

Пошук аварійно-небезпечних ділянок рейсового циклу судна при плануванні шляху удосконаленою змістовною моделлю

Дмитро Шумілов

Національний університет «Одеська морська академія», Навчально-науковий інститут навігації, м. Одеса, Україна

ORCID: 0009-0009-6242-8620

Для цитування цієї статті:

Шумілов Дмитро. Пошук аварійно-небезпечних ділянок рейсового циклу судна при плануванні шляху удосконаленою змістовною моделлю. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 3, No.6, 2024, pp. 130-153. doi: 10.46299/j.isjea.20240306.13.

Надійшла до редакції: 16 жовтня 2024 р.; **Схвалено:** 17 листопада 2024 р.;

Опубліковано: 01 грудня 2024 р.

Анотація: Навігаційні і кібернетичні ризики, які пов'язані з широким впровадженням сучасних навігаційних приладів ходового містка та машинно-котельного відділення, що використовують безкабельні лінії зв'язку між ними в межах судна та при обміні інформацією між іншими суднами, призводять до їх вразливості від зовнішніх шкідливих впливів, або навіть виходу із ладу. Це вимагає використання резервних навігаційних приладів або виконання ручних класичних способів документування параметрів маневрування і та відповідних етапів штурманської навігаційної роботи, у тому числі та при управлінні роботою головного двигуна. Тому необхідно виконати детальний аналіз наявності аварійно-небезпечних ділянок шляху, при плануванні координат переходу судна в рейсовому циклі і підготувати судно та екіпаж для роботи в складних умовах. Це дозволить розробити рекомендації за способами збереження навігаційної безпеки та для забезпечення надійної роботи головного двигуна щодо підтримання руху при існуючих обмеженнях. Виконано аналіз сучасних нормативних документів України і Міжнародної морської організації, які регламентують класифікацію, порядок розслідування аварій в капітанії порту першого заходу і облік морських аварій та інцидентів для передачі їх результатів в державні та міжнародні організації для включення в лоції, карти та інформаційні документи з судноводіння. В подальшому ця інформація використовується при складанні змістовної моделі переходу. Показано, що врахування інформації про морські аварії та інциденти, виконання аналізу навігаційних небезпек на переході морем в рейсовому циклі дозволяє визначити очікувану причину, вид та наслідки можливої навігаційної аварії і підготувати судно та команду ходового містка до переходу в умовах навігаційних чи кібернетичних ризиків. Знання меж аварійно-небезпечних ділянок при плануванні координат дозволяє вибрати способи визначення місця судна за береговими та плавучими навігаційними знаками, якщо вони існують на даній ділянці або очікувану видимість горизонту для застосування астрономічних способів. Проте для використання способів управління рівнем ризиків потрібно підготувати спеціальні дані про висоту берегових орієнтирів, якщо вони є в аварійно-небезпечних ділянках переходу та мати захищений від кібернетичних атак електронний прилад для виконання навігаційного обчислення. Перехід на обсерваційне зчислення при кібернетичних атаках та використання резервних приладів, інструментів і способів роботи судноводіїв, дозволяють стверджувати, що навігаційну безпеку маневрування при навігаційних і кібернетичних ризиках можна забезпечити існуючими технічними засобами на судні. Однак для цього потрібно визначити наявність аварійно-небезпечних ділянок шляху при плануванні рейсового циклу не тільки за аваріями, які сталися в минулому. Це дозволить шляхом аналізу скріншотів

стиснених вод знайти навігаційні небезпеки і підготувати резервні прилади, необхідні штурманські інструменти та команду ходового містка для роботи в умовах навігаційних та кібернетичних ризиків.

Ключові слова: Аварійно-небезпечна ділянка переходу; Рейсовий цикл судна; Управління ризиками; Навігаційна характеристика району плавання; Визначення місця судна; Планування координат рейсового циклу; Розходження в стиснених умовах; Навігаційні небезпеки; Кібербезпека судна; Кіберризиками; Морська аварія; Оцінка ризику.

1. Вступ

Функціонування моделі системи управління безпекою маневрування судном при рейсовому циклі, 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) 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 судну можливість будувати процес його безпечної експлуатації.

Відповідно до вимог ММО заявляється, що МКУБ є попереджувачим документом, спрямованим на те, щоб ризики, які можуть так чи інакше вплинути на безпеку руху судна в морі, повинні бути заздалегідь виявлені під час планування рейсу і спрямовані на підготовку судна і екіпажу щодо управління їх рівнем. Указані впливи на рух судна проявляються у вигляді двох видів ризиків – навігаційних і кібернетичних. Завданням екіпажу являється підготувати судно і команду ходового містка до плавання в умовах ризиків при переході в аварійно-небезпечних ділянках, шляхом зниження їх впливу на процес руху до припустимого рівня.

Навігаційні і кібернетичні ризики являються взаємно пов'язаними між собою за регіоном виникнення, оскільки кінцевою причиною їх появи є навігаційні небезпеки на переході. Але в подальшому характеристики параметрів цих ризиків кардинально відрізняються один від одного. Навігаційні ризики є детермінованими, місце їх розташування, вид і причина виникнення відомі і описані в лоціях, на картах та в інформаційних джерелах з судноплавства. Зокрема, в тих же посібниках містяться рекомендації для судноводіїв щодо зменшення їх впливу до допустимого рівня, які професійно визначені на підставі аналізу причин виникнення аварій в таких ділянках переходу або наявності навігаційних небезпек. Зазначимо, що в світовому судноплаванні організована чітка система виконання розслідування навігаційних аварій, порядок передачі відомостей про них в державні та міжнародні організації та доведення інформації до лоцій і карт для попередження судноводіїв. Ступінь попередження виникнення навігаційної аварії повністю залежить від кваліфікації судноводія.

Кібернетичні ризики носять випадковий характер за часом їх появи, але мають цілю викликати якомога більші пошкодження судна та його вантажу і привести до навігаційної аварії з тяжкими наслідками.

Проблема виникнення кібернетичних ризиків для морських навігаційних систем безпеки пов'язана з поширенням мереж 5G та інтенсивним впровадженням нових інформаційних

технологій. Зауважимо, що окремі системи в мережі суднових операційних технологій не мають відповідного захисту від кібератак та можуть бути застарілими, через відсутність оновлень програмного забезпечення, що збільшує їх вразливість.

Таким чином, відсутність надійного захисту суднових приладів, таких, як комп'ютери, сервери, ноутбуки, планшети та інші дозволила хакерам реалізувати відомі атаки «Petya», «Ruik», «WannaCry», «Bad Rabbit» та інші.

Згідно з вимогами ММО (Резолюція MSC.428 (98)) морські адміністрації ряду країн почали організувати облік сучасних кібернетичних ризиків в суднових системах управління безпекою з 1 січня 2021 року. Нормативний документ «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (Risk management – Guidelines) ДСТУ ISO 31000:2018 надає детальні відомості про оцінку виду ризиків. Цей стандарт корисний для розуміння вірогідності появи кібернетичних ризиків і побудови ефективного процесу їх управління. Але він не дозволяє отримати рекомендації судноводіям для управління їх допустимим рівнем. Тому організація руху судна в небезпечних ділянках рейсового циклу при навігаційних і кібернетичних ризиках, для забезпечення безаварійного переходу і управління їх допустимим рівнем, а також розробка відповідних рекомендацій для команди ходового містка являються вельми актуальними.

2. Об'єкт і предмет дослідження

З 1 січня 2021 року морські адміністрації країн, які являються членами комітету з безпеки на морі ММО перевіряють судна для підтвердження виконання рекомендацій ММО з підготовки до плавання в умовах навігаційних ризиків і кібернетичних атак. При цьому розглядається два види підготовки: 1) певного судна; 2) команди ходового містка для управління в умовах навігаційних і кібернетичних ризиків.

Підготовка судна закладається в забезпеченні штатними резервними навігаційними приладами та їх відповідній черговій профілактиці для підтримання в робочому стані, з виконанням всіх необхідних перевірок і визначення поправок. Крім того, судно повинно мати належні штурманські інструменти і прилади (хронометр, секстант, секундомір) та захищений від кібернетичних атак електронний прилад для виконання навігаційного обчислення.

Підготовка команди ходового містка закладається у відновленні навичок ручного документування процесу руху судна, виконання навичок з визначення місця судна. Вони включають візуальні та астрономічні способи, визначення точності та ведення обсерваційного графічного та аналітичного зчислення на паперовій та електронній картах.

Зауважимо, що згідно з вимогами ММО (Резолюція MSC.428 (98)) необхідно організувати документування, облік та передачу інформації про кібернетичні та навігаційні аварійні випадки з судном судовласнику та органам нагляду за безпечною експлуатацією морських суден.

Поширення нових ризиків для морських систем безпеки виникає не тільки через мережі 5G. Окремі суднові операційні та технологічні інформаційні прилади є незахищеними та застарілими, що збільшує їх вразливість щодо навігаційних аварій і кібернетичних атак. Наслідком цього може стати те, що багато суден можуть піддаватися санкціям в іноземних портах за невиконання рекомендацій ММО з кібернетичної безпеки.

