	1	170
2008	3	8	58	7	2	4	37	1	6	4	8	1	3	7	1	150
2009		10	51	8	4		29		5	5	6	3	2	5		128
2010	1	11	60	5	5	1	22		3	3	1	2	3	4		121
2011		13	35	2	3	2	14	1	4	7	3	1	2	2		89
2012		8	57	8	5	2	12	1	3	6	5	3	1	6		117
2013	3	12	32	7	4		14		6	6	2	2		6		94
Всього	34	113	681	85	35	26	325	7	65	99	68	27	23	78	7	1,673

Таблиця 1.3А

Рейтинг десяти регіонів – втрати морських суден за 2002-2013 роки

1.	S. China, Indo China, Indonesia & Philippines	296
2.	East Mediterranean & Black Sea	215
3.	Japan, Korea and North China	207
4.	British Isles, N. Sea, Eng. Channel, Bay of Biscay	135
5.	Arabian Gulf and approaches	96
6.	West African coast	82
7.	West Mediterranean	73
8.	West Indies	51
9.	East African Coast	51
10.	Bay of Bengal	50
Others		417
Total Losses by Region		1,673

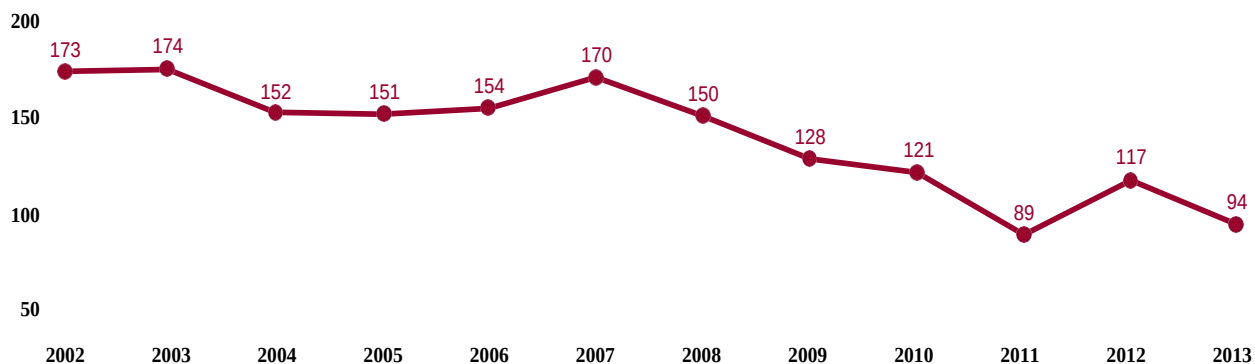


Рис. 1.2А – Статистика морських інцидентів згідно з Lloyd's List за 2002-2013 роки. Аналіз Allianz Global Corporate & Specialty



Рис. 1.3А – Причини інцидентів із суднами за 2002-2013 роки

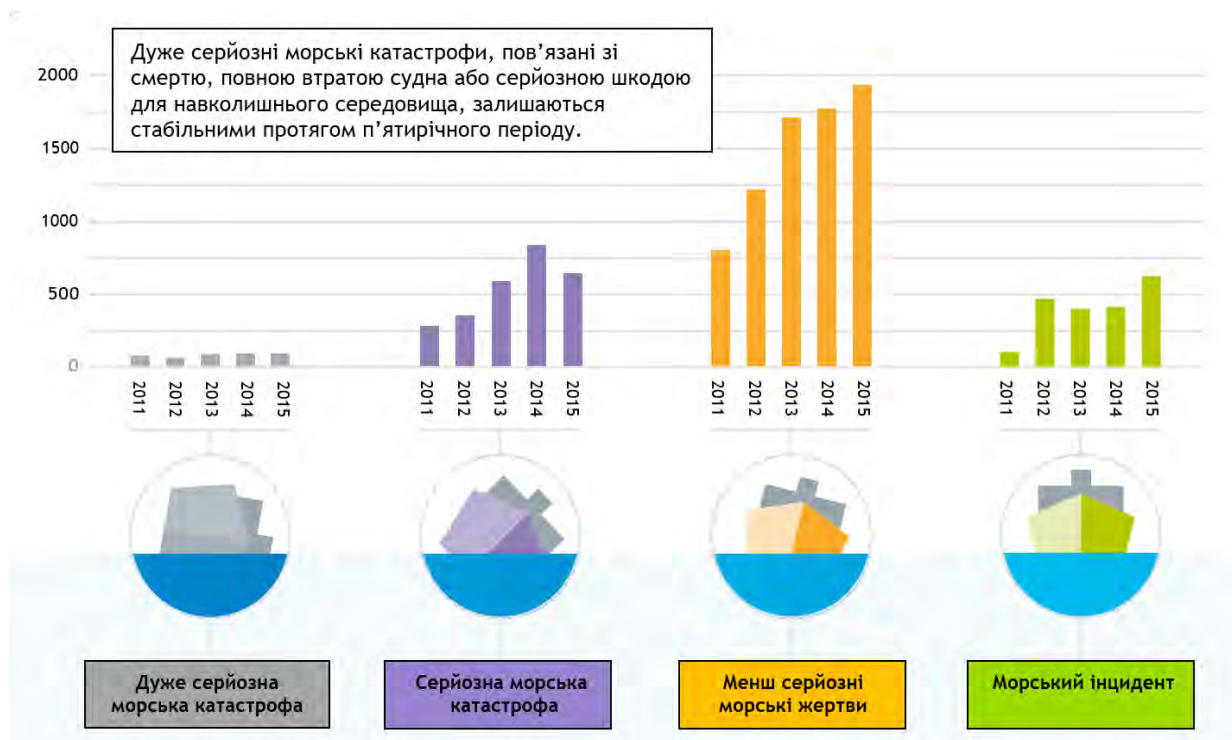


Рис. 1.4А – Морські катастрофи, 2011-2015 роки



Рис. 1.5А – Інциденти із морськими суднами за період 2011-2015 роки

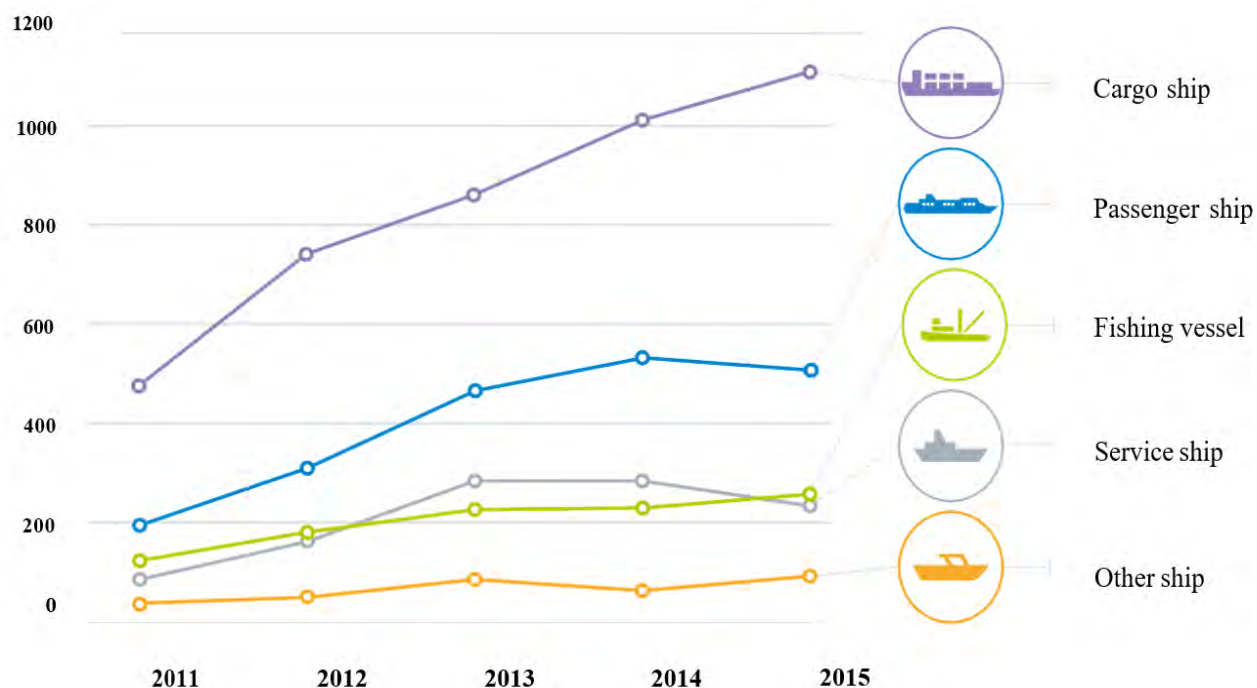


Рис. 1.6А – Інциденти із суднами різного типу за період 2011-2015 роки

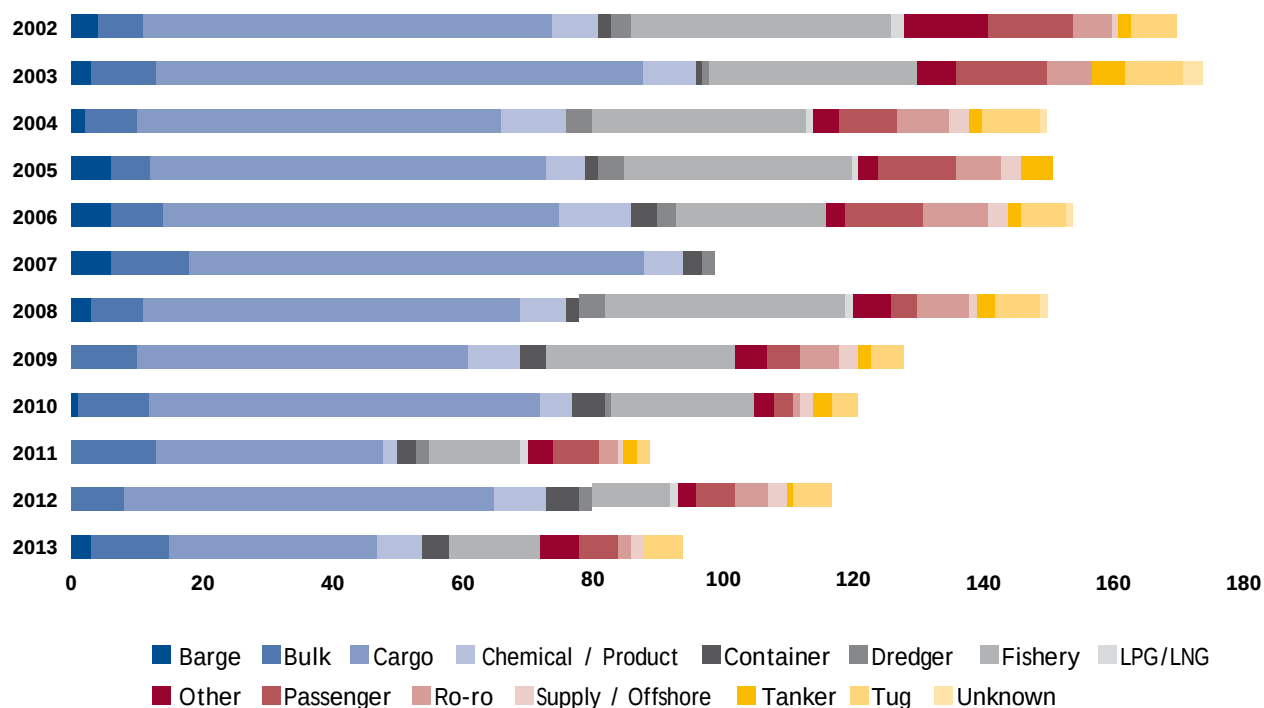


Рис. 1.7А – Загальна кількість втрат за типами суден за 2002-2013 роки

Таблиця 1.4А

Стан аварійності на водному транспорті в Україні, 2012-2017 роки

Назва показника (класифікація та наслідки подій)	Рік	Квартали	Кількісні значення показника (випадки, особи)
2	3	4	5
Дуже серйозні аварії (катастрофи)	2012	I–IV	3
Серйозні аварії	2012	I–IV	12
Серйозні інциденти	2012	I–IV	4
Інциденти	2012	I–IV	7
Загинуло	2012	I–IV	9
Травмовано	2012	I–IV	4
Дуже серйозні аварії (катастрофи)	2013	I–IV	8
Серйозні аварії	2013	I–IV	4
Серйозні інциденти	2013	I–IV	3
Інциденти	2013	I–IV	6
Загинуло	2013	I–IV	8
Травмовано	2013	I–IV	1
Дуже серйозні аварії (катастрофи)	2014	I–IV	6
Серйозні аварії	2014	I–IV	1
Серйозні інциденти	2014	I–IV	1
Інциденти	2014	I–IV	–
Загинуло	2014	I–IV	7
Травмовано	2014	I–IV	1
Дуже серйозні аварії (катастрофи)	2015	I–IV	8
Серйозні аварії	2015	I–IV	6
Серйозні інциденти	2015	I–IV	3
Інциденти	2015	I–IV	8
Загинуло	2015	I–IV	31
Травмовано	2015	I–IV	26
Дуже серйозні аварії (катастрофи)	2016	I–IV	4
Серйозні аварії	2016	I–IV	3
Серйозні інциденти	2016	I–IV	1
Інциденти	2016	I–IV	–
Загинуло	2016	I–IV	4
Травмовано	2016	I–IV	–
Дуже серйозні аварії (катастрофи)	2017	I–III	2
Серйозні аварії	2017	I–III	11
Серйозні інциденти	2017	I–III	–
Інциденти	2017	I–III	5
Загинуло	2017	I–III	2
Травмовано	2017	I–III	1

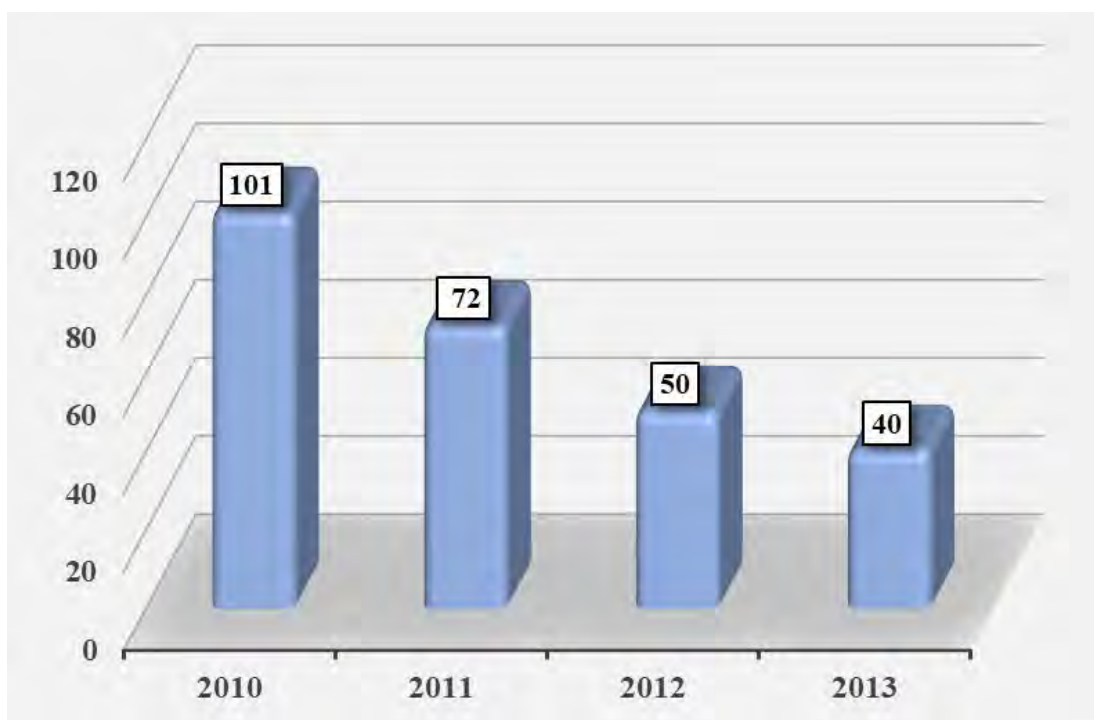


Рис. 1.8А – Позитивна динаміка зменшення аварійних подій у 2010-2013 роках

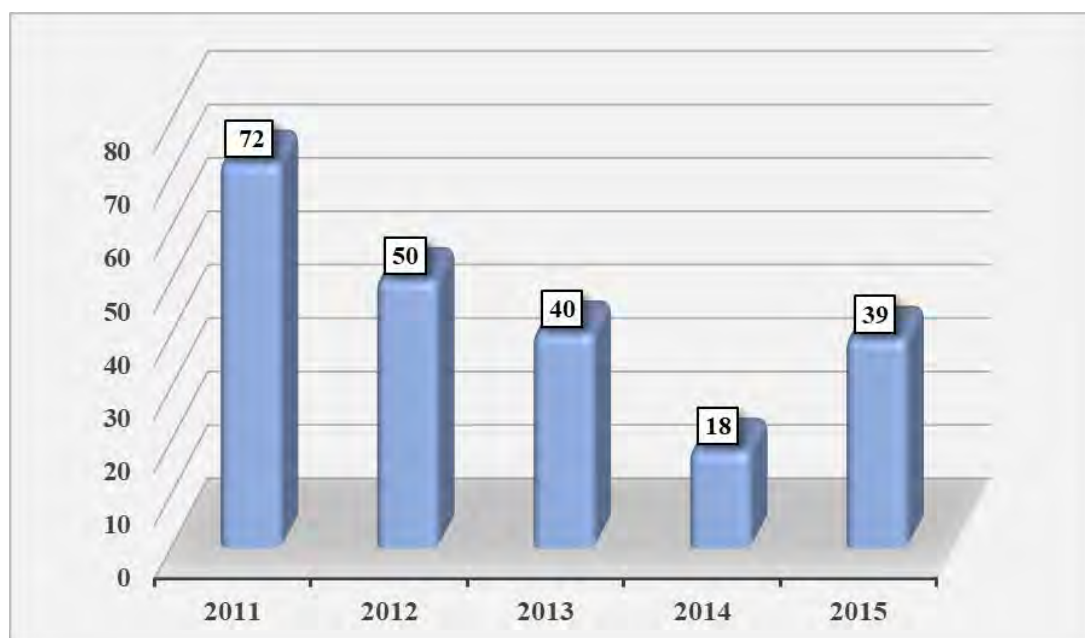


Рис. 1.9А – Тенденція збільшення аварійних подій на водному транспорті України протягом 2010-2015 років

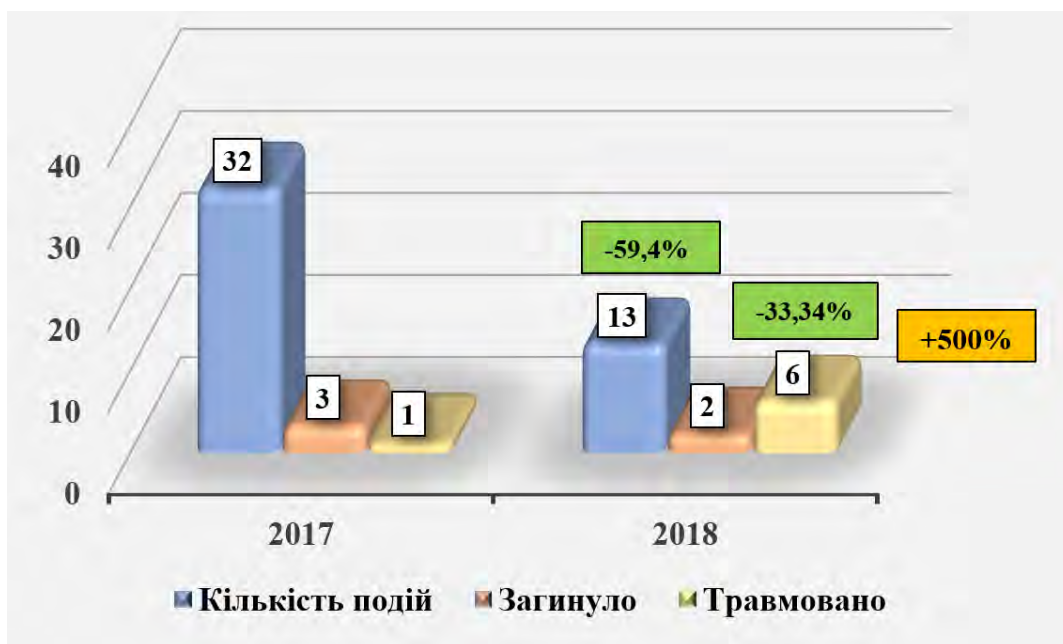


Рис. 1.10А – Порівняння стану аварійності на водному транспорті в Україні за 2017-2018 роки



Рис. 1.11А – Стан аварійності на морському та річковому транспорті України у порівнянні за 2018-2019 роки

