

## RISK ANALYSIS OF THE CONTAINER FLEET IN THE CONTEXT OF THE MARITIME OPERATIONS' SAFETY IMPROVEMENT

### АНАЛІЗ РИЗИКІВ ПРИТАМАННИХ КОНТЕЙНЕРНОМУ ФЛОТУ У КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ МОРСЬКИХ ОПЕРАЦІЙ

**N. Конон**, lecturer, PhD. student, **V. Конон**, PhD. student

**Н.М. Конон**, ст. викладач, аспірант, **В.В. Конон**, аспірант

National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

Національний Університет «Одеська Морська Академія», Україна

#### ABSTRACT

Nowadays container transportation occupies more than 90% of the non-bulk cargo market. At the same time, the growing demand for the transportation of this type of cargo contributes to the replenishment of the container fleet with extra-large container ships. It was determined that between 2011 and 2019, the volume of the container fleet had increased by about 15% with the respective part of the vessels over 10,000 TEU by approximately 500%. On the other hand, despite the advantages of containerized cargo transportation, the intensification of maritime transport flows, the increase in the number of cargoes, the growth of ship sizes, constant changes in the maritime industry, as well as human errors are the factors that increase the risks of maritime accidents. The present study is aimed at analyzing the risks inherent to the container fleet to determine ways of safety improvement in the industry. Since the formulated direction covers a wide range of tasks, this article attempts to focus on the issue of navigational safety, sea container transportation and the influence of the human factor. In the course of the study, the grouping of various types of emergency situations on the container fleet was carried out in accordance with the appropriate categories for the further determination of cause-and-effect relationships and the formation of a fault tree for the purpose of maritime operations' analysis in general. The formation of the specified model provides an opportunity for the determination of independent factors contributing to the development of emergencies at the first approximation. Within the framework of the established goal, the work presents the relevant risk matrix, scales for assessing the probability and consequences of a potentially dangerous situation, the risk assessment in accordance with the identified factors, and the pre-formulated means of control and minimization of such risks.

**Keywords:** safety of cargo transportation, navigational safety, containerized cargo, risk analysis, human factor.

#### Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Протягом багатьох років контейнеровози підтверджували свою значну роль у глобальній логістиці. На сьогодні контейнерні перевезення займають понад 90% ринку неналивних вантажів [3], а зростання попиту на перевезення цього типу зумовлює поповнення контейнерного флоту надвеликими контейнеровозами. В період з 2011 по 2019 роки обсяг контейнерного флоту збільшився на близько 15%, з якого частка суден розміром понад 10 000 TEU зростає на приблизно 500% [4]. Однак водночас інтенсифікація морських транспортних потоків, збільшення кількості вантажів, зростання розмірів суден, постійні зміни в морській галузі, а також помилки людини є чинниками, що підвищують ризики морських аварій. Іншими словами, така тенденція привносить додаткові змінні до конструктивних й експлуатаційних факторів під час аналізу відповідних викликів безпеки. Наприклад, незважаючи на зріст тоннажу, максимальна довжина контейнеровозів наразі тримається на

відмітці приблизно 400 м та зумовлена обмеженнями конструктивних й швартовних умов, в той час як ширина збільшується від 50 м до 60 м, приводячи до збільшення поперечної остійності. З іншого боку, надмірно велика кількість й щільність контейнерів розміщених на палубі та у трюмах, обмежений простір між штабелями та конфігурацією судна, який незважаючи на значне збільшення розмірів загалом залишився без змін, означає, що будь-яку пожежу або вибух у контейнерах, розміщених, наприклад, всередині штабелю, дуже важко виявити на ранній стадії, контролювати та/або гасити. Також окремої уваги потребує питання перевезення спеціальних, а саме небезпечних вантажів, в особливості при розгляді причин та оцінці ризиків виникнення аварійних ситуацій, розробці відповідних превентивних мір. Відповідно до інформації наданої в [5], 58% із 36 сприяючих факторів у дванадцяти повідомленнях, пов'язаних із випадками пожежі/вибуху, стосуються аварійних дій на борту під час реагування на надзвичайні ситуації, несправності обладнання та/або його монтажу/проекту, а також неправильно задекларованої або відсутньої інформації стосовно небезпечних вантажів.

Крім того, тенденція до підвищення ефективності морських перевезень за рахунок збільшення вантажомісткості контейнеровозів загострює проблему безпеки мореплавства. Комбінація таких чинників як «людський фактор-людський елемент», вплив системи «вітер-хвилі-течія» на маневреність, морехідність та остійність судна з великою площею парусності стає критичною при проходженні складних ділянок. Статистичні дані аналітичних досліджень причин аварійності контейнеровозів демонструють домінування недостатньої ситуаційної обізнаності (situational awareness) серед плав складу [13]. Відповідно до цього, з метою уникнення розвитку еквівалентних ситуацій, необхідно висунути чіткі умови забезпечення ситуаційної обізнаності для конкретних суден та умов плавання. Судна з великою площею парусності вирізняються схильністю до погіршення або втрати маневреності за умов відносно великих швидкостей вітру при відносно малих швидкостях руху судна. Наявні на судні дані про маневрені характеристики не дають можливості оперативної та достатньої оцінки наслідків дії зовнішніх збурень для завчасного прийняття правильного навігаційного рішення з точки зору безпеки судноводіння.