Тому існує проблема організації безаварійного плавання в районах рейсового циклу при навігаційних небезпеках. Вирішення цієї проблеми розпочинається на стадії планування координат переходу шляхом високоточного планування траєкторними точками для прямолінійних і криволінійних траєкторій. Результати планування оформлюються у вигляді матриці координат переходу, яка після прокладки на паперовій чи електронній картах, аналізується і визначаються райони за лоціями, картами та іншими інформаційними джерелами, в яких виникали аварійні інциденти. Після цього судноводій повинен ідентифікувати наявність навігаційних небезпек по всьому переходу, на підставі аналізу

наступних факторів: скріншотів стиснених вод, в яких судно проходить близько до перешкод; існуючих обмежень за глибиною; аномальних течій; інтенсивного судноплавства та інших навігаційних ризиків. За результатами виконаного аналізу складають таблицю шляхових точок і параметрів маневрування в аварійно-небезпечних ділянках, для яких визначають особливості штурманської роботи для контролю руху та управління судном в звичайних умовах плавання і при навігаційних та кібернетичних ризиках.

3. Мета і задачі дослідження

Метою статті являється детальний аналіз порядку і алгоритму причин виникнення морської аварії чи інциденту та встановлення факторів, які призвели до неї. Важливим етапом розслідування являється експертний аналіз всіх параметрів і відомих даних для всіх стадій виникнення і протікання процесу аварії, для виявлення допустимих і потенційно можливих порушень вимог нормативної правової бази, які підвищують вірогідність виникнення несприятливих обставин.

Ключовими елементами, що формують методологію розслідування морських аварій та інцидентів, є: класифікація морських аварій та інцидентів; порядок їх розслідування та обліку; порядок оформлення та передачі повідомлень (довідей) про морські аварії та інциденти.

Використання зазначеної методології для розподілу її на структурні елементи дозволило задіяти досить ефективну систему збору, аналізу та обробки інформації з аварійності в міжнародному судноплавстві, а також централізовано виробляти рекомендації щодо застосування коригувальних та запобіжних дій щодо забезпечення безпеки судноплавства. Практичне застосування цієї системи дозволило, у свою чергу, створити нормативну базу для системи управління безпечною експлуатацією суден та запобігання забруднення навколишнього середовища. Тому необхідно більш детально розглянути окремо кожен елемент, який формує методологію розслідування морських аварій та інцидентів.

Мета дослідження потребує виконати наступні завдання:

1. Проаналізувати існуючі способи виникнення навігаційних та кібернетичних ризиків, визначити ділянки аварійно-небезпечних районів рейсового циклу при плануванні переходу та виконати їх систематизацію за факторами, які їх спричиняють.
2. Розробити способи визначення навігаційних небезпек, які можуть спричинити виникнення морської аварії чи інциденту при переході морем.
3. Визначити алгоритм і спосіб доведення інформації про аварійний інцидент до лоцїї, карти та інших джерел сповіщення суден про неї, для врахування при плануванні координат переходу і надання рекомендацій судноводіям з підготовки судна і екіпажу до управління в аварійно-небезпечних ділянках переходу.

Тому метод пошуку аварійно-небезпечних ділянок переходу при плануванні рейсового циклу з врахуванням морських аварій та інцидентів, які виникали в минулому, або на підставі ретельного аналізу інформації про навігаційні небезпеки при плануванні переходу за лоцїями, картами та іншими інформаційними джерелами та при використанні способу ретельного аналізу скріншотів стиснених вод рейсового циклу судна являється вельми актуальним.

4. Аналіз літературних джерел

В роботі [1] проаналізовано сучасну інформацію про навігаційні морські аварії, установлені причинно-наслідкові зв'язки, проведено деталізацію факторів ризику з визначенням його основних типів. Запропонована комплексна система управління маневруванням при навігаційних ризиках. Однак практичних рекомендацій судноводію не приведено.

Дослідження [2] розглядає звіти про кібербезпеку судових навігаційних систем при виконанні морських операцій, які стали надзвичайно вразливими до цілеспрямованих

кібернетичних атак. Аналіз результатів їх впливу на сучасні морські інформаційні системи показав, що екіпажі суден не знають, способів розпізнавання впливу кібернетичних атак та управління судном в таких ситуаціях. Також пропонуються основні процедури управління рівнем впливу кібернетичної атаки, які необхідно виконувати шляхом використання резервних навігаційних пристроїв, для контролю незвичайних комунікаційних з'єднань. Це дозволить своєчасно ідентифікувати підозрілий віддалений доступ до судової мережі або мережі операційних технологій. Визначається необхідність розробки стратегії кібернетичного захисту судових навігаційних систем, яка враховує їх вразливі місця і базується на комплексній ідентифікації ризиків. Але в роботі не розглянуті способи виконання морських операцій з розходження та ведення обсерваційного зчислення при кібернетичних атаках.

Аналіз результатів впливу сучасної цифрової трансформації на судові навігаційні прилади ходового містка, який наведено в роботі [3], показав що вона супроводжується підвищеною автоматизацією та автономністю судна. При цьому підкреслюється, що безпечна експлуатація сучасних суден залежить від надійної роботи кібернетичних систем, які створені на основі передачі інформації між ними шляхом випромінювання, що неминуче підвищує їх вразливість до кібернетичних атак. Проведено формалізацію якісних та кількісних властивостей інформаційних потоків рейсового циклу за допомогою методів матричного та графоаналітичного моделювання. Побудовано декомпозицію інформації та визначено кластер інформаційної безпеки управління маневруванням судна, доступ до якого закритий для кібератак. Приведено класифікацію кібернетичних атак за їх типами, джерелами появи і способами протидії, та запропоновано способи управління їх рівнем. Але до практичних рекомендацій судоводіям отримані результати не доведені.

Як зазначено в дослідженні [4], судноплавні компанії повинні бути кіберстійкими до кіберризиків та виявляти ініціативу у розробці та реалізації дій, ефективних стратегій та прийнятті методів пом'якшення наслідків для судноплавства. Людські фактори це головна слабкість, яка ставить під загрозу кібербезпеку судна, вчиняючи навмисні дії чи ненавмисні помилки, розкриття важливої інформації або створення точок входу для кіберзлочинців. У якості дослідницького застосування розглянуто автоматичну ідентифікаційну систему (AIC), оскільки це одна з найбільш уразливих систем на борту судна. Результати дослідження показали на те, що найімовірніша помилка, пов'язана з ризиком кібербезпеки AIC, виникає в задачах, визначених у розділах «захист», «відповідь», «виявлення», «ідентифікація» та «відновлення» функції. Було розроблено відповідний контроль та профілактичні заходи для підвищення рівня кібербезпеки AIC та забезпечення конструктивного прийняття рішень шляхом інтеграції різних міжнародних стандартів, зокрема з IACS (International Association of Classification Societies, Міжнародна Асоціація Класифікаційних Товариств) та структури NIST (National Institute of Standards and Technology, Національний інститут стандартів і технологій) для кібербезпеки AIC. Зауважимо, що конкретних пропозицій щодо протидії кібернетичним кібератакам в роботі не запропоновано.

В джерелі [5] розглянуто вразливості судових навігаційних та технічних приладів та пропонуються способи організації їх роботи. Оскільки рухові функції судна є одними з найбільш важливих для безпечної експлуатації суден, натепер стало дуже популярним використання двопаливних двигунів «Dual-Fuel» (DF) для виробництва електроенергії та силової установки. Для виявлення ризиків та аналізу потенційних сценаріїв атак кібербезпеки у двигуні DF було використано адаптовану версію аналізу режимів відмов, уразливостей та ефектів «Failure Modes, Vulnerabilities and Effects Analysis» (FMVEA). Також продемонстровано, як впровадження FMVEA може бути взаємопов'язане з існуючими процесами безпеки експлуатації морських суден та надано інформацію про кіберризики для механізму DF і про те, як їх знизити. Але це запропоновано тільки для суден з механізмом DF і конкретних способів зменшення впливу кібератак на рух судна в аварійно-небезпечних ділянках переходу не приведено.

Проведення оцінки кібербезпеки судна, яке описано в роботі [6], засноване на опитуванні екіпажу. Сканування обчислювальних вразливостей суднової електронної картографічної та інформаційної системи (ECDIS) представлено як особливу частину цієї оцінки кібербезпеки. Представлений процес оцінки експериментально перевірено шляхом оцінки рівня кібербезпеки навчального судна. Також було проведено кількісний аналіз кіберризиків для оцінки кібербезпеки судна.

Рекомендації з управління морськими кіберризиками (MSC-FAL.1-Circ.3-Rev.2), які наведено в джерелі [7], були надані ММО. Основні керівні принципи складаються з рекомендацій високого рівня управління морськими кіберризиками для захисту судноплавства від поточних і виникаючих кіберзагроз та вразливостей, що дозволить підтримувати ефективне управління кіберризиками. Рекомендації можуть бути включені до існуючих процесів управління ризиками та доповнюють практику управління безпекою судна, яку вже встановлено ІМО. Однак способи виконання морських операцій при кібернетичних атаках не описані.