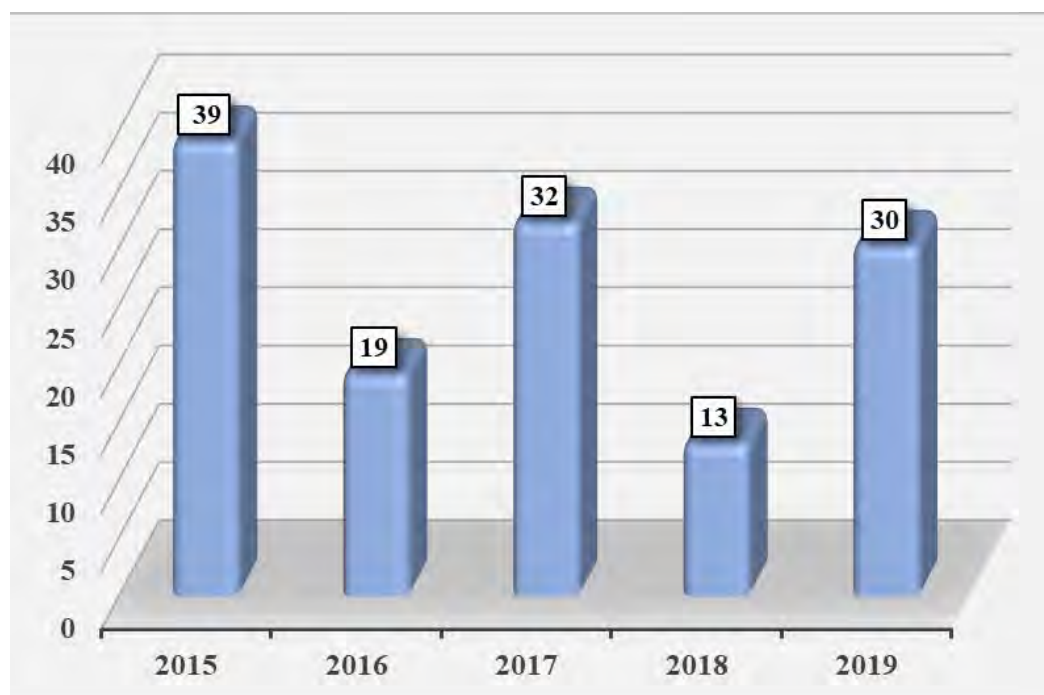


Рис. 1.12А – Коливання кількості аварійних подій за 2015-2019 роки

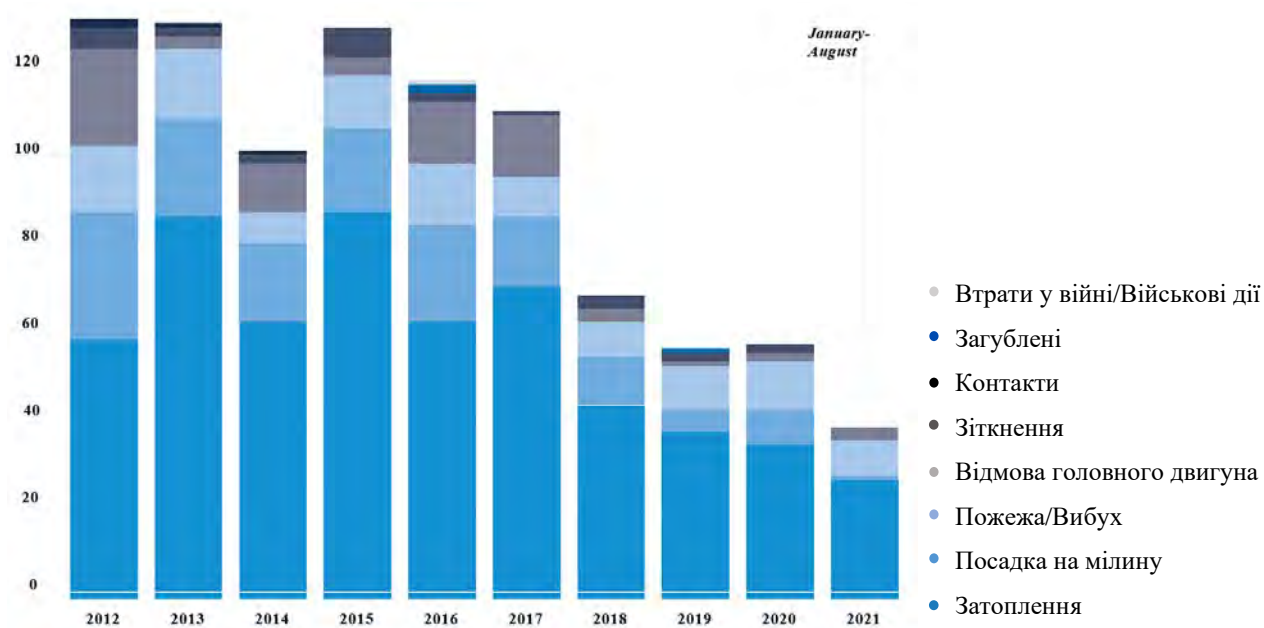


Рис. 1.13А Втрати суден світового флоту за видами аварій у 2012-2021 роках

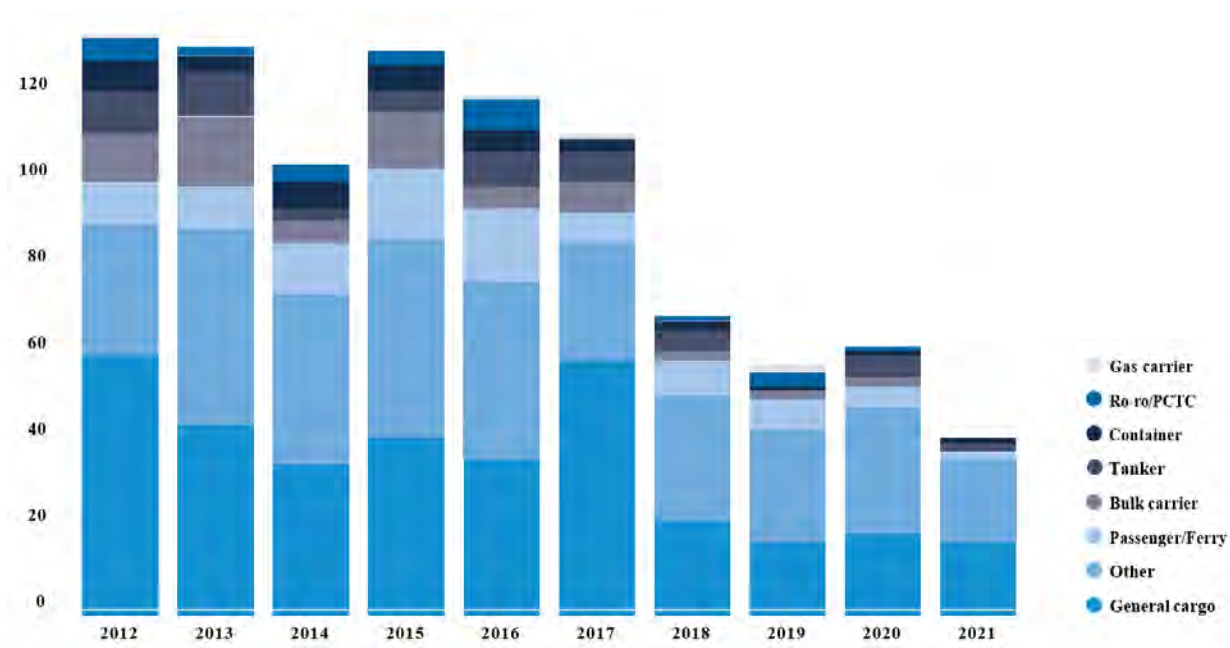
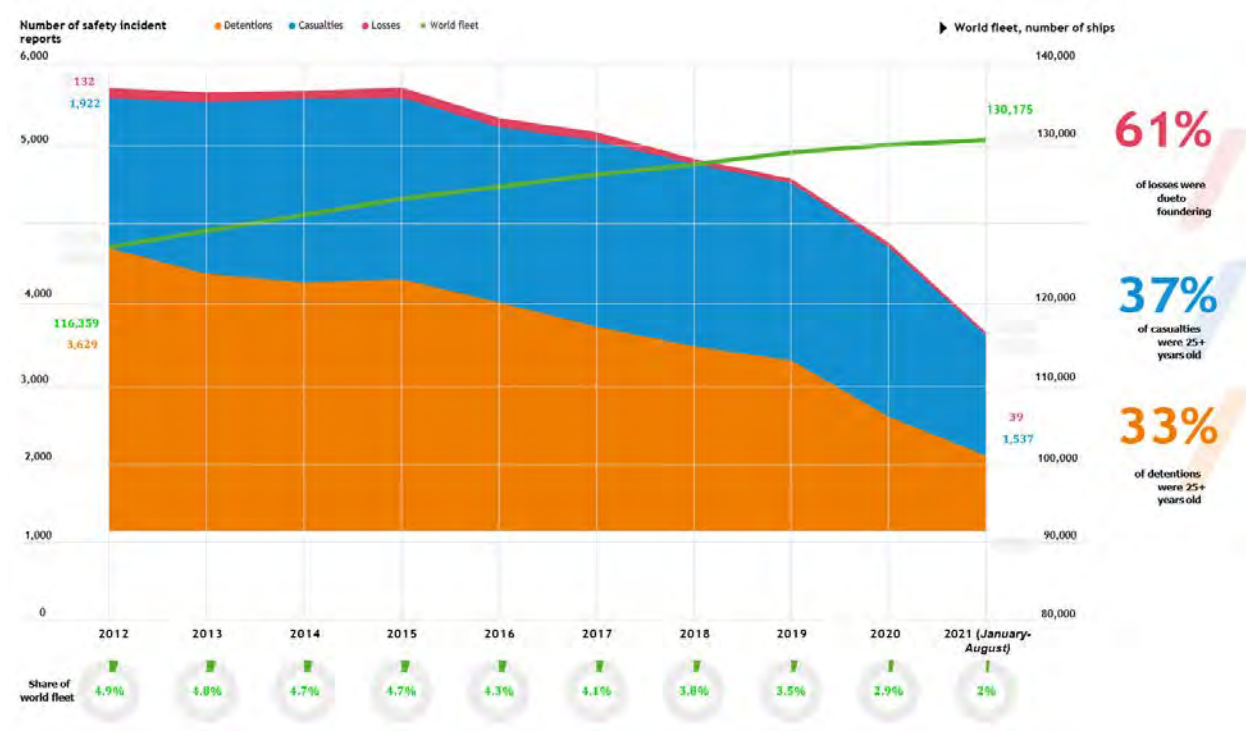


Рис. 1.14А – Втррати за типами суден за 2012-2021 роки



● Затримання ● Постраждалі ● Втррати ● Світовий флот

Рис. 1.15А – Кількість втрат суден світового флоту за 2012-2021 роки

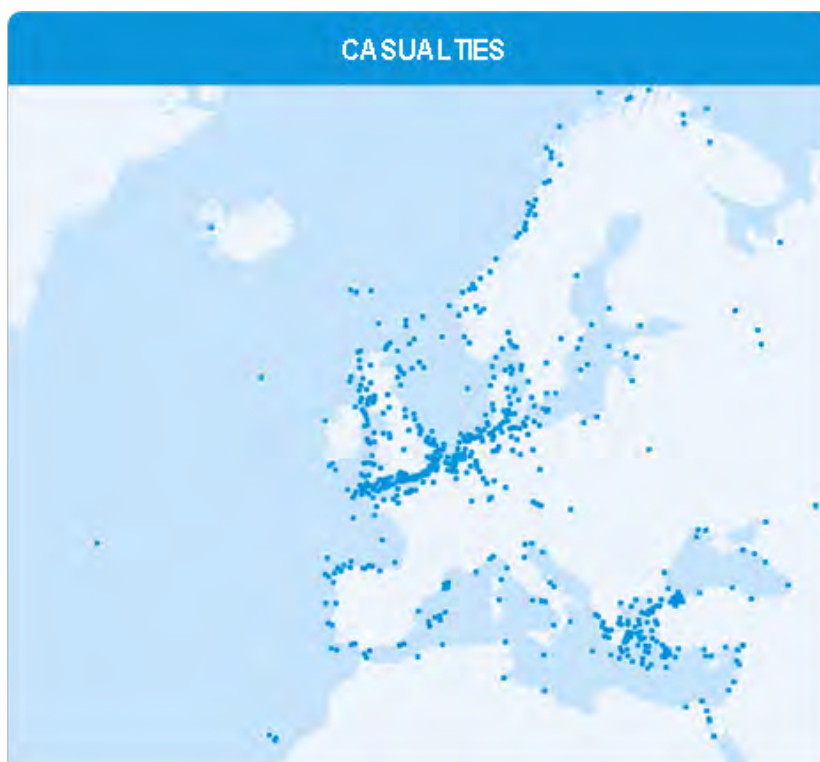


Рис. 1.16А – Загальна кількість інцидентів із суднами у регіоні Європа-Північна Африка за січень-серпень 2021 року

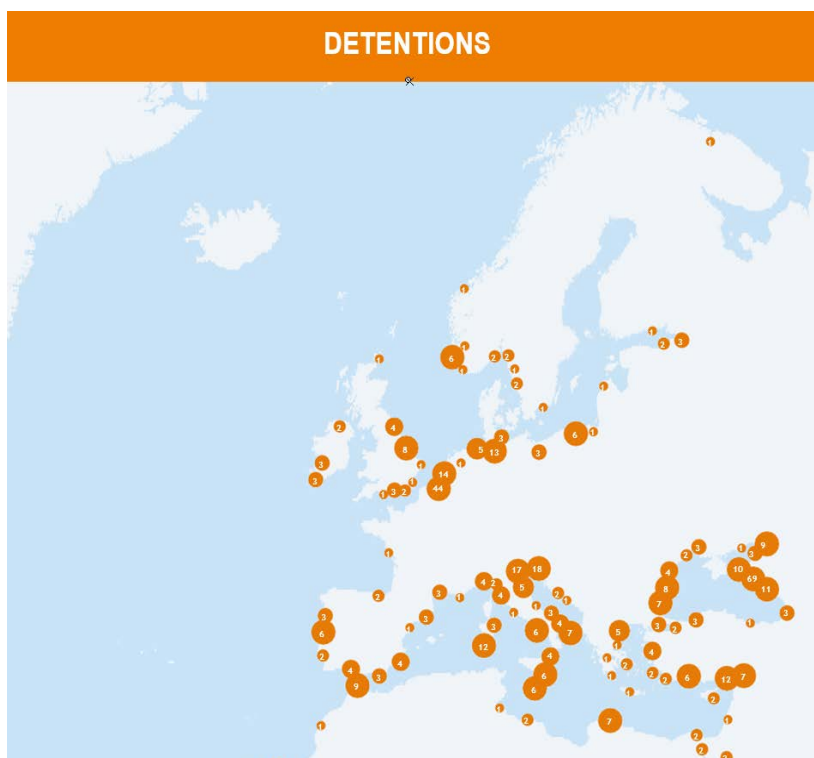


Рис. 1.17А – Затримання суден у регіоні Європа – Північна Африка за січень-серпень 2021 року

DETENTIONS BY LOCATION

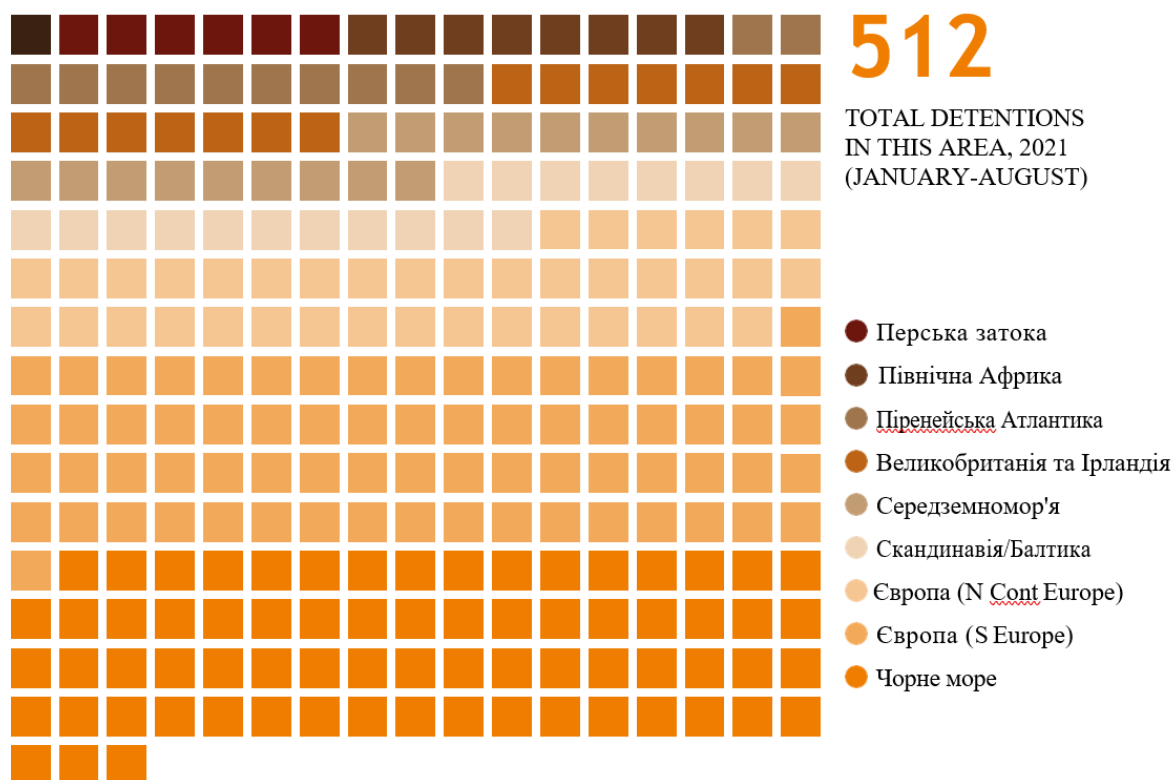


Рис. 1.18А – Загальна кількість затримань суден у регіоні Європа – Північна Африка за січень-серпень 2021 року

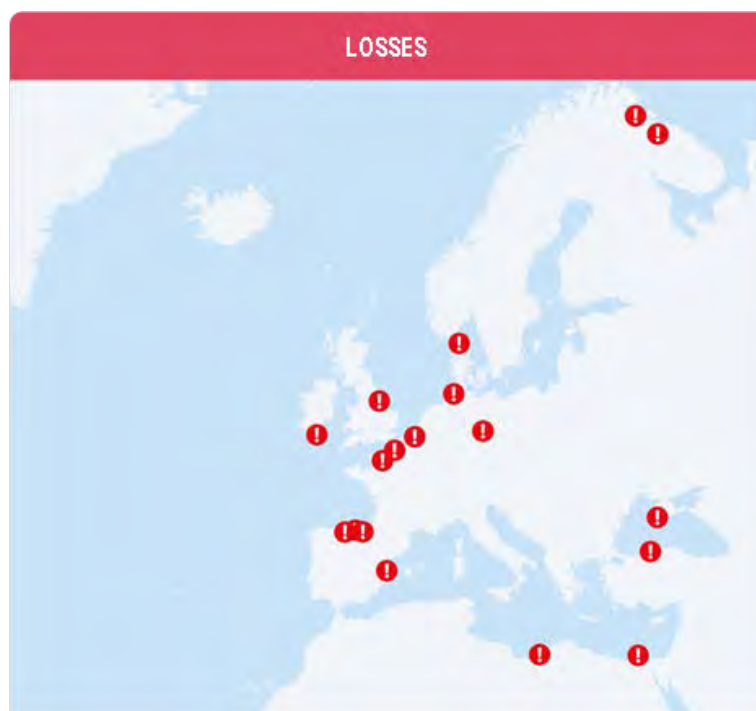


Рис. 1.19А – Загальна кількість втрат суден у регіоні Європа – Північна Африка за січень-серпень 2021 року

CAUSE OF LOSS

16

TOTAL LOSSES IN
THIS AREA, 2021
(JANUARY-AUGUST)

Рис. 1.20А – Причини втрат суден у регіоні Європа – Північна Африка за січень-серпень 2021 року

ДОДАТОК Б

Фактори, які сприяють виникненню навігаційних ризиків та їх причини

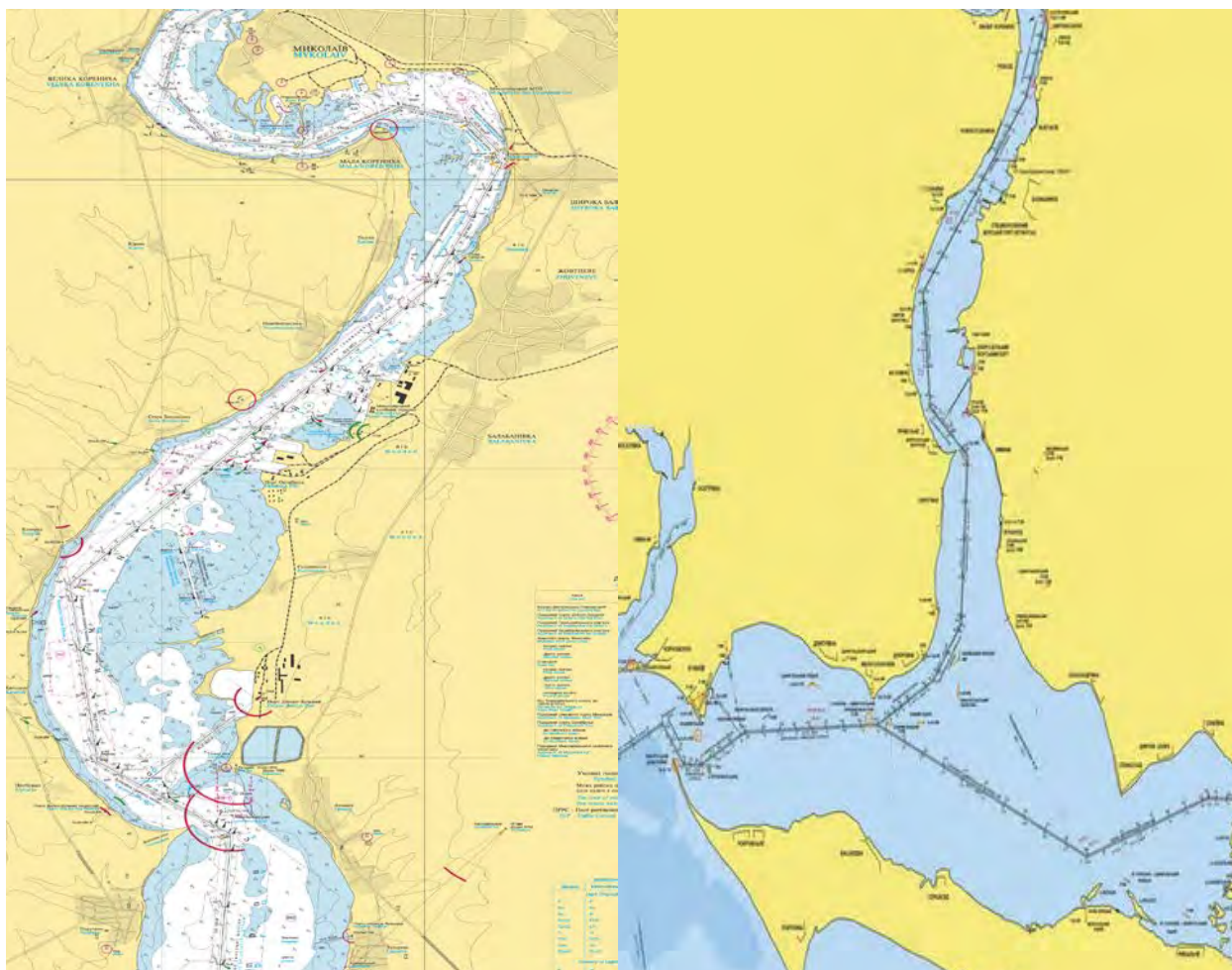


Рис. 1.1Б – Акваторія Бузько-Дніпровсько-лиманського каналу (регіон А – червоний зліва – розташування буїв в фарватері)



