

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МЕЛЬНИК ОЛЕКСІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 656.61: 656.13: 656.6

ДИСЕРТАЦІЯ

МЕТОДОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РОБОТИ СУДЕН
В СИСТЕМІ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

05.22.01 – Транспортні системи

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



О. М. Мельник

Самостійно підготовлена наукова праця

АНОТАЦІЯ

Мельник О.М. *Методологія управління безпекою роботи суден в системі морських перевезень.* – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (275 – Транспортні технології). – Одеський національний морський університет Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2024.

Дисертація присвячена розробці нової методології управління безпекою роботи суден в системі морських перевезень. Метою роботи є управління безпекою роботи морських суден за рахунок використання концепцій, методів, моделей та засобів, що формують нову методологію безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень. Об'єктом дослідження є процеси безпеко-орієнтованої роботи суден у системі морських перевезень. Предметом дослідження є теорія, методи та засоби управління безпекою роботи суден в системі морських перевезень. При дослідженні використано: загальнотеоретичні методи та прийоми абстрагування, аналізу і синтезу, індукції та дедукції, порівняння та формалізації, методи та положення теорії ймовірності, математичне моделювання, теорія випадкових процесів, теорія марківських процесів. Експериментальні висновки та теоретичні результати були зіставлені, що вказує на достовірність результатів, отриманих за допомогою розроблених математичних моделей та аналітичних виразів.

Розроблено концепцію безпеко-орієнтованої роботи суден, яка передбачає інтегральний розгляд об'єктів безпеки, систему факторів впливу, сукупність методів та засобів забезпечення безпеки у відповідності до декомпозиції безпеки за видами (компонентами), що враховує специфіку операцій виробничого процесу роботи судна та відповідає новій парадигмі безпеки у судноплавстві, а саме, переходу від максимізації ефективності при дотриманні вимог до безпеки, до проактивних дій, спрямованих на інтегроване оцінювання та забезпечення безпеки роботи суден при виконанні сукупності

операцій в рамках виробничого процесу.

Розроблено метод оцінки безпеки роботи судна на базі ланцюга причинно-наслідкових зв'язків у відповідній системі, яка передбачає поетапну оцінку ймовірності безпеки роботи суден з урахуванням факторів впливу, їх вагомості та розподілу, операцій за етапами виробничого процесу та їх вагомості для кожного виду (компоненти) безпеки роботи судна, що надає можливість оцінювати безпеку роботи судна протягом рейсу з урахуванням специфіки операцій та прогнозуванням умов їх виконання.

Розроблено модель динаміки безпеки роботи судна на базі інтегрального розгляду марківських процесів зміни компонент безпеки судна, де результатом є визначення ймовірності станів безпеки роботи судна протягом рейсу, що надає можливість формування комплексу відповідних протидій прогнозованим ситуаціям порушення безпеки.

Розроблено метод оцінки безпеки судна на базі ланцюгу ймовірнісних оцінок, який дозволяє системно охопити об'єкти та наслідки порушення кібербезпеки судна, створюючи методологічну та методичну основу для комплексної оцінки технічної безпеки судна та визначення методів забезпечення кібербезпеки критичного обладнання судових систем

Розроблено модель зміни навігаційних станів судна на базі марківського процесу, яка враховує складові навігаційного комплексу та динаміку їх станів, що є інструментом для аналізу та прогнозування станів навігаційної безпеки судна протягом рейсу. Крім того, розроблено метод визначення оптимального маневру розходження з судном-ціллю з метою мінімізації ризику зіткнення, особливо в умовах замкнутої акваторії, який враховує обмеження, пов'язані з маршрутами руху, маневреністю судна, а також динамікою оточуючого середовища. Такий підхід сприяє оптимальному та безпечному руху судна в умовах обмеженого простору.

Удосконалено динамічну модель безпеки судна, яка дозволяє системно визначати та аналізувати рівень безпеки з врахуванням сукупності факторів впливу в структурі безпеки судна, що змінюється відповідно до контексту та

подій, що сприймається як значний крок у напрямку адаптивності систем безпеки суден до змінних умов експлуатації.

Удосконалено та деталізовано систему заходів забезпечення комплексної безпеки суден, що включає в себе інтегральний підхід до технічних, операційних та організаційних аспектів. Технічні аспекти включають в себе розробку та вдосконалення технічних засобів безпеки на судні, що охоплює системи моніторингу, автоматизації та резервування даних. Операційні аспекти враховують процеси та процедури, пов'язані з експлуатацією судна, включаючи навчання екіпажу, процедури екстреної реакції та управління ризиками. Організаційні аспекти охоплюють створення ефективної системи управління безпекою на судні, враховуючи галузеві стандарти. Таке вдосконалення системи заходів забезпечення безпеки суден спрямоване на компроміс між технічними інноваціями, оптимізацією операцій та ефективним управлінням для максимізації загальної безпеки та ефективності роботи судна.

Отримав подальший розвиток метод інформаційного обміну в режимі судно-берег з урахуванням кіберзагроз та технічної безпеки суден який представляє собою більш ефективний та безпечний підхід до обміну інформацією між судном та береговою інфраструктурою. Таким чином значно підвищується рівень захисту судна від кібератак, забезпечуючи високу стійкість інформаційних систем судна. Такий метод передбачає комплексний підхід до кібербезпеки, враховуючи різноманітні аспекти технічної безпеки суден та забезпечує не лише безперебійний обмін даними, але й високий рівень конфіденційності та цілісності інформації.

Удосконалено концептуальну модель узагальнення заходів протидії забрудненню довкілля на основі робочого циклу судна є значним кроком у напрямку більш ефективного та екологічно безпечного управління морськими та вантажними операціями суден. Враховуючи різні етапи робочого циклу, ця модель розроблена з метою підвищення ефективності та зменшення негативного впливу на довкілля під час операцій суден.

Набула подальшого розвитку модель розрахунків зміни

енергоефективності судна яка включає в себе нові можливості оптимізації енергоспоживання для конкретних сценаріїв та умов експлуатації та дозволяє забезпечити більш ефективне використання енергії та зниження викидів, що сприяє сталому розвитку та зменшенню негативного впливу морського транспорту на довкілля.

Удосконалено концептуальну модель процесу завантаження палубного вантажу, враховуючи масо-геометричні параметри та техніко-технологічні аспекти, створює ефективний механізм для планування та організації вантажних операцій на судах. Застосування цієї моделі дозволяє забезпечити оптимальне розташування та розподіл палубного вантажу, що призводить до забезпечення безпеки транспортування, підвищення ефективності перевезення та зменшення часу операцій.

Отримали подальший розвиток модель зсуву вантажу та алгоритм забезпечення безпеки під час перевезення вантажів із високою щільністю ґрунтується на принципах гідродинаміки та механіки матеріалів. Дана модель розроблена для визначення параметрів безпеки та умов перевезення палубних вантажів в умовах морського переходу. Алгоритм забезпечення безпеки перевезення вантажів з високою щільністю враховує ризики зсуву вантажу та надає конкретні заходи для мінімізації можливих наслідків негативних подій.

Набув подальшого розвитку метод комплексного аналізу впливу людського фактору на ергатичні системи управління на транспорті, який здійснює більш детальний розгляд взаємодії фактору людини з ергатичними системами управління. Даний метод охоплює різні аспекти взаємодії, такі як психологічні, технічні та соціальні чинники та враховує вплив людського фактору на ергатичні системи для визначення шляхів покращення ефективності та безпеки цих систем.

Запропоновані в дисертаційній роботі теоретичні основи, методи і моделі, що формують нову методологію безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень, довели свою ефективність на практиці та були впроваджені у діяльність казенного підприємства «Морська пошуково-

рятувальна служба», ТОВ «Чорноморський рибний порт», товариства «Lema Cargo Service» (Україна), компанії Shanghai Fuhai Shipping Service (КНР), компанії Tianjin Haida Shipping Construction (КНР), компанії Tianjin Wanlihe Shipping Service (КНР) та інших компаній. Також результати досліджень були впроваджені у навчальний процес Одеського національного морського університету. Запропоновані в дисертаційній роботі концепції, методи і моделі послужили основою для створення програмного забезпечення для системи підтримки прийняття рішень.

Отримані в ході дослідження результати є важливими для розвитку теорії транспортних процесів і систем, зокрема, в контексті організації і управління безпекою роботи суден, розширюючи та уточнюючи теоретичні аспекти, пов'язані із підвищенням безпеки транспортних операцій на морському та внутрішньому водному транспорті.

Ключові слова: безпека морських перевезень, робота судна, судноплавство, екологічна безпека, людський фактор, технологічні інновації, методи оцінки безпеки, ризики аварій, моделювання станів, кібербезпека суден, технології перевезень, навігаційна безпека, управління безпекою, транспортні системи.

ABSTRACT

Melnyk O.M. Methodology of ship safety management in the maritime transportation system.

Dissertation for the obtaining the scientific degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.22.01 «Transport Systems» (275 - Transport Technologies) - Odesa National Maritime University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odesa, 2024.

The dissertation is devoted to the development of a new methodology for the management of safety-oriented operation of ships in the maritime transportation system. The purpose of the work is to manage the safety of ships based on the concept,

methods, models and tools that form a new methodology for safety-oriented operation of ships in the maritime transportation system. The object of research is the processes of safety-oriented operation of ships in the maritime transportation system. The subject of the study is the theory, methods and means of managing the safety-oriented operation of ships in the maritime transportation system. The research was based on general theoretical methods and techniques of abstraction, analysis and synthesis, induction and deduction, comparison and formalization, methods and provisions of probability theory, mathematical modeling, theory of random processes, theory of Markov processes. Experimental findings and theoretical results were compared, which indicates the reliability of the results obtained using the developed mathematical models and analytical expressions.

The concept of safety-oriented ship operation is developed, which provides for an integrated consideration of safety objects, a system of influence factors, a set of methods and means of ensuring safety in accordance with the decomposition of safety by type (component), which takes into account the specifics of the ship's production process operations and corresponds to the new paradigm of safety in shipping, namely, the transition from maximizing efficiency while complying with safety requirements to proactive actions aimed at integrated assessment and ensuring the safety of ship operation.

A method for assessing ship safety based on a chain of causal relationships in the relevant system has been developed, which provides for a step-by-step assessment of the probability of ship safety, taking into account the factors of influence, their weight and distribution, operations by stages of the production process and their weight for each type (component) of ship safety, which makes it possible to assess the safety of the ship during the voyage, taking into account the specifics of operations and forecasting the conditions of their implementation.

A model of ship safety dynamics based on an integral consideration of Markov processes of change in ship safety components is developed, where the result is the determination of the probability of ship safety states during the voyage, which makes it possible to form a set of appropriate countermeasures to predicted safety violations.

A method for assessing ship security based on a chain of probabilistic estimates has been developed, which allows to systematically cover the objects and consequences of a ship cybersecurity breach, creating a methodological and methodological basis for a comprehensive assessment of ship technical security and determining methods for ensuring cybersecurity of critical equipment of ship systems.

A model of changes in navigational states of a ship based on the Markov process, which takes into account the components of the navigation complex and the dynamics of their states, has been developed, which is a tool for analyzing and predicting the states of navigational safety of a ship during a voyage. In addition, a method has been developed to determine the optimal maneuver to divergence from the target vessel in order to minimize the risk of collision, especially in confined waters, which takes into account the limitations associated with the routes of movement, maneuverability of the vessel, and the dynamics of the environment. This approach contributes to the optimal and safe movement of the vessel in confined spaces.

A dynamic ship safety model has been improved, which allows for systematic determination and analysis of the level of safety, taking into account a set of factors of influence in the ship safety structure that changes in accordance with the context and events, which is perceived as a significant step towards the adaptability of ship safety systems to changing operating conditions.

The system of measures to ensure comprehensive ship security has been improved and detailed, including an integrated approach to technical, operational and organizational aspects. Technical aspects include the development and improvement of technical security equipment on board, including monitoring, automation and data backup systems. Operational aspects take into account the processes and procedures related to the operation of the vessel, including crew training, emergency response procedures and risk management. Organizational aspects cover the establishment of an effective safety management system on the vessel, taking into account industry standards. This improvement of the ship safety system is aimed at a compromise between technical innovation, optimization of operations and effective management to maximize the overall safety and efficiency of the vessel.

The method of information exchange in the ship-to-ship mode, taking into account cyber threats and technical security of ships, was further developed, which is a more efficient and secure approach to the exchange of information between the ship and the shore infrastructure. This significantly increases the level of protection of the ship against cyber attacks, ensuring high resilience of the ship's information systems. This method provides for a comprehensive approach to cybersecurity, taking into account various aspects of ship technical security and ensuring not only uninterrupted data exchange but also a high level of confidentiality and integrity of information.

The improved conceptual model for generalizing environmental pollution control measures based on the ship's operating cycle is a significant step towards more efficient and environmentally friendly management of maritime and cargo operations. Taking into account the different stages of the operating cycle, this model is designed to increase efficiency and reduce the negative environmental impact of ship operations.

The model for calculating changes in ship energy efficiency was further developed to include new opportunities to optimize energy consumption for specific scenarios and operating conditions and to ensure more efficient energy use and reduce emissions, which contributes to sustainable development and reduce the negative impact of maritime transport on the environment.

The improved conceptual model of the deck cargo loading process, taking into account mass and geometric parameters and technical and technological aspects, creates an effective mechanism for planning and organizing cargo operations on ships. The application of this model allows for the optimal location and distribution of deck cargo, which leads to transportation safety, increased transportation efficiency and reduced operation time.

The cargo displacement model and safety algorithm for the transportation of high-density cargo based on the principles of hydrodynamics and mechanics of materials were further developed. This model was developed to determine the safety parameters and conditions for the transportation of deck cargo in sea passage. The algorithm for ensuring the safety of high-density cargo transportation takes into account the risks of cargo displacement and provides specific measures to minimize

the possible consequences of negative events.

The method of combining a comprehensive analysis of the impact of the human factor on ergonomic control systems in transport was further developed, which provides a more detailed consideration of the interaction of the human factor with ergonomic control systems. This method covers various aspects of interaction, such as psychological, technical and social factors, and takes into account the impact of the human factor on ergatic systems and identifies ways to improve the efficiency and safety of these systems.

The theoretical foundations, methods and models proposed in this thesis, which form a new methodology for the safety-oriented operation of ships in the maritime transportation system, have proven their effectiveness in practice and have been implemented in the activities of the state-owned enterprise «Marine Search and Rescue Service», Black Sea Fishing Port, Lema Cargo Service (Ukraine), Shanghai Fuhai Shipping Service (China), Tianjin Haida Shipping Construction (China), Tianjin Wanlihe Shipping Service (China) and other companies. The research results were also implemented in the educational process of Odesa National Maritime University. The concepts, methods, and models proposed in this thesis served as the basis for creating software for a decision support system.

The results obtained in the course of the study are important for the development of the theory of transport processes and systems, in particular, in the context of organizing and managing ship safety, expanding and clarifying theoretical aspects related to improving the safety of transport operations in maritime and inland waterway transport.

Keywords: maritime transportation safety, shipping technologies, environmental safety, human factor, technological innovations, safety assessment methods, accident risks, safety state modeling, ship cybersecurity, efficiency, navigation safety, safety management, transport systems.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Монографії:

1. Melnyk, O., & Bychkovsky, Y. (2021). Research of the Role and Importance of Maritime Safety Leadership. *Innovative Science, Education, Production and Transport*, 4(2), 179-191. <https://doi.org/10.30888/2707-1685.2021-04-02>

Автором досліджено аналіз ролі лідерства в контексті морської безпеки та запропоновано концепцію покращення практики лідерства на суднах.

2. Melnyk, O.M., Ocheretna, V.V., & Shakhov, A.I. (2023). Intellectual Capital Is the Foundation of Innovative Development: Conceptual Principles of Ensuring Organizational and Technological Aspects of Ship Safety. *Monographic Series «European Science»*, 18, (1). <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-18-01>

Автором запропоновано концептуальні засади, які лежать в основі ідентифікації та подальшого забезпечення організаційних та технологічних аспектів безпеки суден.

Статті в міжнародних наукометричних виданнях:

3. Melnyk, O., Onyshchenko, S., & Koryakin, K. (2021). Nature and Origin of Major Security Concerns and Potential Threats to the Shipping Industry. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 113, 145-153. ISSN: 0209-3324. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2021.113.11> (Scopus Q3)

Автором проведено аналіз та ідентифікацію потенційних загроз безпеці судноплавства.

4. Melnyk, O., Bychkovsky, Y., & Voloshyn, A. (2022). Maritime Situational Awareness as a Key Measure for Safe Ship Operation. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 114, 91-101. ISSN: 0209-3324. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.114.8> (Scopus Q3)

Автором розроблено підходи до розуміння та моделювання ситуаційної обізнаності як ключового фактору експлуатаційної безпеки судна.

5. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Pavlova, N., Kravchenko, O., & Borovyk, S. (2022). Integrated Ship Cybersecurity Management as a Part of Maritime Safety and Security System. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 22(03), 135-140. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.3.18> (WOS)

Автором запропоновано розробку інтегрованих стратегій та методик ефективного управління кібербезпекою на судах, з урахуванням особливостей умов та потенційних кіберзагроз.

6. Melnyk, O., Onishchenko, O., & Onyshchenko, S. (2023). Renewable Energy Concept Development and Application in Shipping Industry. *Lex Portus*, 9(6), 15–24. <https://doi.org/10.26886/2524-101X.9.6.2023.2> (Scopus Q2)

Автором розроблено концепцію впровадження та застосування відновлюваних джерел на морському транспорті.

7. Burmaka, I., Vorokhobin I., Melnyk, O., Burmaka, O., & Sagin, S. (2022). Method of Prompt Evasive Maneuver Selection to alter Ship's Course or Speed. *Transactions on Maritime Science*, 11(1). <https://doi.org/10.7225/toms.v11.n01.w01> (Scopus Q2)

Автором запропоновано метод визначення маневру розходження судна зміною курсу або швидкості для запобігання зіткненню.

8. Onishchenko, O., Golikov, V., Melnyk, O., Onyshchenko, S., & Obertiur, K. (2022). Technical and operational measures to reduce greenhouse gas emissions and improve the environmental and energy efficiency of ships. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 116, 223-235. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.116.14> (Scopus Q3)

Автором запропоновано технічні та експлуатаційні заходи для зменшення викидів парникових газів від суден та встановлено взаємозв'язок між технічними рішеннями та їх впливом на екологічну безпеку суден.

9. Melnyk, O., & Onyshchenko, S. (2022). Navigational safety assessment based on Markov-model approach. *Scientific Journal of Maritime Research*, 36 (2), 328-337. <https://doi.org/10.31217/p.36.2.16> (Scopus Q2)

Автором запропоновано модель марківського процесу зміни станів навігаційної безпеки судна.

10. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Lohinov, O., Ocheretna, V., & Dovidenko, Y. (2022). Basic aspects ensuring shipping safety. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 117, 139-149. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.117.10> (**Scopus Q3**)

Автором представлено концепцію та принципи основних аспектів, які забезпечення безпеки судноплавства, та запропонувати свої підходи до їх розв'язання проблем та викликів.

11. Melnyk O., Onyshchenko S., Onishchenko O., Shumylo O., Voloshyn A., Koskina Y., & Volianska Y. (2022). Review of Ship Information Security Risks and Safety of Maritime Transportation Issues. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16, 4, 717-722. <https://doi.org/10.12716/1001.16.04.13> (**Scopus Q3**)

Автором запропоновано методи та стратегії забезпечення інформаційної безпеки судна під час морського транспортування.

12. Melnyk, O., Onyshchenko, S., & Onishchenko, O. (2023). Development measures to enhance the ecological safety of ships and reduce operational pollution to the environment. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 118, 195-206. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.13> (**Scopus Q3**)

Автором представлені заходи та ініціативи, спрямовані на забезпечення екологічної безпеки суден, запропоновано методи та технології для зменшення забруднення внаслідок операцій судна.

13. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Lohinov, O., & Ocheretna, V. (2023) Integral Approach to Vulnerability Assessment of Ship's Critical Equipment and Systems. *Transactions on Maritime Science*, 12(1). <https://doi.org/10.7225/toms.v12.n01.002> (**Scopus Q2**)

Автором запропоновано модель оцінки вразливості судна.

14. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Voloshyn, A., & Ocheretna, V. (2023). Comprehensive Study and Evaluation of Ship Energy Efficiency

and Environmental Safety Management Measures. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 665-679. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_38 (Scopus Q4)

Автором проведено комплексну оцінку заходів управління енергоефективністю та екологічною безпекою суден.

Статті у наукових фахових виданнях України:

15. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В. (2021). Сучасна методика оцінки рівня безпеки судна та шляхи його підвищення. *Розвиток транспорту*, 2(9), 37-46. <https://doi.org/10.33082/td.2021.2-9.03>

Автором запропоновано методичний підхід до оцінки рівня безпеки судна.

16. Мельник, О.М., Щербина, О.В., Корякін, К.С., Бурлаченко, Д.А. (2021). Огляд та перспективи використання сучасних систем курсовказання на морських суднах для забезпечення навігаційної безпеки. *Наукові вісті Дніпровського університету*, 21. <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21>

Автором проведено порівняльний аналіз систем курсовказання та запроваджено перспективи їх розвитку.

17. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Логінов, О.В., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О. (2021). Актуальні проблеми морської безпеки та сучасні шляхи забезпечення охорони судна. *Комунальне господарство міст*, 6(166), 204-210. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-6-166-204-210>

Автором ідентифіковано сучасні проблеми морської безпеки та запропоновано способи організації безпеки судна.

18. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Волошин, А.О., Калініченко, Є.В., Заяц С.В. (2021). Огляд основних механізмів управління енергоефективністю та контролю за викидами з морських суден. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, 197, 121–129. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.197.2021.248314>

Автором наведено основні механізми управління енергоефективністю та оцінено їх ефективність.