В дослідженні [8] приведена реалізація стратегії кібербезпеки в системі управління маневруванням судна в рейсовому циклі. Алгоритм її реалізації складається з наступних етапів: своєчасне виявлення моменту появи кібернетичної атаки для оцінки стану навігаційних приладів ходового містка; ручне документування процесу та ручний або автоматичний (при наявності) перехід на аварійне управління процесом руху; початок виконання обсерваційного зчислення; включення резервних навігаційних приладів та виконання штурманської роботи класичними способами.

Розвиток морської індустрії (промислової революція 4.0), пов'язаний з новими типами кібератак, з вивченням нормативно-правової бази щодо морської кібербезпеки, уразливості морських систем, потенційних сценаріїв кібератак та методів оцінки ризиків представлено в джерелі [9]. Запропоновано короткий опис прогресу академічних досліджень з теми морської кібербезпеки. Проведено бібліометричний аналіз досліджень, пов'язаних з морською кібербезпекою, методами оцінки кіберризиків, а також розробкою моніторингу та виявлення вторгнень щодо кібератак у морських системах. Також було виявлено 53 проблеми у різних дослідженнях і запропоновано 73 теми для майбутніх досліджень. Проте, не звернута увага на відсутність вимог до детального аналізу навігаційних небезпек в рейсовому циклі судна.

В роботі [10] відзначається, що основою безпечного планування координат переходу в рейсовому циклі являються наступні фактори:

- коректний вибір координат шляхових точок на геодезичних лініях карти чи рівновіддалено від навігаційних небезпек;
- врахування маневрених характеристик поворотності при розрахунку координат траєкторних точок прямолінійних і криволінійних траєкторій;
- визначення аварійних небезпечних ділянок шляху за даними лоції, карти та інших інформаційних джерел, для аналізу навігаційних умов і визначення необхідного обладнання для рейсового циклу переходу.

Результати виконаного аналізу навігаційних і кібернетичних ризиків пропонується оформляти у вигляді таблиці аварійно-небезпечних ділянок і рекомендацій з управління процесом руху при їх проходженні.

В нормативних документах ММО [11, 12] приведені рекомендації з планування координат переходу в рейсовому циклі. Наголошується, що всі судна світу перейшли на електронні карти, що потребує використання нових технологій високоточних способів планування координат шляху і оперативного контролю параметрів процесу руху судна. Відмічається, що вказані документи володіють цілим рядом недоліків, які полягають у наступному: не приведена методика вибору ШТ і визначення їх координат; шлях зображено у вигляді прямолінійних відрізків, що не відповідає дійсності. Це вимагає використовувати і розробляти нові методики планування для районів стиснених вод. Крім того, відсутня методика планування криволінійних відрізків шляху з врахуванням характеристик

поворотності і не розглянуті способи підвищення точності планування, контролю координат руху та способи планування навігаційних і кібернетичних ризиків.

Згідно з вимогами ММО існують наступні етапи: I. Appraisal (Оцінка); II. Planning (Планування); III. Execution (Виконання); IV. Monitoring (Контроль), які повинні виконуватись у покроковому порядку, викладеному вище. Однак вимоги не містять плану заходу/ виходу із порту, хоча рекомендується планувати координати шляху від причалу порту відходу до причалу порту приходу. Тому для планування заходів в порт і виходу із нього треба використовувати більш точні способи планування шляху чим у відкритому морі, включаючи автоматичні системи підтримки прийняття рішень при русі і маневруванні.

В дослідженні [13] розглянуто способи врахування навігаційних ризиків при плануванні координат шляху рейсового циклу судна, за аварійністю на різних ділянках переходу. Проте, детально не приведені способи їх визначення судноводієм на підставі аналізу навігаційних небезпек, після прокладки переходу на паперовій чи електронній карті.

Систематизацію визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем приведено в роботі [14]. Відмічається, що узагальнений характер існуючої нормативної бази потребує використання системного підходу до їх класифікації. Така систематизація видів і груп ризиків є важливим інструментом їхнього ефективного управління. Запропонований підхід допомагає підібрати індивідуальні способи оцінювання, вимірювання, прогнозування та вибору заходів з управління їх рівнем.

Основні недоліки кібербезпеки, що впливають на інформаційні системи та комунікаційні технології сучасних суден визначено в статті [15]. Описано архітектуру та основні характеристики різних систем, а також вказано на їх основні проблеми безпеки та як вони були використані зловмисниками для порушення роботи сервісу і відповідних фінансових втрат. Виділено кілька заходів протидії кібератакам, але не розглянуто технічні заходи контролю для зниження ризиків на аварійно-небезпечних ділянках переходу.

Історичний аналіз, виконаний в роботі [16] показує порівняння безаварійних і схильних до аварій суден з виконанням дослідження показників за даними АІС і базами даних інших суден. Встановлено, що інформація АІС значно допомагає оцінити ситуацію зближення і вибрати маневр розходження, який є адекватним до ситуації, включаючи маневрування при надмірному наближенні.

Детальний статистичний аналіз аварійності [17] за типами суден, видами навігаційних інцидентів та ступенями тяжкості кожного з них допомагає визначити причини виникнення аварії, зміст та характер необхідної підготовки навігаційних приладів ходового містка, машинно-котельного відділення та характер підготовки суднового персоналу до роботи в аварійно-небезпечних районах переходу.

Приведені дані є дуже корисними для визначення причини виникнення аварії, змісту, характеру необхідної підготовки навігаційних приладів ходового містка та машинного котельного відділення і характеру підготовки суднового персоналу до роботи в аварійно-небезпечних районах переходу та при навігаційних і кібернетичних ризиках.

В нормативному документі [18] відмічається, що попередня класифікація аварійних морських інцидентів здійснюється капітаном судна. Кінцева класифікація проводиться державними органами розслідування, якими в Україні являються: Міністерство транспорту та зв'язку; Міністерство аграрної політики; Держфлотінспекція; Держрибфлотінспекція; Капітани морських портів.

Згідно з рекомендаціями нормативних документів ММО та України розглядається наступна класифікація аварійних морських інцидентів: морська аварія; дуже серйозна аварія; серйозна аварія; морський інцидент.

Розслідування морської аварії чи інциденту означає процес, який проводиться для визначення їх причини та запобігання подібних аварій в майбутньому. Воно включає збирання всіх документів стосовно інциденту, їх аналіз та розуміння хронометражу і алгоритму його

протікання, у тому числі виявлення обставин та визначення причин і факторів, що призвели до аварії.

Після закінчення розслідування розробляються рекомендації щодо попередження подібних аварій в майбутньому та виконується розсилка результатів розслідування зацікавленим сторонам.

5. Методи дослідження

При виконанні рейсового циклу існує два види ризику: навігаційний; кібернетичний. Вони являються взаємно пов'язаними між собою за районом плавання, оскільки кожний з них виникає за рахунок навігаційних перешкод на переході. Але вони мають різне походження. Виникнення навігаційного ризику пов'язано з недостатньою кваліфікацією судноводія, хоча про його існування він знає при плануванні рейсу. Час появи кібернетичного ризику невідомий, хоча результатом його, як правило, являється навігаційна аварія або фінансові збитки.

Для визначення кількісних характеристик ймовірності настання несприятливих подій необхідно використати аналіз ризику. Залежно від практичної необхідності можуть використовуватися такі методи оцінки ризику для конкретних процесів:

- аналіз статистичних даних;
- теоретичний аналіз структури причинно-наслідкових зв'язків процесу руху і маневрування судна;
- експертний аналіз усіх елементів процесу.

Для визначення наявності аварійно-небезпечних ділянок в рейсовому циклі ми будемо використовувати метод аналізу статистичних даних за морськими аваріями та інцидентами, а також метод експертного аналізу всіх навігаційних небезпечних елементів шляху в процесі переходу.

6. Результати досліджень

Кількісну оцінку ризиків можна отримати відповідно до блок-схеми, яка приведена на рис. 1. В залежності від ступеню складності морської аварії чи інцидента можуть використовуватися наступні методи оцінки вірогідності її настання [19]: метод побудови дерева подій; метод «Подія – наслідок» («ПН-метод» – Hazard and Operability Research) [20-21]; метод побудови дерева відмов (Fault Tree Analysis – FTA) [22]; метод розрахунку індексів безпеки (факторів ризику – Risk factors) [23]. При аналізі аварійності ми будемо використовувати «ПН-метод» і приблизний спосіб ММО для визначення факторів ризику.

ПН-метод (Hazard and Operability Research) співпадає з алгоритмом методу дерева подій, але тільки без використання графічного зображення ланцюжків подій та оцінки ймовірності кожної з них. Фактично він представляє собою визначення працездатності команди судна з точки зору організації її роботи при появі кібернетичних або навігаційних ризиків. Такий підхід характеризує технічну підготовку судна та команди ходового містка, а також машинно-котельного відділення для організації безпечного переходу в умовах дії кібернетичних атак чи при наявності небезпечних навігаційних перешкод на аварійних ділянках переходу.