Станом на сьогоднішній день запит практики формує необхідність нових дієвих методів для оцінки й підвищення безпеки в галузі, що зумовлює актуальність обраного напрямку даного дослідження.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**

У статті [19] реалізовано спробу критичного огляду концепції формальної оцінки безпеки (formal safety assessment – FSA) у застосуванні до контейнеровозів. За результатами даного дослідження визначено необхідність підвищення рівня безпеки в широкому спектрі судових операцій на даному типі суден, що включають, але не обмежуються наступним: міцністю та остійністю; пожежною безпекою та рятувальним обладнанням; доступністю, надійністю та обміном інформацією; впливом людського фактору. Було встановлено, що головним чином за рахунок відповідної конфігурації контейнеровозів та збільшення попиту на повне використання їх потужностей у поєднанні зі збільшенням їх розмірів, є актуальною проблема підвищених структурних навантажень. Таким чином, відповідно до зазначеного дослідження, постановка цілей, спрямованих на розвиток стратегії проектування конструкцій суден, оптимальних як для оператора, так і для робочого середовища, має вирішальне значення. Також зазначено, що традиційні методи пожежної безпеки не розроблені із врахуванням захисту від умов, що залучають корозивні, токсичні та біохімічні матеріали, або процесів, що викликають значні пожежі та/або вибухи. З точки зору впливу людського фактору, відповідно до контейнерного флоту, визначена необхідність підвищення кваліфікації берегового персоналу у ланці «судно – берег», приділення більшої уваги до специфіки роботи контейнерних суден з боку заінтересованих сторін транспортного процесу із закріпленням відповідної нормативної бази, оскільки, як зазначено, специфіка роботи екіпажів

контейнеровозів схильна до підвищення навантаження й втоми плав складу. Також у роботах [16, 9] обговорюються основи методу FSA у контексті його використання в морській сфері. У дослідженні [16] наведені приклади застосування FSA для суден різних розмірів і призначення, а саме риболовних та контейнеровозів. Дослідження [9] детально описує серією кроків застосування FSA у морській індустрії, що охоплює підготовку, ідентифікацію небезпеки, оцінку ризику, визначення заходів безпеки, оцінку витрат і вигоди та рекомендації для прийняття рішень.

В роботі [17] запропоновано методику кількісної оцінки ризику навігаційного інциденту, яка заснована на концепції формальної оцінки безпеки та нечіткій логіці. Представлена концепція відрізняється структурою системи нечіткої логіки, методами нормування вхідних параметрів та обробки правил, що дозволяє отримати оцінки навігаційної ситуації для суден з різноманітними розмірами та маневровими характеристиками. В контексті оцінки ризику, в зазначеній роботі також запропоновано категоризацію зон навігаційного ризику та методику визначення запасу під кілем, що відрізняються урахуванням точності картографічної інформації й дозволяють визначити критерії оцінки небезпечності запланованого маршруту судна.

В дослідженні [18] із метою підвищення навігаційної безпеки надвеликих контейнеровозів (ULCS), акцентуючи увагу на плаванні у вузькостях, авторами запропоновано метод коригування математичної моделі руху ULCS, базуючись на результатах морських випробувань.

В роботі [11] було виконано стислий огляд проблеми ризиків, пов'язаних із перевезенням контейнерних вантажів. За результатами проведеного дослідження було зроблено висновок, що значну загрозу при перевезенні контейнерних вантажів для безпеки суден та їх екіпажів, серед іншого, може становити порушення технології перевезення небезпечних вантажів, а саме відсутність належного контролю за їх температурним станом.

Підсумовуючи результати дослідження [12], можна надійти висновку, що оцінка навігаційних ризиків при плаванні великотоннажних суден, в особливості у вузькостях, не тільки є невід'ємною частиною планування маршруту й маневрування, а й повинна включати, але не обмежуватися наступним: метеорологічними прогнозами, безпечною швидкістю, урахуванням ефекту банки, просіданням на мілководді, керованістю судна у зазначених умовах, парусністю. В якості деяких з можливих мір щодо зниження ризиків навігаційної безпеки, було запропоновано: ретельну попередню проробку відповідних інформаційних джерел, налаштування належної комунікації між членами команди містка, в тому числі ефективного обміну інформацією з лоцманом (Master – Pilot information exchange), проведення відповідних брифінгів для усіх заохочених членів екіпажу.

В роботі [2] наведено аналіз причин та наслідків виникнення пожеж на контейнерних суднах, розроблені діаграми дерева відмов відповідно до різних чинників займання, оцінені ризики перевезення деяких видів контейнерних вантажів. Серед інших, автори акцентували увагу на перевезенні гіпохлориту кальцію та спресованому деревному вугіллі. Гіпохлорит кальцію і пресоване деревне вугілля разом стали причиною майже 50% усіх визначених у дослідженні випадків займання. В цьому ж контексті, у зазначеній роботі були відокремлені акумуляторні батареї та дивінілбензол. Крім того, за результатами дослідження було висунуто ряд ідей, таких як поліпшення існуючих пожежних систем, впровадження яких, потенційно, може зменшити час виявлення можливого джерела пожежі, а отже і підвищити ймовірність вдалого гасіння вогню, тим самим сприяючи підвищенню рівня безпеки морських контейнерних перевезень.

Дослідження [20] представляє матеріали щодо ролі людського фактору у морській галузі на основі відповідних документів з 2001 по 2020 рік, включаючи посилання на «людський фактор, людські помилки, людський елемент і людське джерело». Згідно з результатами, людський внесок у аварії становив 70,2% у документах, які посилаються на людські помилки, і 88,9% у посиланнях на людський фактор. Однак, слід відзначити, що автор підкреслює невизначеність терміну людського фактору як такого через різні підходи і контексти

використання. В роботі [8] також було розглянуто проблему впливу людського фактору й виконано поділ на категорії, маючи на меті виявлення найпоширеніших з них зі встановленням відповідного взаємозв'язку. Результати зазначеної роботи підтвердили, що людський фактор суттєво впливає на виникнення морських аварій.