Рис. 1.2Б – Карта розташування морської зони Турецьких проток (ліворуч), Босфорська протока – вигляд із космосу (праворуч)

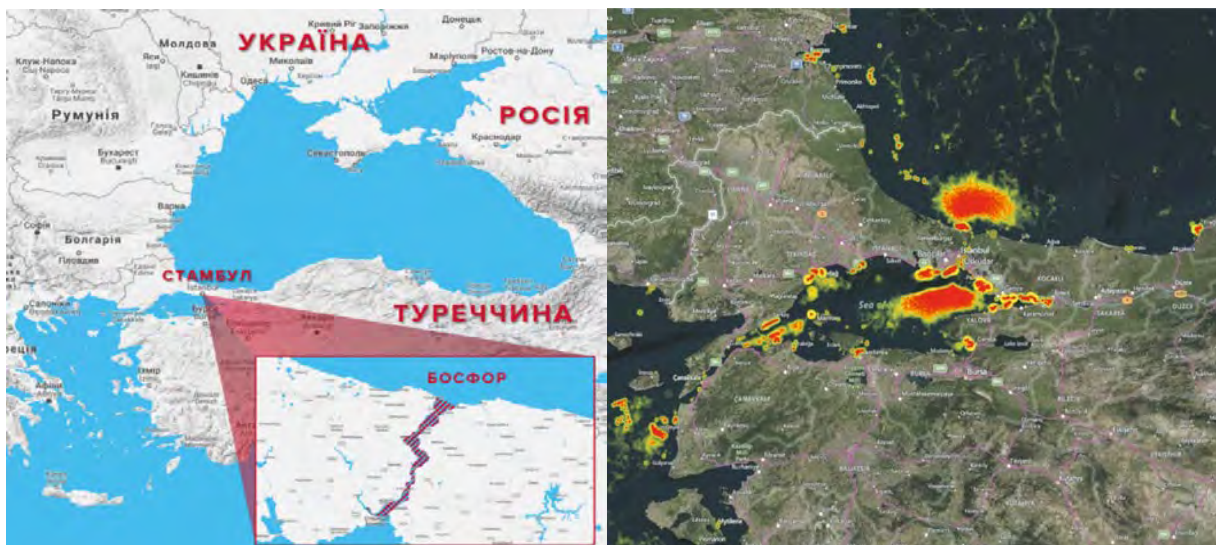


Рис. 1.3Б – Босфорська протока. Теплова карта морської транспортної активності поблизу Босфору (судна стоять на рейді)

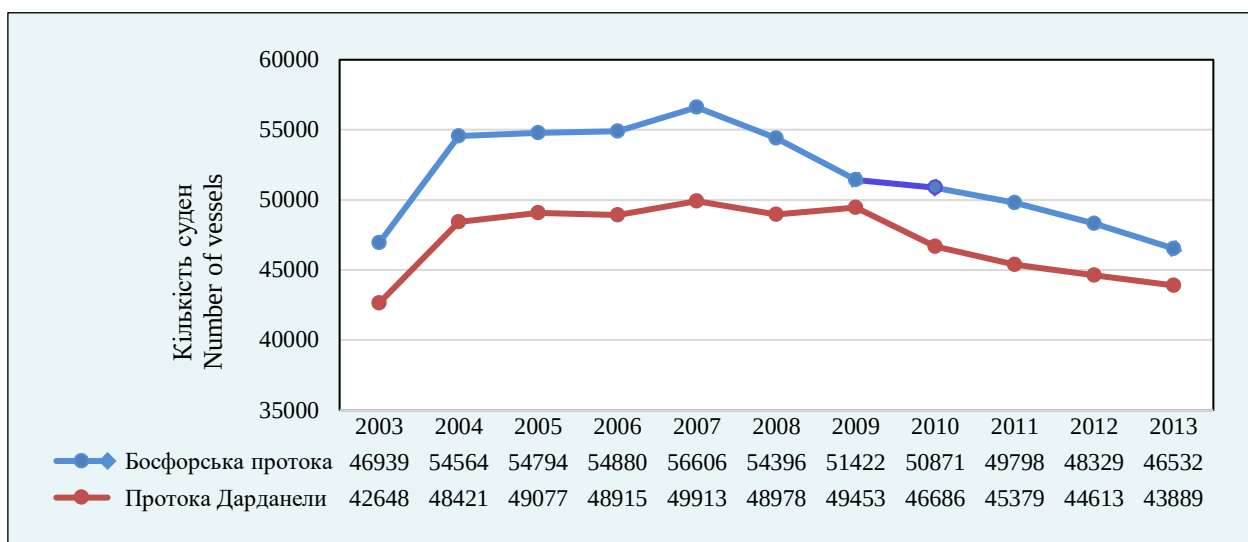


Рис. 1.4Б – Кількість суден, що проходили через Турецькі протоки за 2003-2013 роки

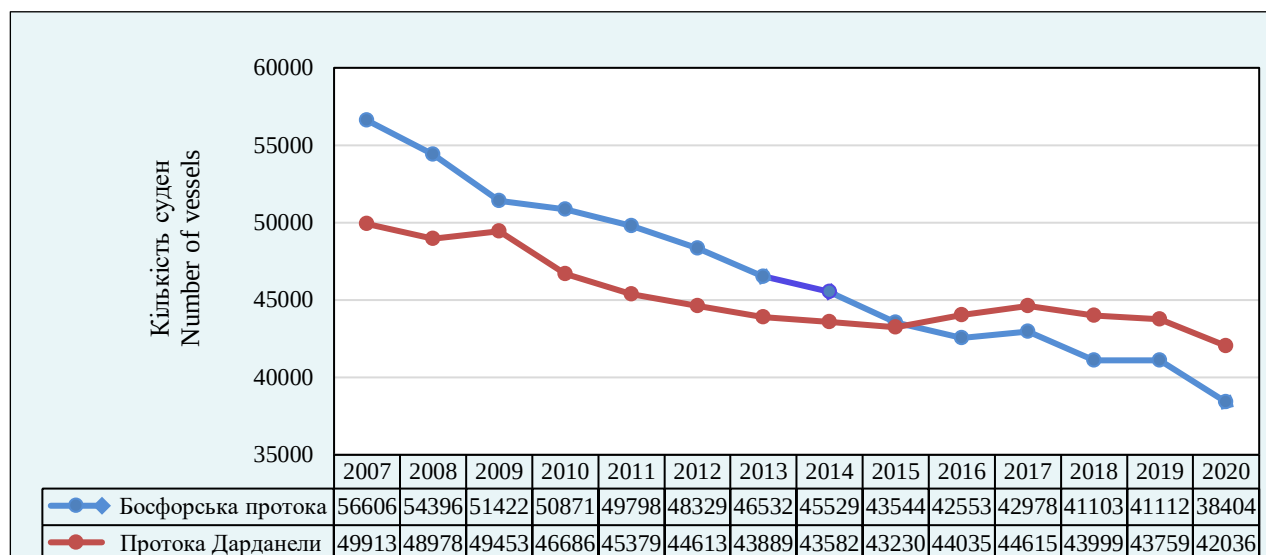


Рис. 1.5Б – Кількість суден, що проходили через Турецькі протоки
за 2007-2020 роки

Таблиця 1.1Б

*Зведена статистика суден, що пройшли Стамбульську протоку
за 2006-2021 роки*

Роки / Years	Кількість суден (Number Of Vessels)	Загальна валова місткість (Total Gross Tonnage)	З лоцманом (With Pilot)	Надано Sp1* (Sp1 Given)	Судна, які не заходять (Non Call In Vessels)	LOA більше ніж 200 м (LOA Longer Than 200 m)	Менш ніж 500 GT (Lower than 500 GT)	Всього танкерів / Total Tankers			Буксировані (Towed)
								ТТА (неспеціальні танкери)	LPG/LNG (газовози)	TCH (хімовози)	
2006	54 880	475 796 880	26 589	53 324	31 880	3 653	2 176	7 659	814	1 680	111
2007	56 606	484 867 696	26 685	55 132	31 826	3 653	2 138	7 204	800	2 050	105
2008	54 396	515 639 614	27 001	53 232	31 762	3 911	1 800	6 564	764	1 975	119
2009	51 422	514 656 446	24 977	50 712	32 297	3 871	1 128	6 557	866	1 876	122
2010	50 871	505 615 881	26 035	50 020	28 668	3 623	1 377	6 464	1 099	1 711	115
2011	49 798	523 543 509	26 011	49 179	27 938	3 800	1 046	6 216	1 227	1 660	93
2012	48 329	550 526 579	24 812	47 638	27 345	3 866	1 064	5 913	1 336	1 779	98
2013	46 532	551 771 780	24 023	45 616	26 577	3 801	1 192	5 685	1 741	1 580	87
2014	45 529	582 468 334	24 508	44 928	26 212	4 295	928	5 587	1 540	1 618	90
2015	43 544	565 216 784	23 349	43 039	25 243	3 930	879	5 825	1 232	1 576	71
2016	42 553	565 282 287	22 356	42 132	26 050	3 873	522	6 033	989	1 681	73
2017	42 978	599 324 748	24 059	42 700	26 111	4 005	436	6 212	742	1 878	88
2018	41 103	613 088 166	23 565	40 844	25 884	4 106	508	6 014	623	1 950	116
2019	41 112	638 892 062	26 632	40 870	26 138	4 400	333	5 934	561	2 462	89
2020	42 036	858 844 972	21 175	41 581	24 639	7 430	779	5 644	671	3 057	126
2021	43 342	898 473 519	23 706	42 896	24 668	7 855	820	5 196	627	3 385	131

*Звіти SP1/SP2 є основним джерелом послуг з регулювання морського руху, які надаватиме служба судноруху турецької протоки TBGTH (TÜRK BOĞAZLARI GEMİ TRAFİK HİZMETLERİ). Своєчасне та точне подання цих звітів підвищує ефективність організації морського руху



Рис. 1.6Б – Найвужча частина Стамбульської протоки між містами Канділли та Асіянь. Подвійні вигини з високою ймовірністю зіткнень



Рис. 1.7Б – Різкий поворот біля мису Єнікой, де ймовірність зіткнення та ефект поперечної течії збільшуються під час маневрів, що спричиняє потрапляння на міліну

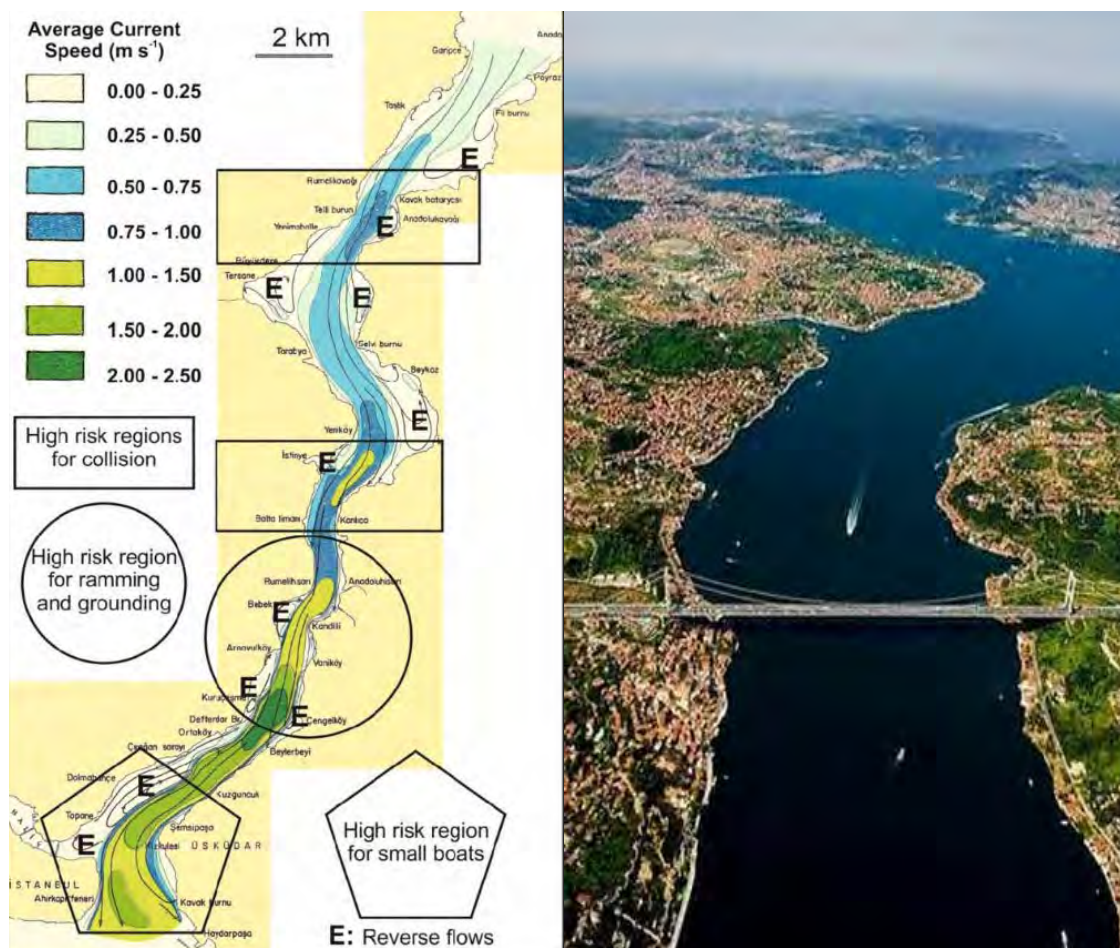


Рис. 1.8Б – Середні швидкості течії вздовж Стамбульської протоки

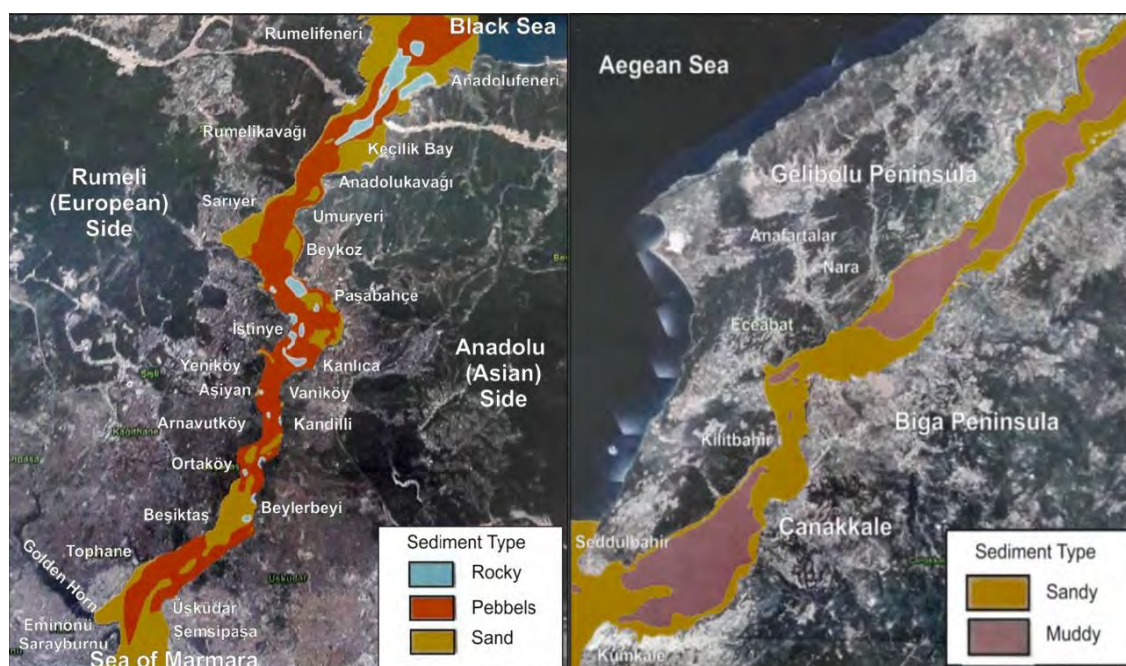


Рис. 1.9Б – Текстура морського дна вздовж Стамбульської протоки. Осади в протоці Дарданелли

Таблиця 1.2Б

Види морських інцидентів в Турецьких протоках

Місце морської аварії/інциденту	Кількість				ВИД морських аварій/інцидентів
	Події	Загиблі судна	Втрати людей	Врятовано людей	
ПРОТОКИ МАРМАРА-ДАРДАНЕЛЛИ-СТАМБУЛЬСЬКА Стамбул, Кефкен, Текірдаг, Сіле, Енез, Зонгулдак, Ігнеада, Карасу, Сіліврі, Ізміт, Ялова, Тузла, Анбарлі, К. Ереґлі, Чанаккале, Гемлік, Карабіга, Гекчеада, Бандирма, Айвалик, Муданья, Бозджаада, Ердек, Едреміт, М. Острів, Галліполі.	56	8	3	921	Навал на брівку, зіткнення-контакт, посадка на мілину, несправність двигуна, бортовий нахил (крен), запит на допомогу, людина за бортом.
ЕГЕЙСЬКЕ МОРЕ Ізмір, Дікілі, Кушадаси, Бодрум, Фетхіє, Фоча, Чешме, Аліага, Гуллюк, Мармарис, Датча, Гечек.	24	13	1	43	Навал на брівку, зіткнення-контакт, посадка на мілину, несправність двигуна, бортовий нахил (крен), запит на допомогу, людина за бортом.
СЕРЕДЗЕМНЕ МОРЕ Мерсін, Ташуджу, Боташ, Анамур, Іскендерун, Анталія, Каш, Фініке, Аланія, Кемер.	18	3	2	28	Навал на брівку, зіткнення-контакт, пошкодження корпусу, посадка на мілину, несправність двигуна, бортовий нахил (крен), запит на допомогу, людина за бортом.
ЧОРНЕ МОРЕ Самсун, Амасра, Сіноп, Уньє, Герзе, Інеболу, Бартін, Орду, Аянджик, Фатса, Сіде, Трабзон, Тіреболу, Хопа, Різе, Фонд, Гіресун, Гереле, Сюрмене, Пазар, озеро Ван.	7	2	0	10	Навал на брівку, зіткнення-контакт, пошкодження корпусу, тримаюча сила якоря, посадка на мілину, несправність двигуна, бортовий нахил (крен), запит на допомогу, людина за бортом.
Загальна кількість	106	26	6	1002	

Таблиця 1.3Б

Фактори впливу на безпеку рейсового циклу судна

Категорія	Фактори впливу
Безпека судна	Незадовільні властивості судна. Несприятливі зовнішні умови. Відмови суднових технічних засобів та обладнання. Впливи вантажів, функціональних систем та пристроїв. Помилки у діях людини. Плавучість. Вітер. Пожежі. Втрата остійності. Зіткнення. Навали. Непотоплюваність. Погана видимість. Випромінювання. Механічні ушкодження. Втрата ходкості. Температура повітря. Відмови. Керованість. Підводні небезпеки. Мореплавність. Інтенсивність судноплавства. Міцність. Стислість у районі плавання. Живучість. Айсберги.
Безпека людини	Стан безпеки та надійності судна як транспортного засобу в нормальних та аварійних режимах. Склад та стан суднових рятувальних засобів індивідуального та колективного користування. Рівень організації та оснащеності пошуково-рятувальної служби в країні та взаємодія її з пошуково-рятувальними службами інших країн. Зовнішні дії, метеоумови. Психофізіологічний стан та професійна підготовка, дисциплінованість екіпажу.
Безпека навіколишнього середовища	Аварійні пошкодження судна або його технічних засобів, що спричиняють розливи палива та нафтопродуктів. Радіоактивне зараження при аваріях суден з ядерними енергетичними установками тощо. Недотримання правил зберігання та перевезення небезпечних вантажів або недосконалості цих правил. Помилкові дії екіпажу при заправці паливом, завантаженні/розвантаженні небезпечних вантажів, здійсненні заходів щодо боротьби за живучість судна та ін. Недотримання правил зберігання та перевезення небезпечних вантажів або недосконалості цих правил. Помилкові дії екіпажу при заправці паливом, навантаженні/вивантаженні небезпечних вантажів, здійсненні заходів щодо боротьби за живучість судна та ін. Пожежі та вибухи на судні, особливо поблизу інших пожежотехнічних вибухонебезпечних суден та берегових об'єктів. Використання типів суден, особливо швидкохідних, що створюють потужну хвильову систему, що призводить до пошкоджень та руйнувань берегів та берегових споруд.
Безпека вантажів	Фізико-хімічні та інші властивості вантажів. Умови розміщення вантажу на судні. Зовнішні умови та впливи: хитамиця, крен, заливність, зледеніння. Аварійні пошкодження судна та суднових технічних засобів. Пожежі та вибухи.