19. Бичковський, Ю.В., Мельник, О.М. (2022). Роль та місце людського елемента у ситуації навалу або зіткнення судна з причалом. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33(72) № 1, 270–276. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.1/41>

Автором досліджено ступінь впливу людського фактору у ситуаціях навалу або зіткнення судна з причалом та методика визначення оптимальних стратегій управління судном у екстремальних ситуаціях.

20. Мельник, О.М., Волянська, Я.Б., Калініченко, Є.В., Логінов, О.В., Корякін, К.С., Бурлаченко, Д.А., Щенявський, Г.С. (2022). Використання інформаційних технологій на водному транспорті та перспективи їх розвитку. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33(72) № 3, 99–105. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.3/16>

Автором проведено аналіз та прогнозування тенденцій вдосконалення технологічних рішень для підвищення ефективності та безпеки водного транспорту.

21. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Васалатій, Н.В., Корякін, К.С., Пуляєв, І.О., & Щенявський, Г.С. (2022). Технології інформаційної взаємодії у процесі підвищення безпеки мореплавства. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33(72), № 4, 260–265. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/39>

Автором запропонована методика та принципи інформаційного обміну.

22. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Онищенко, О.А., Логінов, О.В., Щербина, О.В. (2022). Огляд процесу модернізації та оснащення суден системами очищення баластних вод. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33 (72) № 5, 299–304. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/46>

Автором проведено аналіз останніх розробок, технологій та сучасних тенденцій у модернізації та впровадженні систем очищення баластних вод на судах.

23. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Онищенко, О.А., Щербина, О.В., Васалатій, Н.В., & Никитюк, П.В. (2022). Організація забезпечення інформаційної безпеки морського судна. *Збірник наукових праць Українського*

державного університету залізничного транспорту, 201, 69–78.
<https://doi.org/10.18664/1994-7852.201.2022.267758>

Автором запропоновано методичку організації інформаційної безпеки судна.

24. Мельник, О.М., Калініченко, Є.В., Бурлаченко, Д.А., Никитюк, П.В., & Колесник, О.В. (2023). Забезпечення безпеки судноводіння шляхом розроблення стратегій попередження зіткнення на базі «моделі відкритого моря». *Водний транспорт*, 1(37), 71-79. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.07>

Автором проведено аналіз стратегій забезпечення безпеки судноводіння та розроблено модель попередження зіткнення.

25. Мельник, О.М. (2023). Моделювання взаємозв'язку енергоефективності та безпеки судна на основі множинної лінійної регресії. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, 204, 92–101. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.204.2023.284042>

26. Мельник, О. (2023). Забезпечення безпеки морського перевезення навалочних вантажів із високою щільністю. *Розвиток транспорту*, 2(17), 143-154. <https://doi.org/10.33082/td.2023.2-17.12>

27. Мельник, О.М. (2023). Безекіпажне судноплавство як розвиток технологічних інновацій в морських перевезеннях. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 34 (73), 152-157. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/26>

28. Мельник, О.М. (2023). Сучасні шляхи забезпечення кібербезпеки морського перевезення вантажів. *Наука і техніка сьогодні*, 6 (20), 38-50. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6\(20\)-38-50](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6(20)-38-50)

29. Мельник, О.М. (2023). Strategies for the development of maritime transportation and methods for efficient operation. *Наука і техніка сьогодні*, 8 (20), 324-335. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8\(22\)-324-335](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8(22)-324-335)

30. Мельник, О.М. (2023). Дослідження впливу фактору людини на ергатичні системи управління на транспорті. *Транспортні системи та технології перевезень*, 25, 10-15. <https://doi.org/10.15802/tsst2023/284487>
31. Мельник, О.М. (2023). Аналіз впливу параметрів руху та маневрування судна на безпеку його експлуатації. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*. - 34 (73) № 3, Ч.2, 143-149. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.3.2/25>
32. Мельник, О.М. (2023). Аналіз та оцінка рівня безпеки судна на прикладі багатопарової моделі. *Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць*, 3(70), 34-46. <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2023-3-34-46>
33. Мельник, О.М. (2023). Оцінка впливу енергоефективності на безпеку експлуатації судна. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, 2 (39), 76-81. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.11>
34. Мельник, О.М. (2023). Актуальні проблеми безпеки морського транспорту. Тенденції, ризики та стратегії врегулювання. *Водний транспорт*, 1(37), 116-126. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.13>
35. Мельник, О.М. (2023). Управління подіями та інцидентами в практиці безпеко-орієнтованої експлуатації судна. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 2(85), 58-64. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.2>
36. Мельник, О.М. (2023). Аспекти забезпечення безпеко-орієнтованого функціонування морського транспорту. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 86, 44-52. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.3.6>
37. Мельник, О.М. (2023). Обґрунтування концепції безпеко-орієнтованої роботи морських суден при перевезеннях вантажів. *Транспортні системи та технології перевезень*, 26, 68-75. <https://doi.org/10.15802/tsst2023/293356>

38. Мельник, О.М. (2023). Основні концепції безпечної обробки та транспортування палубних вантажів. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 34 (73) № 6, 271-257. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.6/37>

Наукові праці які засвідчують апробацію матеріалів та додатково відображають наукові результати дисертації:

39. Melnyk, O., Volianska, Ya., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Kononova, O., & Vasalatii, N. (2022). Development of Computer-based Remote Technologies and Course Control Systems for Autonomous Surface Ships. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 22 (09), 183-188. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.27> (**Web of Science**)

Автором запропоновано метод дистанційного керування судном та стабілізації курсу з використанням комп'ютерних технологій.

40. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Shcherbina, O., & Vasalatii, N. (2023). Simulation-Based Method for Predicting Changes in the Ship's Seaworthy Condition Under Impact of Various Factors. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 653-664. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_37 (**Scopus Q4**)

Автором розроблено імітаційний метод, що дозволяє прогнозувати зміни у морехідному стані судна при впливі різноманітних факторів.

41. Melnyk, O., Bychkovsky, Y., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., & Volianska, Y. (2023). Development the Method of Shipboard Operations Risk Assessment Quality Evaluation Based on Experts Review. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 695-710. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_40 (**Scopus Q4**)

Автором розроблено метод оцінювання якості оцінки ризиків судових операцій на основі експертного огляду.

42. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Voloshyn, A., Kalinichenko, Y., Rossomakha, O., Naleva, G., Rossomakha, O. (2022). Autonomous

Ships Concept and Mathematical Models Application in their Steering Process Control. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16 (3), 553-559. <https://doi.org/10.12716/1001.16.03.18> (**Scopus Q3**)

Автором розроблено концепцію застосування математичних моделей у процесі керування рухом безекіпажних суден.

43. Onyshchenko, S., Shibaev, O., Melnyk, O. (2021). Assessment of Potential Negative Impact of the System of Factors on the Ship's Operational Condition During Transportation of Oversized and Heavy Cargoes, *Transactions on Maritime Science*, 10 (1). <https://doi.org/10.7225/toms.v10.n01.009> (**Scopus Q2**)

Автором запропоновано метод оцінки потенційно негативного впливу системи факторів на експлуатаційний стан судна.

44. Onyshchenko, S., Melnyk, O. (2021). Probabilistic Assessment Method of Hydrometeorological Conditions and their Impact on the Efficiency of Ship Operation. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 14 (6), 132 - 136. <https://doi.org/10.25103/jestr.146.15> (**Scopus Q3**)

Автором представлено і обґрунтовано ймовірнісний метод оцінки гідрометеорологічних умов та їх впливу на ефективність операцій суден.

45. Onyshchenko, S., Melnyk, O. (2022). Efficiency of Ship Operation in Transportation of Oversized and Heavy Cargo by Optimizing the Speed Mode Considering the Impact of Weather Conditions. *Transport and Telecommunication Journal*, 23 (1), 73-80. <https://doi.org/10.2478/ttj-2022-0007> (**Scopus Q3**)

Автором проведено аналіз ефективності операцій суден при транспортуванні вантажів та запропоновано метод оптимізації швидкісного режиму з урахуванням впливу погодних умов.

46. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Golikov, V., Sapiha, V., Shcherbina, O., Andrievska, V. (2022). Study of Environmental Efficiency of Ship Operation in Terms of Freight Transportation Effectiveness Provision. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16 (4), 723-722. <http://doi.org/10.12716/1001.16.04.14> (**Scopus Q3**)

Автором представлено метод оцінки ефективності операцій суден з урахуванням екологічних аспектів.

47. Melnyk O., Onishchenko O., Onyshchenko S., Shumylo O., Volyansky S., Bondar A., Cheredarchuk N. (2023). Application of Fuzzy Controllers in Automatic Ship Motion Control Systems. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13 (4), 3958-3968. <http://doi.org/10.11591/ijece.v13i4.pp3948-3957> (Scopus Q2)

Автором проведено аналіз можливостей та переваг застосування нечіткої логіки для оптимізації систем автоматичного керування курсом суден.

48. Onishchenko, O., Bukaros, A., Melnyk, O., Yarovenko, V., Voloshyn, A., Lohinov, O. (2023). Ship Refrigeration System Operating Cycle Efficiency Assessment and Identification of Ways to Reduce Energy Consumption of Maritime Transport. *Studies in Systems Decision and Control*, 481, 641-652. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_36 (Scopus Q4)

Автором запропоновано оцінку ефективності роботи холодильної системи судна та ідентифікацію способів зменшення енергоспоживання на морському транспорті.

49. Melnyk, O., Sagaydak, O., Shumylo, O., Lohinov, O. (2023). Modern Aspects of Ship Ballast Water Management and Measures to Enhance the Ecological Safety of Shipping. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 681-694. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_39 (Scopus Q4)

Автором проведено аналіз сучасних аспектів управління баластними водами на суднах та розроблено заходи, спрямовані на зменшення впливу баластних вод на морське довкілля.

50. Melnyk, O., & Onyshchenko S. (2022). Ensuring Safety of Navigation in the Aspect of Reducing Environmental Impact. *Lecture Notes in Network and Systems* 463, 1–9. https://doi.org/10.1007/978-3-031-03877-8_9 (Scopus Q4)

Автором проведено аналіз зв'язків між безпекою процесу навігації та заходами, спрямованими на зменшення екологічного впливу суден на навколишнє середовище.

51. Мельник, О.М. Бичковський, Ю.В. (2021). Врахування фактору стресу у системі забезпечення безпеки мореплавства. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 32(71) № 4, 260-264. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.4/39>

Автором проведено аналіз та вплив психологічного аспекту управління безпекою на морі та запропоновано заходи для підвищення рівня безпеки в умовах стресових ситуацій.

52. Мельник, О.М. (2023). Автоматизація процесів судноводіння, її роль у забезпеченні безпеки та підвищенні ефективності морських перевезень. *Наука і техніка сьогодні*, 5(19), 8-18. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-5\(19\)-8-18](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-5(19)-8-18).

53. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Волошин, А.О., Васалатій, Н.В., Логінов, О.В., Корякін К.С. (2022). Розвиток дистанційних технологій керування судном як фактор забезпечення безпеки судноплавства *Розвиток транспорту*, 3 (14), 179- 191. <https://doi.org/10.33082/td.2022.3-14.13>.

Автором запропоновано підходи та стратегії для підвищення ефективності морських перевезень.

54. Melnyk, O., Shcherbina, O., Mykhailova, I., Obnyavko, T., & Korobko, T. (2023). Focused research on technological innovations in shipping industry: review and prospects. *Transport Development*, (1(16), 164-174. <https://doi.org/10.33082/td.2023.1-16.13>

Автором проведено систематичний огляд та окреслено перспективні напрями в технологічних інновацій у галузі морського транспорту.

55. Мельник, О.М., Корякін, К.С. (2021). Сучасні шляхи підвищення стандартів точності та надійності супутникових навігаційних систем. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 32(71) № 6, 225-230. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/36>

Автором надано тенденції у вдосконаленні супутникових навігаційних систем, спрямованих на поліпшення точності та надійності курсовказання.

56. Мельник, О.М., Корякін, К.С., & Логінов, О.В. (2022). Супутникові компаси у системі забезпечення безпеки навігації суден. *Розвиток транспорту*, 1(12), 54–63. <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.05>

Автором виконано аналіз характеристик супутникових компасів та їхню ефективність у порівнянні з іншими методами орієнтування.

57. Мельник, О.М., Котенко, О.В., Корбан, В.Х., Васильченко, О.Є., Чеча, О.П. (2023). Організація і управління боротьбою з пожежами на морських суднах. *Наука і техніка сьогодні*, №4 (18), 309-320. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-4\(18\)-309-320](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-4(18)-309-320)

Автором проаналізовано методи організації протипожежних заходів на суднах і удосконалено сучасні підходи до боротьби з пожежами.

58. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Парменова, Д.Г. (2023). Методика організації самооцінки ефективності системи управління безпекою судноплавної компанії. *Водний транспорт*, 1(37), 154-160. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.17>

Автором розроблено методику організації самооцінки ефективності системи управління безпекою судноплавної компанії.

59. Melnyk, O., Okulov, V., Pulyayev, I., & Koryakin, K. (2021). Crew change problems under global pandemic conditions of COVID-19. *The scientific heritage*, 61(1), 54–57. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-61-1-54-57>

Автором досліджено проблематику зміни екіпажів суден під час глобальної пандемії та проаналізовано вплив карантинних обмежень на безпеку експлуатації суден.

60. Мельник, О.М., Корякін, К.С., Саф'ян, О.С., Заяц, С.В., & Щенявський, Г.С. (2021). Актуальні питання кібербезпеки морських портів. *Modern scientific researches*, 18(1), 81-87. <https://doi.org/10.30889/2523-4692.2021-18-01-019>

Автором розглянуто актуальні аспекти кібербезпеки морських портів, надано огляд сучасних досліджень у цій галузі.

61. Melnyk, O., Onishchenko, O., Vasalatii, N., Varlan, T. (2022) Introduction of modern marine technologies in ship navigation process. *International scientific journal Grail of Science*, 18-19, 181-185. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.26.08.2022.33>

Автором розроблено алгоритм впровадження сучасних морських технологій у процес навігації суден.

62. Мельник, О. М., Волошин, А. О., Пуляев, І. О., Бурлаченко, Д. А., & Щенявський, Г. С. (2022). Огляд міжнародної практики забезпечення кібербезпеки в морській галузі. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*, (10). <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-10>

Автором досліджено методи та підходи, які використовуються в системі кіберзахисту судна, представлено аналіз існуючих технологій та практик.

63. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Васалатій, Н.В., Никитюк, П.В., Корякін, К.С., Варлан, Т.Є. (2022). Розвиток цифрових морських інформаційних систем для забезпечення безпеки мореплавства. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 22(1), 135–140. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-22-01-022>

Автором проведено аналіз інноваційних технологій та тенденцій в галузі, розглянуто можливості вдосконалення існуючих систем.

64. Melnyk, O., Bychkovsky, Yu., Shumylo, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Voloshyn, A., Cheredarchuk, N. (2022). Study of the risk assessment quality dependence on the ships accidents analysis. *Scientific Bulletin of Naval Academy*, XXV, 136-146. <https://doi.org/10.21279/1454-864X-22-I1-015>

Автором запропоновано метод оцінювання якості оцінки ризиків на базі аналізу аварійності суден.

65. Мельник, О., Волошин, А., Бичковський, Ю., & Щенявський, Г. (2022). Судно в процесі експлуатації як елемент ергатичної транспортної системи. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, 119–121. <https://doi.org/10.36074/logos-12.08.2022.35>

Автором досліджено принципи та роль взаємодії судна у функціонуванні ергатичної транспортної системи.

66. Melnyk, O., Volianska, Ya., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Bondar, A., Golovan, A., Cheredarchuk, N., Honcharuk, I., Obnyavko, T. (2023). Marine incidents management and information exchange technologies in the process of safe ship operation. *International journal of computer science and network security*, 23 (01), 64-70. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2023.23.1.9>

Автором розроблено алгоритми управління морськими інцидентами та обміну інформацією в процесі безпечної експлуатації суден.

67. Мельник, О., Корякін, К., Пастернак, О., Чеча, О., Никитюк, П. (2023). Огляд нормативного регулювання кібербезпеки у морській галузі. *Collection of scientific papers «SCIENTIA»*, 167-171. <https://doi.org/10.36074/scientia-24.02.2023>

Автором проведено аналіз аспектів регулювання та окреслено ключові вимоги та стандарти забезпечення безпеки інформаційного простору в галузі.

68. Мельник, О. М., Бурлаченко, Д. А., Пастернак, О. Я., Чеча, О. П., Никитюк, П. В. (2023). Особливості складання вантажного плану судна та розміщення вантажів на борту. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*, 3. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-3-8618>

Автором запропоновано методику планування та координацію ключових етапів оптимального розподілу вантажів для забезпечення ефективності та безпеки морських перевезень.

69. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Корякін, К.С. (2020). Ступень морехідності судна. «Наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку», матеріали міжнародної науково-практичної конференції, тези доповідей, 31-34.

Автором розглянуто та систематизовано аспекти, пов'язані із ступенем морехідності судна.

70. Мельник, О.М., Пастернак, О.Я., Чеча, О.П. (2021). Визначення параметрів морських суден для ефективного прогнозування руху. "Інноваційні технології в сучасному інженерному просторі", матеріали міжнародної науково-

практичної конференції, тези доповідей, 47-49. <https://doi.org/10.36074/20-03-01-047>

Автором запропоновано методичку визначення параметрів для прогнозування руху суден.

71. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В. (2021). Дослідження ролі і значення лідерства в забезпеченні безпеки мореплавства. "Innovative science, education, production and transport '2021», 29-30 липня, міжнародний науковий симпозіум, тези доповідей.

Автором визначено роль та значення лідерства у забезпеченні цілісності та ефективності морських операцій.

72. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В., Волошин, А.О. (2021). Analysis of the stress components and its impact on seafarers. «Наука - основа розвитку сучасного світу», міжнародна інтернет-конференція, м. Запоріжжя, 30 липня 2021 р., збірник наукових матеріалів, 5-8.

Автором проведено аналіз факторів стресу та їх наслідки для морських працівників.

73. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В. (2021). Stress factors' impact on navigational safety. «Прогресивні технології засобів транспорту», перша міжнародна науково-технічна конференція, м. Миргород, 23-24 вересня 2021 р., збірник матеріалів конференції, 43-44.

Автором представлено аналіз впливу факторів стресу людини на навігаційну безпеку судна.

74. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Волошин, А.О., Корякін, К.С., Бурлаченко, Д.А. (2021). Аналіз показників аварійності світового флоту та шляхи їх зниження. У Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень: матеріали II міжнародної наукової конференції, м. Одеса, 10 вересня 2021 р., 115-117. <https://doi.org/10.36074/mcnd-10.09.2021>

Автором досліджено показники аварійності світового флоту та запропоновано шляхи їх зниження.

75. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Волошин, А.О., Кауров, М.Ю. (2021). Аналіз основних інструментів управління енергоефективністю судна. The process and dynamics of the scientific path: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the II International Scientific and Theoretical Conference (September 17, 2021. Athens), 1, 105-107. <https://doi.org/10.36074/scientia-17.09.2021>

Автором представлено аналіз ефективності основних інструментів управління енергоефективністю судна.

76. Мельник, О.М., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В., Щенявський, Г.С. (2021). Заходи щодо зниження ризиків проникнення на судно під час перебування в порту. Наукові тренди постіндустріального суспільства, матеріали II Міжнар. наук. конф., м. Запоріжжя, 3 грудня, 2021 р. (Т.2), 103-105.

Автором розроблено заходи щодо зниження ризиків проникнення на судно під час перебування в порту.

77. Мельник, О.М., Корякін, К.С., Окулов, В. І., Пуляєв, І.О., Щенявський, Г.С. (2021). Морський тероризм як загроза судноплавству. Морська безпека Балто-Чорноморського регіону: виклики та загрози, матеріали міжнародної наукової конференції, 1, 259-261.

Автором досліджено причини виникнення та представлено методика протидії морському тероризму.

78. Мельник, О.М. (2021). Сучасні технічні системи забезпечення безпеки морських портів. Морська безпека Балто-Чорноморського регіону: виклики та загрози: матеріали міжнар. наук. конф., м.Одеса, 23 грудня, 2021 р. (Т.1) С.400-402.

79. Мельник, О.М., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В. (2021). Забезпечення контролю безпеки судна. Trends in the development of science and practice. Abstracts of XV International Scientific and Practical Conference, 391-392.

Автором проведено аналіз проблеми, систематизацію існуючих та розробку нових заходів забезпечення контролю безпеки судна.

80. Мельник, О.М., Бурлаченко, Д.А., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В. (2021). Інноваційні підходи до забезпечення безпеки морського перевезення генеральних вантажів. Теорія і практика сучасної науки та освіти, матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, (м. Львів, 30-31 грудня 2021 р.) 4, 55-57.

Автором проведено аналіз проблем безпеки морського перевезення генеральних вантажів, систематизовано інноваційні підходи та розроблено заходи для забезпечення безпеки.

81. Мельник, О.М., Корякін, К.С., Окулов В.І., Бурлаченко, Д.А., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В. (2021). Мінімізація ризиків відмови або порушення працездатності судна за критерієм безпеки. Зимові наукові читання - 2021: матеріали LXXVII Міжнародної інтернет-конференції, (м. Чернівці, 30 грудня 2021 р.) 120-123.

Автором проведено комплексний аналіз можливих ризиків відмови або порушення працездатності судна та визначено критерії безпеки для мінімізації ризиків.

82. Melnyk, O., Onyshchenko, S. (2022). Ship Cybersecurity Assurance Measures. In: Innovations Technologies in Science and Practice. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference, (Haifa, Israel) 489-452.

Автором запропоновано заходи забезпечення кібербезпеки суден.

83. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Щенявський, Г.С (2022). Підвищення ефективності заходів спрямованих на охорону і безпеку морських суден. Здобутки та досягнення прикладних та фундаментальних наук XXI століття, матеріали III Міжнародної наукової конференції, (м. Черкаси, 29 липня, 2022 р.) 167-169.

Автором запропоновано перелік заходів, спрямованих на підвищення ефективності охорони та безпеки морських суден.

84. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Корякін, К.С., Щенявський, Г.С. (2022). Проблеми забруднення атмосферного повітря морським транспортом. The current state of development of world science: characteristics and features,

collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, (August 5, 2022. Lisbon) 89-91.
<https://doi.org/10.36074/scientia-05.08.2022>

Автором систематизовано характеристики та особливості проблем екології морського транспорту та запропоновано шляхи їх вирішення.

85. Бичковський, Ю.В., Мельник, О.М., Чередарчук, Н.І., Ломановський, В.В. (2022). Впровадження вимог щодо управління безпекою на суднах. Formation of innovative potential of world science: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, (Tel Aviv, August 19, 2022) 141-143.
<https://doi.org/10.36074/scientia-19.08.2022>

Автором запропоновано формування та впровадження вимог, які покликані підвищити рівень безпеки на морських суднах.

86. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В., Ломановський, В.В. (2022). Якість виконання оцінки ризику на суднах щодо аналізу аварійності суден з 2012 року по 2022 рік. «Modern innovations and promising ways of development of culture and science», proceedings of the XXXI International Scientific and Practical Conference (August 09 – 12, 2022, Boston, USA) 121-127.
<https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.31>

Автором виявлено фактори впливу на якість оцінки ризику, а також запропонувати способи покращення цього процесу.

87. Melnyk, O., Onishchenko, O., Vasalatii, N., Varlan, T. (2022). Introduction of modern marine technologies in ship navigation process. An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinary, proceedings of the IV Correspondence International Scientific and Practical Conference (August, 26, 2022). <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.26.08.2022>

Автором виконано аналіз сучасних технологій, що використовуються у навігації, оцінку їхнього впливу на безпеку та ефективність судноплавства.

88. Мельник, О., Пастернак, О., Чеча, О., Никитюк, П., Варлан, Т. (2023). Інформаційна безпека судна та її надійність. Sectoral research XXI: characteristics

and features, V International Multidisciplinary Scientific and Theoretical Conference (February 3, Chicago, USA) 133-135. <https://doi.org/10.36074/scientia-03.02.2023>

Автором проаналізовано методи та заходи забезпечення інформаційної безпеки на судах, вивчення проблем та викликів, пов'язаних із забезпеченням надійності судноплавства.

89. Мельник О., Пастернак О., Чеча О., Никитюк П., Варлан Т. (2023). Проблеми забруднення навколишнього середовища та шляхи їх вирішення. Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень, матеріали IV міжнародної спеціалізованої наукової конференції, (10 лютого 2023 р., Житомир) 149-150. <https://doi.org/10.36074/mcnd-10.02.2023>

Автором розроблено низку пропозицій щодо зменшення негативного впливу від експлуатації суден.

90. Мельник, О., Корякін, К., Пастернак, О., Чеча, О., Никитюк, П. (2023). Огляд нормативного регулювання кібербезпеки у морській галузі. Modernization of today's science: experience and trends, proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, (February 24, 2023. Singapore) 167-171. <https://doi.org/10.36074/scientia-24.02.2023>

Автором проведено огляд нормативного регулювання кібербезпеки в морській галузі та надано пропозиції щодо вдосконалення цих нормативів.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	33
ВСТУП.....	34
РОЗДІЛ 1. ПРАКТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМ БЕЗПЕКИ В СУЧАСНОМУ СУДНОПЛАВСТВІ.....	43
1.1.Сутність та походження основних проблем та потенційних загроз безпеці сучасного судноплавства.....	43
1.2.Багатоаспектність безпеки судна та його роботи в системі морських перевезень.....	65
1.3.Огляд літератури та обґрунтування теми дослідження.....	92
1.4.Висновки до першого розділу.....	101
РОЗДІЛ 2. КОНЦЕПЦІЯ БЕЗПЕКО-ОРІЄНТОВАНОЇ РОБОТИ МОРСЬКИХ СУДЕН ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ВАНТАЖІВ.....	103
2.1.Сутність концепції безпеко-орієнтованої роботи морських суден.....	103
2.2.Концептуальна модель зміни стану безпеки в процесі роботи судна.....	132
2.3.Структура і динаміка безпеки роботи судна.....	146
2.4.Система заходів та засобів забезпечення безпеки роботи суден в системі морських перевезень.....	161
2.5.Висновки до другого розділу.....	171
РОЗДІЛ 3. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА КРИТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ СУДЕН.....	174
3.1.Основні ризики технічної безпеки та принципи її забезпечення під час роботи суден	174
3.2.Модель інтегрованого управління кібербезпекою судна	188
3.3.Комплексний підхід до оцінки вразливості судового критичного обладнання і систем	200
3.4.Висновки до третього розділу.....	213

РОЗДІЛ 4. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ПРОЦЕСІ РОБОТИ СУДЕН.....	216
4.1.Обґрунтування заходів щодо підвищення екологічної безпеки та зменшення забруднення навколишнього середовища при роботі судна в системі морських перевезень	216
4.2.Розробка технічних заходів зі скорочення викидів парникових газів в процесі роботи суден	228
4.3.Дослідження заходів покращення екологічних та енергетичних характеристик суден	232
4.4.Модернізація та оснащення суден системами очищення баластних вод,...	244
4.5.Забезпечення екологічної безпеки судна при виконанні вантажних перевезень	254
4.6.Висновки до четвертого розділу.....	266
РОЗДІЛ 5. МЕТОДИ ОЦІНКИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ СУДНА В ПРОЦЕСІ ВИКОНАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	268
5.1.Основні причини навігаційних ризиків та аварій в процесі роботи суден..	268
5.2.Метод інтегрування навігаційних приладів на базі навігаційного комплексу.....	275
5.3.Метод оцінки навігаційної безпеки судна в процесі виконання рейсу на основі марківського процесу.....	283
5.4.Розрахунок оцінки навігаційної безпеки.....	288
5.5.Метод визначення ймовірності людської помилки та зменшення впливу на навігаційну безпеку судна.....	292
5.6.Оцінка ймовірності зіткнення суден для обґрунтування ефективності методів за засобів її зменшення.....	299
5.7.Оцінка ризику, способи та алгоритми уникнення зіткнення суден.....	306
5.8.Метод визначення маневру розходження судна зміною курсу або швидкості для запобігання зіткненню.....	316
5.9.Висновки до п'ятого розділу.....	326

РОЗДІЛ 6. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РОБОТИ СУДЕН В СИСТЕМІ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	329
6.1.Основні концепції безпечної обробки та транспортування палубних вантажів	329
6.2.Оцінка впливу сил та факторів, що діють на палубні вантажі під час їх транспортування морем	340
6.3.Забезпечення безпеки морського перевезення навалочних вантажів із високою щільністю	352
6.4.Вплив фактору людини на ергатичні системи управління на морському транспорті.....	366
6.5.Висновки до шостого розділу	378
ВИСНОВКИ.....	380
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	385
ДОДАТКИ.....	427
Додаток А. Список публікацій здобувача за темою дисертації	427
Додаток Б. Акти впровадження результатів дисертаційного дослідження.....	446

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

IMO – Міжнародна морська організація;

SOLAS – Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі;

MARPOL – Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден;

МІПЗЗС – Міжнародні правила запобігання зіткненню суден;

SECA - Спеціальні райони контролю за викидами сірки з суден;

STWC - Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року;

ILO - Міжнародна організація праці;

ISM Code – Міжнародний Кодекс з управління безпекою (МКУБ);

IMSBC Code - Міжнародний кодекс з безпечного перевезення навалочних вантажів.

ВСТУП

Міжнародна торгівля продовжує розвиватися, і морські перевезення залишаються основним способом доставки вантажів між країнами. Однак зі зростанням обсягів транспортування природним чином зростає і потенційний ризик виникнення аварійних ситуацій. Непередбачувані події, які сприяють цьому, можуть мати серйозні наслідки, включно із загрозою людським життям, пошкодженням або загибеллю суден, забрудненням довкілля та економічними збитками. Таким чином, відбувається зміна парадигми морського судноплавства і роботи морських суден, зокрема. Якщо раніше безпеку в судноплавстві сприймали як систему рекомендацій, що ініціюються на міжнародному рівні, то сьогодні безпека стає домінуючою умовою для роботи суден. Отже ефективність і безпека сприймаються як дві невід'ємних та взаємопов'язаних компонента в системі морських перевезень, але ж безпека набуває найвищого пріоритету. Такі зміни потребують розвитку відповідної теоретичної бази, як основи для розробки відповідних методів для забезпечення безпеки роботи морських суден та впровадження їх у практичну діяльність.

Проблемам безпеки приділяється значна увага у сучасних дослідженнях, багато видатних вчених таких як Бейкер Д., Батлер А., Формел К., Ньюман Т., Вельгош М., Вэйнтриг А., Хезерингтон А., Флін Р., Буркиу З., Фахрі А., Аббасі А., Стираліс П., Луїсіс К., Вентікос Н., зробили внесок у визначення шляхів розв'язання актуальних проблем у сфері безпеки морського транспорту та розробки методів, спрямованих на забезпечення ефективної та безпечної експлуатації суден. Такі науковці, як Лапкін О.І., Воевудський Є.Н., Союзов Панарін П.Я., Онищенко С.П., Шибасєв О.Г., Кириллова О.В., Коскіна Ю.О., зробили значний внесок у розвиток теоретичної бази транспортних систем, дослідження їх різноманітних аспектів та проблем, а також у розроблення стратегій, методів і моделей оптимізації та підвищення ефективності функціонування транспортних процесів. Вчені, такі як Бугайко Д.О., Фулконіс Ф., Ліссілор Л., Юріаш Ж., Турпін, Е., Маківен В., внесли невід'ємний та визначальний вклад у теорію безпеки експлуатації суден, окреслюючи актуальні

напрямки для подальших досліджень та розробок, спрямованих на забезпечення комплексної безпеки та ефективності роботи суден в системі морських перевезень.

Останніми роками міжнародне співтовариство дедалі більше звертає увагу на проблеми довкілля та екологічну безпеку, оскільки судна можуть становити значну загрозу для морської екосистеми, особливо в разі аварійного розливу нафти або інших небезпечних речовин. У зв'язку з цим забезпечення безпеки роботи суден також прямо охоплює і захист довкілля, зумовлюючи необхідність у розробленні та застосуванні нових підходів і технологій, спрямованих на зниження негативного впливу від суден на навколишнє середовище. Крім того, сучасний рівень розвитку морських перевезень характеризується постійним зростанням обсягів вантажоперевезень і кількості суден, що невід'ємно призводить до збільшення потенційного ризику виникнення аварійних ситуацій. Це складне наукове протиріччя полягає в двох аспектах, що взаємодіють і вимагають комплексного підходу для їх ефективного вирішення:

1. *Протиріччя між традиційними та інноваційними підходами до забезпечення безпеки судноплавства.* Існуючі підходи, моделі та методи забезпечення безпеки роботи суден дедалі є неефективними або недостатньо пристосованими до сучасних умов та викликів, що виникають на морському транспорті створюючи протиріччя у порівнянні та взаємодії між старими та новими підходами.

2. *Протиріччя між потребами у забезпеченні безпеки та підвищенні ефективності роботи суден.* Сучасні методи та моделі забезпечення комплексної безпеки роботи суден вимагають введення додаткових обмежень або процедур, які впливають на ефективність морських перевезень. Таким чином, існує протиріччя між потребами безпеки, яка є основою для запобігання аваріям та збереження життя людей і довкілля, та потребами ефективності, яка визначається необхідністю забезпечення безперервної, екологічної та економічно вигідної діяльності судноплавства.

Розв'язання цих наукових протирічч полягає в розробленні та імплементації методів ефективної інтеграції сучасних технологій у систему організації та

управління морськими перевезеннями. Тим не менш, слід зазначити, що існуючі розробки, як правило, стосуються виключно експлуатації обладнання та суднових систем та спрямовані на забезпечення технічної безпеки суден. Рух суден з вантажем та виконання цілого ряду операцій пов'язаних з перевезенням є об'єктом вивчення на іншому рівні. Цей процес включає в себе множини дій, пов'язаних як з вантажем, так і врахування впливу інших учасників транспортного процесу. Тому забезпечення безпеки роботи суден в системі морських перевезень передбачає розгляд відповідної системи компонент та факторів впливу, розробку методів та заходів організаційно-технічної та управлінської спрямованості, які спрямовані на оцінку безпеки, її забезпечення та підвищення. Таким чином, виникає проблема формування методології та відповідних методів забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден, яка потребує вирішення для усунення наукових протиріч між існуючими вимогами сучасного судноплавства та морських перевезень з одного боку, та відсутністю відповідної теоретичної бази з іншого. Це обґрунтовує актуальність даного дослідження.

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

Дослідження орієнтоване на впровадження та реалізацію державної політики України, зокрема Національної транспортної стратегії до 2030 року та Морської доктрини до 2035 року. Робота відповідає визначеним напрямкам наукових досліджень, враховуючи "Тематику наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок МОН України" згідно з відповідним наказом № 109 від 03.02.2022 р., та спрямовано на вдосконалення транспортної та морської стратегій країни, враховуючи сучасні наукові та технічні аспекти.

Матеріали дисертаційної роботи використані у рамках виконання наукових досліджень, що проводилися в Одеському національному морському університеті за темами "Комплексне забезпечення безпеки експлуатації морських транспортних суден" (державний реєстраційний номер 0123U100791), де здобувач є науковим керівником. Науково-дослідні роботи, де здобувач є відповідальним виконавцем "Інформаційні системи управління та підтримки прийняття рішень щодо розвитку інфраструктури морських перевезень в умовах

воєнного стану" (державний реєстраційний номер 0124U001164). "Актуальні проблеми управління системними властивостями морських транспортних засобів в різних умовах експлуатації", (державний реєстраційний номер 0122U200859) та "Експлуатація торговельного та пасажирського флоту і технологія морських перевезень", (державний реєстраційний номер 0121U111853), де здобувач є виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є забезпечення безпеки роботи морських суден на базі концепції, методів, моделей та засобів, що формують нову методологію безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень.

Для досягнення мети в дисертаційній роботі поставлено та вирішено наступні проблемні науково-технічні завдання:

- аналіз сучасних теорій, методів та заходів забезпечення безпеки з встановленням їх відповідності глобальним трендам у судноплаванні та виявленням ключових проблем, актуальних, але невирішених питань;
- формування концепції безпеко-орієнтованої роботи суден та формалізація оцінки безпеки на базі ланцюга причинно-наслідкових зв'язків у системі безпеки роботи суден;
- розробка моделі динаміки безпеки роботи суден для двох рівнів - для рівня стратегічних дій судноплавної компанії, пов'язаних з безпекою, та для рівня рейсу в рамках виконання конкретного перевезення;
- формування системи заходів та засобів забезпечення безпеки роботи морських суден як протидія можливим ризикам порушення безпеки;
- розробка методів оцінки технічної безпеки судна для моніторингу безпеки функціонування критичного обладнання судових систем;
- розробка методів обґрунтування і принципів впровадження комплексних заходів для зменшення екологічних ризиків та підвищення екологічної безпеки роботи суден;
- побудова концептуальної моделі та методів оцінки забезпечення навігаційної безпеки судна в процесі виконання перевезень;
- розробка моделей і методів забезпечення технологічної безпеки роботи

суден в процесі транспортування вантажів.

Об'єктом дослідження є процеси безпеко-орієнтованої роботи суден у системі морських перевезень.

Предметом дослідження є теорія, методи та засоби управління безпекою роботи суден в системі морських перевезень.

Методи дослідження. При дослідженні використано загальнотеоретичні методи та прийоми абстрагування, аналізу і синтезу, індукції та дедукції, порівняння та формалізації, методи та положення теорії ймовірності, математичне моделювання, теорія випадкових процесів, теорія марківських процесів. Експериментальні розрахунки проведено з використанням MS Excel, висновки та теоретичні результати були зіставлені, що вказує на достовірність результатів, отриманих за допомогою розроблених математичних моделей та аналітичних виразів.

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційного дослідження. Наукова новизна полягає у розробці нової методології, концепцій, методів і моделей забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден системі морських перевезень.

Вперше:

- розроблено концепцію безпеко-орієнтованої роботи суден, яка передбачає інтегральний розгляд об'єктів безпеки, систему факторів впливу, сукупність методів та засобів забезпечення безпеки у відповідності до декомпозиції безпеки за видами (компонентами), що враховує специфіку операцій виробничого процесу роботи судна та відповідає новій парадигмі безпеки у судноплаванні, а саме, переходу від максимізації ефективності при дотриманні вимог до безпеки, до проактивних дій, спрямованих на інтегроване оцінювання та забезпечення безпеки роботи суден при виконанні сукупності операцій в рамках виробничого процесу;

- розроблено метод оцінки безпеки роботи судна на базі ланцюга причинно-наслідкових зв'язків у відповідній системі, яка передбачає поетапну оцінку ймовірності безпеки роботи суден з урахуванням факторів впливу, їх вагомості та розподілу, операцій за етапами виробничого процесу та їх вагомості

для кожного виду (компоненти) безпеки роботи судна, що надає можливість оцінювати безпеку роботи судна протягом рейсу з урахуванням специфіки операцій та прогнозуванням умов їх виконання;

- розроблено модель динаміки безпеки роботи судна на базі інтегрального розгляду марківських процесів зміни компонент безпеки судна, де результатом є визначення ймовірності станів безпеки роботи судна протягом рейсу, що надає можливість формування комплексу відповідних протидій прогнозованим ситуаціям порушення безпеки;

- розроблено метод оцінки безпеки судна на базі ланцюгу ймовірнісних оцінок, який дозволяє системно охопити об'єкти та наслідки порушення кібербезпеки судна, створюючи методологічну та методичну основу для комплексної оцінки технічної безпеки судна та визначення методів забезпечення кібербезпеки критичного обладнання судових систем;

- розроблено модель зміни навігаційних станів судна на базі марківського процесу, яка враховує складові навігаційного комплексу та динаміку їх станів, що є інструментом для аналізу та прогнозування станів навігаційної безпеки судна протягом рейсу;

- розроблено метод визначення оптимального маневру розходження шляхом зміни курсу та швидкості судна з врахуванням межі неприпустимих значень курсів і швидкостей, що надають можливість приймати рішення про оперативне визначення маневру розходження з метою мінімізації ризику зіткнення в умовах обмеженого простору;

Удосконалено та набуло подальшого розвитку:

- динамічна модель безпеки судна, яка дозволяє системно визначати та аналізувати рівень безпеки з врахуванням сукупності факторів впливу в структурі безпеки судна, що змінюється відповідно до контексту та подій, що сприймається як значний крок у напрямку адаптивності систем безпеки суден до змінних умов експлуатації;

- систему заходів та засобів забезпечення комплексної безпеки роботи суден як протидія можливим ризикам порушення безпеки, яка включає в себе технічні, операційні та організаційні аспекти та відповідні множини заходів та

засобів, які були охарактеризовані з урахуванням практичного використання, а також відповідного нормативного підґрунтя;

- метод інформаційного обміну в режимі судно-берег, з врахуванням кіберзагроз та ключових аспектів технічної та інформаційної безпеки суден для забезпечення безпеки та ефективності операцій, враховуючи ступінь вразливості систем судна під час обміну інформацією та захист від кібератак, який на відміну від існуючих методів відрізняється вдосконаленою системою захисту та ефективністю операцій;

- концептуальна модель узагальнення організаційних та технічних заходів запобігання експлуатаційному забрудненню навколишнього середовища на основі робочого циклу судна для визначення та імплементації необхідних заходів для мінімізації негативного впливу на довкілля;

- метод комплексного аналізу впливу людського фактору на ергатичні системи управління на транспорті та оцінку різних аспектів цього взаємозв'язку для поліпшення процесів взаємодії між фактором людини і ергатичними системами управління на транспорті;

- модель розрахунків зміни індексу енергоефективності конструкції судна в порівнянні з базовим значенням для різних сценаріїв що дозволяє здійснювати потенційну можливість оптимізації енергоефективності конкретного судна в залежності від умов та вимог та варіативності енергоефективності суден в різних сценаріях експлуатації;

- концептуальну модель процесу завантаження палубного вантажу, яка ґрунтується на узагальненні практичного досвіду та враховує масо-геометричні параметри вантажів та техніко-технологічні аспекти, що надає безпечне та ефективне поетапне планування та організацію вантажних операцій;

- модель зсуву вантажу та алгоритм забезпечення безпеки морського перевезення вантажів із високою щільністю, які базуються на принципах гідродинаміки та механіки матеріалів, що дозволяє визначити параметри безпеки та умови перевезення навалочних вантажів в під час морського переходу судна.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблені в дисертаційній роботі теоретичні основи, методи і моделі, що формують нову

методологію безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень, довели свою ефективність на практиці. Результати досліджень впроваджені у діяльність казенного підприємства "Морська пошуково-рятувальна служба", ТОВ "Чорноморський рибний порт", товариства "Lema Cargo Service" (Україна), компанії Shanghai Fuhai Shipping Service (КНР), компанії Tianjin Haida Shipping Construction (КНР), компанії Tianjin Wanlihe Shipping Service (КНР) та інших компаній (додаток Б). Також результати досліджень були впроваджені у навчальний процес Одеського національного морського університету. Запропоновані в дисертаційній роботі концепції, методи і моделі послужили основою для створення програмного забезпечення для системи підтримки прийняття рішень щодо вибору маневру розходження з судном-ціллю шляхом зміни курсу або швидкості.