### **Формулювання цілей статті (постановка завдання)**

Дане дослідження направлене на аналіз ризиків притаманних контейнерному флоту з метою визначення напрямків їх мінімізації та підвищення безпеки у галузі як в окремих її сферах, так і загалом. Оскільки сформульований напрямок охоплює достатньо широкий спектр завдань, дана робота фокусується на питанні навігаційної безпеки, морських контейнерних перевезень та впливу людського фактору в галузі.

### **Виклад матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів**

Згідно до рекомендацій ІМО стосовно виконання формальної оцінки безпеки [10], така оцінка повинна включати наступні кроки:

- ідентифікацію небезпек;
- аналіз ризиків;
- визначення варіантів контролю ризиків;
- оцінку рентабельності;
- і рекомендації для прийняття рішень.

Оскільки дане дослідження направлене на визначення напрямків мінімізації ризиків в загальному випадку, використання формальної оцінки безпеки в даній роботі матиме частковий характер і не буде включати 4-й та 5-й кроки.

Таким чином, для реалізації першого кроку і проведення роботи у визначеному напрямку необхідно виділити елементи притаманні контейнерному флоту, що виділяють його особливості серед інших типів. В рамках встановленої задачі методом експертних оцінок та на основі аналізу зазначених вище досліджень, були визначені наступні відмінності контейнерного судна у першому наближенні:

1) Особливості конструкції. Характеризуються розділенням вантажного простору вздовж судна на секції (bay), що в загальному випадку дозволяє розміщення двох двадцятифутових або одного сорока-футового контейнера в межах однієї відповідної секції в перерізі діаметральної площини. Згідно з дослідженнями, представленими в [1, 20], які базуються на даних EMSA та ряді інших публікацій, таких як [6, 7, 13-15], можливо надійти висновку, що з точки зору безпеки конструкція надвеликих контейнеровозів базується на тих самих принципах, що і для суден менших розмірів. Таким чином, хоч і очікувалося, що такий підхід зможе виконувати визначені для нього функції досить ефективно, сукупність зазначених та інших факторів призводить до ряду труднощів як, наприклад, зростання навантаження на суднові екіпажі, що, в свою чергу, провокує підвищення ризиків виникнення надзвичайних ситуацій, зокрема, посилення шкідливого впливу людського фактору. Як вже було зазначено, надмірно велика кількість й щільність контейнерів розміщених на палубі та у трюмах, обмежений простір між штабелями та конфігурацією судна, який незважаючи на значне збільшення розмірів загалом залишився без змін, означає, що будь-яку пожежу або вибух у контейнерах, розміщених, наприклад, всередині штабелю, дуже важко виявити на ранній стадії, контролювати та/або гасити.

2) Вантажі та вантажні операції. Завантаження та вивантаження судна може бути проведено одночасно при достатньо високих нормах вантажних робіт. Вантажні маніфести супроводжують лише спеціальні вантажі, що підвищує ризики виникнення ситуацій незадекларованих вантажів, тощо. Високі темпи вантажних робіт займають далеко не останнє місце серед інших чинників, що впливають на фізичний та моральний стан екіпажів, навантаження на плав склад, втому. Слід підкреслити, що дане питання невід'ємно пов'язане із питанням конструктивних особливостей судна.

3) Маневрування і навігація. Зазвичай контейнерні перевезення морем відрізняються достатньо великою швидкістю, на відміну від інших типів. З іншого боку, це може негативно впливати на навігаційну безпеку, зокрема через зниження необхідного часу для прийняття рішення про безпечне розходження. Великі розміри потребують окремої уваги при маневруванні в акваторіях портів, достатньої кваліфікації капітанів й команди містка, налаштування відповідної комунікації між її членами, в тому числі ефективного обміну інформацією з лоцманом та буксирами. Як зазначалось, судна з великою площею парусності вирізняються схильністю до погіршення або втрати маневреності за умов відносно великих швидкостей вітру при відносно малих швидкостях руху судна. Наявні на судні дані про маневрені характеристики судна, нажаль, не дають можливості оперативної та достатньої оцінки наслідків дії зовнішніх збурень для завчасного прийняття правильного навігаційного рішення з точки зору безпеки судноводіння.

4) Вантажодержувачі. На відміну від інших типів суден, наприклад, балкерів чи танкерів, кількість вантажодержувачів відповідно до контейнерного судна водночас дуже велика. Даний факт, серед іншого, якщо і напряму не впливає на якість перевезень, то може наявно відображати рівень попиту на них, що в свою чергу та в сукупності із комплексом різних обставин й факторів, нажаль, має не тільки позитивні, але й негативні наслідки на безпеку в галузі. Іншими словами, комерційні проблеми часто переважають над питаннями безпеки, що не тільки впливає безпосередньо на наявну ситуацію на судні (пр., технічну, економічну, психологічну), але й відповідно має непрямий вплив на різних етапах життєвого циклу судна, починаючи з його будівництва (пр., економія коштів на якісне обладнання, матеріали, тощо).

При більш детальному розгляді процесу судових операцій можна побачити, що такий процес складається із множини взаємодіючих між собою елементів. Приклад таких структурних елементів наведений на рис. 1.

Базуючись на інформації щодо особливостей контейнерних перевезень, можна переходити до етапу визначення небезпек і аналізу ризиків, притаманних зазначеному транспортному процесу. Оскільки в даній роботі аналіз ризиків виконується для загального випадку контейнерного флоту, етап ідентифікації ризиків пропонується базувати на результатах інших робіт, виконаних в даному напрямку.

Таким чином, методом експертних оцінок та базуючись на результатах робіт [3, 4, 9, 10, 19] пропонується розглянути наступний перелік типів аварійних ситуацій за їх категоріями:

- зіткнення / навал;
- пожежа / вибух;
- посадка на міліну;
- затоплення, порушення цілісності корпусу;
- несправності в обладнанні (деталі та механізми, електронні запчастини/пристрої, тощо);
- аварійні ситуації пов'язані з вантажними операціями;
- аварійні ситуації пов'язані з вантажем, зокрема небезпечними вантажами;
- пошкодження судна, обладнання;
- пошкодження вантажу;
- аварійні ситуації пов'язані зі впливом людського фактору.