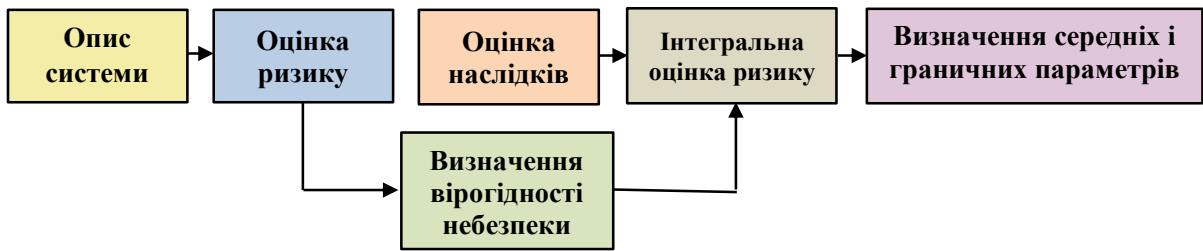


Рис. 1. Алгоритм процедури кількісної оцінки ризиків.

При цьому будемо розглядати дві причини виникнення морської аварії чи інцидента: людський фактор; технічний фактор.

Людський фактор означає недостатню підготовку команди судна до роботи в умовах кібернетичних атак чи навігаційних небезпек.

Технічний фактор виникає при відмові суднових навігаційних приладів ходового містка чи технічних приладів машинно-котельного відділення, які забезпечують рух судна, включаючи головний двигун.

Послідовність використання ПН-методу представлена блок-схемою системи виконання аналізу розслідування морської аварії та інциденту, яка наведена на рис. 2.



Рис. 2. Блок-схема алгоритму розслідування морської аварії та інциденту.

Для виявлення кожного елементу можливих ризиків може бути використане одне або кілька ключових слів, на які необхідно посилатися при аналізі аварії ПН-методом [19], наведених у табл. 1.

Таблиця 1. Перелік ключових слів для аналізу аварії «ПН-методом»

Ключові слова	Значення	Коментарі
Ні чи немає	Повне заперечення призначення	Жодна з функцій приладом не виконується. Поки що нічого не сталося, але приладом або системою не виконуються їх функції
Більше чи менше	Більше чи менше планового значення параметру	Більше чи менше очікуваного функціонального планового значення параметру
Крім того	Виникають якісь додаткові якості елемента системи	Планові і функціональні значення параметрів досягнуто, але виникає невідомий додатковий процес роботи системи
Частково	Якісне зменшення якості	Тільки частина параметрів планового призначення елемента досягнута, а решта – ні. Це викликає зменшення якості
Зворотно	Логічно протилежне призначенню	Це в основному стосується процесів зміни режиму роботи головного двигуна, напрямку переключки руля та ін.
Інше чим	Повна зміна призначення	Жодна з функцій планового і функціонального призначення не реалізується, а використовуються інші прилади і способи, які схожі за призначенням, але кардинально відрізняються функціонально

ПН-метод може бути використаний тільки для найбільш небезпечних морських аварій та критичних випадків. При цьому залучаються відповідні компетентні та кваліфіковані спеціалісти організації або постачальники послуг.

Метод розрахунку індексів безпеки (факторів ризику – $RF = Risk\ Factors$) придатний при кількісній оцінці потенційної безпеки, якщо потрібно оцінити ризик інтегрально, не вдаючись до деталей виконання морських операцій. Основна ідея методу – оцінити деяким числовим значенням ступінь безпеки системи, що розглядається. Існують різні способи розрахунків, але найбільш поширеним у галузі морського транспорту, а також рекомендований ММО, являється спрощений метод визначення фактору ризику, який використовується в разі необхідності.

Фактор ризику визначається за формулою:

$$RF = P \cdot C, \quad (1)$$

де RF – фактор ризику, P – ймовірність, C – наслідки, ступінь тяжкості результату морської аварії та інциденту.

Показник ймовірності вибирається із табл. 2, виходячи з її умовного ступеня. Вибираючи показник ймовірності, умовно визначаються, якою могла б бути ймовірність того, що виявлений ризик викликає інцидент або сприятиме виникненню небезпечної події.

Таблиця 2. Ймовірні показники вірогідності ризику

Ступінь ймовірності	Код	Опис
Висока (High)	4. High	Майже безперечно викликає небезпечну ситуацію або сприяє її виникненню
Імовірний (Probable)	3. Prob	Можливе виникнення небезпечної ситуації
Можливий (Possible)	2. Poss	Немає цілковитої ймовірності, але є можливість виникнення аварії
Неймовірний (Improbable)	1. Impr	Можливість не виключена повністю, але більшою мірою неімовірно виникнення небезпечної ситуації

Приклад побудови блок-схеми алгоритму аналізу морської аварії чи інциденту ПН-методом, при посадці на ґрунт чи навалі на підводну навігаційну небезпеку, приведено на рис. 3.



Рис. 3. Приклад побудови алгоритму аналізу морської аварії чи інциденту при посадці судна на ґрунт чи зіткненні з підводною перешкодою. (СЕУ – суднова енергетична установка)

Показники наслідків приведено в табл. 3, згідно з їх умовними категоріями. Вибираючи величину наслідків, умовно визначаємо, яка могла бути їх тяжкість у разі виникнення небезпечної події.

Після цього появляється можливість вибору коригувальних способів для зменшення рівня ризиків до допустимого рівня або виключення ризиків взагалі. Для реалізації вибраного способу необхідно вибрати фактор ризику з табл. 4, для того щоб встановити, до якої зони ризику відноситься визначена небезпека.

- Зона неприпустимого ризику / Intolerable region, (Risk factor 9-16) – ризик абсолютно неприпустимий та негайні чи термінові дії потрібні для його зниження чи усунення.
- Зона значного ризику / Significant region, (Risk factor 3-8) – оскільки ризик прийнятний протягом нетривалого часу, попереджувальні дії для зниження ризику повинні бути вжиті протягом певного періоду часу.

• Зона незначного ризику / Negligible region, (Risk factor 1-2) – ризик прийнятний, але зниження ризику може бути рекомендовано, якщо необхідні зусилля та фінансові витрати виправдані.

Таблиця 3. Умовні показники наслідків ризиків

Категорія наслідків	Код	Опис
Катастрофічні (Catastrophic)	4 Cat	Повна втрата майна, судна; повна конструктивна руйнація; нещасний випадок зі смертельним наслідком; великі та тяжкі збитки навколишньому середовищу
Великі (Major)	3 Maj	Великі конструктивні пошкодження; тяжкі травми, переломи, втрати кінцівок; велике забруднення довкілля
Помірні (Moderate)	2 Mod	Істотні конструктивні ушкодження; травми та захворювання, що вимагають медичної допомоги; суттєві, але локалізовані забруднення довкілля
Неістотні (Minor)	1 Min	Незначні конструктивні ушкодження; незначні травми, які не зачіпають працездатності; відсутність або дуже обмежене локальне забруднення довкілля

Таблиця 4. Визначення умовних значень факторів ризиків

Фактори		Імовірність			
		1 Imp	2 Poss	3 Prob	4 High
Наслідки	4 Cat	4 Signif	8 Signif	12 Intol	16 Intol
	3 Maj	3 Signif	6 Signif	9 Intol	12 Intol
	2 Mod	2 Neg	4 Signif	6 Signif	8 Signif
	1 Min	1 Neg	2 Neg	3 Signif	4 Signif

У методології аналізу існуючих, а також потенційно можливих ризиків та управління ними використовуються такі основні етапи:

1) *аналіз ризику* – початковий етап, що має на меті отримання необхідної інформації про структуру, властивості процесів основної діяльності та наявні ризики, достатньої для прийняття адекватних рішень на наступних стадіях. Ризик аналіз складається з виявлення, класифікації (якісних складових) та оцінки (кількісного опису виявлених ризиків, у процесі якого оцінюється їх ймовірність та розмір можливої шкоди);

2) *вибір методу впливу на ризики* – етап, що має на меті зниження можливої шкоди, що передбачає оцінку порівняльної ефективності методів впливу на ризик для вибору оптимального варіанта впливу, а також дає можливість сформулювати загальну стратегію управління всім комплексом ризиків Організації;

3) *прийняття рішення* – етап, що визначає необхідні фінансові, технічні та людські ресурси, в процесі якого ставляться та розподіляються завдання серед керівників залучених підрозділів Організації, здійснюється аналіз ринку відповідних послуг, проводяться консультації з фахівцями – постачальниками послуг;

4) *вплив на ризик* – цей етап докладніше представлений блок-схемою, наведеною на рис. 4;

5) *контроль та коригування результатів* – заключний етап реалізації обраної стратегії управління ризиками з урахуванням нової інформації, що надходить, та її аналізу.