Отримані в ході дослідження результати важливі для розвитку теорії транспортних процесів і систем, зокрема, в контексті організації і управління безпекою експлуатації суден. Дані висновки розширюють та уточнюють теоретичні аспекти, пов'язані із підвищенням безпеки транспортних операцій на морському та внутрішньому водному транспорті. Тема дослідження адекватно відображає пріоритетні наукові напрями, визначені як ключові фундаментальні дослідження у галузях розвитку технічних наук, математичного моделювання та системного аналізу, інтелектуальних та інформаційних технологій, системи підтримки прийняття рішень, а також екологічних та енергоефективних технологій на транспорті. Висновки, представлені у роботі, віддзеркалюють суть теми дослідження та становлять науковий фундамент для подальшого розвитку аспектів безпеки на морському транспорті.

Особистий внесок здобувача. Наукові результати, висновки та положення, які представлені для захисту, розроблені автором самостійно. У спільних публікаціях автор має внесок, що відзначається новизною результатів дослідження. Особистий внесок здобувача підтверджується науковими публікаціями, де представлені розроблені підходи, методи та моделі забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень. Наукові праці у співавторстві з позначенням особистого внеску здобувача

окремо визначені в переліку публікацій за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на 52 міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, симпозіумах, семінарах та круглих столах.

Публікації результатів дослідження. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 90 друкованих праць, з них 2 монографії, 36 статей у фахових та закордонних рецензованих виданнях, з яких 14 входять до наукометричних баз даних SCOPUS та Web of Science (усі в періодичних виданнях), зокрема 5 публікацій за темою дисертації у виданнях, віднесених до другого квартиля (Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank, 52 тези доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях та наукових праць, з яких 11 опубліковано у виданнях які входять до наукометричних баз даних SCOPUS та Web of Science (статей в журналах та збірниках конференцій), що також додатково відображають наукові результати дисертації.

Обсяг і структура дисертації. Робота складається зі вступу, шістьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації складає 452 сторінки, обсяг основного матеріалу – 340 сторінок. Матеріал дисертації містить 125 рисунків та 28 таблиць. Загальний список використаних джерел складає 378 найменувань. Додатки подано на 25 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ПРАКТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМ БЕЗПЕКИ В СУЧАСНОМУ СУДНОПЛАВСТВІ

1.1. Сутність та походження основних проблем та потенційних загроз безпеці сучасного судноплавства

Протягом останніх десятиліть проблема забезпечення безпеки на морі стала критичною як для судновласників так і екіпажів морських суден, оскільки загрози та виклики неперервно зростають. Дана тема зберігає свою актуальність від епохи вітрильного флоту до сьогодні адже участь наукової спільноти у дослідженні цих питань розширює теоретичний базис, а досвід моряків – сприяє розробленню та вдосконаленню стратегій та комплексу заходів, які забезпечують безпеку суден та їх екіпажів. Систематичний розвиток теоретичної бази та підвищення стандартів у сфері безпеки на морі забезпечує стале зростання рівня надійності та безпеки морських перевезень.

Принаймні 23 млн тонн вантажів і 55 тис. пасажирів щодня переміщуються водним транспортом, тому концепція морської безпеки стосується не тільки безпеки життя на морі, суден і вантажів, але й запобіганню морським аваріям і забрудненню. Поступове збільшення частки морського та річкового транспорту в міжнародному вантажо- і пасажирообігу призводить до необхідності підвищення вимог до безпеки та охорони на морі, сприяючи вдосконаленню стандартів і підкреслюючи важливість постійного розвитку відповідної теоретичної бази [1].

Таким чином, безпека транспортування вантажів морем є головним пріоритетом і особливо важливим аспектом у сфері сучасного торговельного судноплавства.

Проблема безпеки судноплавства складається з двох взаємозалежних аспектів. Першим є аварійні ситуації (аварії), що виникають під впливом різних факторів усереднені судна або внаслідок його роботи. Ці ситуації

можуть виникнути через навігаційні помилки, несприятливі погодні умови, технічні проблеми, такі як відмова обладнання або людські помилки. Наприклад, недостатній досвід капітана, несправність обладнання або непередбачувані зміни в погодних умовах можуть призвести до аварійного сценарію адже такі ситуації можуть мати серйозні наслідки як для судна, так і для його екіпажу. Вони можуть включати зіткнення, пожежі, затоплення чи інші критичні наслідки, що ставлять під загрозу життя людей, вантаж та майно на борту. Детальний аналіз цих аварійних ситуацій дозволяє виявити чинники, які спричиняють їх виникненню та розробляти стратегії для їх попередження у майбутньому.

Другий аспект стосується загроз, пов'язаних із зовнішніми факторами, без прямого впливу з боку судна, які можуть вплинути на його безпеку. Сюди входять питання піратства, кібератак, терористичні загрози, контрабанда та інші небезпеки, які можуть виникнути поза межами нормального функціонування судна. Ці загрози можуть мати серйозні наслідки, як для безпеки екіпажу, так і для самого судна. Наприклад, кібератака може призвести до втрати контролю над системами судна, що безпосередньо загрожує безпеці його експлуатації. У випадку піратства, судно може бути захоплене, що також, може викликати небезпеку для життя та здоров'я членів екіпажу, судна та вантажу.

Важливо враховувати, що ці аспекти, як перший так і другий можуть взаємодіяти з аварійними ситуаціями на борту судна, тобто впливати один на одного [2, 3].

Наприклад, кібератака може призвести до виникнення аварійної ситуації, або до ще більших ризиків та складнощів у системі забезпечення безпеки судна що є важливою складовою до розробки комплексного підходу, рис.1.1.

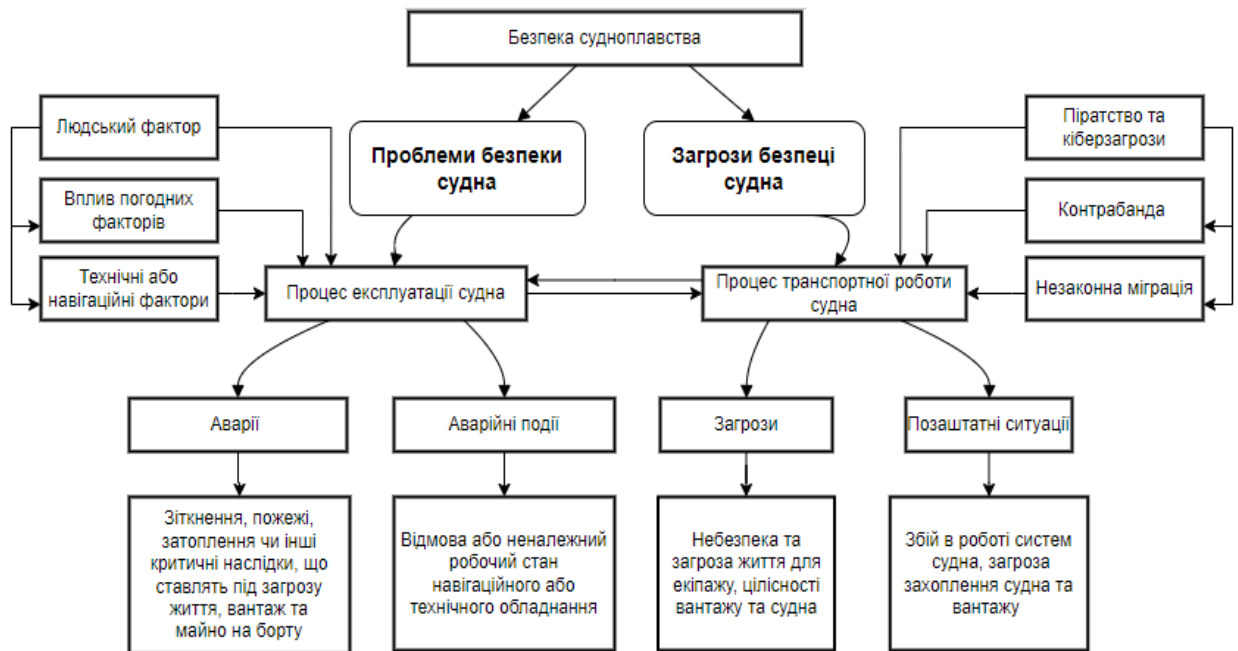


Рисунок 1.1 - Взаємозв'язок проблем та загроз безпеці судноплавства

Зазначені аспекти свідчать про важливість розгляду безпеки судноплавства в комплексі, враховуючи як внутрішні, так і зовнішні фактори. Взаємодія між проблемами та загрозами безпеки судна підкреслює необхідність вдосконалення підходів та стратегій забезпечення безпеки морських перевезень з метою забезпечення надійного та ефективного рівню безпеки в сучасних умовах функціонування морського транспорту.

Таким чином, під "проблемами" безпеки судна будемо розуміти аварійні ситуації та події, що виникають під впливом різноманітних чинників та можуть призвести до небезпеки для судна та його екіпажу (рис. 1.1).

Під "загрозами" розуміються потенційні небезпечні сценарії, такі як піратство, кібератаки та інші події, що можуть призвести до порушення загального рівня безпеки судна. Ці загрози можуть діяти окремо або взаємодіяти з аварійними ситуаціями та збільшувати загрози та створювати складнощі в процесі забезпечення безпеки. Такий взаємозв'язок визначає значущі виклики для безпеки, оскільки він вимагає не лише врахування можливих аварійних ситуацій, але й адаптації до загроз, що виникають внаслідок злочинних дій.

Таблиця 1.1 - Систематизація та визначення поняття

Тип	Опис	Категорії
Аварійна подія	Несподівана подія, яка може призвести до негативних наслідків, травм, шкоди майну або навколишньому середовищу.	Навігаційні, технічні, екологічні, технологічні.
Аварійна ситуація	Ситуація яка характеризується поєднанням умов і обставин, що створюють загрозу виникнення аварій та інших надзвичайних ситуацій на борту які можуть призвести до вибуху, пожежі, отруєння, загибелі або травми (захворювання) людей, збитків або шкоди.	Нормальні (штатні) ситуації; режимні відхилення від штатних ситуацій; проектні, позапроектні аварійні ситуації; гіпотетичні аварійні ситуації.
Аварія	Пошкодження або вихід з ладу обладнання, приладів, устаткування порушення цілісності корпусу, втрата або зіпсування вантажу чи конструктивних елементів корпусу суден, яке призводить до порушення нормального функціонування судна.	Пожежа, вибух, підтоплення, зіткнення, втрата вантажу тощо.

Отже, проблеми безпеки можуть виникати під впливом як традиційних для соціотехнічних систем причин, які пов'язані з технічними аспектами, погодними умовами та людським фактором, так і через різні загрози, пов'язані з комерційним та транспортним аспектом роботи суден, наприклад включаючи зацікавленість у вантажі з боку піратів, випадків контрабанди або незаконної міграції.

За останні століття проектувальники і суднобудівники досягли величезного прогресу, адже судна зростали в розмірах, швидкості та тоннажі, що створює нові виклики для безпеки. Відповідно, це спонукало приділяти увагу питанням навігаційного характеру, тобто морехідності, характеристикам керованості та впливу людського фактору. Адже ускладнення судових систем, інтенсифікація робочих навантажень та ізоляція екіпажів роблять людський фактор одним з ключових елементів, що впливають на аварійність флоту. Помилки на сучасних суднах можуть мати набагато серйозніші наслідки, а рятувальні операції та реагування на екологічні катастрофи стають набагато складнішими.

Технологічний прогрес у вдосконаленні конструкції суден і технологіях перевезення вантажів, посилення правил управління ризиками та впровадження більш надійних систем і процедур управління безпекою на суднах є ключовими факторами довгострокового покращення безпеки судноплавства, що в свою чергу, позитивно впливає на економіку, екологію та безпеку людей. Оскільки судноплавна галузь займається задіяна у близько 90% світової торгівлі, безпека транспортних суден має вирішальне значення [4, 5].

Як приклад, під час пандемії 2019 року загальна кількість зареєстрованих втрат суден, що перевищують 100 брт, впала до 41, що є найнижчим показником у цьому столітті та скорочення майже на 70% за останні десять років. Вже в 2021 році було зафіксовано 2637 випадків загибелі людей на морі, що на 166 випадків менше, ніж у 2019 році. Порівняно з 2019 роком, після шестирічного періоду, відносно стабільної кількості подій (у середньому 2665 подій в період з 2014 по 2019 рік) у 2020 році спостерігається виняткове зменшення на 200 випадків загибелі людей на морі та інцидентів в порівнянні з 2019 роком. При збільшенні на 90 кількості жертв в період з 2020 по 2021 рр. кількість жертв та інцидентів у 2021 році все ще було нижче середнього показника до початку пандемії. Загальна кількість морських пригод та інцидентів, зареєстрованих в період з 2014 по 2021 рік, становила 21173 випадків (рис.1.2).



Рисунок 1.2 -Кількість людських жертв внаслідок морських аварій 2014-2021 рр.

У 2021 році кількість суден, які брали участь в аваріях та інцидентах на морі, збільшилася порівняно з 2020 роком і зменшилася порівняно з 2019 роком для всіх типів суден, за винятком риболовецьких. Для риболовецьких суден з якими сталися морські аварії та інциденти, у 2021 році кількість зменшилася порівняно з 2020 роком і збільшилася порівняно з 2019 роком [6].

Після піку у 2018 році, коли було зафіксовано 106 серйозних подій на морі, і 75 подій у 2019 році, кількість серйозних подій на морі в 2020 році становила 51. У 2021 році кількість серйозних морських подій склала 52 випадки, що підтверджує тенденцію до зменшення (рис. 1.3).

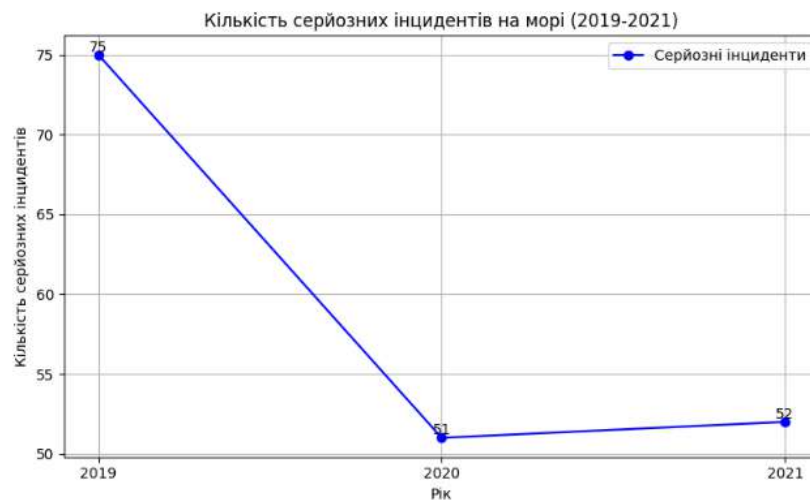


Рисунок 1.3 - Кількість серйозних інцидентів на морі впродовж 2019-2021 рр.

Тільки в 2018 році кількість втрат суден скоротилася майже на чверть порівняно з попереднім роком до 53, хоча дані про втрати суден за 2019-2020 роки не збільшилися і становили 48 і 49 відповідно. Повідомляється, що погані погодні умови були основною причиною кожного п'ятого епізоду. Щодо збитків у 2019 році, то є значні покращення порівняно з поточним десятиліттям і в середньому становить 95 випадків – зменшення більш ніж на 50% [6, 7].

За даними [8] за одне десятиліття між 1994 і 2004 роками в результаті аварій у світовому флоті загинуло 6693 людини і було втрачено 2225 середніх і великих судна. За 10 років з 2009 по 2019 рік флот втратив через випадкові

причини тільки 48 суден балкерів дедвейтом понад 10 тис. тонн, загинули 188 моряків. Найпоширенішими причинами втрат суден, 19 із 48, були посадки на мілину. У дев'яти випадках судна балкери були втрачені через розлив вантажу, а 101 моряк загинув.

Співвідношення причин морських аварій у світовому флоті в цілому можна відмітити наступні: небезпечний крен, погодні явища, пошкодження, посадки, технічні причини, руйнування, протікання корпусу, пожежі, вибухи, перекидання, зіткнення, аварії на судах та інші, рис.1.4.

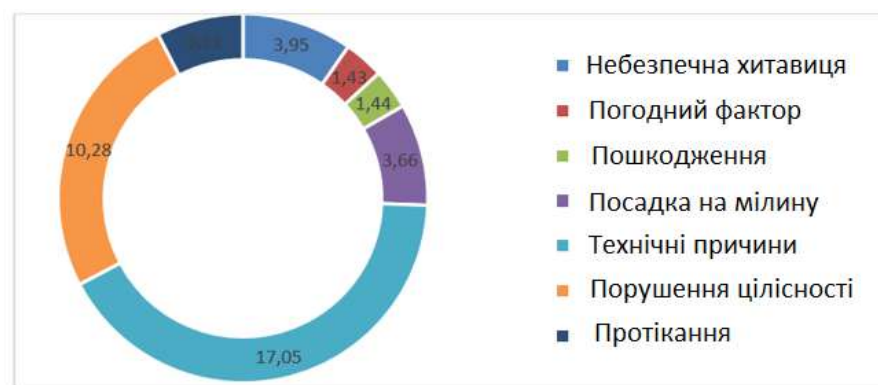


Рисунок 1.4 - Співвідношення причин морських аварій у світовому судноплаванні (UNCTAD)

На рис. 1.4 показана діаграма у відсотках від загальної кількості аварій. Основну частку аварій, як правило, становлять пошкодження корпусу судна та руйнування його конструктивної цілісності. Наступною за часткою аварій є відмови та несправності суднових технічних засобів і механізмів. Далі в порядку зниження: посадка на мілину, втрата остійності, порушення водонепроникності, пожежі, вибухи та інше [9].

Основний внесок в кількість аварій вносять порушення процедур технічної експлуатації судна та його обладнання та помилки в процесі керування судном у контексті порушення МПЗЗС-72 (Міжнародні правила запобігання зіткненню суден). Невелика кількість аварій, пов'язаних з втратою остійності суден. В основному нещасні випадки, що не пов'язані з людським фактором, склали 28%, інші 72% спричинені порушенням правил експлуатації

та помилками з боку екіпажів суден. Таким чином близько 72-80% аварій викликані людським фактором, що до речі має тенденцію у всьому світі, не тільки в судноплавстві [10].

У 2021 році сталася низка подій, пов'язаних із деякими проблемами безпеки. Так 14 суден було втрачено, 650 суден отримали пошкодження, 219 суден було визнано непридатними до плавання, 759 суден потребували допомоги з берега, 369 суден потребували буксирування, а 21 судно було взагалі покинуто. Загалом, це свідчить про деяке зменшення негативних наслідків порівнянні з попередніми роками та про збільшення підтримки для суден які потерпають у морські аварії та інциденти. Крім того, було проведено 340 пошуково-рятувальних операцій, що також свідчить про важливу роль рятувальних служб у забезпеченні безпеки на морі.

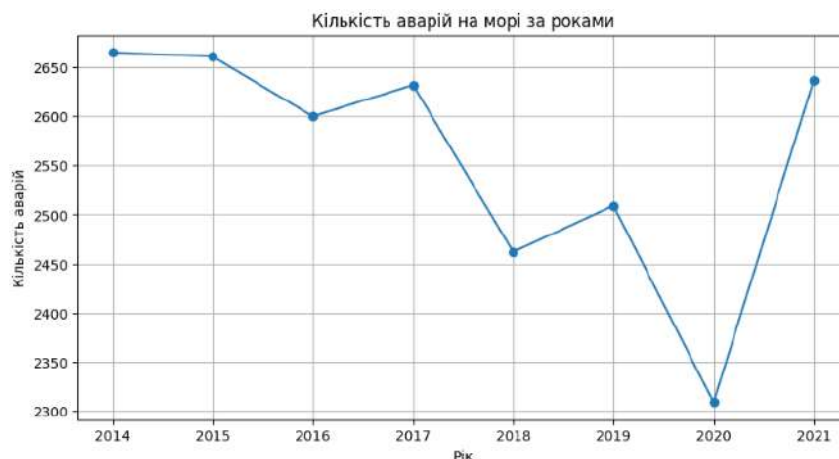


Рисунок 1.5 – Кількість аварій за роками

Згідно з [12], за останні роки в 2019 році було зареєстровано 3174 морські аварії та інциденти, 23073 морські аварії та інциденти, що сталися з 2011 по 2018 роки, загальна кількість залучених суден становила 25614. Переважно потрапляли у морських аварії та інциденти вантажні судна (43,8%), за ними йшли пасажирські судна (23,7%), (рис.1.6).

З 2018 року та наступні роки кількість суден, які потрапляли в морську аварію або інцидент, стабілізувалася або дещо зменшилася для всіх розглянутих суден, за винятком інших типів суден. Кількість інших суден зросла майже на 63,7% порівняно з 2017 роком [12].

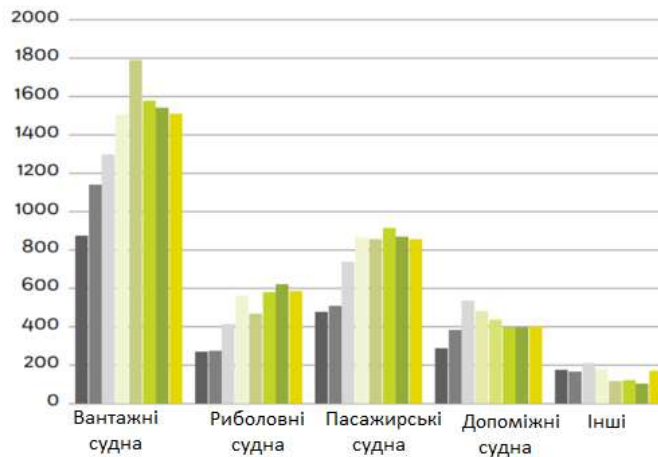


Рисунок 1.6 - Кількість суден за типами, які зазнали аварій

Водночас деякі джерела свідчать про стійку тенденцію до зростання кількості аварій, внаслідок людських помилок. Особливо серед яких перше місце серед усіх видів аварій займають зіткнення суден (20,5%). Як було зазначено людський фактор є основною причиною аварій. Дослідження показали, що 75% нещасних випадків на морі викликані людськими помилками, незалежно від причини аварії. Лише близько 10% аварій є результатом форс-мажорних обставин, близько 15% — результатом технічних несправностей суден і несподіваного виходу з ладу суднового обладнання. Найчастіше аварії відбуваються з навігаційних причин, таких як посадка на міліну та зіткнення. Є підстави вважати, що ця тенденція збережеться і найближчим часом. При цьому показники для надзвичайних ситуацій з технічних причин зараз знижені, а для пожеж і вибухів – практично стабільні. Протоколи розслідування аварії свідчать, що робота штурманського складу на судах була організована неправильно. Причинами зіткнення суден відбувалась через відсутність належної морської практики, недостатньої професійної підготовки екіпажів суден, помилкових дій служб управління рухом, низької якості технічного обслуговування та ремонту суден. Як висновок причини зростання кількості аварій криються в економічних, технічних, інформаційних аспектах, а також у людському факторі [13-16], (рис.1.7.).