В рамках даного дослідження запропоновано згрупувати вищезазначені категорії до наступного вигляду:

- аварійні ситуації навігаційного характеру;
- аварійні ситуації пов'язані з перевезенням вантажів;
- аварійні ситуації пов'язані з роботою обладнання;
- аварійні ситуації пов'язані з впливом людського фактору.

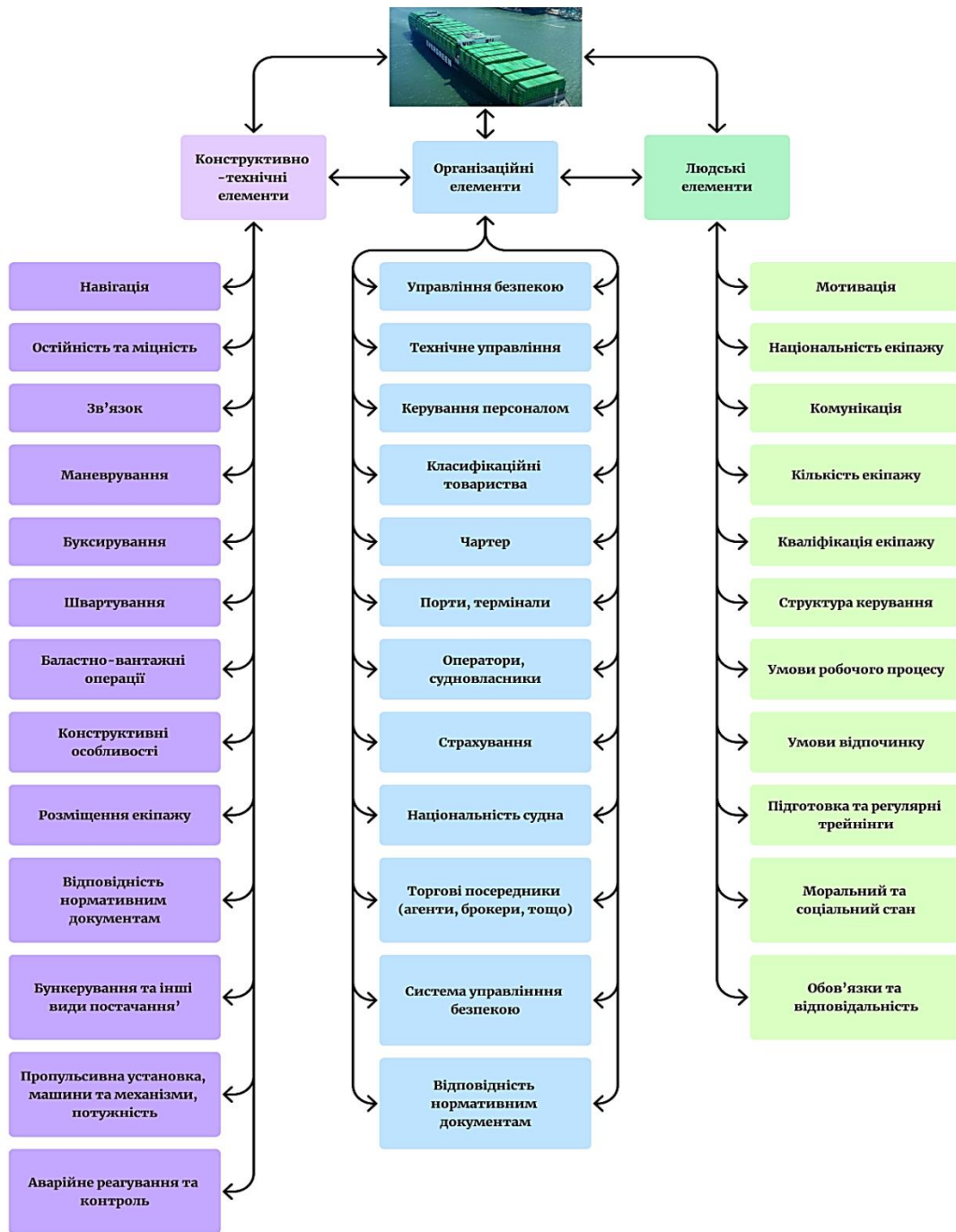


Рис. 1. Схематичне зображення деяких структурних елементів суднових операцій

Слід відзначити, що розділення факторів, сприяючих розвитку аварійних ситуацій, може бути виконано лише достатньо умовно, оскільки фактори можуть впливати один на одний, комбінуватися, тощо. Крім того, кожна їх категорія може бути предметом окремого дослідження.

Для виконання етапу аналізу ризиків згідно до [10], необхідно залучити один з відповідно рекомендованих методів такого аналізу, одним з яких є побудова дерева несправностей.

Дерево несправностей — це діаграма, що відображає причинно-наслідковий зв'язок між подіями, які окремо або в комбінації з іншими подіями спричиняють виникнення події вищого рівня. Оскільки дана робота націлена на загальний аналіз ризиків морських операцій на контейнерному флоті, то, враховуючи вищезазначене, можна, таким чином, представити спрощену модель «дерева несправностей» для встановлення причинно-наслідкових зв'язків в

першому наближенні, що сприяють виникненню надзвичайних ситуацій (рис. 2). Діаграма на рис. 2 розроблена враховуючи рекомендації, в тому числі умовні позначення, MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2 [10].