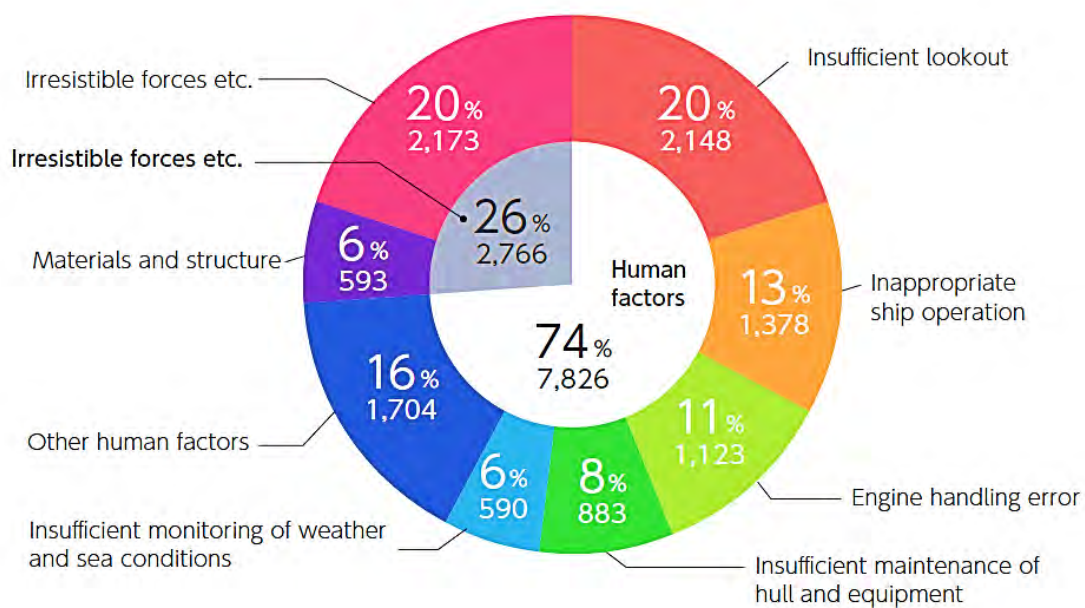


Рис. 1.11Б – Співвідношення за видами причин загальної кількості аварій, які сталися за 2017-2021 роки

ДОДАТОК В

Підходи та аналіз оцінки навігаційних ризиків рейсового циклу судна

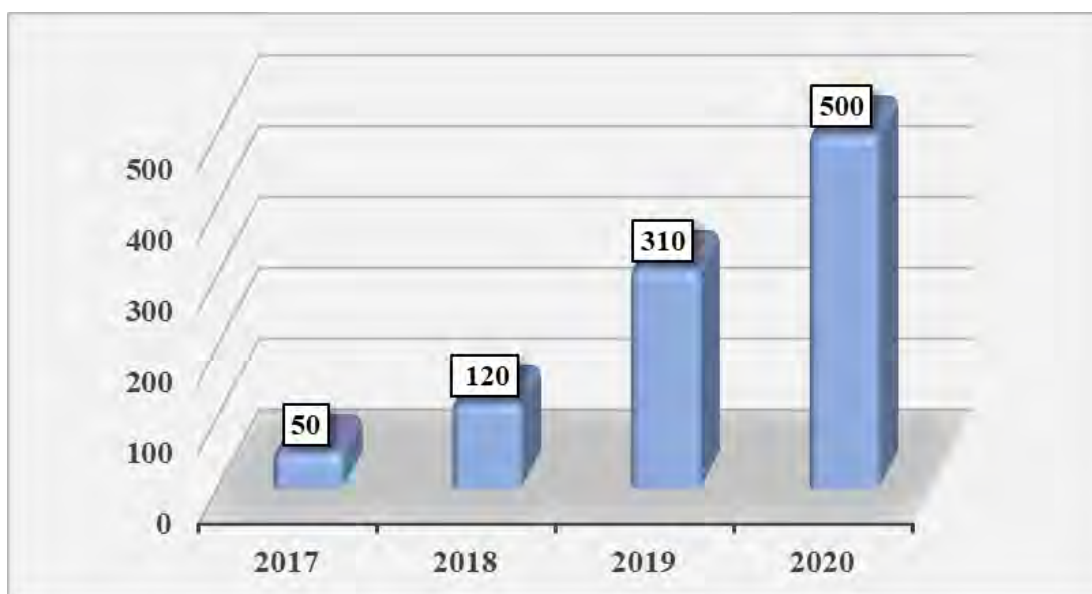


Рис. 2.1В – Зростання кібератак на морську індустрію, 2020 рік

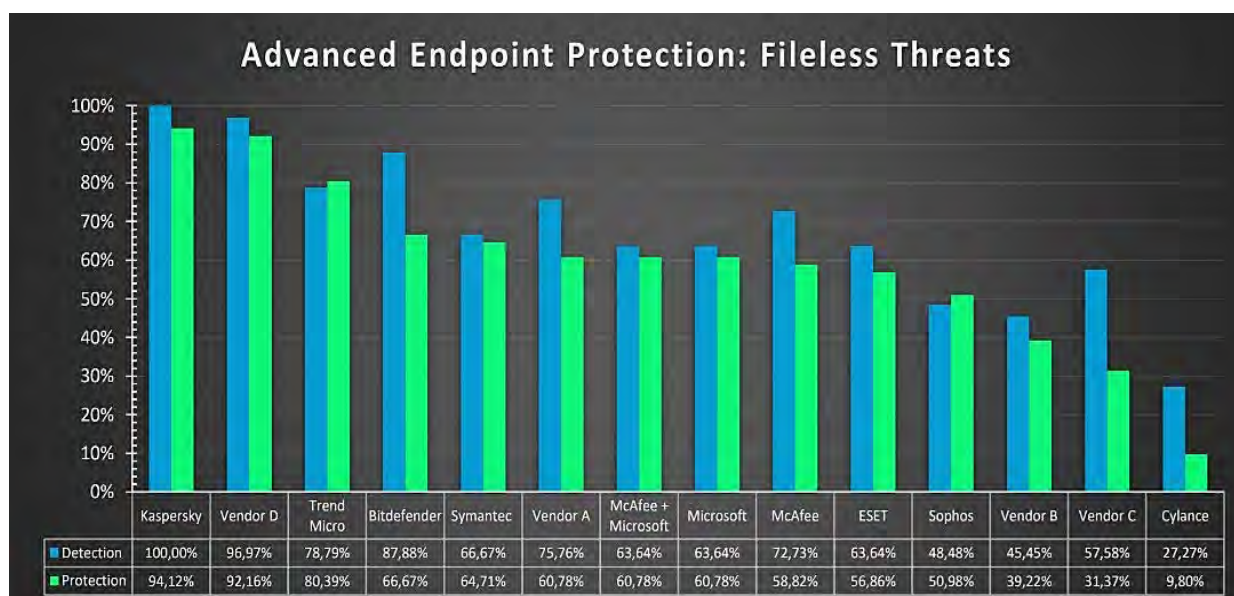


Рис. 2.2В – Аналіз лабораторії Касперського 2020 року: «безфайлові» загрози кінцевих точок

Таблиця 2.1В

*Комплексна класифікація факторів ризиків в логіці**«фактори ризику – ризики – наслідки»*

Фактори ризиків	Ризики	Ймовірні наслідки реалізації ризику
Природно–кліматичні	Втрата судна, вантажу, фрахту, відмови технічних засобів.	Загибель людей. Конструктивні пошкодження судна. Загибель судна. Втрата вантажу. Загибель членів екіпажу.
Техногенні	Виникнення пожежі, відмова технічних засобів, пошкодження корпусу, несанкціонована зупинка головного двигуна, розлив палива та інше.	Часткове або повне руйнування судна вогнем. Посадка судна на мілину, конструктивне руйнування судна. Втрата або псування вантажу. Нездатність судна продовжити рейс.
Експлуатаційні	Зниження ефективності роботи судна внаслідок порушення правил технічної та комерційної експлуатації судна. Невиконання термінів доставки вантажу.	Втрати експлуатаційного часу. Втрати або псування вантажу; простої транспортних засобів і технологічних ліній та ін.
Економічні	Неефективне вкладення або втрата інвестицій. Втрати фрахту і вантажу, транспортних засобів.	Економічні та фінансові втрати. Ризик збитків внаслідок зміни ситуації на ринках, економічних криз, помилок планування, управління та ін.
Тероризм і піратство	Збройний напад, захват судна, пошкодження судна, крадіжка вантажу, викрадення моряків.	Втрата судна, вантажу, часткове або повне руйнування судна, загроза життю екіпажу та пасажирів. Ризик екологічної катастрофи.
Професійні (людський фактор)	Ухвалення помилкових/неефективних управлінських рішень. Некваліфікований підхід до вирішення технічних питань, організація і виконання технічних регламентів та ін. Втома: порушення режиму спостереження, тривалий робочий день, проблеми зі сном членів екіпажу, стрес і робочий тиск, мовний бар'єр, проблеми з відносинами на борту судна і часовим циклом рейсу.	Зниження рівня ефективності роботи судна, виникнення аварійних ситуацій. Втрата судна, вантажу, фрахту. Пошкодження корпусу внаслідок навалу/ зіткнення, посадки на ґрунт. Перекидання судна. Загибель судна і вантажу, матеріальні і фінансові втрати, пошкодження корпусу та ін. Помилки в судноводінні та маневруванні. Помилкові дії з боку судноводіїв у зв'язку з психологічними труднощами адаптації (входження в робочий ритм), помилкові дії, пов'язані з нервово-соматичними реакціями і когнітивним дисонансом у членів екіпажу.

Продовження таблиці 2.1В

Морське цифрове середовище – «кіберпростір»	Уразливості, створені доступом, з'єднанням або підключенням до мережі морських кіберсистем. Шкідливі віруси. Злом системи або впровадження шкідливих програм. Застаріле програмне забезпечення або неефективні брандмауери. Недоліки в проектуванні, інтеграції та/або обслуговуванні систем. Контроль хакерами системи терміналу порту і управління вантажними операціями без відома портових служб.	Шкідливе програмне забезпечення може призвести до зупинки систем судна. Зміна даних про судно, включаючи його місце розташування, курс, інформацію про вантаж, швидкість і ім'я. Створення «кораблів-примар», впізнаваних іншими судами як існуюче судно в будь-якій локації світу. Відправка помилкової погодної інформації конкретним суднам, щоб змусити їх змінити курс для обходу неіснуючого шторму. Активація помилкових попереджень про зіткнення, що також може стати причиною автоматичного коректування курсу судна. Можливість зробити існуюче судно «невидимим». Фальсифікація сигналів аварійного радіо-буя, активуючих тривогу на судах, що знаходяться поблизу. Збої в перевезенні вантажів і пасажирів, забезпеченні безпеки вантажних операцій або безпеки судна, у зв'язку з пошкодженням, втратою або компрометацією інформації або систем, пов'язаних із терміналами.
--	--	---

ДОДАТОК Г

Статистика аварійних подій, коливання рівня аварійності за 2008-2022 роки
і види навігаційних ризиків

Таблиця 3.1Г

*Характеристика Турецьких (включаючи Босфор і Дарданелли),
Сінгапурської, Малаккської і Токійської проток*

Район плавання	Опис умов плавання
Протоки Босфор і Дарданелли	Географічна структура Босфорської протоки, не зважаючи на її вузькість, сильні течії, різкі повороти, мінливі кліматичні умови, дозволяє щодня забезпечувати прохід 30 суден. Складність навігаційних умов в протоках пов'язана з високою щільністю руху, а також впливом несприятливих погодних, екологічних та кліматичних факторів (рис. 3.1Г). Згідно даних [83] турецького головного пошуково-рятувального координаційного центру найбільш поширеними видами морських аварій, що сталися в Турецьких протоках за період 2013-2021 роки, включаючи протоки Дарданелли, Босфор і Стамбульську, були наступні: 21 % – навал на брівку каналу; 1 % – втрата судна; 5 % – відмова головного двигуна; 16 % – посадка на міліну; 4% – зіткнення/контакт; 4% – бортовий нахил (крен); 56% – інші (рис. 3.2Г). Зрозуміло, що при такої великої кількості навалів на брівку і посадки на міліну, зниження навігаційних ризиків при проходженні суден Турецькими протоками (Босфор і Дарданелли) можливо при врахуванні видів морських аварій в процесі планування рейсового циклу судна.
Сінгапурська і Малаккська протоки	Належить до категорії найважливіших морських транспортних артерій світу. Вона з'єднує Південно-Китайське море і Малаккську протоку та обмежена на півночі півостровом Малакка і островом Сінгапур, на півдні – архіпелагом Ріау. Її довжина складає 114 км, ширина – 12-21 км, найбільша глибина на фарватері – 22 м. У найвужчому місці протока звужується до 600 метрів, що дорівнює ширині одного морського шляху. На самому мілководді її глибина не перевищує 25 метрів. Незважаючи на такі далеко не ідеальні умови, через протоки щодня проходить понад 300 суден, у тому числі дуже великих танкерів VLCC (Very Large Crude Carrier) довжиною понад 350 м, шириною 60 м та осадкою понад 20 м. За останні 20 років в порту Сінгапур побувало 20 мільярдів тонн вантажів, тому безпека всіх прилеглих до порту суден – це досить складне завдання для операторів порту, навіть за наявності наднового технологічного центру управління роботою порту. Для отримання дозволу на захід у порт потрібно визначити тип судна, оскільки нафтовий танкер чи баржа управляються зовсім по-різному. Щойно судно заходить на акваторію Сінгапурського порту, спеціальний навігаційний модуль надає йому власний ідентифікаційний номер. Усі морські судна водотоннажністю понад 10000 тон в акваторії порту супроводжують місцеві спеціалісти з навігації, маломірні судна – лоцмани. Як правило, одним з маневрів перед швартовою операцією (на мінімальній причальній площі) є розворот судна на зовнішньому рейді (щоб не створювати перешкод іншим суднам в акваторії порту), а потім рух до причалу кормою. Управління судном в акваторії морського порту Сінгапур переходить до лоцмана, а капітан лише віддає накази екіпажу. Лоцман, отримавши дозвіл на захід у порт, починає розворот у каналі

Продовження таблиці 3.1Г

	шириною 330 метрів, попередньо переконавшись у відсутності суден, що залишають порт. Щоб виконати розворот на вантажному судні, використовуючи лише власний гребний гвинт, знадобиться майже 1 морська миля. Проте у вузькому каналі використовується інший метод – буксир тягне носа судна на себе, а гребний гвинт, обертаючись, рухає судно в протилежний бік від буксира. Таким чином, вантажне судно розвертається, перебуваючи на одному місці. Під час вищевказаного маневру сильні пориви вітру можуть призвести до навігаційних інцидентів (навал на брівку каналу, зіткнення або посадки на мілину). Для капітана і лоцмана це ризикована робота, яка вимагає знання навігації та досвіду, оскільки велика ймовірність посадки на мілину або зіткнення, у зв'язку з великою інтенсивністю судноплавства та складністю акваторії порту. Сінгапурська протока має назву, пов'язану з островом Сінгапур – місце розташування відомого порту. Через цей маршрут проходить майже половина всієї світової морської торгівлі та приблизно одна третина світового видобутку сирої нафти, що робить його одним із найважливіших судноплавних шляхів у світі. Це також рятувальне коло для Японії, де понад 80% імпорту нафти до країни транспортується через протоки [84-85]. У джерелі [87] повідомляється, що контейнеровоз SHANRAZ і суховантаж SAMUDRA SAKTI і сіли на мілину в Сінгапурській протоці на південь від острова Сент-Джон, близько один до одного, рухаючись в одному напрямку, ймовірно, намагаючись уникнути зіткнення. Причини даного інциденту не розслідувались (рис. 3.5Г). Аналогічний інцидент стався 22 листопада 2020 р. – контейнеровоз TINA і сів на мілину в Сінгапурській протоці на шляху із Сінгапуру до Джакарти. Причини такої аварії також невідомі (рис. 3.6Г) [88]. Плавання через Сінгапурську та Малаккську протоки Здійснюється згідно Резолюції А.476(XII), прийнятої 19.11.1981 [86]. Сінгапурська протока забезпечує судноплавство понад 50 тисячі суден на рік, з Тихого в Індійський океани, а також глибоководний прохід приблизно 2000 суден щодня до порту Сінгапур.
Акваторія порту Сінгапур	У 2014 році морська та портова адміністрація Сінгапуру (МРА, Maritime and Port Authority) розслідувала причини трьох окремих зіткнень за участю комерційних суден в акваторії порту Сінгапур, які сталися протягом двох тижнів [87]. Причинами всіх трьох зіткнень були неправильна оцінка навігаційної ситуації та людський фактор. Усі три аварії призвели до розливу нафти. Розслідувалися наступні зіткнення: 29 січня – між контейнеровозом Fei He (прапор Китаю) та хімовозом Lime Galaxu (прапор Гонконгу), 30 січня – між контейнеровозом NYK Themis (Панама) та буксированою баржою і нарешті 10 лютого – контейнеровоз Hammonia Thracium (прапор Панами). Внаслідок зіткнень ніхто з членів екіпажів не постраждав. МРА встановили, що у всіх трьох подіях, команди на містку, включаючи лоцманів, не були обізнані про ситуацію щодо трафіка, хоча МРА's Port Operations Control Centre (Центр контролю портових операцій) дав оповіщення та попередив про навігаційні складнощі. МРА заявили, що для запобігання зіткненню судноводії не використовували Automatic Identification System, Automatic Radar Plotting Aid, Radar та Electronic Chart Display and Information System.

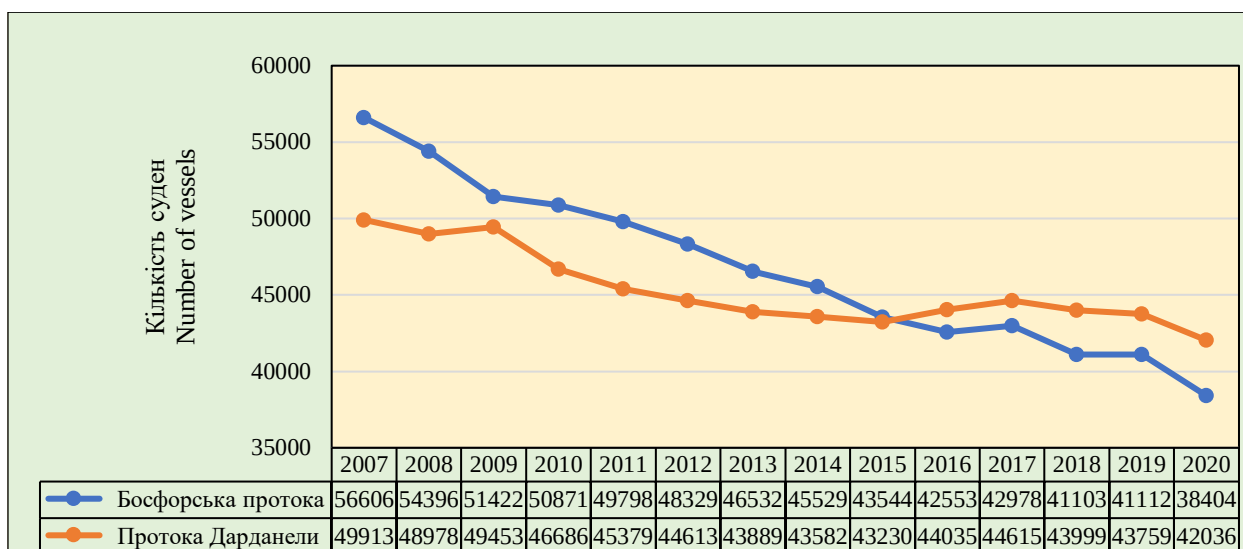


Рис. 3.1Г – Кількість суден, що проходили через Турецькі протоки
за 2007-2020 роки