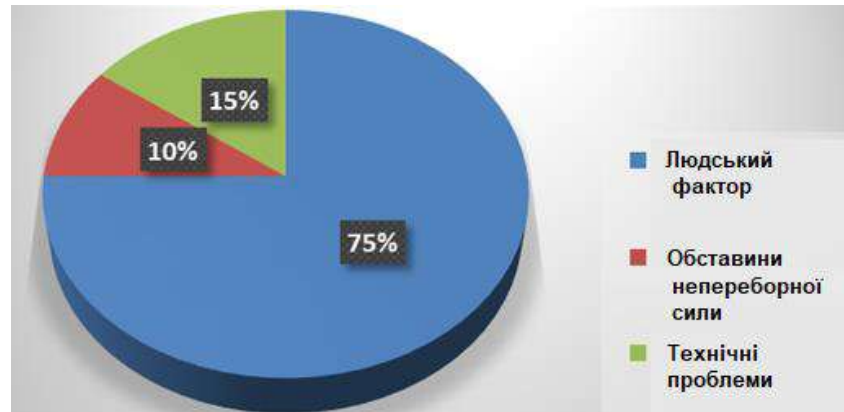


Рисунок 1.7 - Основні причини впливу на аварійність світового флоту

Міжнародна морська організація (ІМО) регулює та координує діяльність з безпеки на морі та оцінює за допомогою показників аварійності. Результати світової статистики аварій суден щорічно публікуються різними компетентними органами ІМО, а також морськими агентствами та страховими компаніями. Види морських аварій складають загальну картину аварій на морському транспорті. Статистичні дані розподіляються за такими принципами:

- за характером місця їх виникнення;
- за етапами рейсу;
- за причиною виникнення.

Так, найбільш часті серйозні морські події відбуваються в портових водах під час заходу та виходу суден і складають близько 60%, у порівнянні з суднами, що знаходяться у відкритому морі, близько 20%, і в прибережних водах близько 10%, рис. 1.8 [17].

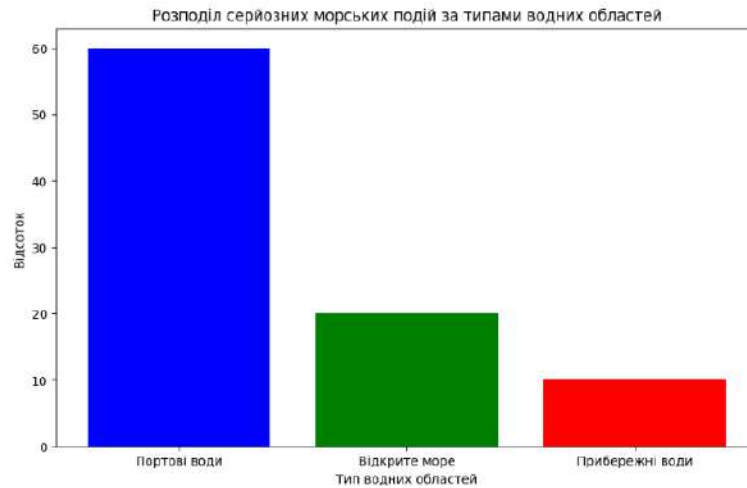


Рисунок 1.8 - Розподіл типу морських аварій за типом водних областей

Аналіз аварійності світового флоту вказує на важливі проблеми та тенденції, пов'язані з безпекою морського транспорту. Дослідження показують, що аварійність є серйозним викликом для галузі та має потенціал призвести до втрат життів, забруднення довкілля та фінансових втрат.

Аналізуючи кількість втрат суден відповідно до їх типів, вочевидь, що певні категорії суден мають вищу вразливість порівняно з іншими, що може вказувати на потребу у розробленні заходів і стратегій покращення їхньої безпеки, рис. 1.9.

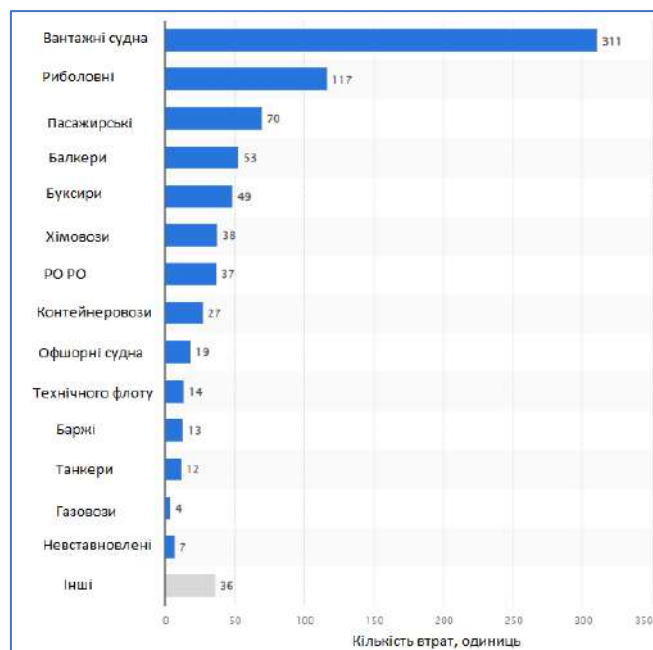


Рисунок 1.9 - Кількість втрачених суден у світі в період з 2013 по 2022 рік, за типами суден [18]

Графік на рис. 1.9, демонструє розподіл втрачених суден у період з 2013 по 2022 роки, поділяючи їх на дві категорії: вантажні судна та інші типи суден. Загалом, з 807 втрачених суден протягом цього періоду, приблизно 311 були вантажними суднами, тоді як решта 496 відносяться до різних інших категорій. У 2022 році найнебезпечнішими регіонами були води вздовж узбережжя Південно-Східної Азії та Середземне море, де спостерігалось найбільша кількість втрачених суден, рис. 1.10.

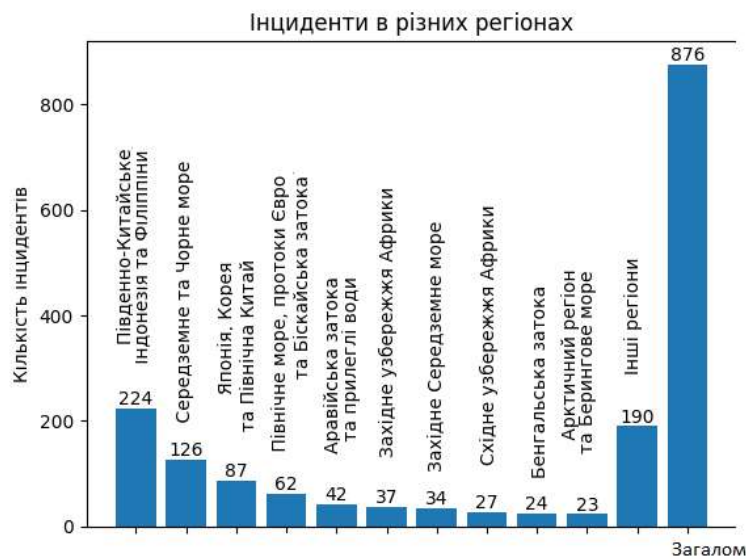


Рисунок 1.10 - Кількість суден і інцидентів у різних регіонах світу впродовж 2013-2022 рр. [18]

Преставлені дані щодо кількості суден та кількості інцидентів надають візуальне уявлення про розподіл інцидентів в різних частинах світу. За допомогою цього графіка можна зробити спостереження, що порівняна кількість суден і кількість інцидентів в різних регіонах свідчить про те, що певний регіон маючи високу кількість інцидентів відносно кількості суден, вказує на проблеми з безпекою в цьому конкретному регіоні або географічні області з підвищеним ризиком для безпеки мореплавства, де необхідне вжиття спеціальних заходів щодо підвищення безпеки та запобігання інцидентам [19].

Даний аналіз дозволяє візуально зрозуміти співвідношення між кількістю суден і кількістю інцидентів у різних регіонах, що допомагає у визначенні пріоритетних напрямків та дій для покращення безпеки на морі.

Серед основних причин, які спричинили втрату суден у період між 2013 та 2022 роками:

- Погодні умови. Сильні вітри, шторми, урагани та інші небезпечні погодні умови (можуть спричинити пошкодження корпусу, втрата остійності, або затоплення).
- Людські помилки. Некоректний процес ухвалення рішень та управління курсом і швидкістю судна під час руху, недостатня підготовка екіпажу, невиконання безпекових процедур або порушення правил безпеки.
- Технічні несправності. Несправності у системах керування судном, проблеми з технічними системами та комплексами, машинним устаткуванням, розлив палива або інші технічні проблеми.
- Проблеми з управління безпекою на борту. Недостатність або неправильне функціонування систем управління безпекою та нагляду, неефективність регуляторних органів або недотримання міжнародних норм і стандартів.
- Атаки піратів, включаючи кібератаки та кіберзагрози. Загрози піратства можуть приймати різні форми, включаючи фізичні напади та кіберзагрози. Фізичні атаки можуть призвести до втрат вантажу та загрозити безпеці екіпажу. Кіберзагрози включають хакерські атаки на комп'ютерні системи судна або порту (втрата важливої інформації та вплив на роботу систем судна).
- Збройні конфлікти можуть серйозно погіршити безпеку судна. У зоні конфлікту, судна можуть опинитись під обстрілом або стати об'єктом воєнних дій (фізичні пошкодження судна, загрозу для екіпажу та втрату вантажу). Також, у разі збройного конфлікту, можуть бути введені обмеження на рух суден, що може вплинути на їх маршрути та графіки.
- Небезпеки довкілля. Забруднення морського середовища, таке як вилив нафти чи викид небезпечних речовин (пошкодження систем забортної води, пошкодження механізмів, насосів, фільтрів, розширювальних і сточних цистерн). Крім того зіткнення з кригами або отримання пошкоджень від

льодових мас, підводні скелі, коралові рифи або інші підводні перешкоди можуть стати причиною зіткнень та пошкоджень корпусу судна, що також веде до його втрати. Причини можуть виникати окремо або поєднуватися, що створює ризик втрати суден та призводить до серйозних наслідків для безпеки мореплавання.

Як було зазначено раніше, серед найчастіших причин виникнення серйозних морських інцидентів, причини організаційного характеру, які в основному зумовлені порушенням стилю колективного управління та невідповідністю екіпажу судна і 37% таких інцидентів трапляються саме в акваторії портів. Технічні причини інцидентів складають 80% випадків і є результатом пошкодження судна, двигуна або гвинтового комплексу, що призводить до затоплення судна в більш ніж 70% ситуацій. Пожежі та вибухи також складають значну частину, в більшості випадків вони відбуваються внаслідок маневрування суден в акваторії портових вод або в зонах інтенсивного руху суден де існує висока ймовірність зіткнення [20].

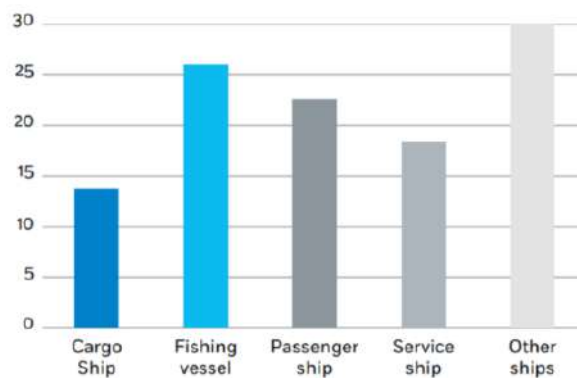


Рисунок 1.11 - Середній вік суден за типом, залучених до морських інцидентів (Safety4sea)

Загальна статистика аварій суден свідчить про динаміку щорічного зростання, тому на основі наведених даних можна зробити кілька висновків щодо пошуку можливих шляхів забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень.

По-перше, важливо відзначити позитивну тенденцію у зменшенні кількості аварій та інцидентів на морі в 2022 році порівняно з попередніми

роками. Це свідчить про ефективність вжитих заходів щодо підвищення безпеки судноплавства з боку міжнародних інституцій.

Друга важлива обставина у спостереженні полягає у збільшенні кількості рятувальних операцій. Це свідчить про підвищену готовність та ефективність системи рятування в разі аварій. Варто відзначити, що різні типи суден можуть мати свої власні особливості та ризики, що впливають на їх безпеку та варто їх враховувати, наприклад, риболовні судна.

Важливим аспектом є також вплив пандемії COVID-19 на морські перевезення, який призвів до зменшення активності суден та загального обсягу перевезень, що сприяло значному зменшенню аварійності та інцидентів на морі.

Загалом, незважаючи на позитивні тенденції, за необхідне є розроблення та впровадження засобів та методів забезпечення комплексної безпеки судна в системі морських перевезень. Рекомендується розглядати специфічні ризики для кожного типу судна та вдосконалювати алгоритми пошуку та рятування.

З метою визначення кола сучасних загроз судноплавству та повного розуміння їх походження, необхідно врахувати історичний фактор на шляху вирішення проблем морської безпеки. Примітно, що загибель "Титаніка" в 1912 році, змусило найбільш впливоих судовласників того часу, під тиском громадськості, провести переговори та прийняти першу, але не остаточну версію міжнародної Конвенції SOLAS, яка вже була схвалена через два роки після катастрофи, який забрав життя понад 1500 пасажирів і членів екіпажу. Згодом текст конвенції послідовно переглядався і доповнювався відповідно до того, як інші судна тонули з різних причин та різною кількістю жертв [21, 22].

Зокрема, перші кроки були спрямовані на встановлення єдиних стандартів безпеки для торговельних суден і регулювання загальної кількості рятувальних шлюпок на борту, а також інше аварійне обладнання, необхідне для безпеки пасажирів і екіпажу. Однак, як і будь-який нормативний документ, Конвенція зазнала тривалих періодів оновлення шляхом послідовних форм і періодичних поправок, які були адаптовані до темпів технічного прогресу та

розвитку судноплавства, як окремої галузі. На практиці процедура впровадження різних поправок відбувалася незадовільно, що призвело до усвідомлення того, що ухвалення та набуття чинності потрібних поправок протягом необхідного терміну буде неможливим. З цією метою, на засіданні 1 листопада 1974 року Міжнародна конференція з охорони життя на морі остаточно затвердила новий текст Конвенції, який у тому чи іншому вигляді дійшов до наших днів.

Подальше вдосконалення Конвенції та нові виклики міжнародній морській безпеці та охороні призвели до розробки та прийняття нового розділу XI-2 Конвенції (SOLAS-74), а разом з ним і Міжнародного кодексу охорони суден і портових засобів (Кодекс ISPS). Ці документи встановили та уніфікували мінімальні стандарти безпеки, які обов'язкові для країн-учасниць у міжнародних морських перевезеннях і перевезеннях вантажів і пасажирів. Це стало важливим кроком світової спільноти на шляху до створення глобальної системи морської безпеки. Згідно з цим кодексом, організація класифікувала основні загрози міжнародній морській безпеці наступним чином: тероризм, піратство, крадіжки вантажів і суднового майна, контрабанда наркотиків і зброї, перевезення нелегальних мігрантів, кіберзлочини (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 - Основні загрози міжнародному судноплавству

У контексті розгляду загроз основних проблем безпеки та потенційних загроз для судноплавства слід зупинитися на найбільш значущих з них, що безпосередньо впливають на міжнародну морську безпеку. На сьогодні можна з упевненістю виділити найбільш значущі:

- транснаціональна організована злочинність, включаючи незаконний обіг наркотиків та психотропних речовин, зброї та торгівля людьми;
- тероризм;
- піратство та збройний розбій на морі.

Незаконний обіг наркотиків і психотропних речовин морем становить серйозну загрозу безпеці на морі. Приблизно 70% усіх вилучених наркотиків вилучаються або вчасно, або після їх перевезення морем. У цьому відношенні морський транспорт має низку недоліків перед іншими видами транспорту, а саме: відносна легкість приховування наркотиків у упаковках і вантажних контейнерах і приміщеннях судна; значна кількість контактів членів екіпажу судна з іноземцями в портах прибуття та труднощі виявлення злочинних зв'язків між ними. На морський транспорт припадає 37,6% від загальної кількості вилучених наркотиків. Для порівняння, наземний транспорт – 25,4%, повітряний – 5,4%, пошта – 0,7% та інші способи контрабанди наркотиків – 30,9% [23].

Сьогодні проблема рабства та торгівлі людьми не є рідкісним явищем і посідає третє місце у світі після торгівлі наркотиками та незаконної торгівлі зброєю на чорному ринку. Соціально-економічна відсталість країн, що розвиваються, є небезпечним явищем як на місцевому, так і на міжнародному рівнях. Контрабанда та торгівля людьми морем збільшує кількість людей, які в'їжджають у країни нелегально; ці люди є нелегальними мігрантами та жертвами торгівлі людьми. Серед причин нелегальної міграції слід назвати збройні конфлікти, порушення прав людини, економічну депривацію, стихійні лиха, виснаження природних ресурсів [24].

Морський тероризм становить серйозну загрозу безпеці на морі, підриває загальновизнаний принцип свободи мореплавства і часто становить

загрозу миру. Як і піратство, це злочин міжнародного характеру. За своїми методами і засобами здійснення морський тероризм і піратство дуже схожі. Різниця полягає лише в цілях, які переслідують злочинці: для піратів головне – збагачення та нажива, а мета терористів – залякати владу для задоволення, як правило, політичних вимог [25, 26].

З іншої точки зору, у застосуванні до проблем морської безпеки, поняття "тероризм" в основному відноситься до насильницьких дій проти соціальних суб'єктів, пасажирів і екіпажу суден, рухомих або прибережних об'єктів,

За останні роки спостерігається тенденція до зростання масштабів терористичних акцій у різних країнах світу, зокрема через використання засобів транспорту. Особливо вразливими до таких загроз є морські порти, судна з атомними енергоустановками, а також судна, які перевозять пасажирів і небезпечні вантажі. З введенням в експлуатацію високоавтоматизованих суден, керування якими може здійснювати невеликий екіпаж із 20 осіб, виникає загроза того, що терористичні групи можуть легко захоплювати такі судна. Тому ймовірність терористичних атак у цій сфері вважається досить високою [27].

Перші згадки про акти піратства стосуються зародження торговельного судноплавства, а збройне пограбування на морі було відоме з незапам'ятних часів. Деякі джерела [28] наводять відомості, датовані VI до н. е. Також є твердження, що з відходом першого торговельного судна за ним пішов піратський корабель. Причини виникнення піратства пов'язані з тим, що в першу чергу до піратів приєднувалися бідні верстви населення. Крім того, бажання легкої наживи, змушувало все більше мореплавців ставати піратами. Підсумовуючи, піратство є однією з найдавніших загроз не лише морському судноплавству, а й політичним інтересам морських держав, що і в наші часи становить потенційну загрозу насамперед правам людей на життя, свободу та особисту безпеку.

Як відомо, пірати не є глобальною силою; їхні атаки суворо обмежені географічним місцезнаходженням а самі пірати в різних місцях, зрозуміло,

різні за характером дій. Перш за все, це Аденська затока і акваторія на сході і південному сході. Другим регіоном з високим ризиком нападів піратів є Малаккська протока. Третя гаряча точка – Гвінейська затока. Інші райони, відповідно менш напружені [29].

Піратство виникало, розвивалося та змінювалося разом із мореплаванням. Змінилася роль і ставлення до піратства. Можна стверджувати, що піратство з різною інтенсивністю існувало в усіх прибережних країнах. Піратство і понині, нікуди не зникло і існує в основному через відсутність державно-політичного устрою або низький рівень соціально-економічного розвитку деяких прибережних країн. У цьому випадку проблему піратства можна вирішити лише за активної участі різноманітних міжнародних організацій та розробки комплексу відповідних міжнародно-правових заходів.

Загрози безпеці на морі, хоча і передбачувані, проте, за визначенням, мають елемент неочікуваності. Відповідно, щоб протистояти викликам, необхідна, з одного боку, регламентація дій людей, а з іншого – творчий підхід до оцінки загроз та шляхів їх нейтралізації [30, 31].

Проте, останнім часом спростерігається зменшення кількості піратських нападів, рис.1.13.