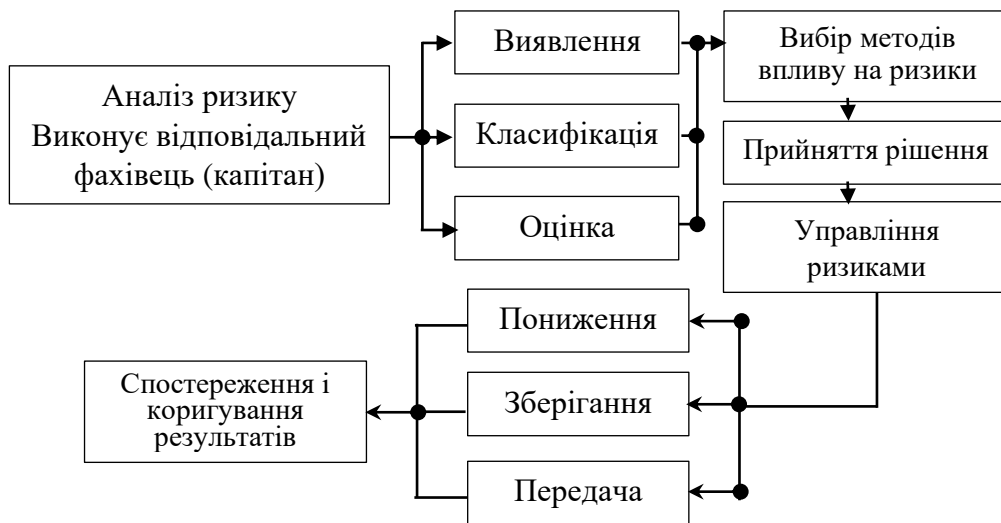


Рис. 4. Узагальнена функціональна схема процедури ризик-аналізу та управління ризиками при кібернетичних атаках.

Для забезпечення процесу підготовки судна і екіпажу необхідно використання ризик-аналізу при плануванні рейсового циклу. Для цього капітан судна повинен виконати планування координат переходу траєкторними точками і виконати всі п'ять етапів удосконаленої змістовної моделі [24]. 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).

При способі представлення результатів підготовки координат траєкторними точками удосконалена змістовна модель містить 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 і визначення аварійно-небезпечних ділянок, після вибору шляхових точок (ШТ), складання їх таблиці та прокладки шляху на генеральній карті.

Процедура процесу планування та впровадження системи ризик-аналізу та управління ризиками представлена блок-схемою, наведеною на рис. 5. Указана процедура є універсальною та може бути застосована на будь-якому судні, незалежно від його типу.

Основною метою організації безпечного переходу в рейсовому циклі являється аналіз навігаційних умов і пошук навігаційних небезпек для підготовки судна і команди ходового містка до плавання в аварійно-небезпечних ділянках переходу.

Першим етапом являється пошук ділянок, в яких сталися аварійні події в минулому. Такі ділянки являються відомими для судноводія, тому потрібно установити причини, обставини і наслідки таких аварій і відмов суднових навігаційних приладів та врахувати при підготовці команди ходового містка і судна для плавання в складних умовах.

Основними джерелами отримання такої інформації являються навігаційні карти, лоції, сповіщення судноводіям та річні випуски статистичного аналізу аварійності, які випускаються страховими компаніями та деякими крупними морськими організаціями. Якщо аварійні випадки в минулому будуть знайдені, то складають таблицю аварійно-небезпечних ділянок і приводять коротку характеристику аварійного випадку. Далі – описують способи управління маневруванням в такій ділянці та необхідну підготовку судна, вантажу і команди ходового містка для управління існуючими навігаційними ризиками.



Рис. 5. Блок-схема основних методів управління ризиками.

Другим етапом пошуку аварійно-небезпечних ділянок являється аналіз навігаційного обладнання на шляху переходу в морі, а також на березі для пошуку небезпек. Для цього рекомендується виконати скріншот ділянки, яка на думку судноводія являється небезпечною та здійснити аналіз небезпек.

Основними процедурами, які рекомендується виконати, являються:

- збільшення/зменшення масштабу, для більш ретельного пошуку навігаційних небезпек;
- окремий перегляд режиму ізобат; окремий перегляд режиму течії; окремий перегляд підводних перешкод;
- детальне визначення навігаційної ширини безпечного проходу та порівняння її з шириною маневреного зсуву;
- визначення категорій зон довіри даних CATZOC (Category Zone of Confidence), які дозволяють оцінити якість обстеження акваторії за кількістю нанесених зірок в даній частині карти;
- виконання оцінки точності визначення місця судна окомірними способами та технічними засобами;
- визначення допустимого зближення з навігаційними небезпеками правого та лівого борту судна;
- вибір безпечної швидкості руху за очікуваною дальністю впевненого виявлення нерухомих та рухомих навігаційних небезпек.

Виконання вищезазначених процедур дозволяє винести обґрунтоване рішення про наявність аварійно-небезпечних ділянок на кожному скріншоті. Для прикладу розглянемо планування шляху методом вдосконаленої змістовної моделі, яке виконане автором в процесі практичного рейсу на т/х «Frederik» за маршрутом Haifa (Israel) – Fos Sur Mer (France), як приведено на рис. 6.

Першим кроком планування координат рейсового циклу являється вибір координат ШТ, розташованих на перетині прямолінійних відрізків рекомендованого шляху на карті, які співпадають з напрямом руху судна. Вони повинні бути побудовані геодезичними методами або бути рівновіддалені від навігаційних небезпек. Цей етап являється дуже важливим,

оскільки він наряду з характеристиками поворотності для реального стану судна, визначає точність планування координат шляху рейсового циклу траєкторними точками (ТТ) і безпеку плавання по ньому.

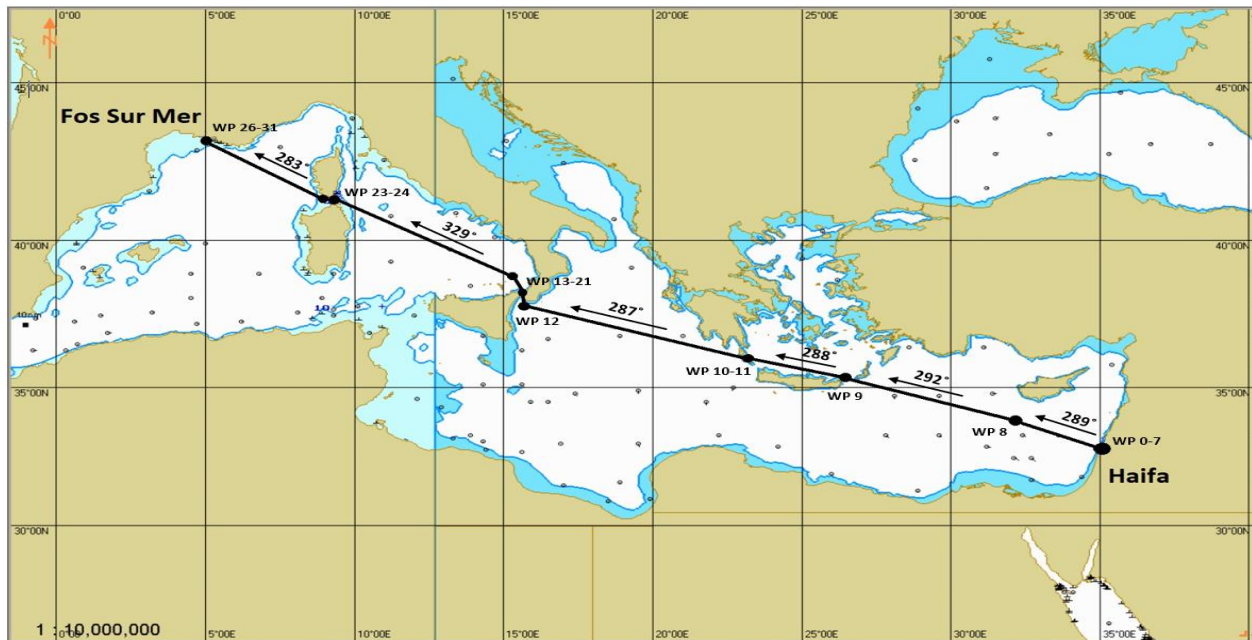


Рис. 6. Графічний план переходу т/х «Frederik» за маршрутом Хайфа (Israel) – Фос Сюр Мер (France).

Вибрані координати шляхових точок і визначені параметри маневрування включають курс із попередньої в наступну ШТ, відстань, яку проходить судно при цьому та кут перекладки руля і кут повороту, зведені в табл. 5.

Таблиця 5. Шляхові точки переходу Хайфа (Israel) – Фос Сюр Мер (France) для т/х «Frederik»

Номер точки	Широта ф	Довгота λ	Курс в наступну точку	Відстань, морські милі	Примітка
0	32° 49.346' N	035° 00.060' E	-	-	Причал – порт Хайфа
1	32° 49.510' N	035° 01.172' E	080,1 °	0,9	-
2	32° 49.757' N	035° 01.308' E	024,9 °	0,2	-
3	32° 50.075' N	035° 01.364' E	008,5 °	0,3	-
4	32° 50.381' N	035° 01.391' E	004,2 °	0,3	Висадка Лоцмана
5	32° 50.759' N	035° 01.010' E	319,7 °	0,5	-
6	32° 51.786' N	034° 59.073' E	302,1 °	1,9	-
7	32° 54.112' N	034° 50.971' E	288,8 °	7,2	-
8	33° 48.896' N	032° 11.261' E	292,2 °	144,5	-
9	35° 21.784' N	026° 27.675' E	288,1 °	298,4	-
10	36° 01.586' N	023° 12.487' E	284,0 °	163,8	-
11	36° 00.000' N	023° 07.500' E	248,6 °	4,3	-