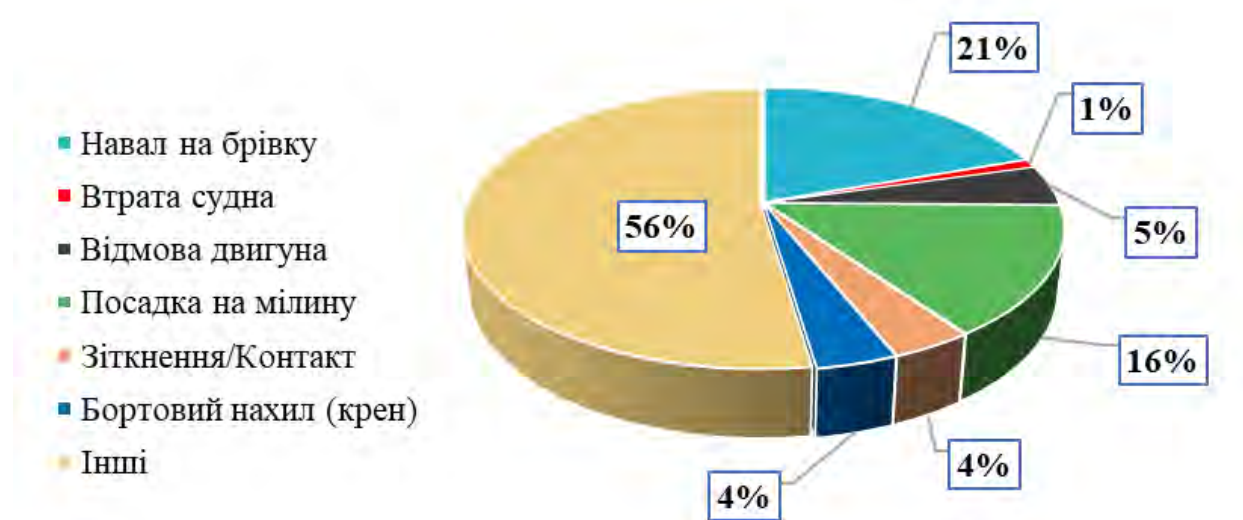


Рис. 3.2Г – Види навігаційних ризиків в протоках Босфор і Дарданелли



Рис. 3.3Г – «Ворота Європи» – морський порт Сінгапур



Рис. 3.4Г Карта Малаккської і Сінгапурської проток

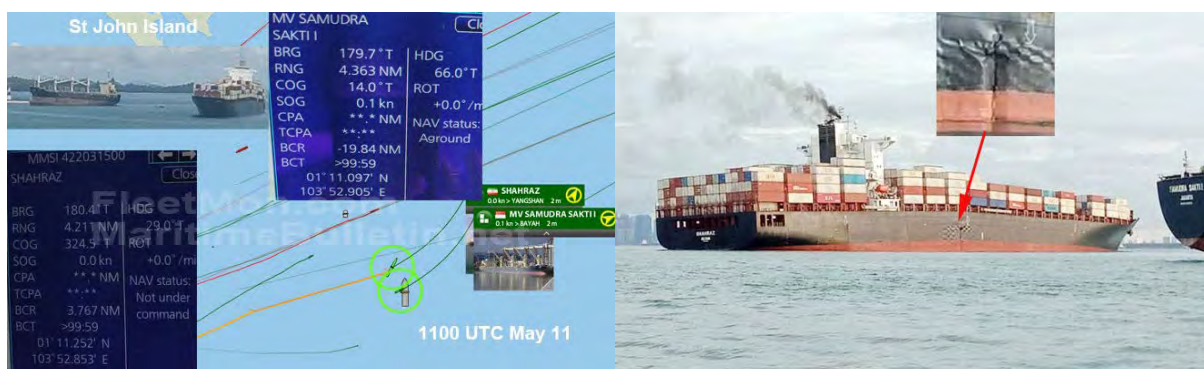


Рис. 3.5Г – Контейнеровоз SHANRAZ (праворуч) отримав пробоїну корпусу і тріщину лівого борту та суховантаж SAMUDRA SAKTI I (ліворуч)



Рис. 3.6Г – Контейнеровоз TINA I на міліні в Сінгапурській протоці

Таблиця 3.2Г

Статистика кількості аварій P&I Club і МРА Сінгапуру (2008-2022 роки)

Джерела	Опис інцидентів
Статистика [89] МРА Сінгапуру за 2020-2021 роки.	Для проведення розслідування і експертної оцінки морських інцидентів в п'яти районах – Токію, Кобе, Імабарі, Фукуока, Саекі, Токійській протоці тощо, була створена страхова компанія JAPAN P&I Club (Protection & Indemnity/Захист & Відшкодування), відповідно із законом про асоціацію взаємного страхування судновласників, яка є єдиною, що базується в Японії. Підвищення інтенсивності судноплавства на 533 вантажних судна – з 2020 р. (41374 судна) до 2021 р. (41907 суден). У середньому, порт Сінгапур щорічно приймає 130 тисяч суден [90].
Звіт P&I Club за 2008-2016 роки	Дані [91] щодо страхових нещасних випадків з прибережними та океанічними суднами показали, що загальна кількість інцидентів з прибережними суднами становила 2178 випадків. З цієї цифри кількість інцидентів з пошкодженнями портових та рибогосподарських об'єктів склала 1291 випадків (табл. 3.4Г), що становило 59% від загальної кількості. Поряд з цим, аварії з пошкодженням вантажу та нещасні випадки, пов'язані зі смертю екіпажу, становлять приблизно 80% від загальної кількості. Кількість аварій продемонструвала тенденцію до зменшення після піку у 2008 р. – 328 випадків, однак після 2014 року ця кількість дещо зросла – 211 випадків (табл. 3.4Г). Хоча ця тенденція свідчить про зменшення кількості аварій, на неї впливає також зменшення кількості суден, що були включені до судових розслідувань. Таким чином, це порівняння з коефіцієнтом аварій використовує розрахунок, який ділить кількість аварій на кількість суден, що ввійшли в дію на початку року. Рівень аварійності у 2011 році становив 8%, проте з тих пір він дуже незначно зріс. У 2016 році рівень аварій становив 11,1%, що, свідчить про те, що 11 із 100 суден спричинили аварійні події. Проте, загальна кількість аварій з океанічними суднами, про які повідомляє P&I Club [91] за період 2008-2016 роки складає 29 836 інцидентів, з яких аварії, пов'язані з портовими і риболовними

Продовження таблиці 3.2Г

	спорудами займають 8% від загальної кількості – 2481 випадок (табл. 3.5Г). Звернемо увагу на те, що на першому місці за кількістю аварій саме ті, які стосуються океанічних суден. Такі нещасні випадки, пов'язані з травмами або смертями екіпажу і займають 44 % від загальної кількості – 13 185 випадків. Далі за негативним рейтингом, на другому місці – 35 % аварій (10 483 випадки), які стосуються пошкодження вантажу і на третьому місці інциденти з пошкодженням портових та риболовних споруд, що займають 8 % від загальної кількості. Отже рівень нещасних випадків за цей період становив від 115,8 % до 140,2 %, тобто на 100 суден припадало від 116 до 140 випадків.
Розслідування морських аварій за 2008-2016 роки, в протоках Японії з океанічними та прибережними суднами	Для порівняння проаналізуємо результати розслідування причин морських аварій [91] за 2008-2016 роки, які сталися в протоках Японії з океанічними та прибережними суднами (табл. 3.4Г-3.6Г). Як наведено в табл. 3.6Г, 10,2 % аварій (142 випадки) від загальної кількості аварій (1390 випадків) були непередбаченими («Weather and sea conditions» – шквальні та припливні потоки). В основному це викликано відсутністю перевірки погодних карт та інформації про погоду, а також відсутністю ретельного розслідування щодо інформації про припливні течії. Таким чином впливає, що ці аварії, викликані погодними та морськими умовами також можна вважати людською помилкою. Крім того, хоча проблеми з обладнанням (наприклад, зупинка головного двигуна, відключення електроенергії тощо) спричинили 5,3 % аварій (74 випадки), такі пристрої також підтримувалися людьми.

Таблиця 3.3Г

Кількість суден за призначенням, які пройшли Сінгапурську протоку – станом на березень 2022 року (vessel calls by purpose – as at end of the period)

Рік / Місяць	Призначення / Кількість суден				
	Cargo (Вантажні)	Repairs (Ремонт)	Bunkers (Бункерування)	Supplies (Постачання)	Others (Інші)
2012	50 562	6 657	38 082	24 166	69 885
2013	50 288	6 881	38 614	26 334	78 904
2014	49 890	6 335	38 299	27 340	77 457
2015	48 842	4 141	40 763	29 756	77 696
2016	49 830	3 762	42 380	31 265	81 821
2017	54 120	3 507	40 736	30 946	85 016
2018	49 779	2 784	39 471	28 819	88 072
2019	45 223	2 652	40 909	28 916	89 787
2020	41 374	2 002	40 585	30 018	35 611
2021					
Січень	3 519	217	3 593	2 588	2 476

Продовження таблиці 3.3Г

Лютий	3 281	184	3 240	2 342	2 212
Березень	3 754	201	3 461	2 521	2 398
Квітень	3 523	198	3 458	2 261	2 265
Травень	3 493	215	3 350	2 363	1 996
Червень	3 456	185	3 242	2 169	2 027
Липень	3 512	163	3 294	2 263	2 035
Серпень	3 444	139	3 191	2 084	2 022
Вересень	3 366	99	3 098	2 115	1 948
Жовтень	3 442	114	3 165	2 168	2 170
Листопад	3 490	113	3 211	2 185	2 298
Грудень	3 627	116	3 144	2 173	2 316
Разом	41 907	1 944	39 447	27 232	26 163
2022					
Січень	3 556	103	3 115	2 238	2 170
Лютий	3 182	100	2 805	2 040	1 965
Березень	3 711	127	3 020	2 209	2 462

Таблиця 3.4Г

Прибережні судна – кількість та коливання рівня аварій за 2008-2016 роки

Тип нещасних випадків	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Всього	%
Екіпаж	41	28	29	15	26	18	22	14	18	211	10%
Пошкодження вантажу	29	27	30	25	21	17	30	51	56	286	13%
Звіти про пошкодження портових та рибогосподарських об'єктів	203	157	163	137	131	129	127	117	127	1291	9%
Інші люди, крім екіпажу	1	1	2	2	0	1	3	2	1	13	1%
Зіткнення	11	12	13	7	7	4	8	10	2	74	3%
Розлив нафти	14	22	10	12	11	9	8	9	9	104	5%
Посадка на міліну, затоплення та пожежа	2	5	3	5	1	2	4	3	3	28	1%
Інші	27	19	20	21	13	25	9	21	16	171	8%
Всього	328	271	270	224	210	205	211	227	232	2178	100%

Продовження таблиці 3.4Г

Кількість суден, введених в експлуатацію станом на початок року	3609	3428	3225	2799	2436	2319	2176	2134	2098	24224	-
Рівень аварійності (кількість аварій поділено на кількість введених суден)	9,1	7,9	8,4	8,0	8,6	8,8	9,7	10,6	11,1	9,0	-

Таблиця 3.5Г

Океанічні судна – кількість аварій і коливання рівня аварій за 2008-2016 роки

Тип нещасних випадків	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Всього	%
Екіпаж	1880	1904	1833	1491	1321	1326	1173	1182	1075	13185	44%
Пошкодження вантажу	1135	1078	1321	1161	1157	1201	1248	1193	989	10483	35%
Звіти про пошкодження портових та рибогосподарських об'єктів	342	324	328	283	257	230	232	246	239	2481	8%
Інші люди, крім екіпажу	93	95	99	106	73	76	67	67	74	750	3%
Зіткнення	72	60	64	45	32	32	42	32	42	421	1%
Розлив нафти	55	34	34	47	35	40	26	30	34	335	1%
Посадка на мілину, затоплення та пожежі	18	9	12	19	7	11	10	1	1	108	1%
Інші	253	247	301	213	237	180	204	201	237	2073	7%
Всього	3848	3751	3992	3365	3119	3096	3002	2962	2701	29836	100 %
Кількість суден, введених в експлуатацію станом на початок року	2745	2866	2880	2757	2576	2500	2475	2406	2333	23538	-
Рівень аварійності (кількість аварій поділено на кількість введених суден)	140,2	130,9	138,6	122,1	121,1	123,8	121,3	123,1	115,8	126,8	-

Таблиця 3.6Г

Статистика причин аварій за 2008-2016 роки в протоках Японії

Класифікація причин аварій	Причини аварій	Океанічні судна	Прибережні судна	Всього	%
Проблеми із обладнанням	Несправність швартовної лебідки	11	5	16	1,2%
	Несправність берегового обладнання	16	-	16	1,2%
	Несправність іншого суднового обладнання	8	6	14	1,0%
	Несправність обладнання під час обробки вантажу	12	1	13	0,9%
	Несправність головного двигуна	9	3	12	0,9%
	Проблема з люковим закриттям	1	-	1	0,1%
	Інша несправність обладнання	2	-	2	0,1%
	Проміжний підсумок несправності обладнання	59	15	74	5,3%
Людський фактор	Помилка в маневруванні на судні	394	459	853	61,4%
	Помилка лоцмана в маневруванні	106	1	107	7,7%
	Інші помилки, спричинені людиною	38	53	91	6,5%
	Недостатній огляд	12	26	38	2,7%
	Помилка маневрування буксира	29	-	29	2,1%
	Помилка маневрування інших суден	25	-	25	1,8%
	Помилка берегового персоналу	29	-	29	2,1%
	Засинання		1	1	0,1%
	Брак знань та інформації	1	-	1	0,1%
	Проміжний підсумок за людським фактором	634	540	1174	84,5%
	Несприятливі погодні та морські умови	98	44	142	10,2%
Всього		791	599	1390	100,0%

Таблиця 3.7Г

Коливання аварійності суден за 2011-2020 роки

Період	Події
Звітність Marytime Report за 2012-2021 роки [92] на порталі Міжнародного інституту морської геодезії (International Institute of Marine Surveying).	Протягом вимірюваного періоду було зафіксовано всього 947 втрат суден, 575 (61%) з яких сталися через затоплення. Частка збитків склала наступні відсотки: від пошкоджень корпусу та техніки – 8%; аварії і посадка на мілину – 16%; пожежа та вибух спричинили 12% збитків. Найпоширенішою причиною аварій було пошкодження корпусу та механізмів. Зрозуміло, що початковою причиною аварій, яка призвела до найбільшої кількості втрат суден було затоплення (рис. 3.7Г) [93].
У 2018 році	Сталося 4 аварії (2 – посадка на мілину, 2 – пошкодження портових споруд) на суму 810 мільйонів ієн. Це показує незначне зниження кількості аварійних подій у порівнянні з 2015 роком, в якому сума претензій була на 900 мільйонів ієн.
За 2011-2020 роки	Відповідно до бюлетеню P&I Club [93] щодо запобігання пошкодженню портових споруд і запобігання втратам, що охоплює аварійність у п'яти районах – Токіо, Кобе, Імабарі, Фукуока та Саєкі, аварійні події, які сталися за різними причинами за 2012-2021 роки пов'язані як з розливом нафти, так і з інцидентами, спричиненими прибережними та океанічними суднами. За даними бюлетеню P&I Club [93], у порівнянні з прибережними судами, за 10-річний період загалом було 4149 розливи нафти і коефіцієнт аварійності океанічних суден у 2020 році становив 10,6 % (рис. 3.8Г). Це свідчить про те, що швидкість виникнення аварії з океанічними суднами приблизно в 1,5 рази була вище, ніж із прибережними суднами, на частку яких припадає 7,0 %. Невелику частку аварійності склали розливи нафти – 317 випадків (1,3 %), але це показує, що аварій було майже в чотири рази більше, ніж із прибережними суднами – 82 випадки (0,4 %). За 10 років (рис. 3.9Г) сталось 2112 аварійних подій, загальна сума претензій за якими становила 13588 мільйонів ієн. За цей період кількість розливів нафти склала 82 випадки – загальна сума претензій склала 367 мільйонів ієн [93].

Продовження таблиці 3.7Г

Рівень аварійності з океанічними суднами за 2011-2020 роки	Загальна кількість аварій (рис. 3.10Г) склала 39147 випадків і включає 11 226 інциденти, пов'язані з екіпажем, 22 247 випадки – з пошкодженням вантажу (86 % від загальної кількості аварій 165,6 %). Це означає, що 1,7 аварійних події припадали на одне судно і відбувалися щорічно.
У 2020 році	На рис. 3.11Г показано, що було два великих розслідування із океанічними суднами, що становить приблизно 80% від загальної кількості розслідувань, пов'язаних із розливами нафти на рік. Середня сума страхового відшкодування за інцидентом становила 35 055 доларів США (приблизно 3,5 мільйона йен).
Загалом за 10-річний період	Було 82 інциденти з розливом нафти, в середньому приблизно 8 подій – щорічно, це дорівнює 0,4% аварійності (коефіцієнт аварійності дорівнює кількості аварій, поділених на кількість суден, що проходять даний район плавання). Крім того, хоча кількість випадків забруднення нафтою була невелика, але вона дещо зросла з 2017 року: 5 подій – 2020 р., 4 події – 2017 р., 8 подій – 2018 р. та 12 подій – 2019 р. [93]. Таким чином, рівень аварійності становив 9,7%, що означає, що приблизно 1 з 10 суден було залучено в аварію. Проте приблизно 90% залучених суден не були задіяні у будь-яких аваріях. Попри те, що аварійність за 2020 рік знизилась, порівняно з попереднім роком, вона зросла з 2017 року (рис. 3.8Г). Звернемо увагу, що кількість аварій з океанічними суднами (634 випадки), пов'язаних з людським фактором значно перевищує кількість аварій з прибережними суднами (540 випадків) і займає 84,5 % від загальної кількості [92].
Висновки: незважаючи на велику кількість претензій щодо аварій з екіпажем і пошкодженням вантажу, середня вартість однієї справи склала 219 876 доларів США (еквівалент приблизно 22 млн. ієн), що показує скорочення витрат у порівнянні із прибережними суднами. Проте, це втричі перевищує середню вартість однієї претензії за внутрішніми суднами (7,5 мільйонів ієн). Зрозуміло, що чим більше розмір судна, тим більша шкода може бути спричинена портовим спорудам. Загалом вартість 29 справ склала 637 млн доларів і становила 46 % від загальної кількості аварій. Зауважимо, що вартість кожної з вищевказаних справ із океанічними суднами перевищувала 5 мільйонів доларів.	

Таблиця 3.8Г

Перелік видів навігаційних ризиків, присутніх в рейсовому циклі судна

Вид ризику	Поняття ризику	Фактори впливу на допустимий рівень ризику
Посадка на мілину, навал на брівку каналу, навал на стінку фарватеру	Зчеплення, удар чи торкання морського дна, берега чи підводного об'єкта (затопленого судна тощо). Спектр сценаріїв з посадкою на піщано-мулистий ґрунт в умовах мілководдя. Удари об підводний камінь. Посадка на рифи та «обсихання» при відливі.	Втрата управління, відсутність контролю руху судна з боку капітана при лоцманських операціях в каналах, фарватерах, акваторіях порту; довжина маршруту; ширина фарватеру; ширина судна; глибина під кілем; статична глибина; динамічна глибина; відстань від початку маршруту; щільність розподілення висот вершин для окремих акваторій; кількість височин акваторій; число височин на одиницю площі акваторії; функція поточного рівня поверхні води; нехтування рекомендаціями; розбіжності щодо оцінки ризиків; поганий контроль розташування судна; незнання місцевих правил; дія притискного вітру; порив вітру, діючий на судно; несприятливі погодні і морські умови.
Навал на судно, причал або іншу споруду	Удар об нерухомий або плаваючий об'єкт, навігаційне обладнання, що не підпадає під визначення зіткнення чи посадки на мілину. Енергія, передана причальній споруді, судну, каналу під час швартування судна. Втрата орієнтування, пов'язана з неправильним плануванням маршруту або під час стоянки судна.	Енергія навалу; швидкість судна; швидкість течії; глибина під кілем; статична глибина; динамічна глибина; кінетична енергія судна; відсутність спостереження або недостатнє спостереження; надмірне зближення; прорахунки в маневруванні; дія притискного вітру; нехтування рекомендаціями; розбіжності в оцінці місцезнаходження судна; незнання місцевих правил; низька організація судової вахти; недосвідченість судоводія; упущення берегових служб; несприятливі погодні і морські умови.
Просідання	Являється комбінацією притопленого корпусу судна і зміни диференту від руху. Коли судно, рухається по мілководдю або у вузькості, то у потоку води, що його обтікає, з'являються додаткові межі у вигляді дна і берегів, які значно звужують русло потоку, що призводить до зростання швидкості	Швидкість судна відносно води; динамічний запас води під кілем; просідання. Просідання міняється при русі судна на циркуляції вліво або вправо (залежить від напрямку обертання гвинта), різні величини просідання будуть під час прискорення і уповільнення руху: 1. Форма судна (з коефіцієнтом повноти $C_b = 0.80-0.90$) має малий вплив на просідання і диферент судна (C_b –

Продовження таблиці 3.8Г

	протікання води і зниження тиску. Зниження тиску під дном судна призводить до просідання, а зниження тиску між бортом судна і укусами призводить до виникнення ефекту присмоктування. Можуть одночасно проявлятися обидва ефекти. Очевидно, що чим менший запас води під кілем і між бортом і укусом, тим більше проявляється ефект просідання та присмоктування.	числовий показник, що характеризує повноту обрисів судна). 2. Робота гвинта трохи впливає на паралельні просідання, але більше на диферент. 3. Навантаження гвинта не має великого впливу на просідання. 4. Судно під час руху отримує диферент на ніс. 5. Паралельне просідання і диферент зменшуються пропорційно H/T, а для $H/T = \text{const}$ просідання збільшується із зростанням швидкості судна (H – висота борту, T – осадка). Великотоннажні судна, що мають повнообрисні форми корпусу ($C_b > 0.8$), при русі на мілководді просідають більше носом, чим кормою.
Зіткнення	Удар чи отримання удару від іншого судна, незалежно – судно рухається, стоїть на якорі чи ошвартовано біля причалу. Зближення суден, що супроводжується заподіянням шкоди самим суднам, їх приладдю, вантажу, екіпажу та пасажиром.	Відмова двигуна; збій живлення на судні; відмова системи управління судном; відсутність безпечної швидкості; відсутність спостереження; надмірне зближення; прорахунки в маневруванні; відсутність високоточного планування маршруту; нехтування рекомендаціями; розбіжності в оцінці навігаційних ризиків; плутання ситуацій обгону; відсутність візуального спостереження.; несприятливі погодні і морські умови.
Льодові випадки	Небезпечні льодові явища, включають надранню появу льоду або замерзання акваторії, навали льоду, зсув льоду, частковий відрив припаю, зледеніння.	Нехтування рекомендаціями; розбіжності в оцінці льодових ризиків; знаходження керма в міцному льоду; неправильне входження в льодову обстановку; формування важкого розтягнутого льоду; недостатня оцінка стану судна; нехтування вимогами хорошої морської практики; поломка пера керма; сильне стиснення судна; прямолінійний рух судна у льодах; маса судна разом з приєднаними масами води і льоду; опір води і вітру руху судна; чистий льодовий опір руху судна; упор гвинта; швидкість судна; частота обертання гвинта; крок гвинта.
Втрата орієнтації	Втрата місця на карті через порушення правил ведення навігаційної прокладки або	Відсутність високоточного планування маршруту; використання навігаційних карт невідповідного масштабування; прорахунки в маневруванні; нехтування

Продовження таблиці 3.8Г

	через грубі помилки у веденні контролю шляху судна. Зміна траєкторії руху, втрата контролю величини бічного зміщення, втрата контролю часу маневру останнього моменту.	рекомендаціями; розбіжності в оцінці ризиків; плутання ситуацій обгону; відсутність візуального спостереження; порушення трудової дисципліни – сон на вахті, ігнорування розпоряджень та невиконання інструкцій та правил; порушення правил ведення навігаційної прокладки або грубі помилки у визначенні місцерозташування судна; район з обмеженою видимістю (менше 2 миль).
Технічні причини	Неможливість управляти напрямком та швидкістю руху судна. Відмова механізмів, що є першопричиною обставини. Зростаюча кількість негативних змін стану судна, що відбуваються під впливом децентралізуючих та руйнівних факторів на судові технічні системи.	Відмова двигуна; збій живлення на судні; відмова системи управління судном; невідповідний режим експлуатації; відмова технічних систем; дефекти елементів систем; пошкодження: корпусу судна, судової енергетичної установки, електрообладнання, гребних гвинтів, валопроводів, допоміжних механізмів, різних судових пристроїв (якірного, шлюпкового, вантажного та ін.).