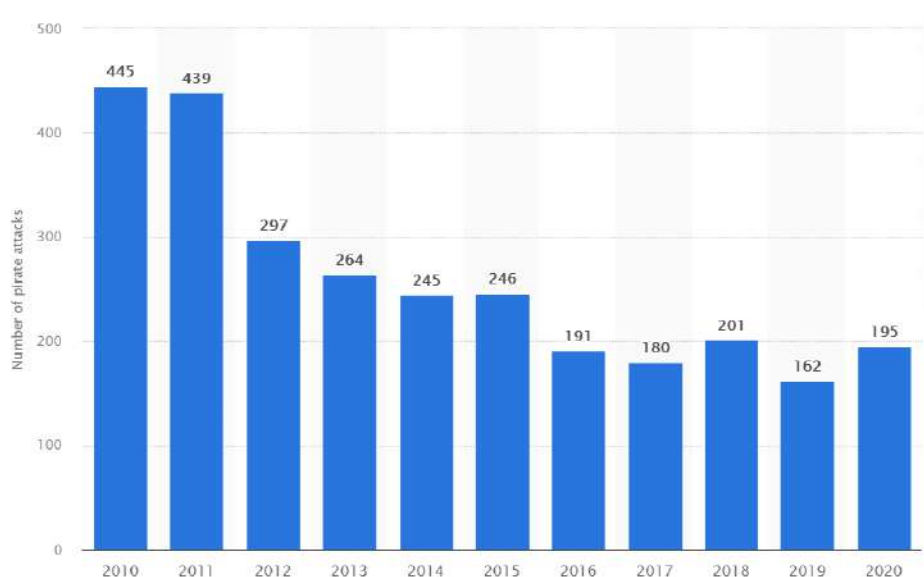


Рисунок 1.13 - Кількість піратських атак у всьому світі за період 2010-2020 рр. [18]

В цілому розгляд статистики аварій на суднах вказує на стабільний та прогресуюче збільшення кількості інцидентів щороку, тому це важливий сигнал, що вимагає уваги та негайних заходів. З цього приводу, визначення термінології та тлумачення понять мають вагому значимість для правильного оцінювання та управління безпекою морських перевезень та судноплавства взагалі. Такий понятійно-категоріальний апарат є основою для створення нормативів та стандартів у галузі морської безпеки.

Що стосується визначення поняття подія, то їх слід розуміти наступним чином: надзвичайна подія характеризується як подія, яка виникла внаслідок помилок і прорахунків у експлуатації судна і спричинила або могла спричинити загибель людей, чи спричинити шкоду здоров'ю людей, аварію чи втрату судном здатності до плавання, а також навколишнє середовище. Це означає, що надзвичайні події мають серйозні наслідки та можуть призвести до шкідливого впливу на безпеку людей, суден та навколишнього середовища.

Морська аварійна подія відрізняється від надзвичайної події місцем виникнення у встановленій акваторії, обмеженій природними, штучними або умовними межами, які забезпечують безпечне маневрування та (або) швартування суден у певному районі світового океану. Це вказує на те, що морські аварійні події відбуваються в конкретних зонах, де можуть мати серйозні наслідки для безпеки судноплавства.

З цими визначеннями можна усвідомити, що надзвичайні події та морські аварійні події є серйозними ситуаціями, які потребують уважного аналізу та прийняття заходів для запобігання їхньому виникненню у майбутньому.

Щодо класифікації аварій та інцидентів на морі, то в цьому відношенні немає єдності ні в правових актах, ні в наукових дослідженнях. Залежно від критеріїв класифікації в окремих випадках може бути проведена необхідна класифікація аварій та інцидентів. Критеріями можуть бути як ступінь небезпеки наслідків, що виникли, так і причина катастрофи. Класифікація за наслідками необхідна для визначення того, чи зобов'язана держава

розслідувати аварію (будь-яка серйозна аварія, яка призвела до повної загибелі судна або смерті людини або спричинила забруднення навколишнього середовища, повинна бути розслідувана). Класифікація за причинами може бути використана для ведення обліку нещасних випадків та інцидентів, створення статистичних звітів та виявлення проблем.

Щорічний звіт морського класифікаційного товариства RMI (Republic of the Marshall Islands) за 2022 рік про розслідування безпеки на морі демонструє стаке зменшення кількості аварій на морі, однак морські інциденти залишаються стабільними та навіть дещо зросли за останні п'ять років (рис.1.14).

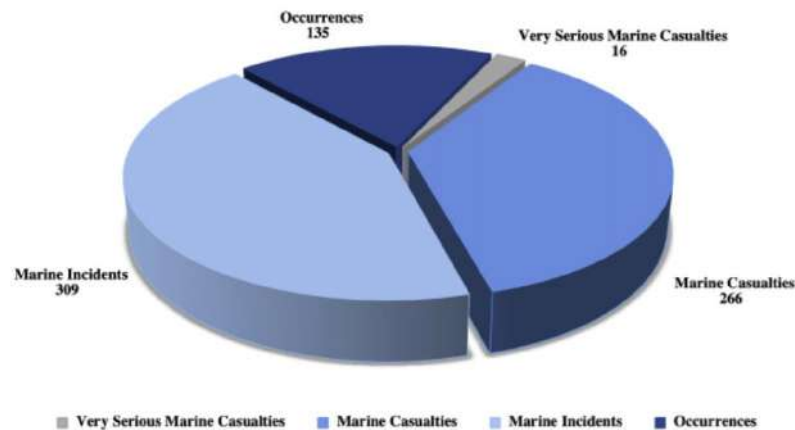


Рисунок 1.14 - Річний звіт про морські інциденти та аварії – 2022 р. (RMI)

Як було зазначено, основні загрози для безпечної експлуатації морського судна включають наступні:

- Погодні умови та природні катаклізми, такі як шторми, урагани, тайфуни, тектонічні рухи тощо, що можуть призвести до аварій та затоплення;
- Людські чинники, такі як помилки екіпажу, недостатність знань та навичок, втома та стрес, що можуть спричинити аварії та нещасні випадки на судні;
- Технічні проблеми, такі як поломки механізмів, систем забезпечення безпеки та енергопостачання, що можуть також спричинити аварії та затоплення.

Далі також важливо зауважити також, що екологічні катастрофи, такі як розлив нафтопродуктів та забруднення морського середовища, можуть мати подвійний вплив на безпеку судноплавства. З одного боку, ці катастрофи завдають шкоди екології та морському середовищу, що має серйозні екологічні наслідки. З іншого боку, наслідки екологічних катастроф, такі як нафтові плями чи забруднення, можуть створювати додаткові небезпеки для безпеки судноплавства, зокрема, ускладнювати навігацію, знижувати видимість та призводити до інших аварійних ситуацій. Ця проблема особливо актуальна в регіонах, де існує високий ризик розливу нафти або інших небезпечних речовин під час аварій суден.

Не слід виключати ризик міжнародних конфліктів та воєнних дій, що може призвести до блокування портів та перешкодити вільному руху суден. Крім того інші загрози, такі як незадовільні умови роботи екіпажу, необхідність надання невідкладної медичної допомоги, аварійний стан вантажу на борту, відсутність належного обладнання та засобів безпеки на борту, також можуть призвести до аварій та нещасних випадків на судні.

Для забезпечення безпечної експлуатації морського судна необхідно враховувати всі ці загрози та вживати належних заходів для їх запобігання або зменшення впливу. До таких заходів можуть належати правильне планування маршруту, дотримання міжнародних стандартів безпеки, регулярне технічне обслуговування та оновлення обладнання та засобів безпеки, проведення тренувань та підвищення рівня кваліфікації екіпажу, належне взаємодія з відповідними органами влади та міжнародними організаціями, а також впровадження та дотримання заходів з екологічної безпеки.

До ефективних заходів з забезпечення безпеки експлуатації морських суден можуть також належати застосування новітніх технологій, таких як автоматизація та дистанційне керування судном, використання сучасних систем спостереження та навігації, використання засобів штучного інтелекту і аналізу даних для попередження аварій та забезпечення оптимальної експлуатації судна [34].

Узагальнюючи, для забезпечення безпечної експлуатації морських суден необхідне ретельне вивчення та врахування всіх можливих загроз та вжиття належних заходів для їх запобігання. Такий підхід дозволить зменшити ризики аварій та нещасних випадків, підвищити безпеку експлуатації суден, а також забезпечити безпеку для людей, екології та майна.

Перманентне зростання торгівлі та інтенсивність міжнародного судноплавства є факторами, які впливають на збільшення аварійності світового флоту. Однак існують загрози морській безпеці, які виявляються через аналіз аварій та статистичних даних про їх причини. Недостатність традиційних методів вирішення цих проблем підкреслює актуальність розробки та впровадження ефективних методів та моделей для забезпечення безпеки морських перевезень.

1.2 Багатоаспектність безпеки судна та його роботи в системі морських перевезень

Майбутнє приносить численні виклики, але водночас відкриває безліч нових можливостей для міжнародного судноплавства. Таким є використання передових технологій, що може допомогти вирішити проблеми безпеки у сфері судноплавства та покращити операційну ефективність, а також сприяти збереженню навколишнього середовища. Поруч з цим інноваційний прогрес, особливо у сфері цифровізації флоту та нових трансформаційних технологій кіберфізичних систем, набуває великої швидкості. Проте, передбачити, які саме з цих технологій суттєво змінять сучасне судноплавство - складне завдання.

Безпека і морський транспорт тісно пов'язані, оскільки безпека є надважливим аспектом у сфері морського транспорту. Для її забезпечення застосовуються різні підходи і пропонуються різні заходи. Це охоплює розроблення й дотримання міжнародних норм і стандартів, проведення інспекцій і сертифікації суден, використання передових технологій і систем

безпеки, навчання і тренування екіпажів і берегового персоналу, а також ефективно управління кризовими ситуаціями. Все це спрямовано на досягнення основних цілей - підвищення безпеки операцій на морському транспорті.

Безпека на морському транспорті перш за все спрямована на захист життя і здоров'я людей, які перебувають на судні. Це стосується як екіпажу, пасажирів, так і інших працівників, які можуть перебувати в портах або на морських об'єктах. Крім того безпека спрямована на розроблення, вдосконалення та застосування правил і процедур, тренування та використання відповідного обладнання та інфраструктури, забезпечення безпеки суден, портів та інших морських об'єктів. Це охоплює обслуговування і контроль технічного стану суден, розробку і застосування систем безпеки, контроль доступу на судна та в порти, використання спеціального обладнання тощо.

Таким чином безпека являє собою складне явище, яке включає в себе соціальні, політичні та технічні аспекти. Вона є багатофакторною і багатовимірною концепцією, яка охоплює різні аспекти життя людей і суспільства та забезпечує захист від загроз, ризиків і потенційних небезпек, а також створює умови для благополуччя, стабільності та розвитку. Це ключове поняття вимагає комплексного підходу та взаємодії між різними галузями науки і техніки для досягнення спільної мети - захисту та забезпечення безпеки людей та їхнього оточення але для вивчення та розв'язання пов'язаних проблем існують певні труднощі. Однією з причин цієї складності є те, що безпеку неможливо безпосередньо виміряти [35-37].

На відміну від інших конкретних величин, безпека - це абстрактне поняття, яке охоплює безліч аспектів і чинників. Безпека вимагає мультидисциплінарного підходу, оскільки вона містить у собі елементи з різних галузей знання, таких як технологія, інженерія, соціологія, політика, економіка та інші. Розуміння та розв'язання проблем безпеки вимагають інтеграції цих знань і взаємодії між різними дисциплінами. Крім того, безпека

сильно залежить від контексту та умов. Різні ситуації та середовища можуть мати свої власні унікальні вимоги та фактори, які необхідно враховувати під час оцінки та розуміння безпеки. Це вимагає розроблення відповідних теоретичних і методологічних підходів, які дають змогу аналізувати й оцінювати безпеку в різних контекстах [38-40].

Таким чином, дослідження безпеки потребує системного підходу, інтеграції знань і розроблення адаптивних методологій для розуміння, оцінювання та розв'язання проблем безпеки. Деякі основні аспекти, які можуть розглядатися в процесі дослідження безпеки і з точки зору системного підходу, окреслюють декілька ключових принципів:

- Мультидисциплінарний характер безпеки, який охоплює аспекти з різних галузей, такі як інженерія, соціологія, політика, економіка тощо. Дослідження безпеки вимагає взаємодії різних дисциплін та інтеграції знань.

- Комплексність цього поняття, адже безпека охоплює безліч чинників, включно з фізичною безпекою, кібербезпекою, екологічною безпекою, соціальною безпекою та іншими. Розгляд усіх цих аспектів та їхнього взаємозв'язку потребує системного підходу.

- Недоступність для прямого вимірювання, з приводу того, що безпека є абстрактним поняттям, яке не може бути безпосередньо виміряне. Визначення рівня безпеки та його кількісна оцінка є складними завданнями, що потребують розроблення відповідних методологій.

- Контекстуальність поняття безпеки тісно пов'язане з певним контекстом і залежить від конкретних умов і ситуацій. Різні галузі промисловості та сектори економіки мають свої власні особливості та вимоги щодо безпеки (рис.1.15).

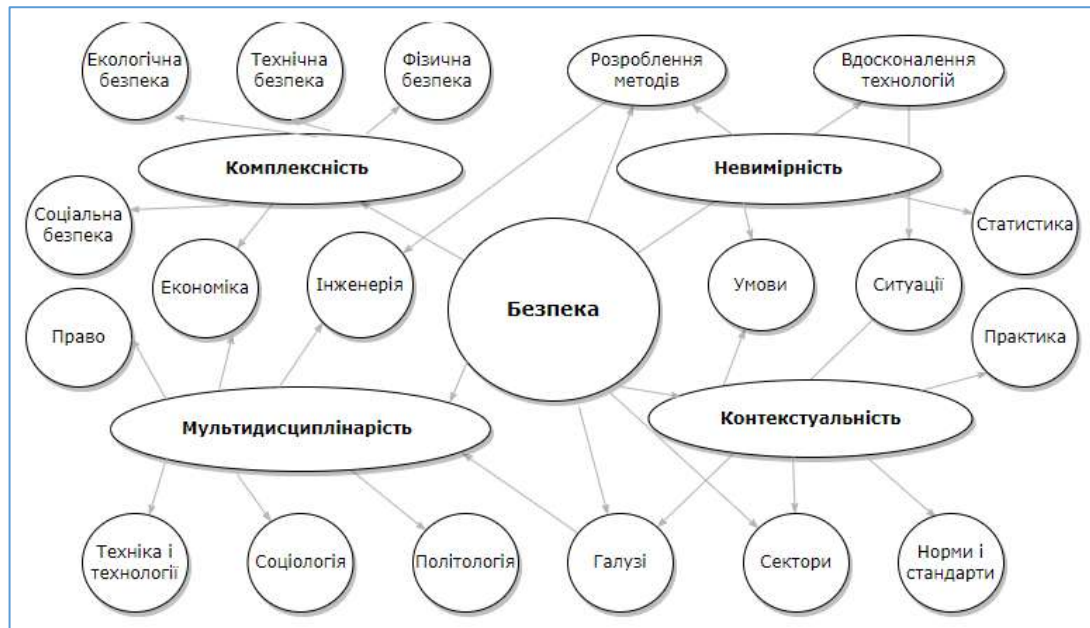


Рисунок 1.15 - Багатоаспектність визначення поняття безпека судноплавства

Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню, відомий як МКУБ, є збіркою міжнародних правил і норм, що встановлюють вимоги до судноплавства та спрямовані на забезпечення безпечності та надійності суден. Цей кодекс має на меті уникнення нещасних випадків, запобігання забрудненню навколишнього середовища та запобігання майновим збиткам у морських та річкових транспортних операціях [41].

Однією з основних цілей Кодексу є забезпечення надійності та безпеки судна і його вантажу, включаючи правильний технічний стан судна, оптимальні умови плавання, безпечну перевезення вантажу, а також збереження гідротехнічних споруд, засобів зв'язку та навігаційного обладнання у справному стані [42].

В сучасних літературних джерелах існує декілька визначень безпеки мореплавства. Наприклад, згідно з Міжнародною морською організацією (ІМО), безпека мореплавства відноситься до заходів, які спрямовані на забезпечення безпеки життя людей, суден, вантажів та охорону морського середовища. Однак, інші джерела додатково вказують також на важливість захисту майна, інфраструктури та інших складових транспортної системи,

підкреслюючи розуміння того, що безпека мореплавства - це складне та багатогранне питання, що вимагає врахування багатьох факторів та підходів для її забезпечення.

В свою чергу тлумачення поняття "безпечне мореплавство" може визначатися як захищеність життя, здоров'я та майна від екологічних та експлуатаційних ризиків, пов'язаних із судноплавством. Оскільки це певним чином широке поняття, його формулювання залежить від контексту та індивідуального підходу. Як підсумок універсальні визначення безпеки мореплавства може включати наступні чинники [43, 44]:

- відсутність небезпеки;
- відсутність ризику, рівень якого не може бути прийнятним;
- відсутність шкоди для здоров'я та життя людей (неприйняттого ризику або особистої шкоди);
- відсутність фінансових втрат.

Безпека судна – може розглядатись як певний ступінь, до якого судно захищене від пошкодження, небезпеки або травм для людей на борту, вантажу і самого судна. Вона охоплює всі заходи і процедури, які спрямовані на запобігання нещасним випадкам, травмам або загибелі людей, а також на мінімізацію шкоди навколишньому середовищу і майну.

Тлумачення поняття "безпека судна" може відрізнитися залежно від того, який аспект безпеки розглядається. Загалом "безпека судна" може визначатися як здатність судна зберігати життя, здоров'я і майно на борту і навколо нього, а також здатність судна запобігати шкоді навколишньому середовищу під час експлуатації та в надзвичайних ситуаціях [45].

Деякі інші визначення і тлумачення поняття "безпека судна" з літературних джерел надають наступне:

"Безпека судна - це здатність судна зберігати життя, здоров'я і майно на борту і навколо нього, а також здатність судна запобігати шкоді навколишньому середовищу під час експлуатації та в надзвичайних ситуаціях" [46].

"Безпека судна означає збереження життя, здоров'я і майна на борту, а також захист довкілля в процесі експлуатації судна" [47, 48].

"Безпека судна - це його здатність зберігати функціональність і зберігати життя і здоров'я екіпажу та пасажирів, а також не створювати загрози навколишньому середовищу і життю інших суден" [49].

"Безпека судна - це забезпечення його функціональності, запобігання небезпекам, що насуваються, своєчасне виявлення, прогнозування та усунення несправностей судна, а також збереження життя і здоров'я людей, які перебувають на борту, та довкілля" [50].

Загальною тенденцією в літературних джерелах є те, що визначення безпеки мореплавства засновані на комплексному підході, які охоплюють безпеку людей, суден, вантажів та морського середовища. Таким чином, визначення безпеки мореплавства має багатогранні аспекти, які підсилюють важливість управління безпекою та урахування інших не менш важливих факторів, таких як сучасні технологічні виклики та вплив людського фактору, трансформуючи безпеку мореплавства в складне та багатоскладне питання, що вимагає врахування безлічі факторів та сукупності підходів до забезпечення безпеки на морі.

Таким чином, у підсумку, безпека мореплавства – це організація заходів та умов, які забезпечують безпечний та ефективний процес експлуатації суден з мінімальним ризиком для життя та здоров'я людей, захисту майна та довкілля. Тобто процес, який охоплює весь спектр заходів та практик, пов'язаних з безпечними морськими перевезеннями, включаючи проектування, будівництво, експлуатацію та утилізацію суден а також навігацію, метеорологію, екологію, правові та регуляторні питання, додатково питання безпеки життя та здоров'я моряків, пасажирів та інших осіб на борту.

Судноплавство, судно та система морських перевезень мають глибоку системну взаємодію. Перевезення вантажів та пасажирів залежить від надійності та безпеки судна, а ті в свою чергу впливають на ефективність функціонування системи морських перевезень в цілому.

Безпека морських перевезень - це складний комплексний процес, який включає в себе декілька важливих аспектів таких як належне опрацювання маршруту переходу судна, безпечне планування та розміщення вантажу, професійне керування судном та врахування навігаційних обмежень протягом рейсу, безпосередньо впливають на загальну безпеку перевезень [51-53].

Другий важливий аспект - це безпека самого судна, його технічний стан, наявність сучасного навігаційного обладнання, а також належна робота та функціонал приладів та систем, які грають визначальну роль у запобіганні можливим аварійним ситуаціям та проблемам.

Судноплавство - це сфера діяльності, пов'язана з пересуванням суден водними шляхами з метою перевезення вантажів або пасажирів. Безпека судноплавства - це ключовий компонент системи морських перевезень, який охоплює низку аспектів, що впливають на надійність та безпеку транспортування вантажів та пасажирів. Її складовими є навігаційна безпека, яка включає всі аспекти, пов'язані з навігацією судна, включаючи організацію безпечного руху та використання навігаційних приладів та систем. Гідрометеорологічні ризики враховуються та управляються для запобігання можливим негараздам, таким як штормові умови, циклони тощо. Морехідні якості суден грають важливу роль в процесі навігації та уникненні зіткнень та інших небезпек. Інформаційно-комунікаційні технології включають системи зв'язку та навігації, а також взаємодію з портами та іншими суднами. Забезпечення екологічної безпеки враховує можливі викиди та екологічні катастрофи. Правові та регуляторні аспекти охоплюють виконання міжнародних та національних норм та законів поруч з культурою безпеки яка виховує усвідомлення та дотримання норм безпеки судноплавства [54, 55].

Судно - це водотонажний об'єкт, призначений для перевезення вантажів та пасажирів водними шляхами. Воно має спеціальну конструкцію, що включає корпус, системи управління рухом (двигуни, пропульсивні пристрої), навігаційне обладнання, а також пристосоване для безпечного перевезення певних вантажів та пасажирів.

Судно в системі морських перевезень являє собою одну зі складових морської логістики, що об'єднує різні види транспорту, порти і термінали, а також пов'язані з ними служби та інфраструктуру. У цій системі судно відіграє роль транспортного засобу, забезпечуючи переміщення вантажів та пасажирів між портами або терміналами.

Таким чином, судноплавство є сферою, що включає пересування транспортних засобів по воді, де судно виступає не тільки фізичною структурою для перевезення, а й елементом системи морських перевезень, частиною морської логістики, де поєднуються різні компоненти для забезпечення ефективного перевезення вантажів і пасажирів.