Продовження таблиці 5

12	37° 51.862' N	015° 43.328' E	287,4 °	373,2	-
13	37° 55.275' N	015° 39.184' E	316,1 °	4,7	-
14	38° 01.112' N	015° 36.206' E	338,0 °	6,2	Вхід у канал Мессіна
5	38° 06.834' N	015° 36.402' E	001,6 °	5,7	-
16	38° 08.584' N	015° 36.633' E	005,9 °	1,7	-
17	38° 12.547' N	015° 36.946' E	003,6 °	3,9	-
18	38° 14.044' N	015° 37.046' E	003,0 °	1,5	-
19	38° 15.505' N	015° 41.088' E	065,4 °	3,5	-
20	38° 16.433' N	015° 42.111' E	041,0 °	1,2	-
21	38° 18.259' N	015° 42.018' E	357,7 °	1,8	Вихід з каналу Мессіна
22	38° 49.424' N	015° 18.358' E	329,2 °	36,2	-
23	41° 22.265' N	009° 22.592' E	299,2 °	312,7	Вхід у канал Боніфачіо
24	41° 17.415' N	009° 15.276' E	228,7 °	7,3	-
25	41° 19.215' N	009° 04.772' E	282,8 °	8,1	Вихід з каналу Боніфачіо
26	43° 11.761' N	005° 02.600' E	302,0 °	212,1	-
27	43° 22.645' N	004° 57.781' E	342,1 °	11,4	-
28	43° 22.841' N	004° 57.516' E	315,4 °	0,2	Приєм Лощмана
29	43° 23.439' N	004° 56.345' E	305,0 °	1,0	-
30	43° 24.046' N	004° 54.136' E	290,6 °	1,7	-
31	43° 24.822' N	004° 53.936' E	349,3 °	0,7	Причал – порт Фос Сюр Мер

Після прокладки шляху переходу на карті потрібно виконати пошук навігаційних небезпечних ділянок рейсового циклу способом аналізу виділених скріншотів та визначення аварійно-небезпечних ділянок і складання для них таблиці ШТ і маневрених характеристик судна [25-27].

Такими відрізками шляху були визначені дві аварійно-небезпечні ділянки з навігаційними ризиками і вірогідністю появи кібернетичних атак: Мессінський канал; канал Боніфачіо. Графічний план переходу т/х «Frederik» в Мессінському каналі приведено на рис. 7, а вибрані шляхові точки – в табл. 6.

Таблиця 6. Шляхові точки каналу Мессіна для т/х «Frederik»

Номер точки	Широта φ	Довгота λ	Курс в наступну точку	Відстань, морські милі	Кут перекладки руля	Кут повороту	Примітка
13	37° 55.275' N	015° 39.184' E	338,0 °	6,29	15	50.6	Вхід в Мессіна
14	38° 01.112' N	015° 36.206' E	001,6 °	5,72	5	23.6	-
15	38° 06.834' N	015° 36.402' E	005,9 °	1,76	5	4.6	-
16	38° 08.584' N	015° 36.633' E	003,6 °	3,97	5	2.6	-
17	38° 12.547' N	015° 36.946' E	003,0 °	1,50	5	0.2	-
18	38° 14.044' N	015° 37.046' E	065,4 °	3,50	15	62.0	-
19	38° 15.505' N	015° 41.088' E	041,0 °	1,23	5	23.8	-
20	38° 16.433' N	015° 42.111' E	357,7 °	1,83	10	43.2	
21	38° 18.259' N	015° 42.018' E	329,2 °	1062,59	10	28.5	Вихід з Мессіна

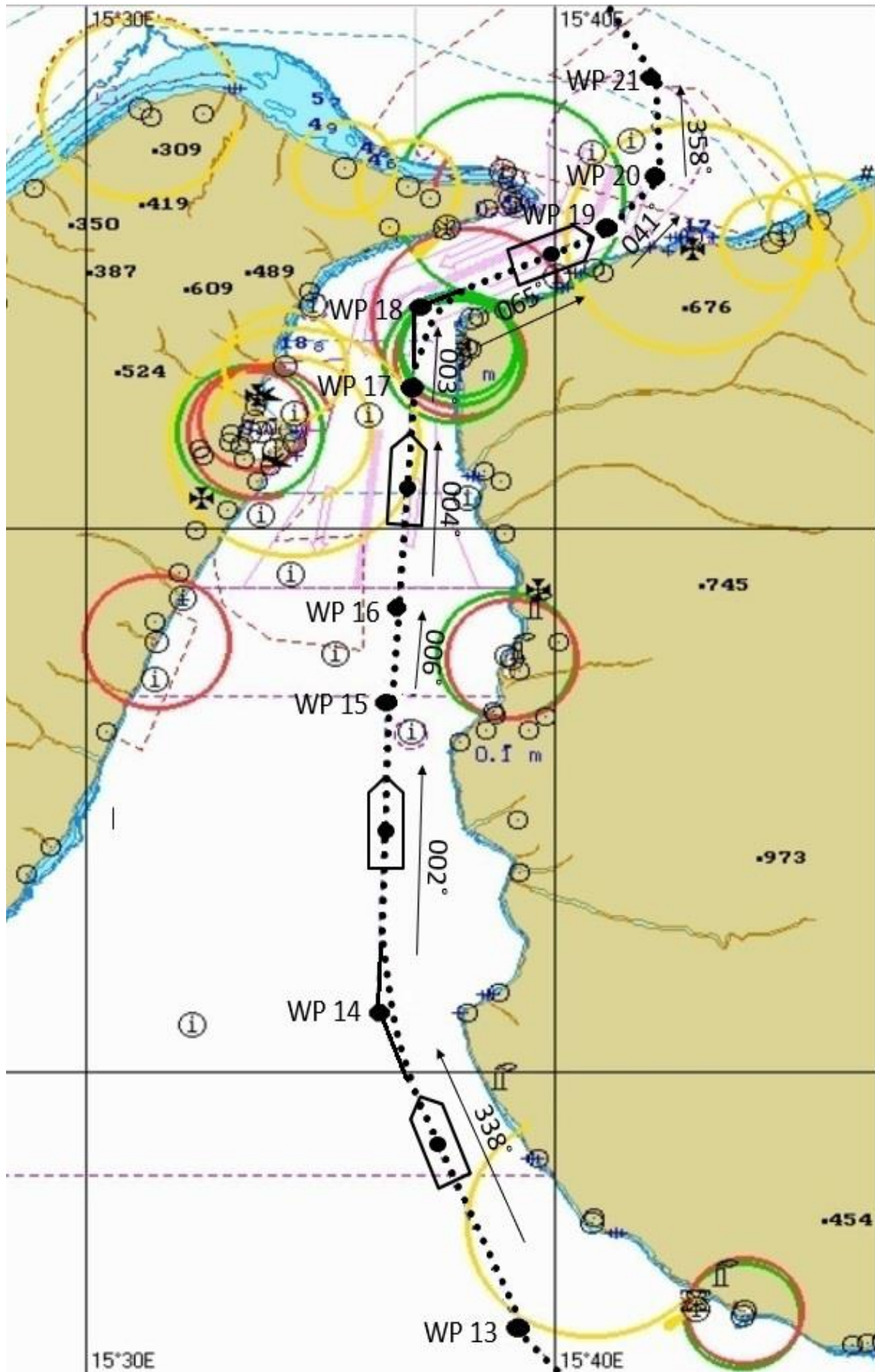
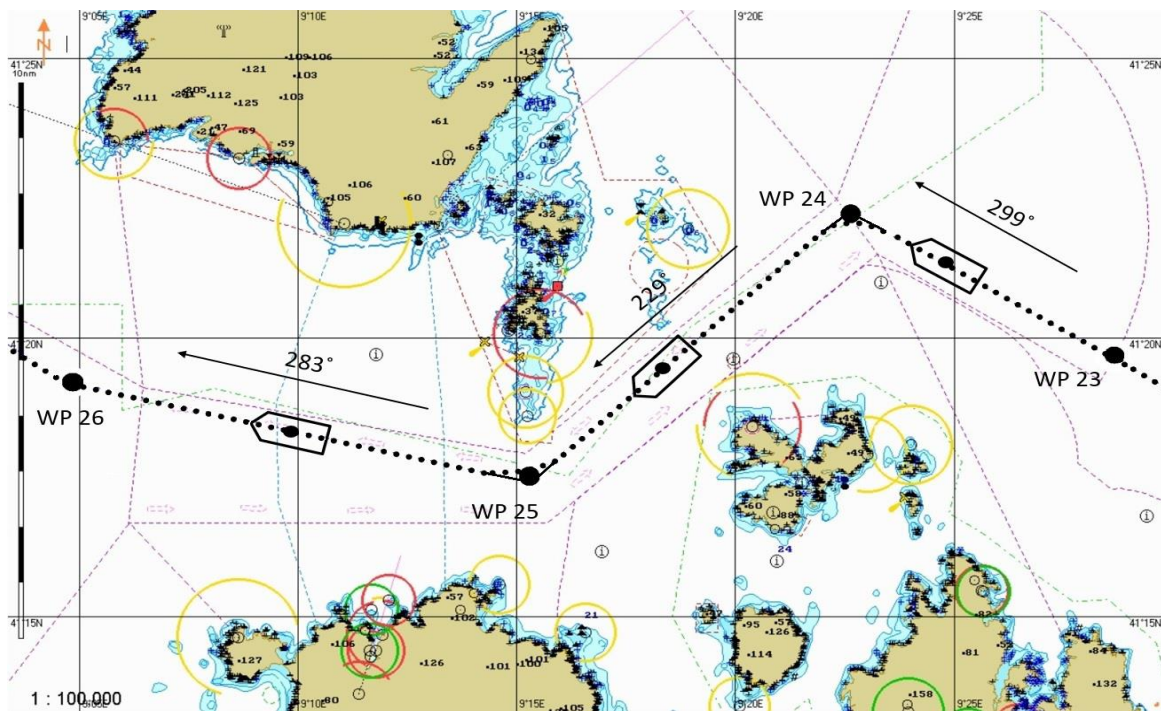


Рис. 7. Графічний план переходу т/х «Frederik» в Мессінському каналі.