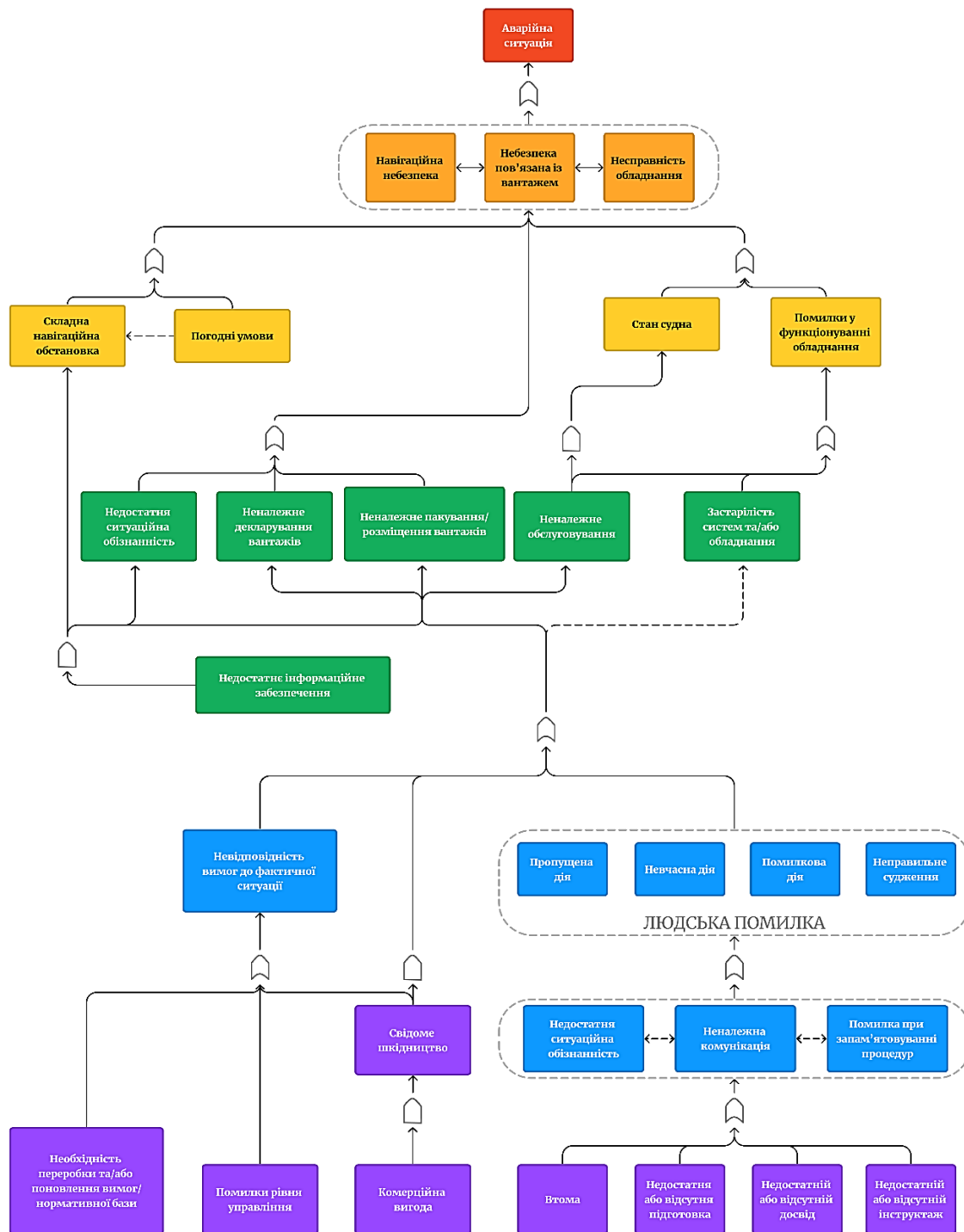


Рис. 2. Дерево несправностей для аналізу морських операцій в загальному вигляді

На зазначеній діаграмі представлений взаємозв'язок елементів, що можуть служити чинниками при розвитку аварійних ситуацій. Взаємодії позначені пунктирними стрілками можуть бути потенційно незалежними від запропонованих структурних елементів. Треба ще раз підкреслити, що представлені взаємодії запропоновані умовно та в загальному вигляді, оскільки при розгляді конкретних ситуацій елементи діаграми, як і їх взаємодії, можуть

змінюватись або взагалі відрізнятись. З точки зору незалежних чинників представлених на діаграмі, можна виділити наступні: недостатнє інформаційне забезпечення, застарілість систем та/або обладнання, недостатня підготовка плав складу та недостатній досвід, втома членів екіпажу, помилки рівня керування, необхідність переробки та/або поновлення відповідної нормативної бази.

Перш ніж переходити до безпосередньо оцінки ризиків, необхідно визначити, що розуміється під цим терміном. Ризик – є комбінацією імовірності виникнення небезпечної ситуації й потенційних наслідків від неї. Ризик прийнято виражати добутком імовірності  $P$  та тяжкості наслідків  $S$ :

$$R = P \cdot S \quad (1)$$

В цьому разі, для подальшої оцінки ризиків пропонується використання наступних шкал імовірності та наслідків потенційних надзвичайних ситуацій, що зведені до таблиці 1 і таблиці 2 згідно до відповідних матеріалів робіт [16, 17, 10].

Також з метою проведення оцінки ризиків за визначеними чинниками запропоновано використання матриці ризику, що представлена у таблиці 3 відповідно до зазначених шкал імовірностей та наслідків потенційних надзвичайних ситуацій.