У минулому питання експлуатації суден часто залишалися поза увагою органів влади окремих країн, тому умови їх функціонування підпадали під відносно слабкі стандарти у сферах екології, соціальних відносин та умов праці. Втім, сучасний розвиток галузі вимагає уваги до низки ключових аспектів, серед яких - підвищення екологічної безпеки, вдосконалення соціальних стандартів та забезпечення безпеки екіпажів суден.



Рисунок 1.16 - Інтегрована мережа зв'язків безпеки з роботою судна

На рисунку 1.16 в контексті представлених зв'язків, судно являє собою центральний елемент, який відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки та

ефективності транспортного процесу. Являючи собою платформу, на якій взаємодіють різні системи, комунікаційні засоби та організації, створюючи єдину мережу безпеки. Зв'язки, що поєднують судна з безпекою судноплавства, експлуатаційною безпекою самого судна і безпекою морського перевезення, дають змогу оперативно оцінювати та реагувати на загрози та ризики, обмінюватися інформацією та координувати дії для забезпечення безпеки та захисту життя і майна на морі.

Зв'язки з безпекою судноплавства означають, що судно здійснює комунікацію та обмін інформацією з різними органами і системами, що відповідають за забезпечення безпеки на морі. Це охоплює зв'язок із морськими портами, прибережними організаціями безпеки, метеорологічними службами та іншими суднами. Мета таких зв'язків - забезпечити оперативне інформування про погодні умови, зміни навігаційної обстановки, небезпеки, актуальні правила і регуляції, а також координацію дій у разі надзвичайних ситуацій.

Зв'язки з експлуатаційною безпекою самого судна відносяться до комунікації між різними системами і компонентами судна, які відповідають за безпечну експлуатацію. Це включає в себе зв'язок між навігаційним містком, машинним відділенням, системами автоматизації, протипожежними системами, системами енергопостачання та іншими важливими компонентами судна. Такі зв'язки дають змогу контролювати роботу систем, передавати інформацію про стан обладнання та забезпечувати оперативне реагування на будь-які потенційні загрози безпеці [56].

Зв'язки з безпекою морського перевезення засновані на взаємодії судна із засобами зв'язку та інформаційними системами, спеціалізованими в галузі перевезення вантажів. Це може включати зв'язок із портовими організаціями, агентствами з перевезення вантажів, митними службами та іншими учасниками логістичного ланцюга. Мета таких зв'язків - забезпечити правильну і безпечну обробку та перевезення вантажів, контролювати його переміщення і стежити за дотриманням відповідності вимогам.

У зв'язку зі стрімким розвитком технологій та зростанням глобального обсягу торгівлі, сучасне судноплавство стоїть перед низкою викликів та можливостей. Важливо забезпечити судновласників, членів екіпажів та всіх учасників морського простору найвищими стандартами безпеки та ефективності в експлуатації суден. Крім того, зростаюча увага до екологічних питань та прагнення до сталого розвитку вимагає впровадження нових технологій та підходів до управління судновими ресурсами [57-59].

Деякі з основних викликів, з якими стикається галузь судноплавства, включають:

- Екологічні проблеми, адже судноплавна галузь є значним джерелом забруднення повітря і води, тому зростає тиск на зменшення її впливу на навколишнє середовище.

- Технологічний прогрес, так як впровадження технологічних інновацій на борту вимагає різноманітних навичок для управління світовим флотом, а екіпаж потребує додаткової підготовки для безпечного управління цими змінами.

- Відповідність нормативним вимогам, адже галузь підпадає під дію складної мережі міжнародних і національних нормативних актів, які вимагають дотримання.

- Безпека та ефективність судових операцій, оскільки важливо забезпечити судновласників, моряків і всіх учасників транспортного процесу найвищими стандартами безпеки та ефективності виконання судових операцій.

Для вирішення цих завдань в галузі впроваджуються нові технології та підходи до управління судновими ресурсами наприклад, використання технологій або розробка сучасних засобів і методів підвищення безпеки морського перевезення, що сприяє безпеці суден і захисту навколишнього середовища [60-62].

Для досягнення цих цілей, важливо розглядати судно не лише як технічний засіб для транспортування вантажів, але й як складну технічну

систему, що включає в себе багато аспектів, від технічного стану корпусу до ефективності управління енергетичними ресурсами. Такий комплексний підхід дозволяє забезпечити найвищий ступінь надійності та безпеки експлуатації судна в сучасних умовах, тому безпеко-орієнтована робота суден в системі морських перевезень набуває центрального місця та стає важливим аспектом багатьох досліджень, присвячених безпеці судноплавства. Вона включає в себе комплекс заходів та стратегій, спрямованих на забезпечення надійності та безпеки роботи суден, а також мінімізацію можливих ризиків та негативних впливів на довкілля. Ця проблематика стає актуальною у зв'язку зі зростанням обсягів морських перевезень та зменшенням територіальних обмежень для судноплавства.

Таким чином, при вивченні та аналізі ефективності впровадження систем безпеки на судах, необхідно оцінювати їх вплив також на екологію та соціальну сферу. Дослідження в цій області дозволить вдосконалити нормативну базу та практичні аспекти безпеки судноплавства для забезпечення стабільності та надійності морських перевезень [63-65].

Сучасні торговельні судна підпадають під безліч міжнародних і національних норм і стандартів щодо конструкції, обладнання, безпеки та експлуатації. Наприклад, стосовно питань забезпечення безпеки мореплавання до них відноситься СОЛАС-74 (Міжнародна конвенція з охорони життя на морі) - обов'язковий документ, який містить основні норми та стандарти з безпеки мореплавства і забезпечення безпеки суден і їхніх екіпажів а також недругорядними є Міжнародні правила запобігання зіткненню суден (МППЗС-72) - набір міжнародних норм, що регулюють безпечну навігацію суден. Важливо також враховувати національні закони і стандарти, які доповнюють міжнародні нормативи відповідно до особливостей кожної країни. Крім означених, судна також підпадають під інші норми та стандарти представлені в табл.1.2.

Таблиця 1.2 - Норми та стандарти які застосовуються в судноплавстві

Стандарт	Призначення
MARPOL (Міжнародна конвенція із запобігання забрудненню моря нафтою та іншими шкідливими речовинами)	Встановлює міжнародні стандарти щодо запобігання забрудненню моря нафтою та небезпечними речовинами;
Міжнародні стандарти ІМО з навчання та атестації морського персоналу (STCW)	Регулюють навчання та атестацію моряків, що гарантує високу кваліфікацію екіпажу судна
Міжнародні правила щодо забезпечення безпеки плавання (ISM Code)	Встановлюють стандарти системи безпеки судна і запобігання забрудненню навколишнього середовища
Міжнародні конвенції про працю (MLC)	Регулюють умови праці та соціальні гарантії для моряків
Міжнародні правила з управління технічним станом суден (ISM Code)	Встановлюють вимоги до технічного обслуговування суден
Міжнародні правила з протипожежної безпеки на суднах (SOLAS)	Визначають стандарти з протипожежного захисту суден
Міжнародні правила з контролю за станом суден (IACS)	Надають рекомендації щодо огляду та перевірки технічного стану суден

Ці норми і стандарти спрямовані на забезпечення безпеки суден, екіпажу та довкілля, а також на підтримання ефективності, безпеки та надійності суден у процесі їхньої експлуатації [66-68].

Безпека суден та їхніх морських перевезень на сьогоднішній день є пріоритетним завданням для міжнародних та національних організацій. Однією з таких виступає Міжнародна Морська Організація (ІМО), яка встановлює стандарти та правила, спрямовані на забезпечення безпеки судноплавства в усьому світі.

Головним чином, транспортні судна, проектується для задоволення попиту на морські перевезення, з огляду на безліч чинників, такі як мореплавність, остійність, вантажопідйомність, швидкість, габарити та інші технічні характеристики, наприклад, загальна міцність корпусу, для того щоб протистояти зовнішнім і внутрішнім навантаженням, водночас бути повністю водонепроникним і мати форму, яка дає змогу легко і безпечно рухатися по воді [69-72].

Сучасні виклики та тенденції в судноплавстві необхідно розглядати у контексті загального розвитку технологій та зростання світової торгівлі. З

появою нових технологій, зокрема в галузі автоматизації та цифровізації, судна стають все більш високотехнологічними і здатними до швидкого реагування на небезпеки та виклики.

Одним з ключових аспектів є вдосконалення технічного стану суден адже обладнання найновішими системами навігації та управління рухом дозволяє підвищити рівень безпеки судноплавства. Проте, разом із технічними покращеннями, важливо забезпечити відповідну підготовку екіпажу та розробити ефективні процедури та дії в надзвичайних ситуаціях.

Важливим аспектом є також врахування впливу суден на навколишнє середовище. Розвиток екологічно чистих технологій та впровадження стандартів зниження викидів сприяє створенню більш безпечного та екологічно збалансованого судноплавства.

У цьому контексті, важливим є регулярне оновлення та вдосконалення нормативно-правової бази в галузі судноплавства, щоб вона відповідала сучасним викликам та технологічним можливостям, де безпека судноплавства – це не лише завдання для окремих компаній та міжнародних організацій, але й спільна відповідальність усіх учасників морських перевезень, які також постійно працюють над створенням найбільш безпечної та надійної системи морських перевезень у світі.

Судна є складними технічними системами, які розробляються на основі компромісів між суперечливими цілями і перебувають під впливом екологічних норм та технологічних змін [73]. Обладнання сучасних суден включає в себе технології автоматизації, аналізу даних і зв'язку і підпадають під дію спеціальних правил і стандартів з метою відповідності стандартам безпеки та екологічної ефективності [74]. До технічних систем і судових комплексів, належать судові енергетичні системи, електричне та електронне обладнання та системи управління. Тому процес експлуатації судна передбачає не тільки використання технічних систем а й їх обслуговування. Технічні об'єкти, якими є судна, вимагають від екіпажу та персоналу належного рівня підготовки та кваліфікації, спеціальні фахові знання, уміння

та навички для безпечної та ефективної експлуатації та обслуговування машин та механізмів що є важливим для запобігання надзвичайним ситуаціям та забезпечення загальної безпеки на морі [75-77].

Юридичне визначення поняття судно не є чітким, адже це узагальнювальний морський термін, але воно базується на його двох основних функціях, власне це процес навігації та управління судном та процес транспортування вантажів і перевезення пасажирів. З цього приводу в багатьох літературних джерелах воно визначається як самохідний (або несамохідний) водотонажний засіб, що використовується для судноплавства і перевезень [78-80].

Судно відрізняється від інших видів плавзасобів своїм правовим статусом. Конвенція ООН з морського права (UNCLOS) не надає чіткого визначення поняття судна, але різні міжнародні конвенції та національні закони дають свої власні визначення (табл.1.3).

Таблиця 1.3 - Аналіз визначення поняття судно згідно міжнародної нормативної бази

Джерело	Тлумачення поняття "судно"
Конвенція Організації Об'єднаних Націй з морського права (UNCLOS)	Визначається як будь-який плавучий засіб, включаючи неводотонажні судна і гідролітаки, здатний використовуватися для перевезення по воді
Міжнародна морська організація (ІМО)	Будь-який тип судна або плавзасобу, який використовується для навігації по воді, незалежно від його розміру або засобів руху
Міжнародна палата судноплавства (ICS)	Складний комплекс обладнання, призначений для перевезення вантажів, пасажирів або виконання інших спеціалізованих завдань на воді
Берегова охорона США (US Coast Guard)	Велике морське судно, здатне перевозити людей або вантажі на великі відстані
Британська енциклопедія	Плавзасіб, більший за човен і призначений для перевезення вантажів, пасажирів або і того та іншого
Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (SOLAS)	Будь-яке судно, що бере участь у морській навігації, включаючи судна, човни, судна на підводних крилах, літальні апарати на повітряній подушці, підводні апарати, плавучі засоби, а також стаціонарні або плавучі платформи
Вебстерський словник (Merriam-Webster Dictionary)	Велике морське судно або плавзасіб або судно значних розмірів для глибоководного плавання
Оксфордський словник англійської мови	Великий човен для перевезення людей або товарів морем або судно, яке перевозить вантажі або пасажирів морем або річкою

Однак, як зазначено, загальний підхід поєднує дві основних функції судна - морехідності судна (здатності утримуватись на воді), що є важливим аспектом для забезпечення його придатності і готовності до безпечного плавання та транспортуванні вантажів та пасажирів. Окрім цього таке визначення також може бути використане для оцінки його правового статусу [81].

Судно, як технічна система, є важливим об'єктом для оцінки його шкідливого впливу на навколишнє середовище. Його функціонування та використання різних ресурсів, таких як викопне паливо, що може мати негативні наслідки для довкілля. Це важливий аспект у визначенні, а також в розробці стратегій щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

У підсумку вочевидь, що поняття "судно" морське або річкове являє собою багатоаспектний об'єкт. Інтерпретація цього поняття залежить від контексту і мети розгляду, що підкреслює різноманітність цього поняття і неоднозначність його визначення в правових і технічних документах, тому в основному може розглядатися в різних значеннях, представлених в табл.1.4.

Таблиця 1.4 - Різнобічність поняття "судно" та його визначення в різних аспектах

Аспект	Визначення
Складний технічний об'єкт	Судно є складною інженерною спорудою, обладнаною різноманітними системами і механізмами, з огляду на це існує ризик технічних збоїв і аварій
Об'єкт правових відносин та угод	У контексті своєї діяльності, судно може бути предметом різних договорів, таких як чартер, оренда, купівля-продаж, страхування тощо. Це означає, що права та обов'язки щодо використання та обслуговування судна регулюються відповідними договорами та між відповідними сторонами
Комерційний об'єкт	У цьому разі судно розглядають як об'єкт економічних відносин. Це охоплює сукупність витрат на проектування, будівництво, обслуговування, експлуатацію та утилізацію судна, а також його економічну ефективність продовж усього операційного циклу
Транспортний засіб	Судно, як транспортний засіб, відіграє важливу роль у світовій торгівлі та морських перевезеннях. Ефективність функціонування судна може бути підвищена шляхом належного врахування експлуатаційних, екологічних, економічних, політичних аспектів

Продовження табл. 1.4

Об'єкт негативного впливу на довкілля	Судно, як засіб морського транспорту, може розглядатися в контексті його шкідливого впливу на довкілля, при використанні світового океану і морської екосистеми
---------------------------------------	---

Як зазначено вище сучасне судно є складною інженерною спорудою, яка може безпечно та автономно функціонувати тривалий час. Воно має виробничо-економічне призначення для ефективного перевезення вантажів та пасажирів. Крім того, судно є соціальним об'єктом зі своєю структурою та особливостями життя, праці та побуту екіпажу.

Управління судном включає в себе багато елементів, таких як комерційний, операційний, технічний менеджмент та управління людськими ресурсами [82].

Отже, судно як складна система включає в себе три взаємопов'язаних аспекти:

- Технічний аспект - управління судном спрямоване на забезпечення безпечного переміщення судна, вантажів, пасажирів та екіпажу. Це включає в себе технічне обслуговування, навігацію та безпеку перевезень.

- Економічний аспект - досягнення максимальної економічної ефективності перевезень вантажів та пасажирів. Це включає в себе оптимізацію витрат, комерційну стратегію та конкурентоспроможність на ринку перевезень.

- Соціальний аспект - оптимальні умови життя та роботи для судового екіпажу. Це включає в себе питання соціального забезпечення, умов проживання та праці на судні.

Стандарти безпеки для суден встановлюють міжнародні організації, такі як Міжнародна морська організація (ІМО) і Міжнародна організація праці (ІЛО), а також національні органи та організації, відповідальні за безпеку мореплавання. Деякі з найбільш важливих стандартів безпеки для суден проедставлені в табл.1.5.

Таблиця 1.5 - Міжнародні стандарти безпеки встановлені для суден

Стандарти безпеки	Опис
Конвенція (SOLAS)	Міжнародна конвенція з охорони життя на морі (СОЛІАС-74) була ухвалена в 1974 році і встановила мінімальні стандарти безпеки для всіх суден. Ця конвенція встановлює вимоги до конструкції, обладнання, операційної безпеки та тренування екіпажу
Конвенція (MARPOL)	Міжнародна конвенція щодо запобігання забрудненню морських шляхів і морського середовища (МАРПОЛ-73/78) була ухвалена в 1973 році і введена в дію в 1983 році та встановлює правила і стандарти для запобігання забрудненню морського середовища від судових викидів.
Кодекс (ISM)	Міжнародний кодекс з управління безпекою (МКУБ) було ухвалено 1993 року, він встановлює стандарти управління безпекою суден і запобігання нещасним випадкам у морі та є обов'язковим для всіх суден у міжнародних водах і для всіх суден, що належать державам-членам ІМО.
Кодекс (STCW)	Міжнародний кодекс зі стандартів підготовки і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ-78/95) встановлює стандарти для кваліфікації та сертифікації моряків, а також вимоги до тренування та несення вахти на борту судна.
Стандарти (ILO)	Міжнародна організація праці (МОП) також розробляє і встановлює стандарти безпеки для суден і моряків, включно зі стандартами щодо роботи на борту суден, захисту здоров'я і безпеки на роботі, охорони праці та інші.

Важливо зазначити, що більшість зі стандартів розроблені та ухвалюються міжнародними організаціями, є обов'язковими для всіх держав-членів організацій. Крім того, багато держав можуть розробляти власні стандарти безпеки для суден, що доповнюють або підсилюють міжнародні стандарти. Стандарти безпеки для суден можуть охоплювати різні аспекти, пов'язані з безпекою мореплавства, такі як:

- Конструкція та обладнання судна, де стандарти можуть встановлювати вимоги до дизайну і конструкції судна, включно з його корпусом, механічними та електричними системами, системами охолодження тощо.

- Тренування і кваліфікація екіпажу де можуть визначатися вимоги до кваліфікації та сертифікації членів екіпажу, включно з капітаном, офіцерським та рядовим складом, іншими фахівцями.

- Безпека операцій на борту, де стандарти можуть встановлювати вимоги до безпечних операцій на борту судна, включно з операціями під час штормових умов, баластними операціями, вантажно-розвантажувальними операціями та іншим.

- Протипожежна безпека: ці стандарти можуть визначати вимоги до протипожежних систем і обладнання на борту судна, а також вимоги до тренування екіпажу в забезпеченні протипожежної безпеки.

- Захист довкілля: можуть встановлюватися вимоги до викидів у повітря і розливів нафти, хімічних речовин та інших шкідливих речовин із судових систем, а також до обробки й утилізації відходів на борту судна.

Іншими словами, процес управління судном як складною технічною системою повинен розглядається як багатоплановий процес, що охоплює технічні, економічні та соціальні аспекти його функціонування.

З наведеної візуалізації ключових слів (рис. 1.17), зібраних шляхом аналізу літературних джерел, представлено ключові слова, які пов'язані зі спробою надати визначення поняттю терміну "судно". Узагальнюючи можна стверджувати, що згідно з дослідженими джерелами, "судно" розглядається як складна технічна споруда, транспортний засіб і предмет договору, що підкреслює також його юридичну значущість і розглядається як об'єкт цивільних правовідносин.



Рисунок 1.17 - Візуалізація ключових слів, зібраних шляхом аналізу літературних джерел щодо тлумачення поняття "судно"

Таким чином, судно не лише технічний об'єкт, але й важливий компонент галузі інженерії, транспортної системи та юридичної сфери. Розгляд судна саме в контексті цих різних аспектів є важливим для повного розуміння його ролі та значення в сучасному світі. З цього приводу враховуючи вищевикладене наведемо визначення що "судно" - це складна інженерна споруда, призначена для безпечного та ефективного перевезення вантажів та пасажирів водними шляхами, водночас є технічним, економічним та соціальним об'єктом, здатним автономно функціонувати протягом тривалого часу. Аналіз визначення поняття "безпека експлуатації судна" з різних джерел надав наступні результати, табл.1.6.

Таблиця 1.6 - Аналіз визначення поняття "безпека експлуатації судна"

Джерело	Тлумачення поняття "безпека експлуатації судна"
Міжнародна морська організація (ІМО)	Означає стан, при якому ризики, пов'язані з експлуатацією судна, зведені до мінімуму, що забезпечує захист людського життя, майна і навколишнього середовища протягом усього життєвого циклу судна.
Міжнародна палата судноплавства (ICS)	Означає впровадження заходів і практик, спрямованих на запобігання аваріям, травмам і пошкодженням судна, вантажу, екіпажу та морського середовища під час експлуатації судна.
Конвенція Організації Об'єднаних Націй з морського права (UNCLOS)	Вимога від держав встановлювати і підтримувати відповідні стандарти для підготовки, сертифікації та несення вахти моряків, а також для проектування, будівництва, обладнання та експлуатації суден.
Міжнародна асоціація класифікаційних товариств (IACS):	Означає здатність судна безпечно здійснювати навігацію, зберігати остійність і протистояти очікуваним умовам навколишнього середовища. Вона охоплює структурну цілісність судна, надійність механізмів, експлуатаційну практику та компетентність екіпажу.
Міжнародна організація праці (MLA)	Визначає безпеку експлуатації суден як створення і підтримку умов праці на борту суден, які забезпечують здоров'я, безпеку і добробут моряків.
Міжнародний кодекс з охорони суден і портових засобів (ISPS)	Кодекс визначає безпеку експлуатації суден у контексті заходів з охорони. Він спрямований на встановлення гарантій для виявлення загроз безпеці та вжиття превентивних заходів для захисту суден, моряків, пасажирів і портових засобів від інцидентів, пов'язаних з безпекою.