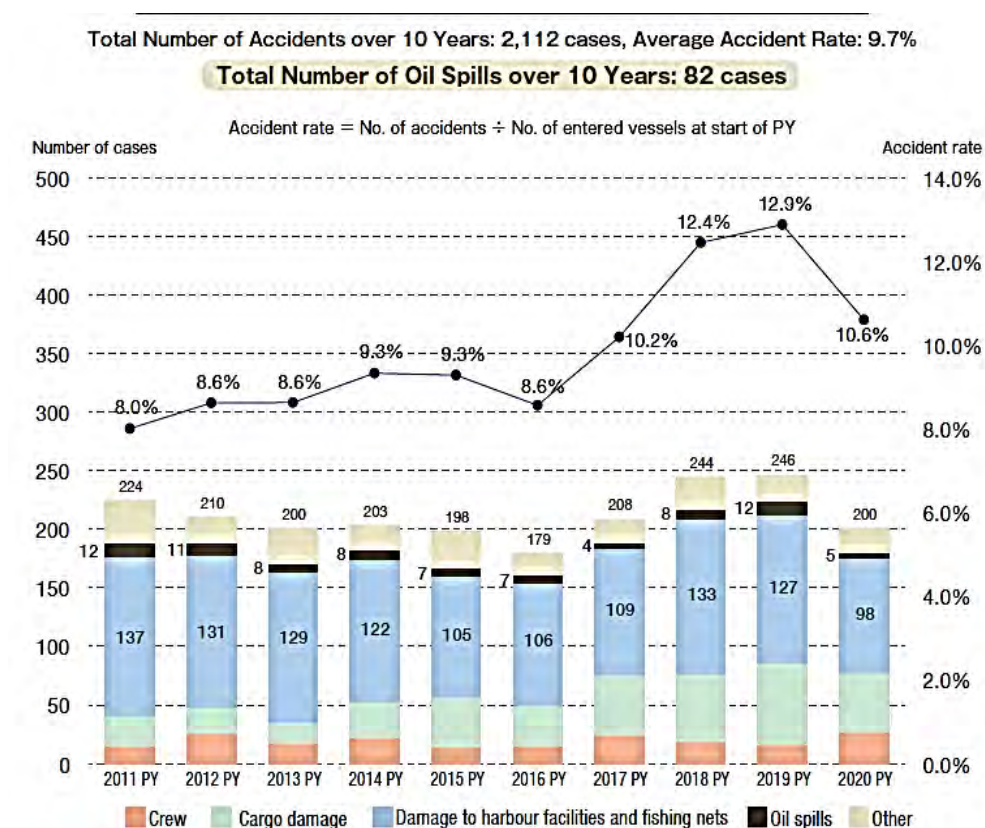


Рис. 3.7Г – Причини аварійних подій з океанічними та прибережними суднами за 2011-2020 роки

Grand Total Number of Accidents over 10 Years: 2,112 cases, Total Claim Amount 13,588 Million Yen

Total Number of Oil Spills over 10 Years : 82 cases, Total Claim Amount 367 Million Yen

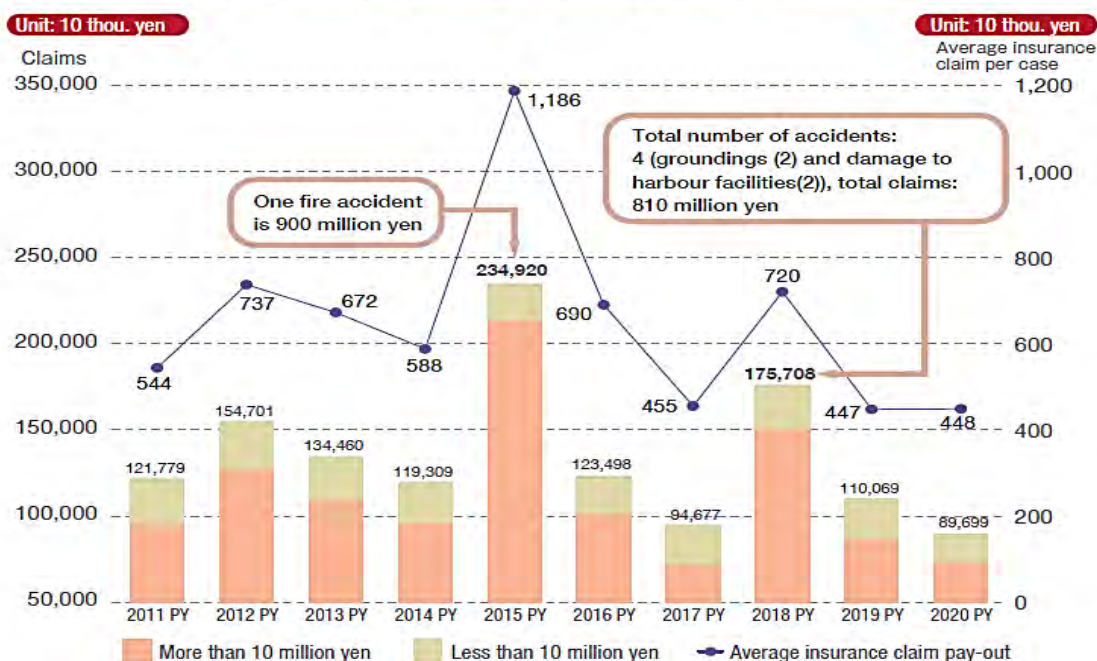


Рис. 3.8Г – Прибережні судна – коливання кількості аварійних подій (включаючи збитки) за 2011-2020 роки

Total Number of Accidents over 10 Years : 39,147 cases, Average Accident Rate: 165.6%

Total Number of Oil Spills over 10 Years : 317 cases

Accident rate = No. of accidents ÷ No. of entered vessels at start of PY

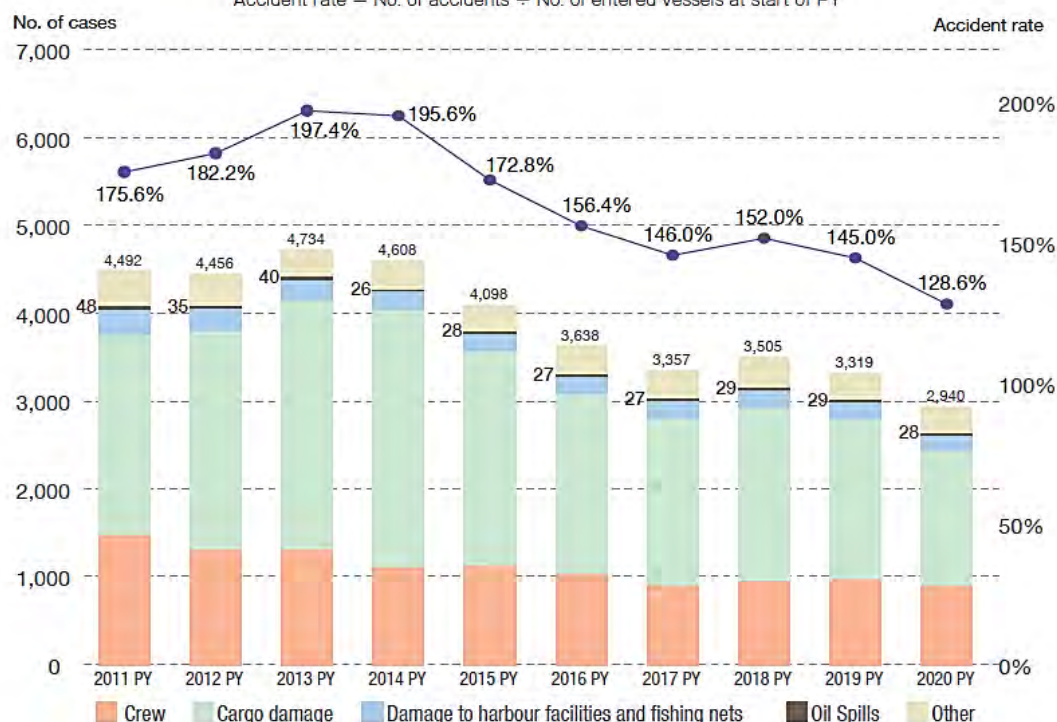


Рис. 3.9Г – Океанічні судна – коливання кількості аварій і рівня аварійності за 2011-2020 роки

Grand Total Number of Accidents over 10 Years : 39,147 cases, Total Claim Amount : 1,372 Million Dollars

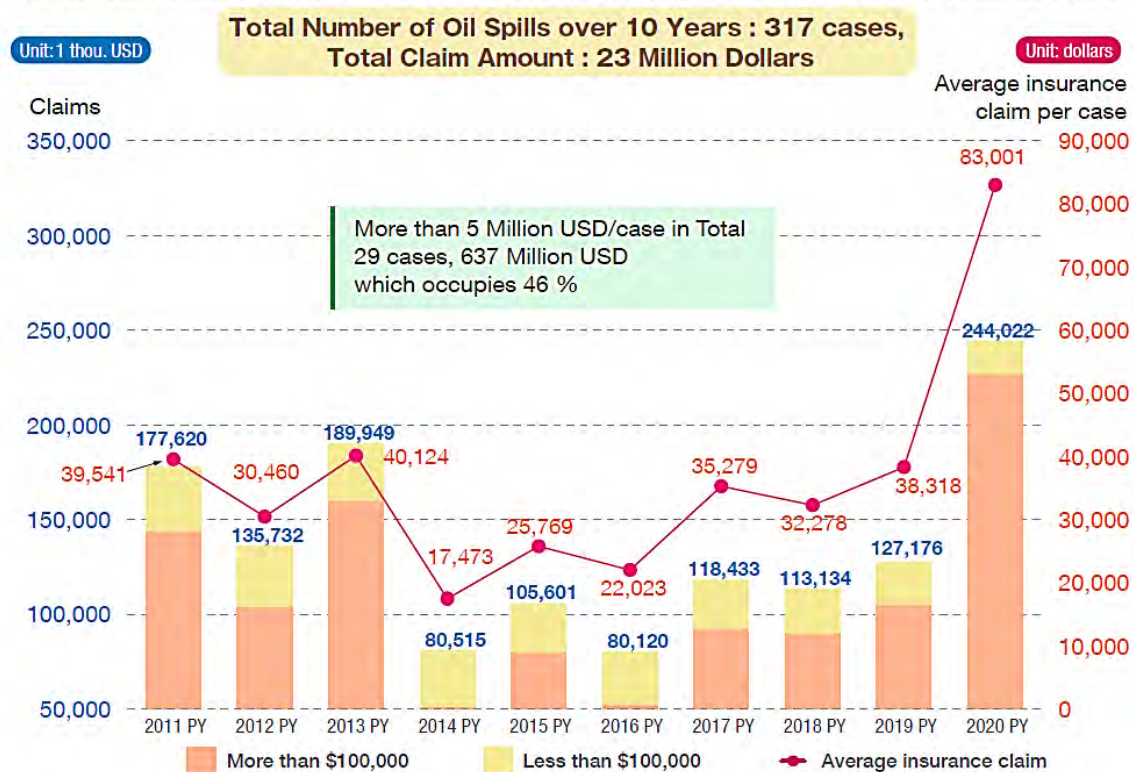


Рис. 3.10Г – Коливання кількості претензій за участю океанічних суден за 2011-2020 роки

ДОДАТОК Д
Перехід Йокогама – Альма



Рис. 5.1Д – Графічний план переходу т/х «Сіріус» по маршруту Йокогама (Японія) – Альма (Австралія) траєкторними точками (ТТ 0-12)

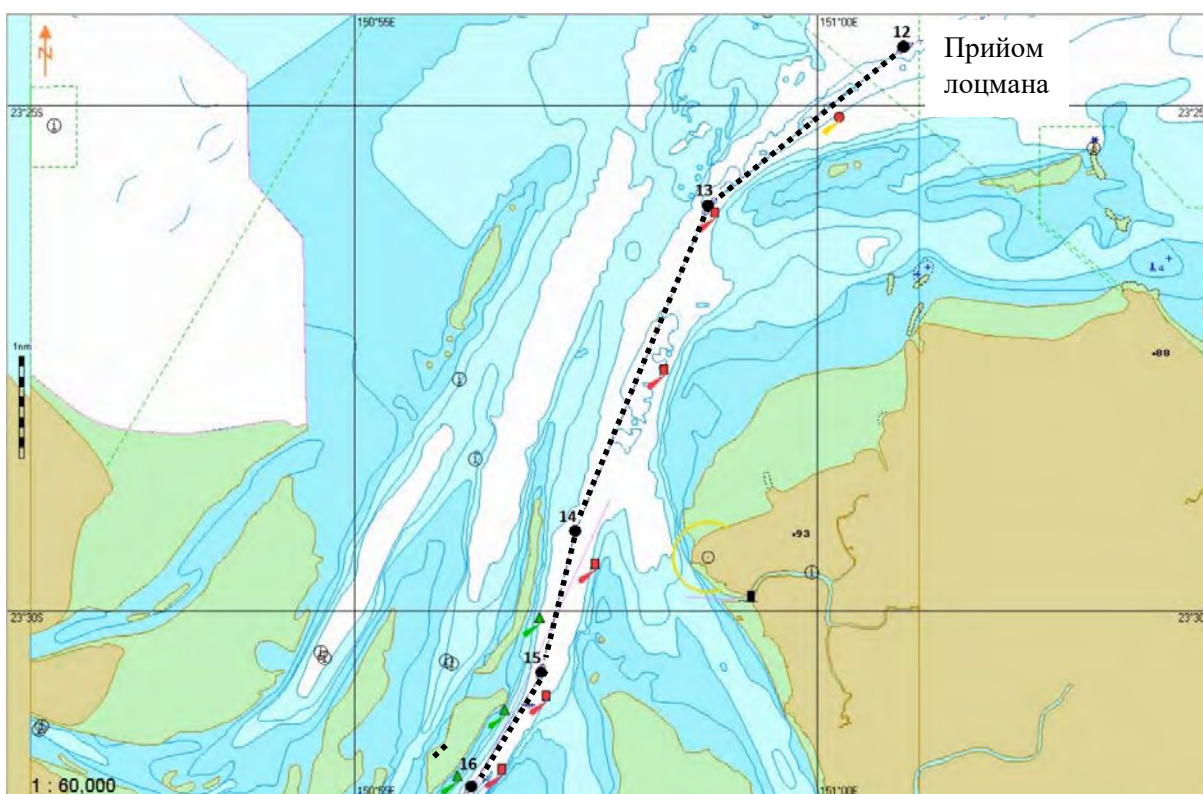


Рис. 5.2Д – Загальний перехід Йокогама – Алма (ТТ 12-16)



Рис. 5.3Д – Загальний перехід Йокогама – Алма (ТТ 15-18)



Рис. 5.4Д – Контроль дистанції по лівому борту (Японія)



Рис. 5.5Д – Контроль дистанції відносно маяка Nojima Saki (Японія)



Рис. 5.6Д – Зміна дистанції по лівому борту (Японія)

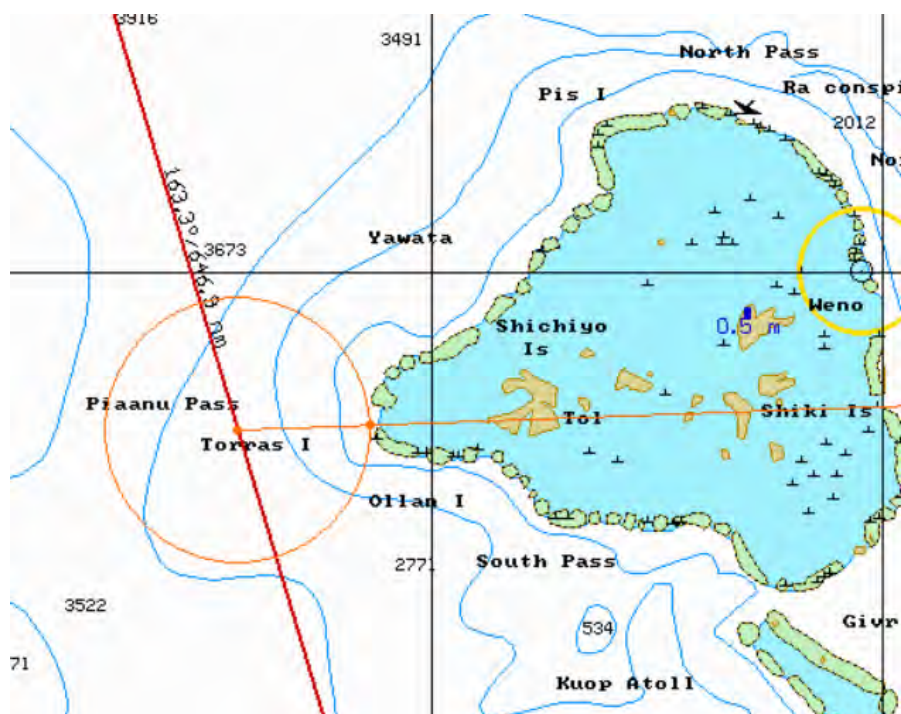


Рис. 5.7Д – Контроль найменшої дистанції по лівому борту на ділянці Піаану Пасс в зоні островів Торрас І (південно-західна частина Тихого океану)

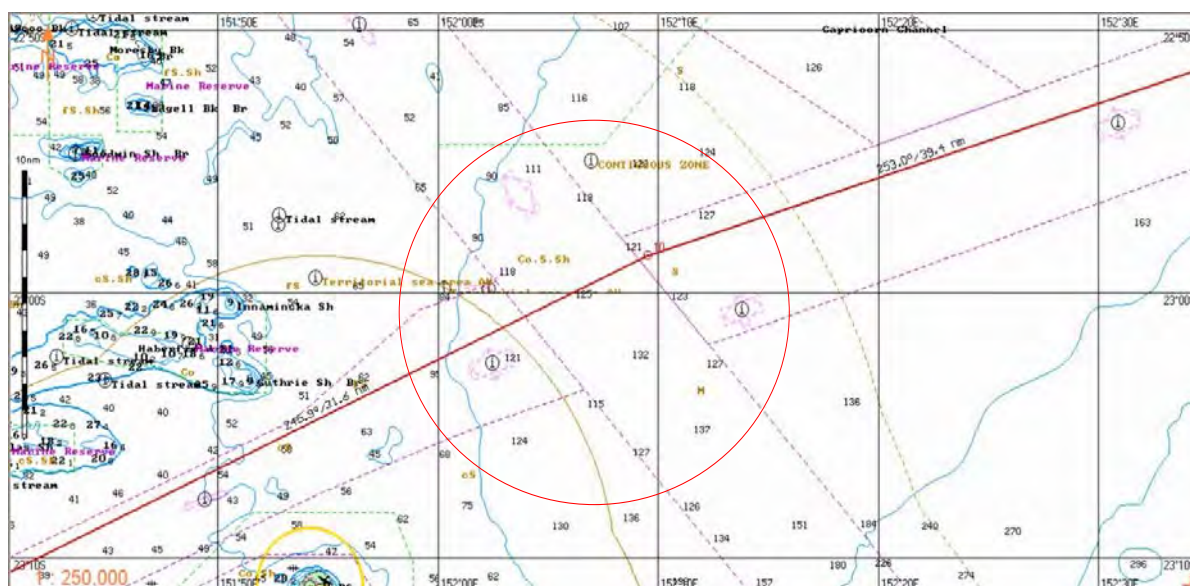


Рис. 5.10Д – Двостороння зона розділення руху на ділянці островів Feni Islands перед проходом Pioneer Channel (архіпелаг в південно-західній частині Тихого океану).