Таблиця 1. Визначення рівнів наслідків потенційної надзвичайної ситуації

Наслідки					
Шкала $S$	Опис	Наслідки для людини	Наслідки для середовища	Економічні наслідки	Наслідки для репутації
5	Катастрофічні	Людські втрати (більше ніж одна особа)	Дуже значне забруднення	в еквіваленті більше ніж 3 млн. дол. США	Вплив міжнародного масштабу
4	Важкі	Людські втрати (1 особа)	Значне забруднення	в еквіваленті від 1 до 3 млн. дол. США	Вплив національного масштабу
3	Значні	Непридатність до виконання визначених обов'язків	Середнє забруднення	в еквіваленті від 100 тис. до 1 млн. дол. США	Локальний вплив
2	Середні	Непридатність до повноцінного виконання визначених обов'язків / необхідність госпіталізації	Незначне забруднення	в еквіваленті від 10 до 100 тис. дол. США	Обмежений вплив
1	Незначні	Необхідне надання першої медичної допомоги	Легке забруднення	в еквіваленті до 10 тис. дол. США	Незначний вплив

За допомогою встановлених відповідних рівнів імовірності  $P$  та тяжкості наслідків  $S$  згідно до зазначених таблиць, і використовуючи формулу (1), може бути визначено ризик  $R$  для кожного вищезазначеного чинника з діаграми на рис. 2 й оцінена його прийнятність, сформульовані/запропоновані відповідні засоби контролю, тощо.



Таблиця 2. Визначення рівнів вірогідності виникнення потенційної надзвичайної ситуації

Імовірність		
Шкала P	Опис	Потенційне виникнення
5	Напевно	Може трапитись декілька разів за рік на одному судні
4	Дуже ймовірно	Може трапитись декілька разів за рік в одній компанії
3	Ймовірно	Може трапитись декілька разів в одній компанії за період її існування
2	Малоймовірно	Може трапитись в галузі
1	Дуже малоймовірно	Може трапитися, але не було зафіксовано в галузі

Кольори наведеної матриці ризику відображають рівень оцінюваної небезпеки:

1) Зелений: широко прийнятний ризик – в загальному випадку оцінюється як тривіальний, незначний і адекватно контрольований.

2) Помаранчевий: допустимий – рівень ризику, що повинен відповідати принципу ALARP (as low as reasonably practicable – настільки низький, наскільки це практично можливо). Іншими словами, це тип ризику, що може бути умовно прийнятним в залежності від конкретних обставин, відповідної підготовки для його контролю і зниження, диверсифікації, прийнятних залишкових ризиків, тощо, з метою отримання вигоди, що значно переважає над потенційними збитками.

3) Червоний: неприйнятний – ризик, що в загальному випадку оцінюється як недопустимий в незалежності від рівня потенційно отримуваної вигоди.

Таблиця 3. Матриця ризику

		Наслідки				
		1	2	3	4	5
Вірогідність	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
Категорії ризиків		Широко прийнятний	Допустимий	Неприйнятний		

Таким чином, результати оцінки ризиків за визначеними незалежними чинниками з діаграми рис. 2, згідно до представленої матриці ризику, зведені до таблиці 4.

Після прийняття відповідних засобів контролю, запропонованих у таблиці 4, рівні ризиків для відповідних чинників очікуються бути такими, що зведені до таблиці 5.

З одного боку, з таблиці 5 видно, що рівні ризику потенційно можуть бути знижені за рахунок впровадження запропонованих засобів контролю за ризиком. З іншого боку, необхідно підкреслити, що вказані дані враховують нестабільність та невизначеність самої системи «людина-суднові операції-зовнішні фактори» в загальному сенсі, оскільки робота такої системи, за свою природою, не може бути зведена до конкретного алгоритму, що гарантовано буде виконуватись. Проте, з огляду на зазначене, доцільно подальше розглядати можливості удосконалення існуючих процесів, а саме перспективи науково-технічних розробок, що можуть бути імплементовані у галузі із метою підвищення безпеки судових операцій та зменшення рівнів ризику.

Таблиця 4. Результати оцінки ризиків за визначеними чинниками

Чинник	Імовірність	Наслідки	Ризик	Засоби контролю за ризиком
Недостатнє інформаційне забезпечення	3	5	15	Впровадження нових і вдосконалення існуючих методів інформаційного забезпечення.
Застарілість систем та/або обладнання	3	3	9	Забезпечення регулярного незалежного контролю за станом обладнання.
Недостатня підготовка плав складу та недостатній досвід	4	5	20	Контроль рівня компетентності, шляхом підвищення кваліфікації плав складу відповідно до сучасних вимог практики.
Помилки рівня керування	3	5	15	Більш щільний контроль відповідності СУБ компанії до міжнародних вимог.
Втома	5	5	25	Перегляд вимог до умов та часу роботи й відпочинку. Відповідність комплектування судна екіпажами до фактичного навантаження.
Необхідність переробки та/або поновлення відповідної нормативної бази	2	5	10	Приймати до уваги реальний стан речей при формуванні нормативної бази.

Таблиця 5. Результати оцінки ризиків після прийняття засобів контролю

Чинник	Імовірність	Наслідки	Ризик
Недостатнє інформаційне забезпечення	2	5	10
Застарілість систем та/або обладнання	2	3	6
Недостатня підготовка плав складу та недостатній досвід	2	5	10
Помилки рівня керування	2	5	10
Втома	3	5	15
Необхідність переробки та/або поновлення відповідної нормативної бази	1	5	5

Таким чином, впровадження, наприклад, систем підтримки прийняття рішень при маневруванні та додаткових систем контролю за вантажами для мінімізації ризиків з точки зору інформаційного забезпечення і судових систем/обладнання, могли б позитивно сприяти зниженню ризиків на флоті в навігаційному і вантажному аспектах. Однак оцінка їх ефективності щодо такого зниження повинна бути проведена незалежно в кожному окремому випадку, із складанням окремих відповідних до встановленої задачі шкал імовірностей і тяжкості наслідків.

### Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку

В ході даного дослідження було виконано групування різних типів аварійних ситуацій контейнерного флоту за відповідними категоріями з метою подальшого визначення причинно-

наслідкових зв'язків й формування дерева несправностей для аналізу морських операцій в загальному вигляді. Формування зазначеної моделі надало можливість для визначення незалежних чинників, сприяючих розвитку надзвичайних ситуацій у першому наближенні.

В рамках встановленої мети була представлена відповідна матриця ризиків, визначені шкали оцінки імовірності й наслідків потенційної надзвичайної ситуації, проведена оцінка ризиків у відповідності до визначених чинників й попередньо визначені засоби контролю і мінімізації таких ризиків. Слід відзначити, що мета дослідження охоплює широкий спектр морських операцій, тому формування дерева несправностей та визначення чинників надзвичайних ситуацій виконувалось в узагальненій формі, у якій було зроблено спробу виділення питань навігаційної безпеки, безпеки перевезення вантажів та впливу людського фактору на загальний рівень безпеки в галузі. Оскільки розділення факторів, сприяючих розвитку аварійних ситуацій в загальному вигляді може бути виконано лише умовно, в ході дослідження було підкреслено, що представлені взаємодії запропоновані лише у першому наближенні, та при розгляді конкретних ситуацій причинно-наслідкові зв'язки можуть змінюватись або взагалі відрізнятись від представлених у даній статті, що зумовлює необхідність подальших досліджень в цьому напрямку.

За результатами дослідження, серед визначених чинників розвитку аварійних ситуацій найбільш високий рівень ризику представляють: втома, недостатня підготовка плав складу та недостатній досвід, недостатнє інформаційне забезпечення і помилки рівня керування. Таким чином, набувають актуальності подальші дослідження в цих напрямках.

Запропоновані в ході дослідження напрямки мінімізації ризиків у відповідності до визначених чинників включають наступні: впровадження нових і вдосконалення існуючих методів інформаційного забезпечення; забезпечення регулярного незалежного контролю за станом обладнання; контроль рівня компетентності, шляхом підвищення кваліфікації плав складу відповідно до сучасних вимог практики; більш щільний контроль відповідності СУБ компанії до міжнародних вимог; перегляд вимог до умов та часу роботи й відпочинку, відповідність комплектування судна екіпажами до фактичного навантаження; врахування реального стану на флоті при формуванні нормативної бази.

Незважаючи на те, що представлені засоби контролю за ризиками потенційно можуть знижувати їх рівень, слід відзначити, що вказані дані враховують нестабільність та невизначеність самої системи «людина-суднові операції-зовнішні фактори» в загальному сенсі, оскільки робота такої системи, за своєю природою, не може бути зведена до конкретного алгоритму, що гарантовано буде виконуватись. Таким чином, для більш щільного оцінювання ефекту від впровадження контрольних заходів, додаткові дослідження повинні бути проведені у кожному окремому випадку, із складанням окремих відповідних до встановленої задачі шкал імовірностей і тяжкості наслідків, матриць ризиків.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Callesen F.G., Blinkenberg-Thrane M., “Container ships – Fire related risk”. [Master’s thesis]. Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark, 2017.
2. Callesen F. G., Blinkenberg-Thrane M., Taylor J. R., Kozine I., “Container ships: fire-related risks,” *Journal of Marine Engineering & Technology*, vol. 20, no. 4, doi: 10.1080/20464177.2019.1571672, pp. 262–277, Jan. 2019.
3. European Maritime Safety Agency (EMSA), *Annual overview of marine casualties and incidents 2020*. Lisbon, 2020.
4. European Maritime Safety Agency (EMSA), *European maritime safety report 2022*. Luxembourg, 2022.
5. European Maritime Safety Agency (EMSA), *Safety Analysis of Data Reported in EMCIP - Analysis on Marine Casualties and Incidents involving Container Vessels*. 2020.

6. Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation, *Explosion and fire on board CMV PUNJAB SENATOR in hold No. 6 on 30 May 2005 on the way to Sri Lanka*. Federal Bureau of Maritime Casualty investigation (BSU). Hamburg: EMSA, 2006.
7. Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation, *Fire and explosion on board the MSC Flaminia on 14 July 2012 in the Atlantic and the ensuing events*. Federal Bureau of Maritime Casualty investigation (BSU). Hamburg: Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation (BSU), 2014.
8. Hasanspahić N., Vujičić S., Frančić V., and Čampara L., “The Role of the Human Factor in Marine Accidents,” *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 9, no. 3, doi: 10.3390/jmse9030261, p. 261, Mar. 2021.
9. Haugen S. and Kristiansen S., “Formal safety assessment,” *Maritime Transportation*, doi: 10.4324/9781003055464-12, pp. 353–400, Oct. 2022.
10. IMO, *Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process. MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2*. London: IMO, 2018. [Online] Available: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/MSC-MEPC%202-Circ%2012-Rev%202.pdf> [Accessed: March 11, 2023].
11. Конон В.В., Савчук В.Д., “Ризики при перевезенні вантажів у контейнерах”, Матеріали науково-технічної конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація» 15-16 листопада 2018 р., Одеса: НУ «ОМА», с. 298-302.
12. Конон Н.М., “Контроль навігаційної безпеки при проходженні Суецького каналу на прикладі аварії т/х «EVER GIVEN»,” Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2021)». 25-27 травня 2021 р., Херсон: Херсонська державна морська академія, С. 118-121.
13. Konon N., Pipchenko O., “Analysis of marine accidents involving container ships,” *Shipping & Navigation*, vol. 32, doi: 10.31653/2306-5761.32.2021.46-55, pp. 46–55, Dec. 2021.
14. Le Bureau d’enquêtes sur les événements de mer, *Fire of the cargo aboard the container ship CMA CGM Rossini on 15 June 2016, in the port of Colombo*. Lorient: BEAmer, 2017.
15. Murdoch E, Tozer D., *A Master’s Guide to Container Securing. 2nd Edition*. The Standard & Lloyd’s Register. London: The Standard & Lloyd’s Register, 2012.
16. Pillay A., Wang J., “Chapter 5 Formal safety assessment,” in *Technology and Safety of Marine Systems*, doi: 10.1016/s1571-9952(03)80007-7, pp. 81–115, 2003.
17. Піпченко О. Д., “Розвиток теорії та практики управління ризиками при вирішенні комплексних навігаційних задач,” Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: Національний Університет «Одеська Морська Академія», Одеса, 2021.
18. Pipchenko O.D., Tsybmal M., Shevchenko V., “Features of an Ultra-large Container Ship Mathematical Model Adjustment Based on the Results of Sea Trials,” *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Vol. 14, No. 1, doi:10.12716/1001.14.01.20, pp. 163-170, 2020.
19. Wang J. and Foinikis P., “Formal safety assessment of containerships,” *Marine Policy*, vol. 25, no. 2, doi: 10.1016/s0308-597x(01)00005-7, pp. 143–157, Mar. 2001.
20. Wróbel K., “Searching for the origins of the myth: 80% human error impact on maritime safety,” *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 216, doi:10.1016/j.ress.2021.107942, p. 107942, Dec. 2021.