Навігаційні умови проходу каналом надзвичайно складні, через небезпечну та вузьку ділянку каналу та обмежену акваторію для маневрування, велику інтенсивність руху та завантаженість його іншим суднами, особливо поромами, які частково перетинають шлях судна і створюють ситуації надмірного наближення, а в північній частині каналу існує сильна течія, яку треба враховувати при поворотах.

Аналогічно було виконано планування переходу для каналу Боніфачіо, графічна схема якого приведена на рис. 8, а координати переходу і параметри маневрування – в табл. 8. Навігаційні умови проходу каналом є складними через постійні штормові умови, невелику навігаційну ширину проходу, сильну течію, розширення навігаційної полоси та необхідність розходження суден при їх інтенсивному русі.

**Рис. 8.** Графічний план переходу т/х «Frederik» в каналі Боніфачіо.

На підставі аналізу навігаційних умов переходу в каналі Боніфачіо були вибрані шляхові точки і визначені параметри маневрування, приведені в табл. 7.

Таблиця 7. Шляхові точки проходу каналу Боніфачіо для т/х «Frederik»

Номер точки	Широта, ϕ	Довгота, λ	Курс в наступну точку	Відстань, морські милі	Кут перекладки руля	Кут повороту	Примітка
23	41° 20.637' N	009° 26.431' E	299,4 °	3,32	10	30	Вхід у канал Бонфачіо
24	41° 22.265' N	009° 22.592' E	228,7 °	7,34	15	70.6	-
25	41° 17.415' N	009° 15.276' E	282,8 °	8,12	10	54.2	-
26	41° 19.215' N	009° 04.772' E	302,0°	212.10	5	19.2	Вихід з каналу Бонфачіо

Для указаних ділянок складені детальні графічні плани переходу, а для каналу Боніфачіо з використанням комп'ютерної програми «Path Planning IS» розраховані траєкторні точки, які приведено в табл. 8.

Таблиця 8. Траєкторні точки проходження каналу Боніфачіо для т/х «Frederik»

Номер точки	Широта, φ	Довгота, λ	Відстань, морські милі	Курс в наступну точку	Примітка
0	41° 20,64' N	009° 26,46' E	0,4	299 °	Вхід у канал Боніфачіо
1	41° 20,82' N	009° 25,98' E	0,4	299 °	-
2	41° 21,00' N	009° 25,5' E	0,4	299 °	-
3	41° 21,18' N	009° 25,02' E	0,4	299 °	-
4	41° 21,42' N	009° 24,60' E	0,4	299 °	-
5	41° 21,6' N	009° 24,12' E	0,4	299 °	-
6	41° 21,78' N	009° 23,64' E	0,4	299 °	-
7	41° 21,96' N	009° 23,16' E	0,4	298 °	-
12	41° 22,20' N	009° 22,62' E	0,4	229 °	-
16	41° 22,20' N	009° 22,56' E	0,4	229 °	-
17	41° 21,96' N	009° 22,2' E	0,4	229 °	-
18	41° 21,72' N	009° 21,78' E	0,4	229 °	-
19	41° 21,42' N	009° 21,36' E	0,4	229 °	-
20	41° 21,18' N	009° 21,00' E	0,4	229 °	-
21	41° 20,88' N	009° 20,58' E	0,4	229 °	-
22	41° 20,64' N	009° 20,16' E	0,4	229 °	-
23	41° 20,40' N	009° 19,80' E	0,4	229 °	-
24	41° 20,10' N	009° 19,38' E	0,4	229 °	-
25	41° 19,86' N	009° 19,02' E	0,4	229 °	-
26	41° 19,56' N	009° 18,60' E	0,4	229 °	-
27	41° 19,32' N	009° 18,18' E	0,4	229 °	-
28	41° 19,08' N	009° 17,82' E	0,4	229 °	-
29	41° 18,78' N	009° 17,40' E	0,4	229 °	-
30	41° 18,54' N	009° 16,98' E	0,4	229 °	-
31	41° 18,24' N	009° 16,62' E	0,4	229 °	-
32	41° 18,00' N	009° 16,20' E	0,4	229 °	-
33	41° 17,70' N	009° 15,78' E	0,4	229°	-
34	41° 17,46' N	009° 15,42' E	0,4	230°	-
36	41° 17,40' N	009° 15,30' E	0,4	283°	-
37	41° 17,40' N	009° 15,24' E	0,4	283°	-
38	41° 17,46' N	009° 14,76' E	0,4	283°	-
39	41° 17,52' N	009° 14,22' E	0,4	283°	-
40	41° 17,64' N	009° 13,68' E	0,4	283°	-
41	41° 17,70' N	009° 13,2' E	0,4	283°	-
42	41° 17,82' N	009° 12,66' E	0,4	283°	-
43	41° 17,88' N	009° 12,18' E	0,4	283°	-
44	41° 18,00' N	009° 11,52' E	0,4	283°	-
45	41° 18,12' N	009° 10,98' E	0,4	283°	-
46	41° 18,18' N	009° 10,5' E	0,4	283°	-

47	41° 18,30' N	009° 09,96' E	0,4	283°	-
48	41° 18,36' N	009° 09,42' E	0,4	283°	-
49	41° 18,48' N	009° 08,94' E	0,4	283°	-
50	41° 18,54' N	009° 08,4' E	0,4	283°	-

Продовження таблиці 8

51	41° 18,66' N	009° 07,86' E	0,4	283°	-
52	41° 18,72' N	009° 07,38' E	0,4	283°	-
53	41° 18,84' N	009° 06,84' E	0,4	283°	-
54	41° 18,90' N	009° 06,36' E	0,4	283°	-
55	41° 19,02' N	009° 05,82' E	0,4	283°	-
56	41° 19,08' N	009° 05,28' E	0,4	283°	-
57	41° 19,20' N	009° 04,80' E	0,4	283°	-
58	41° 20,64' N	009° 26,46' E	0,4	283°	-
59	41° 20,82' N	009° 25,98' E	-	-	Вихід з каналу Боніфачіо

7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

В перспективі, для зменшення рівня навігаційних ризиків, можуть бути розглянуті методи планування ТТ з урахуванням запасу води під кілем і його впливу на характеристики поворотності. Крім того можуть бути використані методи імітаційного моделювання, які базуються на основі побудови моделей впливу небезпек [27-29], з врахуванням всіх зовнішніх і внутрішніх факторів, що зустрічаються на шляху рейсового циклу судна.

8. Висновки

1. Аналіз існуючих способів розслідування навігаційних аварій показав, що застосування Українських державних і Міжнародної морської організації (ММО) нормативних документів ефективно і дозволило створити чітку систему їх розслідування [30]. Крім того прийняті міжнародні документи які зобов'язують виконувати передачі результатів розслідування аварій зацікавленим сторонам та передачу рекомендацій судноводіям по попередженню подібних аварій в майбутньому. Це дозволило створити надійну інформаційну базу на картах, у лоціях та сповіщеннях мореплавцям для використання під час планування шляху.

2. Розроблено спосіб визначення наявності навігаційних небезпек шляхом ретельного аналізу скріншоту стиснених вод, що дозволило створити характеристику аварійних ділянок рейсового циклу при виборі шляху рейсового циклу на стадії планування, що дозволяє підготувати судно і команду ходового містка до безпечного плавання у стиснених водах [31].

3. Для прикладу розглянуто виконане автором планування шляху методом вдосконаленої змістовної моделі практичного рейсу т/х «Frederik» за маршрутом Haifa (Israel) – Fos Sur Mer (France).

Для планування координат рейсового циклу було виконано вибір координат шляхових точок, вибраних на перетині прямолінійних відрізків рекомендованого шляху на карті, які співпадають з напрямом руху судна. Вони були побудовані геодезичними методами або вибрані рівно віддалені від навігаційних небезпек.

Вибрані координати шляхових точок і визначені параметри маневрування, які включають курс із попередньої в наступну шляхову точку, відстань яку проходить судно при цьому, та кут перекладки руля і кут повороту, зведені в таблицю. Після прокладки шляху переходу на карті був виконаний пошук навігаційних небезпечних ділянок рейсового циклу способом аналізу виділених скріншотів в стиснених водах Мессінського каналу та каналу Боніфачіо.

4. Були розраховані з використанням комп'ютерної програми «Path Planning IS» координати траєкторних точок і побудовані на карті для практичного використання при переході.