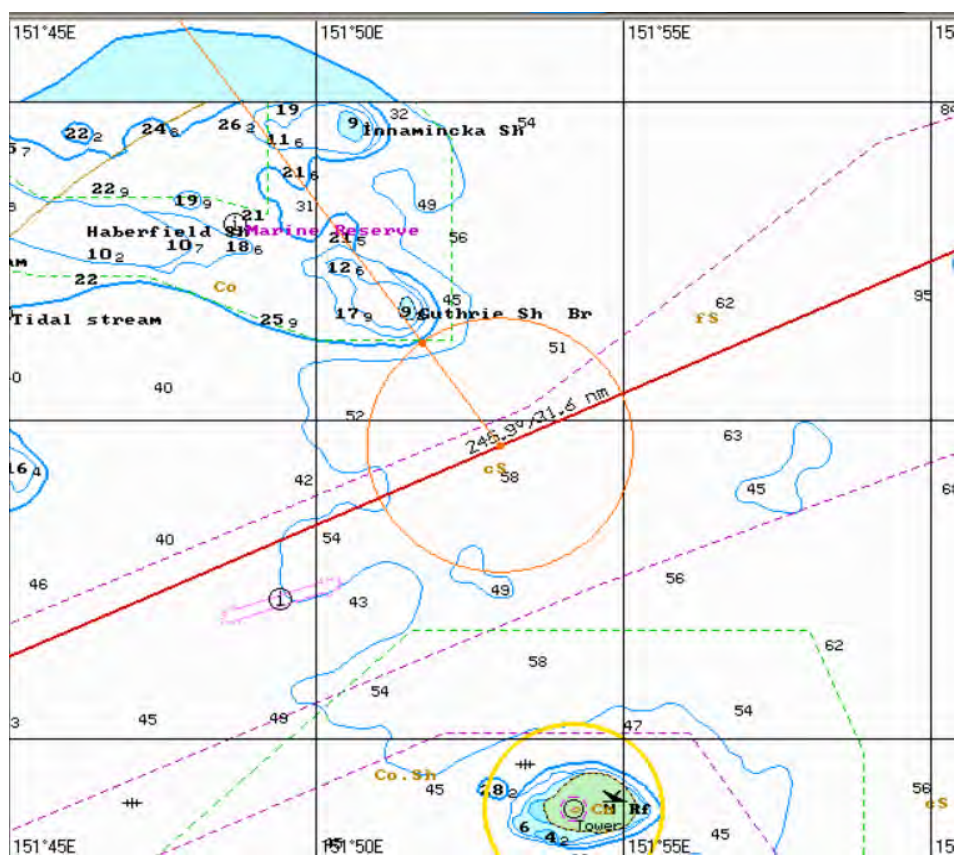


Рис. 5.11Д – Дистанція до рифа Guthrie Sh (Shoal) по правому борту

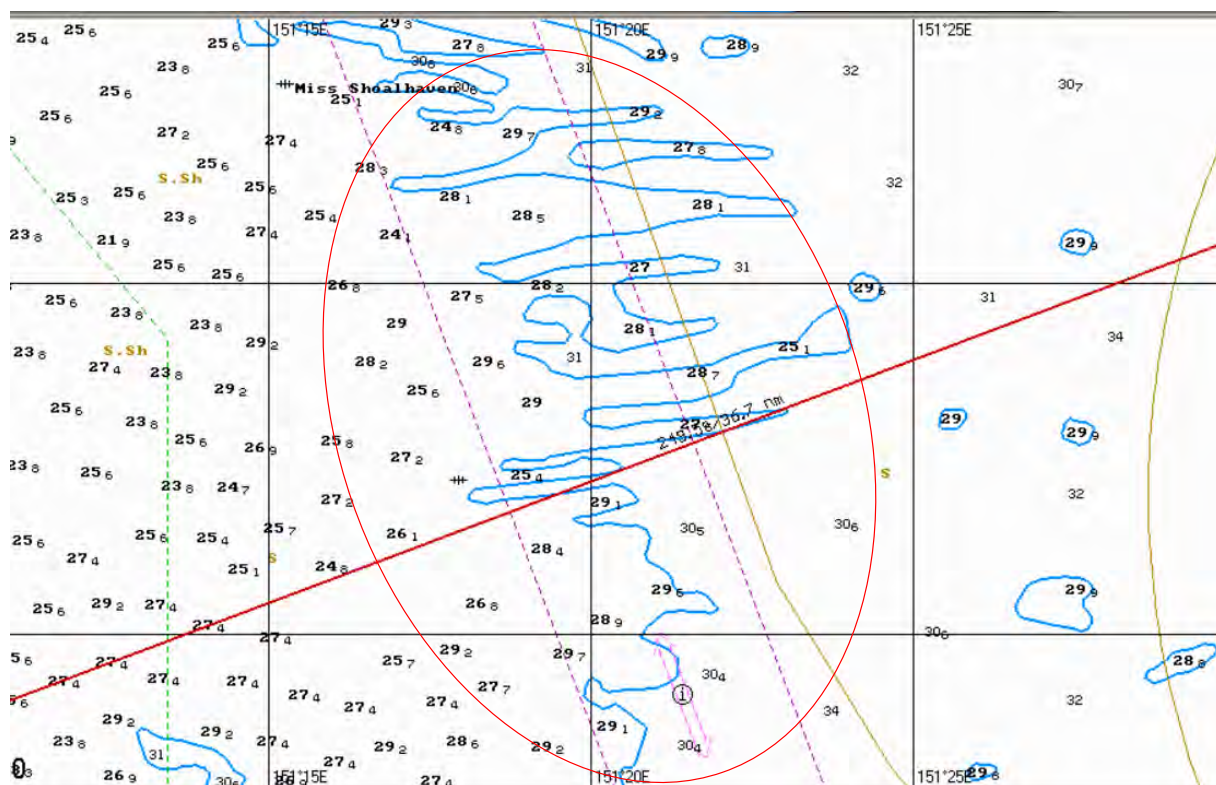


Рис. 5.12Д – Двостороння зона розділення руху на ділянці з рифом Guthrie Sh (Shoal).

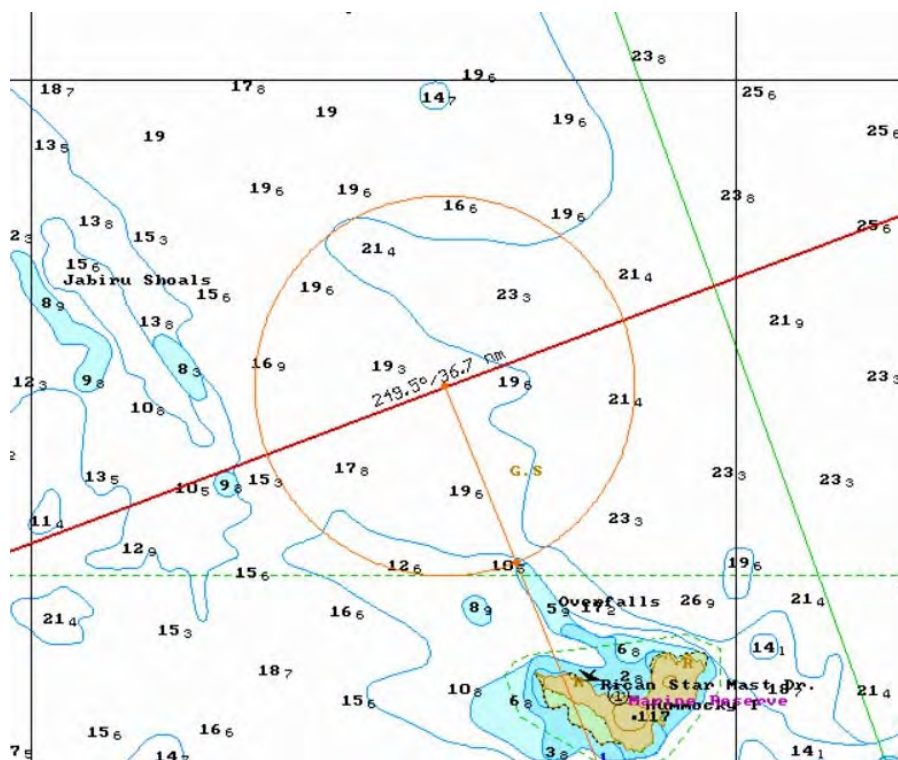


Рис. 5.13Д – Дистанція по лівому борту – острови Overfalls

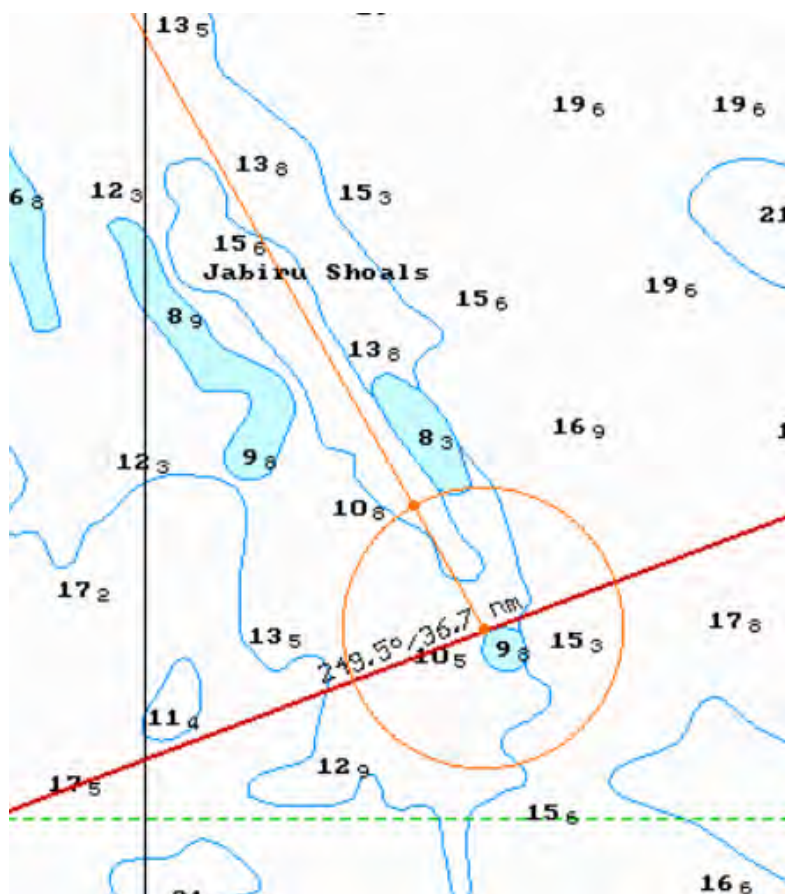


Рис. 5.14Д – Дистанція по правому борту острови – Jabiru Shoals

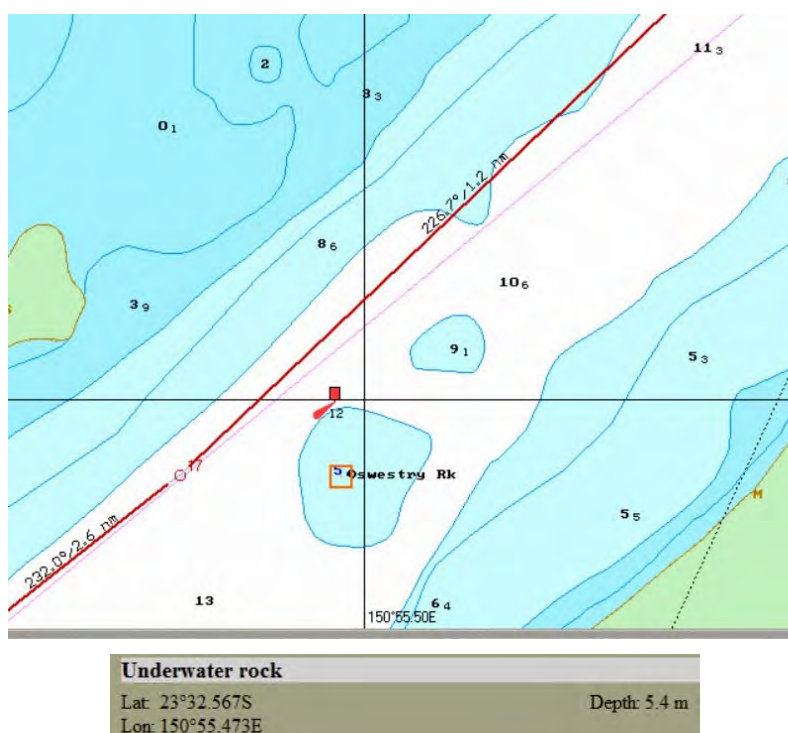


Рис. 5.15Д – Ділянка з підводною скелею Oswestry Rk

ДОДАТОК Ж

Акти впровадження результатів дисертації і патент на корисну модель

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор
Національного університету
«Одеська морська академія»
д.ю.н., професор



О. М. Шемякін

2022 р.

А К Т

впровадження результатів дисертаційної роботи
здобувача Шумілової Катерини Володимирівни
на тему: «Удосконалення планування і управління навігаційними ризиками
рейсового циклу судна» в освітній процес

Ми, що нижче підписались, начальник навчального відділу Пархоменко М. М., директор Навчально-наукового інституту навігації д.т.н., професор, к.д.п. Ворохобін І. І., завідувач кафедри управління судном, д.т.н., професор, к.д.п. Бурмака І. О. склали цей акт у тому, що результати дисертації Шумілової Катерини Володимирівни на здобуття ступеню «доктор філософії» впроваджені в освітній процес другого магістерського рівня підготовки у якості складової частини практичної роботи «Визначення шляхових точок при плануванні навігаційних ризиків для рейсового циклу судна» за дисципліною «Дослідницький практикум», у вигляді «Аналізатора навігаційних ризиків» і таблиці узагальненої характеристики навігаційних ризиків рейсового циклу при плануванні шляху судна.

Начальник навчального
відділу

М. М. Пархоменко

Директор навчально-наукового
інституту навігації,
д.т.н., професор

І. І. Ворохобін

Завідувач кафедри
управління судном,
д.т.н., професор

І. О. Бурмака

А К Т

впровадження результатів дисертаційної роботи
Шумілової Катерини Володимирівни
на тему: «Удосконалення планування і управління навігаційними ризиками
рейсового циклу судна» в приватному вищому навчальному закладі
Інституті післядипломної освіти «Одеський морський тренажерний центр»

Справжнім підтверджуємо, що результати дисертації Шумілової Катерини Володимирівни на здобуття ступеню доктора філософії впроваджені в освітній процес у вигляді удосконаленої змістовної моделі планування шляху рейсового циклу, з використанням нормативних документів, «Аналізатора навігаційних ризиків» і таблиці узагальненої характеристики ризиків рейсового циклу, яка відрізняється від існуючих методів включенням етапу аналізу ризиків інженерним способом. Це дозволило прогнозувати ймовірність виникнення навігаційних ризиків і підготуватися до управління їх допустимим рівнем.

Директор
Інституту післядипломної освіти
«Одеський морський тренажерний центр»

« 10 »

10



к.т.н., професор Пащенко Ю. В.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи
Національного університету
«Одеська морська академія»
д.т.н., професор



В. М. Захарченко

вересня 2022 р.

А К Т

впровадження результатів дисертаційної роботи
Шумілової Катерини Володимирівни
на тему: «Удосконалення планування і управління навігаційними ризиками
рейсового циклу судна» в звіт ДР № 0119U001651 «Енергоефективна система
позиціонування судна подвійного призначення»

Ми, що нижче підписались, начальник науково-дослідної частини університету Савчук В. Д. та завідувач кафедри управління судном Бурмака І. О. склали цей акт у тому, що результати дисертації здобувача Шумілової К. В. на тему «Удосконалення планування і управління навігаційними ризиками рейсового циклу судна» впроваджені в освітню компоненту «Дослідницький практикум», відповідно до освітньо-професійної програми другого магістерського рівня підготовки «Навігація і управління морськими суднами» Навчально-наукового інституту навігації. Результати відображені в звіті ДР № 0119U001651 «Енергоефективна система позиціонування судна подвійного призначення», п. 1.1. «Енергетична ефективність і енергоменеджмент морських суден», п. 4.2. «Методи реєстрації деградаційних ефектів на перетинах енергетичних потоків».

Начальник науково-дослідної
частини НУ «ОМА»,
к.т.н., с.н.с., професор

В. Д. Савчук

Завідувач кафедри
управління судном,
д.т.н., професор

І. О. Бурмака





УКРАЇНА

(19) UA

(11) 151907

(13) U

(51) МПК

G08G 3/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2022 01850**
(22) Дата подання заявки: **01.06.2022**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **29.09.2022**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **28.09.2022, Бюл. № 39**

(72) Винахідник(и):
**Мальцев Анатолій Сидорович (UA),
Сурінов Ігор Леонідович (UA), Шумілова
Катерина Володимирівна (UA)**
(73) Влоподілець (влоподільці):
**Мальцев Анатолій Сидорович,
Сурінов Ігор Леонідович,
Шумілова Катерина Володимирівна.**
(74) Представник:
**Щербина Микола Андрійович, реєстр.
№18**

(54) СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ РИЗИКІВ РЕЙСОВОГО ЦИКЛУ ТА УПРАВЛІННЯ ЇХ РІВНЕМ

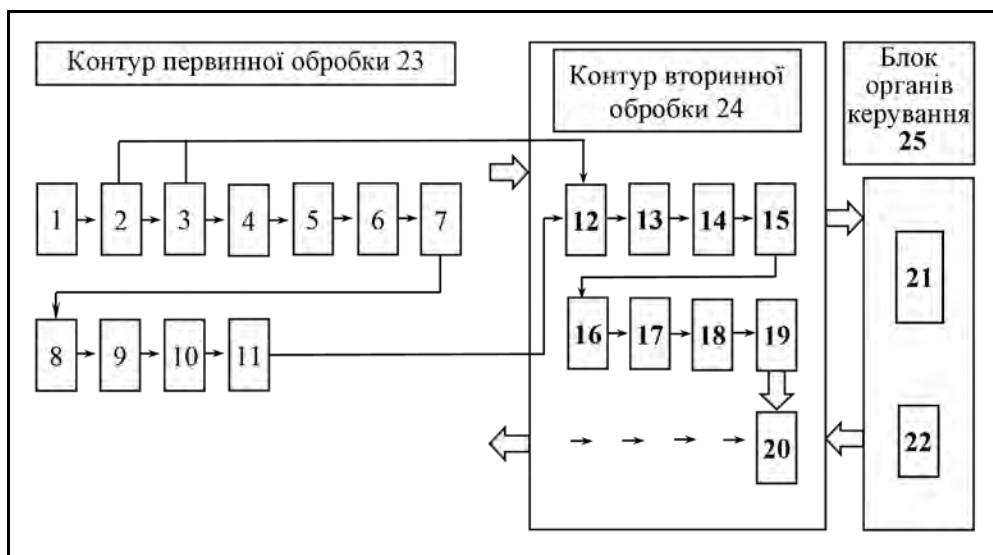
(57) Реферат:

Система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем, що містить контур первинної обробки, який містить сполучені між собою засіб підбору карт по координатам порту відходу і приходу за каталогом переходу та засіб підбору книг-лоцій і необхідних посібників, для визначення координат шляхових точок, за каталогом переходу, контур вторинної обробки та блок органів керування, при цьому контур первинної обробки додатково містить блок визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності 3, блок визначення по координатам шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів 4, блок обчислення параметрів руху судна, блок визначення координат початку та закінчення повороту 6, блок визначення координат криволінійної траєкторії, блок оформлення даних у вигляді матриці координат M_{ψ} траєкторних точок повороту, блок обчислення координати траєкторних точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат M_{π} траєкторних точок, блок підсумовування матриць прямолінійних і криволінійних відрізків шляху і отримання сумарної матриці координат траєкторних точок рейсового циклу $M_{\pi\psi}$, блок графічного прокладання шляху на генеральній карті; контур вторинної обробки містить блок розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту, блок складання графічної схеми руху на ділянці карти при вході/виході, блок визначення алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/виходу, блок підсумовування відстані по отриманих матрицях прямолінійних і криволінійних ділянок та заходу/виходу, блок розрахунку абсциси центра ваги та полюсу повороту судна, блок перерахунку координати антени супутникового приймача на центр ваги, блок розрахунку ширини маневрової смуги і бічного зсуву, блок аналізатора навігаційних ризиків по аварійно небезпечним ділянкам шляху, для визначення характеру факторів навігаційного ризику, їх причини та способів управління допустимим рівнем їх ризику, блок

UA 151907 U

UA 151907 U

складання переліку необхідних систем підтримки прийняття рішень, які необхідно використовувати при проходженні аварійно небезпечних ділянок шляху, а блок органів керування містить електронну обчислювальну машину та індикатор електроннообчислювальної машини.



Фіг. 1

UA 151907 U

Корисна модель належить до системи визначення факторів навігаційного ризику та автоматизованого вибору способів управління їх рівнем по фактору, який визначається при оперативному контролі руху судна по заданій траєкторними точками (ТТ) плановому шляху, виконуючи оперативний автоматичний контроль бічного зсуву засобами систем підтримки прийняття рішення (СППР) по допустимому його значенню, та підтримку допустимого рівня навігаційного ризику по кожному фактору, включаючи своєчасну підготовку судових механізмів для роботи в складних умовах стислих вод аварійно небезпечних відрізків шляху.

Найближчим аналогом до корисної моделі, що заявляється, є система підготовки навігаційного переходу рейсового циклу, яка наведена в нормативному документі Міжнародної морської організації (ММО), прийнята Resolution A.893(21) IMO (див. [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.893\(21\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.893(21).pdf) (переглянуто 2022-05-02)).

Вказана система містить контур первинної обробки, який включає, сполучені між собою, засіб підбору карт по координатах порту відходу і приходу за каталогом переходу, засіб підбору книг - лоцій і необхідних посібників, для визначення координат шляхових точок, блок розрахунку кутів повороту та блоки даних про характеристики параметрів зовнішніх впливів.

Спільним у найближчому аналогу і корисної моделі, що заявляється, є наявність контуру первинної обробки, який включає:

- засіб підбору карт по координатах порту відходу і приходу за каталогом переходу,
- засіб підбору книг-лоцій і необхідних посібників, для визначення координат шляхових точок, за каталогом переходу.