**REFERENCES**

1. Callesen F.G., Blinkenberg-Thrane M., “Container ships – Fire related risk”. [Master’s thesis]. Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark, 2017.
2. Callesen F. G., Blinkenberg-Thrane M., Taylor J. R., Kozine I., “Container ships: fire-related risks,” *Journal of Marine Engineering & Technology*, vol. 20, no. 4, doi: 10.1080/20464177.2019.1571672, pp. 262–277, Jan. 2019.
3. European Maritime Safety Agency (EMSA), *Annual overview of marine casualties and incidents 2020*. Lisbon, 2020.
4. European Maritime Safety Agency (EMSA), *European maritime safety report 2022*. Luxembourg, 2022.
5. European Maritime Safety Agency (EMSA), *Safety Analysis of Data Reported in EMCIP - Analysis on Marine Casualties and Incidents involving Container Vessels*. 2020.
6. Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation, *Explosion and fire on board CMV PUNJAB SENATOR in hold No. 6 on 30 May 2005 on the way to Sri Lanka*. Federal Bureau of Maritime Casualty investigation (BSU). Hamburg: EMSA, 2006.
7. Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation, *Fire and explosion on board the MSC Flaminia on 14 July 2012 in the Atlantic and the ensuing events*. Federal Bureau of Maritime Casualty investigation (BSU). Hamburg: Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation (BSU), 2014.
8. Hasanspahić N., Vujičić S., Frančić V., and Čampara L., “The Role of the Human Factor in Marine Accidents,” *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 9, no. 3, doi: 10.3390/jmse9030261, p. 261, Mar. 2021.
9. Haugen S. and Kristiansen S., “Formal safety assessment,” *Maritime Transportation*, doi: 10.4324/9781003055464-12, pp. 353–400, Oct. 2022.
10. IMO, *Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process. MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2*. London: IMO, 2018. [Online] Available: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Safety/Documents/MSC-MEPC%202-Circ%2012-Rev%202.pdf> [Accessed: March 11, 2023].
11. Konon V.V., Savchuk V.D., “Risks during the transportation of cargo in containers,” Materials of the scientific and technical conference "Transport technologies (marine and river fleet): infrastructure, shipping, transportation, automation" 15-16 November 2018, Odesa: NU «OMA», pp. 298-302. [in Ukrainian].
12. Konon N. M., “Control of the navigational safety during the Suez Canal passage on the example of the incident with M/V "EVER GIVEN",” Materials of the 13th international scientific and practical conference «Modern information and innovation technologies in transport (MINTT – 2021)» 25-27 May 2021, Kherson: KGMA, pp. 118-121. [in Ukrainian].
13. Konon N., Pipchenko O., “Analysis of marine accidents involving container ships,” *Shipping & Navigation*, vol. 32, doi: 10.31653/2306-5761.32.2021.46-55, pp. 46–55, Dec. 2021.
14. Le Bureau d’enquêtes sur les événements de mer, *Fire of the cargo aboard the container ship CMA CGM Rossini on 15 June 2016, in the port of Colombo*. Lorient: BEAmer, 2017.
15. Murdoch E, Tozer D., *A Master’s Guide to Container Securing. 2nd Edition*. The Standard & Lloyd’s Register. London: The Standard & Lloyd’s Register, 2012.
16. Pillay A., Wang J., “Chapter 5 Formal safety assessment,” in *Technology and Safety of Marine Systems*, doi: 10.1016/s1571-9952(03)80007-7, pp. 81–115, 2003.

17. Pipchenko O. D. Development of the theory and practice of risk management when solving complex navigational tasks: dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Technical Sciences: National University “Odessa Maritime Academy”, Odesa, 2021. 286 p. [in Ukrainian].
18. Pipchenko O.D., Tsymbal M., Shevchenko V., “Features of an Ultra-large Container Ship Mathematical Model Adjustment Based on the Results of Sea Trials,” *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Vol. 14, No. 1, doi:10.12716/1001.14.01.20, pp. 163-170, 2020.
19. Wang J. and Foinikis P., “Formal safety assessment of containerships,” *Marine Policy*, vol. 25, no. 2, doi: 10.1016/s0308-597x(01)00005-7, pp. 143–157, Mar. 2001.
20. Wróbel K., “Searching for the origins of the myth: 80% human error impact on maritime safety,” *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 216, doi:10.1016/j.ress.2021.107942, p. 107942, Dec. 2021.