Список літератури:

1. 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>.
2. Шумілова, К. (2022). Систематизований підхід до класифікації навігаційних ризиків рейсового циклу морського судна. *Scientific Collection «InterConf+»*, (24 (121)), 337-358.
3. Shumilova, K., Shumilov, D., & Maltsev, A. (2024). Classification of Cyber Risks for Sea Vessel's Voyage Cycle. *Transactions on Maritime Science*, 13(1). <https://doi.org/10.7225/toms.v13.n01.w20>.
4. Soner, O., Kayisoglu, G., Bolat, P., & Tam, K. (2024). Risk sensitivity analysis of AIS cyber security through maritime cyber regulatory frameworks. *Applied Ocean Research*, 142, 103855. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103855>.
5. Bolbot V, Xiang L, Brunou P, Kiviharju M, Ding Y, Banda OV. Cybersecurity risk assessment of a marine dual-fuel engine on inland waterways ship. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2024;0(0). doi:10.1177/14750902241265173.
6. Svilicic B, Kamahara J, Rooks M, Yano Y. Maritime Cyber Risk Management: An Experimental Ship Assessment. *Journal of Navigation*. 2019;72(5):1108-1120. doi:10.1017/S0373463318001157.
7. IMO / Maritime cyber risk. URL: Available at: www.imo.org/en/OurWork/Security/Pages/Cyber-security.aspx.
8. Shumilova K.V. Implementation of the strategy of cybersecurity in safety management systems of the ship. // 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>, <http://surl.li/oojng>.
9. Bolbot, V., Kulkarni, K., Brunou, P., Banda, O. V., & Musharraf, M. (2022). Developments and research directions in maritime cybersecurity: A systematic literature review and bibliometric analysis. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 39, 100571.
10. 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. <https://sci-conf.com.ua/xi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-international-scientific-innovations-in-human-life-11-13-maya-2022-goda-manchester-velikobritaniya-arhiv/>.
11. Resolution A.893(21) IMO. Guidelines for voyage planning. Available at: [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).
12. Bridge Procedures Guide, Sixth Edition. Available at: <https://salo.li/c6f4ed9>.
13. Шумілова К. В. Розробка способу планування навігаційних ризиків при підготовці рейсового циклу судна // Science and Education a New Dimension. – Budapest, Hungary, 2022, X(34), Issue 268, P. – 23–31. ISSN 2308-1996. pted for publication 14.05.22. <https://doi.org/10.31174/SEND-NT2022-268X34-05>.
14. Патент на корисну модель 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». – № у 2022 01850; заявлено 01.06.2022; опубліковано 28.09.2022; бюл. № 39. <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1707808/>.
15. Caprolu, M., Di Pietro, R., Raponi, S., Sciancalepore, S., & Tedeschi, P. (2020). Vessels cybersecurity: Issues, challenges, and the road ahead. *IEEE Communications Magazine*, 58(6), 90-96.
16. Asbjørn Lein Aalberg. Risk factors and navigation accidents: A historical analysis comparing accident-free and accident-prone vessels using indicators from AIS data and vessel databases /

Asbjørn Lein Aalberg, Rolf Johan Bye, Peter Risberg Ellevseth. // *Maritime Transport Research*. – 2022. – №3. <https://doi.org/10.1016/j.martra.2022.100062>.

17. *Maritime Safety Report 2012-2023*. Available at: <https://www.iims.org.uk/maritime-safety-report-2012-2023>.

18. Про затвердження Положення про класифікацію, порядок розслідування та обліку аварійних морських подій із суднами. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0959-06#Text>.

19. IMO Ref. T1/3.02 MSC/Circ.1023 T5/1.01 MEPC/Circ.392.5 April 2002. Guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the imo rule-making process. Available at: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/HumanElement/Documents/1023-MEPC392.pdf>.

20. ДСТУ ISO 31000:2018 (ISO 31000:2018, IDT). Менеджмент ризиків. Принципи та настанови. Available at: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_31000_2018.pdf.

21. HAZOP: Hazard and Operability. Available at: <https://safetyculture.com/topics/hazop/>.

22. Fault tree analysis (FTA). Available at: <https://fiixsoftware.com/glossary/fault-tree-analysis/>.

23. Lan, H., Ma, X., Qiao, W., Deng, W. (2023). Determining the critical risk factors for predicting the severity of ship collision accidents using a data-driven approach. *Reliability Engineering & System Safety*, 230, 108934, 0951-8320. <https://doi.org/10.1016/j.res.2022.108934>.

24. Шумілова К. В. Удосконалення планування і управління навігаційними ризиками рейсового циклу судна. – Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії. – Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, 2023. – 307 с.

25. Maltsev A.S. Navigation support for the process of managing the maneuvering of a sea vessel. (Maneuvering booklet)/ – Eliva Press, 2023, – 218 p.

26. Shumilov, D. (2024). Collision avoidance of the sea vessels during cyber attacks in the voyage cycle. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 3(4), 115-129. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240304.12>.

27. Bolbot, V., Theotokatos, G., Boulougouris, E., Vassalos, D., (2020). A novel cyber-risk assessment method for ship systems. *Safety Science*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104908>.

28. Kavallieratos, G., Katsikas, S. (2020). Managing Cyber Security Risks of the Cyber-Enabled Ship. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(10), 768. <https://doi.org/10.3390/jmse8100768>.

29. Патент на винахід МПК G08G 3/02 (2006.01). Система управління кібербезпекою маневрування морського судна при рейсовому циклі. / Мальцев А. С., Шумілова К. В., Шумілов Д. І., Муравйов Г. М. Заявник Національний університет «Одеська морська академія». – № а202300014; заявлено 03.01.2023; опубліковано 09.08.2023, Бюл. № 32, стор. 139-140. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1722440/>.

30. Про затвердження інструкції про порядок надання інформації щодо аварійних подій та надзвичайних ситуацій в Державній службі морського та річкового транспорту України. Наказ Державної служби морського та річкового транспорту України від 03 квітня 2019 № 135. Available at: <http://surl.li/gmcjdz>.

31. Шумілова К., Шумілов Д. Технологічні ризики при маневруванні морського судна в рейсовому циклі. Monograph. – Primedia eLaunch, Boston, USA, 2024. – 203 p. <https://isg-konf.com/979-8-89480-695-2/>.

Searching for emergency-dangerous sections of the vessel's voyage cycle during route planning with an improved content model

Dmytro Shumilov

National University «Odessa Maritime Academy», Educational and Scientific Institute of Navigation, Odessa, Ukraine
ORCID: 0009-0009-6242-8620

Abstract: Navigational and cybernetic risks, which are associated with the wide implementation of modern equipment of the navigation bridge and the engine boiler room, which use wireless communication lines between them within the ship and when exchanging information between other ships, lead to their vulnerability from external harmful effects, or even failure. This requires the use of backup navigation devices or the implementation of manual classic methods of documenting maneuvering parameters and the corresponding stages of the navigator's work, including when controlling the operation of the main engine. Therefore, it is necessary to carry out a detailed analysis of the presence of accident-dangerous sections of the route, when planning the coordinates of the passage of the vessel in the voyage cycle, and to prepare the vessel and the crew for work in difficult conditions. This will make it possible to develop recommendations on ways to maintain navigational safety and to ensure reliable operation of the main engine to maintain movement under existing restrictions. An analysis of modern regulatory documents of Ukraine and the International Maritime Organization, which regulate the classification, the procedure for investigating accidents in the captaincy of the port of first call, and the accounting of marine accidents and incidents for the transfer of their results to state and international organizations for inclusion in charts, maps and information documents on navigation, was performed. In the future, this information is used when compiling a meaningful transition model. It is shown that taking into account information about marine accidents and incidents, performing an analysis of navigational hazards during sea crossings in the voyage cycle allows you to determine the expected cause, type and consequences of a possible navigational accident and to prepare the ship and the bridge crew for the transition in the conditions of navigational or cybernetic risks. Knowing the boundaries of accident-dangerous areas when planning coordinates allows you to choose methods of determining the location of the vessel by coastal and floating navigational signs, if they exist in this area, or the expected visibility of the horizon for the use of astronomical methods. However, in order to use risk management methods, it is necessary to prepare special data on the height of coastal landmarks, if they are in emergency-dangerous sections of the passage, and to have an electronic device protected from cybernetic attacks to perform navigation calculations. The transition to observational calculation in case of cybernetic attacks and the use of backup devices, tools and methods of work of shipmasters allow us to assert that the navigational safety of maneuvering in the case of navigational and cybernetic risks can be ensured by the existing technical means on the ship. However, for this, it is necessary to determine the presence of accident-dangerous sections of the route when planning the flight cycle, not only based on accidents that have occurred in the past. This will allow, through the analysis of compressed water screenshots, to find navigational hazards and to prepare backup devices, necessary navigational instruments and the bridge crew to work in the conditions of navigational and cybernetic risks.

Keywords: Emergency-dangerous crossing sections; Voyage cycle of the ship; Risk management; Navigation characteristics of the swimming area; Determining the location of the vessel; Planning of voyage cycle coordinates; Collision avoidance in confined conditions; Navigational hazards; Ship cyber security; Cyber risks; Sea accident; Risk assessment.