Недоліком системи за найближчим аналогом є те, що за допомогою вказаної системи не можна виконати:

1. розрахунок матриці траєкторних точок прямолінійних і криволінійних відрізків, і не дозволяє контролювати зсув в стислих водах;

2. розрахунок виду навігаційних ризиків по опорним точкам зчислення і з цієї причини її не можна використовувати як систему підтримки прийняття рішень по маневруванню, що дає значну затримку в виборі оптимальної структури системи управління рухом адекватної навігаційним умовам.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити систему визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем, в якій, за рахунок введення контуру вторинної обробки, блока органів керування, а також додаткових блоків до контуру первинної обробки та схеми сполучення елементів системи, забезпечити визначення інженерним методом виду навігаційного ризику і його причину та спосіб управління рівнем ризику, шляхом аналізу аварійності небезпечних ділянок шляху, що значно підвищить точність планового шляху і оперативність контролю відхилення від безпечних планових траєкторних точок.

Поставлену задачу вирішується тим, що система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем, що містить контур первинної обробки, який включає засіб підбору карт по координатах порту відходу і приходу за каталогом переходу та засіб підбору книг-лоцій і необхідних посібників, для визначення координат шляхових точок, за каталогом переходу, згідно з корисною моделлю, додатково містить контур вторинної обробки та блок органів керування, при цьому контур первинної обробки додатково містить блок визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності, блок визначення по координатах шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів, блок обчислення параметрів руху судна, блок визначення координат початку та закінчення повороту, блок визначення координат криволінійної траєкторії, блок оформлення даних у вигляді матриці координат $M_{\text{цт}}$ траєкторних точок повороту, блок обчислення координати траєкторних точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат $M_{\text{пл}}$ траєкторних точок, блок підсумовування матриць прямолінійних і криволінійних відрізків шляху і отримання сумарної матриці координат траєкторних точок рейсового циклу $M_{\text{рц}}$, блок графічного прокладання шляху на генеральній карті; контур вторинної обробки містить блок розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судоводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту, блок складання графічної схеми руху на ділянці карти при вході/виході, блок визначення алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/ви ходу, блок підсумовування відстані по отриманих матрицях прямолінійних і криволінійних ділянок та заходу/виходу, блок розрахунку абсциси центра ваги та полюсу повороту судна, блок перерахунку координати антени супутникового приймача на центр ваги, блок розрахунку ширини маневрової смуги і бічного зсуву, блок аналізатора навігаційних ризиків по аварійно небезпечним ділянкам шляху, для визначення характеру факторів навігаційного ризику, їх причини та способів управління допустимим рівнем їх ризику, блок складання переліку необхідних систем підтримки прийняття

UA 151907 U

рішень, які необхідно використовувати при проходженні аварійно небезпечних ділянок шляху, а блок органів керування містить електронну обчислювальну машину та індикатор електронно обчислювальної машини, при цьому, перелічені елементи системи сполучені між собою у такому порядку: вихід засобу підбору карт по координатах порту відходу і приходу за каталогом переходу сполучений з входом засобу підбору книг-лоцій і необхідних посібників, для визначення координат шляхових точок, за каталогом переходу, перший вихід якого сполучений з входом блока визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності, а другий вихід сполучений з другим входом блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту, контуру вторинної обробки, перший вихід блока визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності, сполучений з входом блока визначення по координатах шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів, а другий вихід блока визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності сполучений з другим входом блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту, контуру вторинної обробки, вихід блока визначення по координатах шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів сполучений з блоком обчислення параметрів руху судна, який сполучений з блоком визначення координат початку та закінчення повороту, блок визначення координат початку та закінчення повороту сполучений з блоком визначення координати криволінійної траєкторії, який сполучений з блоком оформлення даних у вигляді матриці координат $M_{цi}$ траєкторних точок повороту, вихід якого сполучений з входом блока обчислення координати траєкторних точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат M_{pi} траєкторних точок, вихід блока обчислення координати траєкторних точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат M_{pi} траєкторних точок сполучений з входом блока підсумовування матриць прямолінійних і криволінійних відрізків шляху і отримання сумарної матриці координат траєкторних точок рейсового циклу M_{pc} , вихід якого сполучений з блоком графічного прокладання шляху на генеральній карті, вихід якого сполучений з першим входом блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту, контуру вторинної обробки, вихід блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту, контуру вторинної обробки, сполучений з блоком складання графічної схеми руху на ділянці карти при вході/виході, вихід якого сполучений з входом блока визначення алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/виходу, вихід блока визначення алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/виходу сполучений з входом блока підсумовування відстані по отриманих матрицях прямолінійних і криволінійних ділянок та заходу/виходу, вихід якого сполучений з входом блока розрахунку абсциси центра ваги та полюсу повороту судна, вихід блока розрахунку абсциси центра ваги та полюсу повороту судна сполучений з входом блока перерахунку координати антени супутникового приймача на центр ваги, вихід якого сполучений з входом блока розрахунку ширини маневрової смуги і бічного зсуву, вихід блока розрахунку ширини маневрової смуги і бічного зсуву сполучений з входом блока аналізатора навігаційних ризиків по аварійно небезпечним ділянкам шляху, для визначення характеру факторів навігаційного ризику, їх причини та способів управління допустимим рівнем їх ризику, вихід якого сполучений з блоком складання переліку необхідних систем підтримки прийняття рішень, які необхідно використовувати при проходженні аварійно небезпечних ділянок шляху, при цьому, контур вторинної обробки сполучений з блоком органів керування.

Зв'язок між сукупністю ознак корисної моделі і технічним результатом, що досягається, полягає у наступному.

В контурі первинної обробки блоки постійних і змінних даних про характеристики судна, блок визначення маневрових характеристик гальмування і поворотності забезпечують швидкодію автоматизованого технічного пристрою - обробки інформації для прийняття рішення шляхом визначення підвищеної точності планування координат траєкторних та шляхових точок для зниження ризику виникнення аварійних пригод за рахунок своєчасного визначення факторів навігаційного ризику та способів управління їх рівнем.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де:

фіг. 1 - блок-схема системи визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем.

фіг. 2 - графічна схема аналізатора навігаційних ризиків і способів управління їх рівнем,

UA 151907 U

Система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем, містить сполучені між собою, контур первинної обробки 23, контур вторинної обробки 24 і блок органів керування 25.

5 Контур первинної обробки 23 включає засіб підбору карт по координатах порогу відходу і приходу за каталогом переходу 1, засіб підбору книг-лоцій і необхідних посібників, для визначення координат шляхових точок, за каталогом переходу 2, блок визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності 3, блок визначення по координатам шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів 4, блок обчислення параметрів руху судна 5, блок визначення координат початку та закінчення повороту 6, блок визначення координат криволінійної траєкторії 7, блок оформлення даних у вигляді матриці координат $M_{\text{цт}}$ траєкторних точок повороту 8, блок обчислення координати траєкторних точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат $M_{\text{пл}}$ траєкторних точок 9, блок підсумовування матриць прямолінійних і криволінійних відрізків шляху і отримання сумарної матриці координат траєкторних точок рейсового циклу $M_{\text{рц}}$ 10, блок графічного прокладання шляху на генеральній карті 11.

15 Контур вторинної обробки 24 включає блок розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту 12, блок складання графічної схеми руху на ділянці карти при вході/виході 13, блок визначення, алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/виходу 14, блок підсумовування відстані по отриманих матрицях прямолінійних і криволінійних ділянок та заходу/виходу 15, блок розрахунку абсциси центра ваги та полюсу повороту судна 16, блок перерахунку координати антени супутникового приймача на центр ваги 17, блок розрахунку ширини маневрової смуги і бічного зсуву 18, блок аналізатора навігаційних ризиків по аварійно небезпечним ділянкам шляху, для визначення характеру факторів навігаційного ризику, їх причини та способів управління допустимим рівнем їх ризику 19, блок складання переліку необхідних систем підтримки прийняття рішень, які необхідно використовувати при проходженні аварійно небезпечних ділянок шляху 20.

Блок органів керування 25 включає електронну обчислювальну машину 21 та індикатор електронно обчислювальної машини 22.

30 Перелічені елементи системи сполучені між собою у такому порядку: вихід засобу підбору карт по координатах порту відходу і приходу за каталогом переходу 1 сполучений з входом засобу підбору книг-лоцій і необхідних посібників, для визначення координат шляхових точок, за каталогом переходу 2, перший вихід якого сполучений з входом блока визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності 3, а другий вихід сполучений з другим входом блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту 12, контуру вторинної обробки 24.

40 Перший вихід блока визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності 3 сполучений з входом блока визначення по координатам шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів 4, а другий вихід блока визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності 3 сполучений з другим входом блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту 12, контуру вторинної обробки 24.

45 Вихід блока визначення по координатам шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів 4 сполучений з блоком обчислення параметрів руху судна 5, який сполучений з блоком визначення координат початку та закінчення повороту 6. Блок визначення координат початку та закінчення повороту 6 сполучений з блоком визначення координати криволінійної траєкторії 7, який сполучений з блоком оформлення даних у вигляді матриці $M_{\text{цт}}$ траєкторних точок повороту 8, вихід якого сполучений з входом блока обчислення координати траєкторних точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат $M_{\text{пл}}$ траєкторних точок 9.

50 Вихід блока обчислення координати траєкторних точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат $M_{\text{пл}}$ траєкторних точок 9 сполучений з входом блока підсумовування матриць прямолінійних і криволінійних відрізків шляху і отримання сумарної матриці координат траєкторних точок рейсового циклу $M_{\text{рц}}$ 10, вихід якого сполучений з блоком графічного прокладання шляху на генеральній карті 11, вихід якого сполучений з першим входом блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту 12 контуру вторинної обробки 24.

60 Вихід блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту 12 контуру

UA 151907 U

вторинної обробки 24 сполучений з блоком складання графічної схеми руху на ділянці карти при вході/виході 13, вихід якого сполучений з входом блока визначення алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/виходу 14.

5 Вихід блока визначення алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/виходу 14 сполучений з входом блока підсумовування відстані по отриманих матрицях прямолінійних і криволінійних ділянок та заходу/виходу 15, вихід якого сполучений з входом блока розрахунку абсциси центра ваги та полюсу повороту судна 16.

10 Вихід блока розрахунку абсциси центра ваги та полюсу повороту судна 16 сполучений з входом блока перерахунку координати антени супутникового приймача на центр ваги 17, вихід якого сполучений з входом блока розрахунку ширини маневрової смуги і вектора зсуву 18.

Вихід блока розрахунку ширини маневрової смуги і вектора зсуву 18 сполучений з входом блока аналізатора навігаційних ризиків по аварійно небезпечним ділянкам шляху, для визначення характеру факторів навігаційного ризику, їх причини та способів управління допустимим рівнем їх ризику 19, вихід якого сполучений з блоком складання переліку 15 необхідних систем підтримки прийняття рішень, які необхідно використовувати при проходженні аварійно небезпечних ділянок шляху 20.

Контур вторинної обробки 24 сполучений з блоком органів керування 25.

Працює система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем у наступному порядку.

20 Система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем містить сполучені між собою контур первинної обробки 23, контур вторинної обробки 24 і блок органів керування 25. Контур первинної обробки 23 (фіг. 1) включає засіб підбору карт 1 по координатам порту відходу і приходу в каталозі карт. Рекомендується використовувати карти: генеральні масштабу 1:1000 000 для попереднього вибору шляхових точок і визначення 25 початкових даних про їх координати та наявність аварійно небезпечних районів на шляху переходу в рейсовому циклі; шляхові навігаційні карти масштабу 1:100 000 рекомендується використовувати для всього переходу, включаючи вибір аварійно небезпечних ділянок; часткові навігаційні масштабу 1:25 000 використовуються для каналів, фарватерів, припортових вод та 30 портових акваторій і небезпечних ділянок стислих вод. Контур первинної обробки 23 також містить засіб підбору книг-лоцій та всіх необхідних посібників 2, за якими виділяють аварійно небезпечні ділянки шляху і визначають фактори навігаційного ризику, які їх спричиняють і визначають координати шляхових точок, на перетині двох прямих, проведених методом 35 серединної лінії чи геодезичним способом визначених ліній рекомендованих курсів, які найбільше співпадають з напрямом безпечного руху і координати їх перетину заносять в таблицю шляхових точок, по водотоннажності судна в блоці 3, під час рейсового циклу. Визначають маневрені характеристики гальмування і повороткості, та заводять їх в навігаційний комп'ютер судна у вигляді таблиць, по координатах шляхових точок в блоці 4 визначають 40 відстань між ними і взаємні напрями. В блоці 5 обчислюють: курс із попередньої в наступну шляхову точку; зворотній курс; відстань між шляховими точками; кут повороту.

40 В блоці 6 по координатах шляхових точок і характеристиках повороткості визначають координати початку та закінчення повороту та в блоці 7 по координатах точки початку циркуляції для кожної шляхової точки визначають координати криволінійної траєкторії для інтервалу дискретизації, 3°, 5° чи 10°. В блоці 8 оформляють для кожної шляхової точки матриці координат $M_{цп}$ траєкторних точок повороту та в блоці 9 обчислюють координати $M_{пн}$ 45 прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат $M_{пн}$ ТТ через інтервал дискретизації 0,2-0,5 кбт. В блоці 10 підсумовують матриці прямолінійних і криволінійних відрізків шляху і отримують сумарну матрицю шляху переходу рейсового циклу $M_{рц}$ від точки здачі лоцмана в порту відходу до прийому в порту приходу та в блоці 11 прокладають її на генеральній карті.

50 В блоці 12 контуру вторинної обробки 24 отримують матрицю руху судна при виході з порту та/або заходу в нього, під час якого судоводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилам порту і в блоці 13 складають графічну схему руху на ділянці карти при вході/виході. Після цього в блоці 14 визначають алгоритм управління судном при маневруванні для заходу/виходу і в блоці 15 підсумовують відстань за допомогою комп'ютерної програми по отриманих матрицях прямолінійних і криволінійних ділянок, та заходу/виходу. Далі в блоці 16 розраховують 55 координати абсциси центра ваги та полюсу повороту судна, після чого в блоці 17 перераховують координати антени супутникового приймача на центр ваги. В блоці 18 розраховують, ширину маневрової смуги по значенню абсциси полюсу повороту і вектори зсувів та визначають можливість безпечного проходу судна через аварійно небезпечний відрізок шляху по допустимому зсуву та значенню маневреної смуги на карті.

UA 151907 U

Після прокладки на генеральній карті шляху рейсового циклу і схеми руху при заході/виході на карті масштабу 1:25 000, в блоці 19 включають аналізатор ризиків і визначають: аварійно небезпечні ділянки; характер факторів навігаційного ризику, їх причини та способи управління допустимим рівнем ризику (Фіг. 2) і в блоці 20 складають перелік необхідних систем підтримки прийняття рішень, які необхідно використовувати при проходженні аварійно небезпечних ділянок шляху.

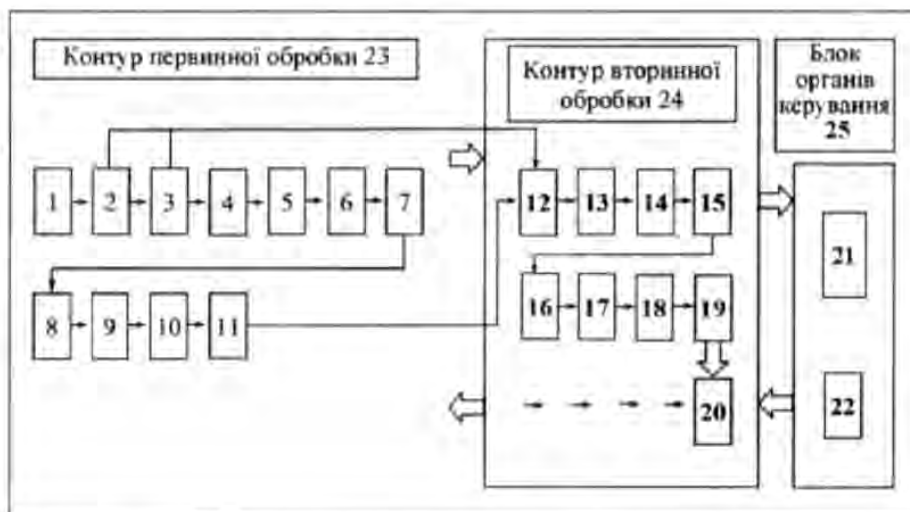
Блок органів управління 25 дозволяє коригувати рух судна, включаючи візуальний контроль зчислення. Після цього сигнал надходить на індикатор 22 електронної обчислювальної системи 21, на якому отримують графічну схему руху і іншу інформацію по управлінню судном.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем, що містить контур первинної обробки (23), який містить сполучені між собою засіб підбору карт по координатах порту відходу і приходу за каталогом переходу 1 та засіб підбору книг-лоцій і необхідних посібників, для визначення координат шляхових точок, за каталогом переходу (2), яка відрізняється тим, що система додатково містить контур вторинної обробки (24) та блок органів керування (25), при цьому контур первинної обробки (23) додатково містить блок визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності (3), блок визначення по координатам шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів (4), блок обчислення параметрів руху судна (5), блок визначення координат початку та закінчення повороту (6), блок визначення координат криволінійної траєкторії (7), блок оформлення даних у вигляді матриці координат $M_{\text{ц}}$ траєкторних точок повороту (8), блок обчислення координати траєкторних точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат $M_{\text{п}}$ траєкторних точок (9), блок підсумовування матриць прямолінійних і криволінійних відрізків шляху і отримання сумарної матриці координат траєкторних точок рейсового циклу $M_{\text{рц}}$ (10), блок графічного прокладання шляху на генеральній карті (11); контур вторинної обробки (24) містить блок розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилах порту (12), блок складання графічної схеми руху на ділянці карти при вході/виході (13), блок визначення алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/виходу (14), блок підсумовування відстані по отриманих матрицях прямолінійних і криволінійних ділянок та заходу/виходу (15), блок розрахунку абсциси центру ваги та полюса повороту судна (16), блок перерахунку координати антени супутникового приймача на центр ваги (17), блок розрахунку ширини маневрової смуги і бічного зсуву (18), блок аналізатора навігаційних ризиків по аварійно небезпечних ділянках шляху, для визначення характеру факторів навігаційного ризику, їх причини та способів управління допустимим рівнем їх ризику (19), блок складання переліку необхідних систем підтримки прийняття рішень, які необхідно використовувати при проходженні аварійно небезпечних ділянок шляху (20), а блок органів керування (25) містить електронну обчислювальну машину (21) та індикатор електронно обчислювальної машини (22), при цьому, перелічені елементи системи сполучені між собою у такому порядку: вихід засобу підбору карт по координатах порту відходу і приходу за каталогом переходу (1) сполучений з входом засобу підбору книг-лоцій і необхідних посібників, для визначення координат шляхових точок, за каталогом переходу (2), перший вихід якого сполучений з входом блока визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності (3), а другий вихід сполучений з другим входом блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилах порту (12), контуру вторинної обробки (24), перший вихід блока визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності (3), сполучений з входом блока визначення по координатах шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів (4), а другий вихід блока визначення маневрених характеристик гальмування і поворотності (3) сполучений з другим входом блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилах порту (12), контуру вторинної обробки (24), вихід блока визначення по координатах шляхових точок відстані між ними і взаємних напрямів (4) сполучений з блоком обчислення параметрів руху судна (5), який сполучений з блоком визначення координат початку та закінчення повороту (6), блок визначення координат криволінійної траєкторії (7), який сполучений з блоком оформлення даних у вигляді матриці координат $M_{\text{в}}$, траєкторних точок повороту (8), вихід якого сполучений з входом блока обчислення координати траєкторних точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат $M_{\text{п}}$ траєкторних точок (9), вихід блока обчислення координати траєкторних

UA 151907 U

- точок прямолінійних відрізків шляху у вигляді матриць координат M_{pi} траекторних точок (9) сполучений з входом блока підсумовування матриць прямолінійних і криволінійних відрізків шляху і отримання сумарної матриці координат траекторних точок рейсового циклу M_{pc} (10), вихід якого сполучений з блоком графічного розкладання шляху на генеральній карті (11), вихід якого сполучений з першим входом блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилах порту (12), контуру вторинної обробки (24), вихід блока розрахунку сумарної матриці руху судна при виході з порту та/або заходу в порт, під час якого судноводій вибирає експлуатаційну швидкість по правилах порту (12), контуру вторинної обробки (24), сполучений з блоком складання графічної схеми руху на ділянці карти при вході/виході (13), вихід якого сполучений з входом блока визначення алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/виходу (14), вихід блока визначення алгоритму управління судном при маневруванні для заходу/виходу (14) сполучений з входом блока підсумовування відстані по отриманих матрицях прямолінійних і криволінійних ділянок та заходу/виходу (15), вихід якого сполучений з входом блока розрахунку абсциси центру ваги та полюса повороту судна (16), вихід блока розрахунку абсциси центру ваги та полюса повороту судна (16) сполучений з входом блока перерахунку координати антени супутникового приймача на центр ваги (17), вихід якого сполучений з входом блока розрахунку ширини маневрової полоси і бічного зсуву (18), вихід блока розрахунку ширини маневрової смуги і бічного зсуву (18) сполучений з входом блока аналізатора навігаційних ризиків по аварійно небезпечних ділянках шляху, для визначення характеру факторів навігаційного ризику, їх причини та способів управління допустимим рівнем їх ризику (19), вихід якого сполучений з блоком складання переліку необхідних систем підтримки прийняття рішень, які необхідно використовувати при проходженні аварійно небезпечних ділянок шляху (20), при цьому контур вторинної обробки (24) сполучений з блоком органів керування (25).



Фіг. 1

UA 151907 U



Фіг. 2