Усі визначення загалом підкреслюють важливість мінімізації ризиків, запобігання аваріям, захисту людського життя і морського середовища, забезпечення добробуту екіпажу і дотримання встановлених стандартів і правил у сфері безпеки експлуатації суден. Деякі приклади заходів і процедур, що забезпечують безпеку судна, включають:

- регулярна перевірка і технічне обслуговування судових систем, обладнання та механізмів для забезпечення їхнього належного робочого стану;
- належну підготовку та сертифікацію судового екіпажу щодо процедур безпеки, реагування на надзвичайні ситуації;
- впровадження правил та інструкцій з безпеки, таких як Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (СОЛАС-74);
- використання засобів безпеки, таких як рятувальні плоти, рятувальні жилети, вогнегасники та засоби зв'язку;
- належне завантаження, укладання та кріплення вантажу для забезпечення його стійкості та запобігання зсуву під час транспортування;
- системи навігації, керування та моніторингу руху для виявлення та уникнення навігаційних небезпек та інших суден.

Враховуючі те, що судно являє собою складну технічну систему, яка складається з множини взаємопов'язаних елементів, воно спроектоване і виготовлене з метою забезпечення безвідмовної роботи в різних умовах експлуатації та має властивості, які представлені на рис.1.18.



Рисунок 1.18 - Властивості судна як технічного об'єкта

1. Безвідмовність. Судно має здатність підтримувати безперервну роботу, забезпечуючи виконання необхідних функцій протягом заздалегідь визначеного часу та в заданих режимах.

2. Ремонтопридатність. У разі необхідності, судно може бути піддано технічному обслуговуванню і ремонту з метою відновлення його морехідного стану та здатності до виконання необхідних функцій.

3. Відновлюваність. У деяких випадках, судно може мати здатність до відновлення своїх функцій без проведення спеціальних ремонтних робіт.

4. Довгострокова експлуатація. Судно спроектовано з урахуванням тривалого терміну експлуатації, що дає змогу йому зберігати свої характеристики і нормальний робочий стан протягом тривалого періоду часу.

5. Стан збереження. Навіть після тривалого періоду простою або експлуатації, судно зберігає свою здатність до виконання заданих функцій.

6. Стан готовності. Судно повинно підтримувати постійну готовність до роботи, що включає в себе швидкий запуск двигунів і перехід до нормального режиму роботи.

Експлуатаційна безпека - одна з важливих характеристик будь-якого технічного об'єкта, включаючи судно. Це означає, що судно повинно бути сконструйоване та утримуватися в такому стані, який гарантує його безпечну роботу та захист від небезпеки для людей, навколишнього середовища та самих суден. Періодичний нагляд за судном необхідний для забезпечення безпеки його експлуатації, захисту життя та здоров'я людей, а також для убезпечення вантажу від пошкоджень та уникнення негативного впливу на навколишнє середовище.

Судно, що розглядається з різних точок зору, перетворюється на об'єкт, де необхідно враховувати безпеку в процесі його роботи, коли така важливість забезпечення безпеки стає критичною. Це відбувається в процесі експлуатації судна, коли безпека морського перевезення вантажів як однієї з важливих функцій судна стає пріоритетом. У цей момент впроваджуються відповідні

організаційно-технічні заходи для забезпечення безпеки в різних аспектах експлуатації судна.

Організаційно-технічні заходи щодо забезпечення безпеки судна охоплюють комплекс дій, спрямованих на забезпечення надійності його функціонування та безпеки в процесі його експлуатації. Це охоплює регулярне технічне обслуговування і моніторинг нормального стану систем, впровадження передових технологій, навчання екіпажу принципам безпечної експлуатації, дотримання нормативів і стандартів безпеки, планування рейсів з урахуванням навігаційної безпеки, антипіратські заходи і захист екіпажу, а також системи для запобігання забрудненню довкілля. Крім того, важливим аспектом є боротьба з корозією і регулярне обслуговування корпусу судна, що сприяє підтримці його надійності та безпеки протягом усього періоду експлуатації, рис.1.19.

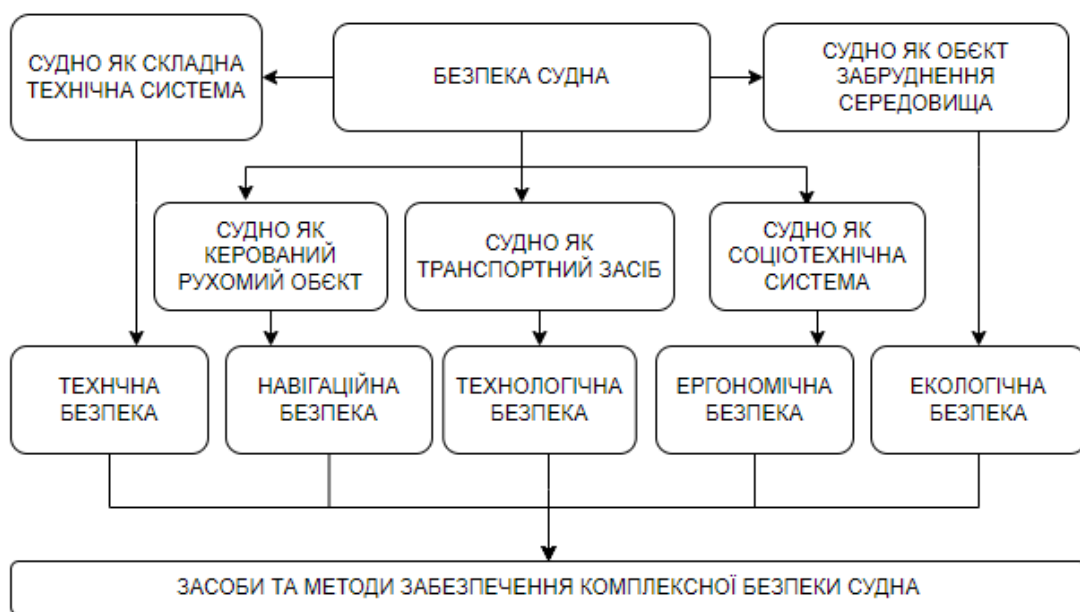


Рисунок 1.19 – Основні аспекти забезпечення комплексної безпеки судна

У підсумку тлумачення поняття "судно" відіграє критичну роль у розгляді судна з різних точок зору. Почнемо з розгляду судна як технічного об'єкта. У цій перспективі, безпека судна є одним із найважливіших аспектів. Це означає, що його конструкцію, системи і компоненти розробляють і

обслуговують із пріоритетом на забезпечення безпеки під час усіх операцій, починаючи з будівництва і закінчуючи процесом експлуатації [83].

При розгляді судна як інженерної споруди, безпека також є ключовим критерієм. Іще на стадіях проектування судна передбачаються заходи, спрямовані на запобігання аваріям і забезпеченню надійності його експлуатації.

Якщо судно розглядається як комерційний об'єкт, то безпека також посідає центральне місце адже вона безпосередньо впливає на його вартість його фрахту, страхування та репутацію судовласника на ринку морських перевезень. Економічний успіх судна значною мірою залежить від того, наскільки надійно воно функціонує і як забезпечується безпека вантажів та екіпажу.

І, нарешті, якщо розглядаємо судно в контексті морських перевезень, то безпека стає домінуючим аспектом. Це охоплює не тільки безпеку судна як такого, а й безпеку вантажів, екіпажу та морського середовища.

До речі, якщо розглядати види експлуатації судна і конкретно порівнювати технічну і технологічну експлуатацію, то якщо перша пов'язана із судовою технікою та технічними системами й обслуговуванням судових технічних засобів, то "технологічна експлуатація" пов'язана зі значенням слова "технологія", під яким слід розуміти методи та способи здійснення дій для виконання виробничих процесів на борту і завдань відповідно до цільового призначення судна.

Судно є інженерною спорудою яке призначене для руху в двох середовищах (морському і повітряному) з урахуванням його управління його швидкістю і рухом. З огляду на те, що проектування і дизайн суден базуються на інженерних розробках, це включає застосування наукових знань, використання передових технологій у виробництві, аналіз економічної доцільності та врахування досвіду експлуатації аналогічних об'єктів.

Судно, як технічний об'єкт, оснащене комплексом високотехнологічних технічних систем, серед яких двигуни, механізми та інші компоненти з

функцією забезпечення руху судна по воді та функціонування різноманітних систем, включно з системами безпеки, навігації, вантажних, баластних операцій тощо.

Судно, як комерційний об'єкт, також є транспортним засобом, призначеним для вантажних або пасажирських перевезень з метою отримання прибутку. Воно використовується для торговельних, економічних або інших комерційних цілей, генеруючи дохід від своєї експлуатації, рис.1.20.

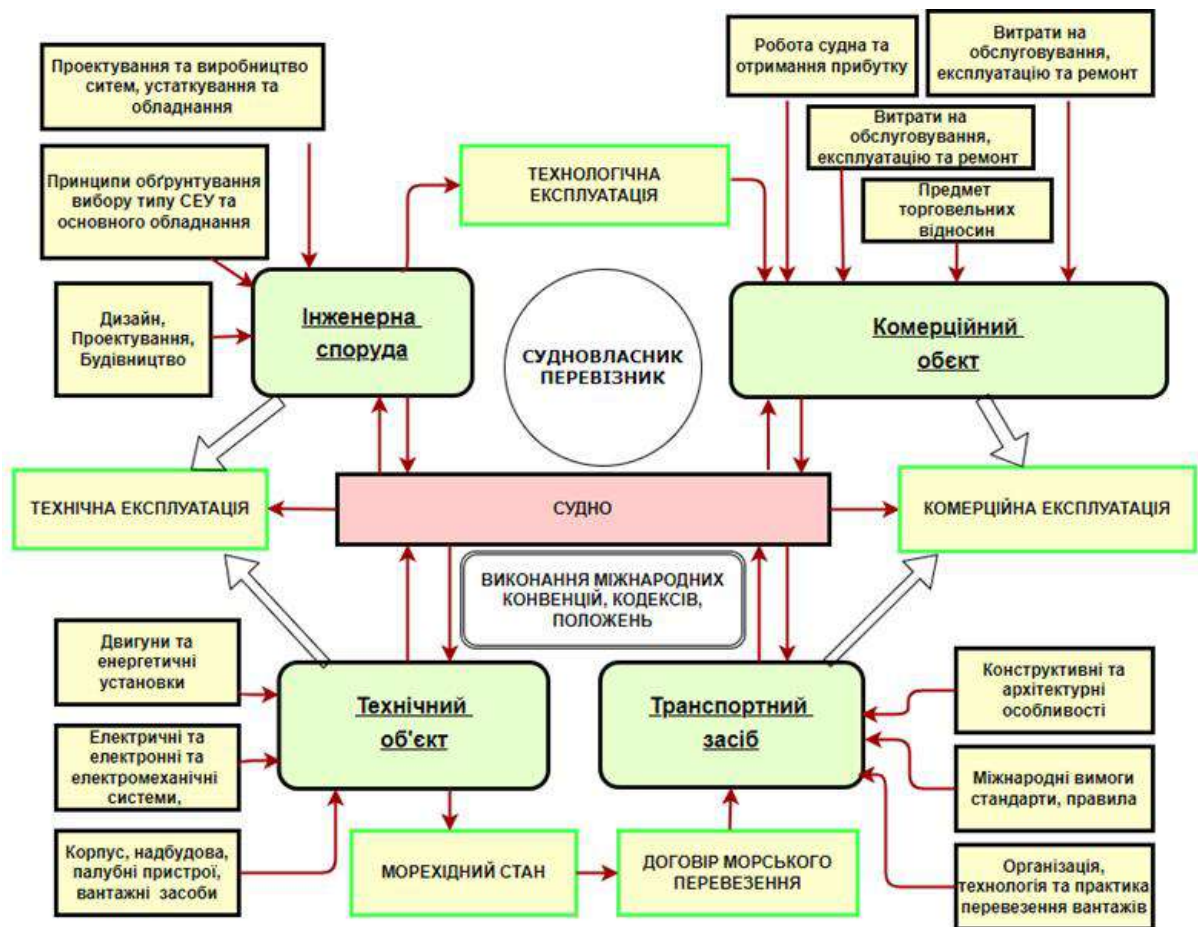


Рисунок 1.20 –Багатоаспектність поняття "судно"

Судно, як високотехнологічний технічний об'єкт, спроектоване з урахуванням високих стандартів надійності та безпеки, має за мету не лише здійснення морських перевезень, але й забезпечення безпеки як для вантажів, так і для екіпажу під час експлуатації. Підтримка безпеки у вищезгаданих умовах передбачає низку важливих аспектів, включаючи ефективність

паливоспоживання, регулярне обслуговування та технічне оновлення, дотримання нормативів і стандартів, управління екіпажом, дотримання міжнародних норм і правил, управління ризиками, екологічну відповідальність, відповідність технічним стандартам, запобігання корозії і зносу, а також управління вантажними операціями, регулювання посадки та остійності. Враховуючи ці аспекти, судно забезпечує безпеку та ефективність роботи у найрізноманітніших умовах морських перевезень, а саме:

- безпека життя екіпажу та пасажирів, в першу чергу, ажде безпека судна стосується життя та здоров'я тих, хто перебуває на його борту. Екіпаж судна та пасажери покладаються на технічні та організаційні заходи, що забезпечують їхню безпеку в морському середовищі;

- попередження аварій, ажде безпека судна безпосередньо пов'язана з уникненням аварій та надзвичайних ситуацій в морі. Це включає в себе контроль за функціональністю всіх систем та обладнання судна, регулярні перевірки та тестування;

- захист навколишнього середовища, ажде судна перевозять різноманітні вантажі, включаючи небезпечні речовини. Забезпечення безпеки судна означає також запобігання витокам чи викидам шкідливих речовин в морське та повітряне середовище, що має критичне значення для збереження екосистеми;

- відповідність міжнародним нормам, наприклад ІМО (Міжнародна морська організація), які встановлюють стандарти безпеки для всіх типів суден. Дотримання цих норм є обов'язковим для всіх країн і суден, що здійснюють морські перевезення.

- економічний аспект, ажде аварії та інциденти на суднах можуть призвести до серйозних фінансових втрат як для власників судна, так і для компаній, які займаються морськими перевезеннями [84].

Тому безпека роботи суден в системі морських перевезень означає систематичний підхід до заходів, спрямованих на запобігання ризикам та небезпекам, пов'язаним з експлуатацією суден під час морських перевезень і є

критичним аспектом, який впливає на життя людей, стан навколишнього середовища та фінансовий стан власників. Дотримання високих стандартів безпеки є необхідним для успішної та надійної роботи судна в морському середовищі.

Відомо, що транспорт має величезне значення в сучасному суспільстві, забезпечуючи мобільність людей і товарів. Він відіграє ключову роль в економічному розвитку, сприяючи розширенню торговельних зв'язків, розвитку промисловості та створенню робочих місць а безпека на морському транспорті є невід'ємною частиною його функціонування і розвитку.

Підсумовуючи зазначимо, що безпека морського транспорту охоплює широкий спектр аспектів, пов'язаних не тільки з безпекою суден, портів, морських шляхів і забезпеченням безпеки пасажирів і вантажів, але також охоплює заходи із запобігання аваріям і зіткненням, захисту від піратства і тероризму, а також забезпечення безпеки праці людей у морських умовах.

Для коректного узагальнення взаємозв'язків між системою безпеки та концепцією функціонування суден у системі морських перевезень, важливо врахувати, що головні принципи безпеки включають комплексний підхід, що охоплює технічні, економічні та соціальні аспекти, рис.1.21.

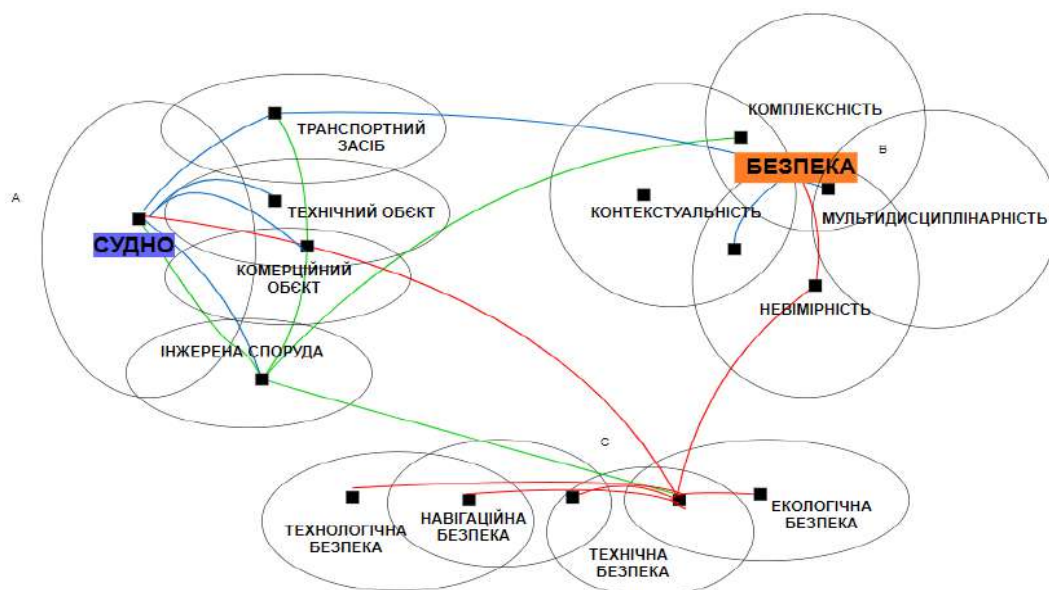


Рисунок 1.21 - Схема взаємодії та впливу аспектів безпеки на функціонування суден у системі морських перевезень

Ці аспекти взаємодіють та впливають один на одного, утворюючи взаємозалежну систему з важливими зв'язками. Важливо наголосити на необхідності інтегрованого підходу, який враховує різновиди безпеки та забезпечує розуміння складності процесу забезпечення безпеки роботи суден в системі морських перевезень.

Таким чином дослідження сутності безпеки роботи судна в системі морських перевезень вимагає розроблення та застосування різних теоретичних і методологічних підходів, які можуть включати розроблення концептуальних моделей безпеки, аналіз ризиків, розроблення стандартів і нормативів, дослідження соціальних і політичних аспектів безпеки, а також застосування нових технологій та інструментів для забезпечення безпеки.

Одним з головних аспектів забезпечення безпеки мореплавання є безаварійний процес судноводіння, функціонування енергетичних і технічних систем відповідно до встановлених параметрів і дотримання екіпажем судна нормативних документів і процедур, пов'язаних з безпекою.

Головним критерієм якості експлуатації судна є статистика інцидентів, аварій і катастроф. Однак впровадження нових технічних рішень та експлуатаційних процедур не може миттєво змінити рівень безпеки. Тому головною метою підвищення рівня безпеки є запобігання помилкам і аваріям шляхом глибокого аналізу їх причин.

Загальна безпека визначається сукупністю функціонування різних компонентів системи. До них входить теоретична і практична підготовка фахівців, навички та досвід управління судном і експлуатації енергетичних установок, а також знання і визначення факторів, що можуть призвести до аварійних ситуацій. Оцінка рівня безпеки зазвичай базується на статистиці та аналізі аварій і встановленні причин їх виникнення.

Отже, безпека мореплавання є комплексним результатом, який залежить від ефективності всіх компонентів системи, включаючи технічні аспекти, кваліфікацію персоналу та управлінські процедури. Для досягнення високого рівня безпеки необхідно постійно аналізувати аварійні ситуації, вивчати їх

причини і вдосконалювати процеси та процедури з метою запобігання їх повторенню.

Для комплексної оцінки безпеки судна можуть використовуватися різні наукові методи, які включають в себе:

- метод аналізу ризиків який використовується для оцінки потенційних ризиків, пов'язаних із конкретним судном або його операціями. Він ґрунтується на ідентифікації можливих небезпек, оцінці ймовірності їхнього виникнення, а також на оцінці наслідків для безпеки і здоров'я людей, довкілля та майна;
- методи моделювання, дають змогу оцінити вплив різних чинників на безпеку експлуатації судна. Це може бути моделювання стану судна в різних умовах плавання, моделювання надзвичайних ситуацій тощо;
- експертні оцінки, де експерти в галузі безпеки експлуатації суден можуть застосовувати свій професійний досвід і знання для оцінки безпеки конкретного судна або операції і можуть ґрунтуватися на знаннях і досвіді практикуючих моряків, інженерів, фахівців з безпеки тощо;
- випробування і випробувальне обладнання також дають змогу перевірити працездатність різних систем і обладнання на борту судна, а також оцінити їх відповідність стандартам безпеки;
- статистичний аналіз аварійності та нещасних випадків дає змогу виявляти причини та обставини подій, які можуть вплинути на безпеку судна в майбутньому. Цей метод дає змогу виявити вразливі місця і вжити заходів для поліпшення безпеки.

1.3 Огляд літератури та обґрунтування темі дисертаційного дослідження

Забезпечення безпеки судноплавства є загальним завданням, вирішення якого потребує співпраці не лише між працівниками берегової інфраструктури та екіпажами суден, але й наукової спільноти та міжнародних морських

організацій. Це спільне зацікавлення у питаннях безпеки морського транспорту та безпеки експлуатації суден є важливим кроком у забезпеченні сталого та надійного функціонування судноплавства.

Так, роботи [85-90] присвячені аналізу статистичних даних та огляду втрат та інцидентів на морі, статистичному аналізу інцидентів у різних сферах транспорту. Дані праці мають на меті визначення ризиків та можливостей у сферах пожежної безпеки, дорожньо-транспортних пригод та інцидентів, а також безпеки навігації суден.

Втім важливо відзначити, що у наведених дослідженнях не було докладеної уваги до аспектів безпеки судноплавства в системі морських перевезень, які є ключовими в процесі забезпеченні надійності та безпеки морських перевезень та вимагають окремого дослідження та аналізу.

Безпека судноплавства є складним завданням, як свідчать праці [91-93], що включає в себе різноманітні аспекти, такі як попередження аварій, безпека екіпажу та пасажирів, дотримання норм та стандартів, та інші. Врахування цих аспектів є критичним для розробки ефективних стратегій та поліпшення системи морських перевезень як важливого елементу глобального транспортного комплексу підкреслюючи особливу увагу аналізу та оцінці аспектів безпеки судноплавства у системі морських перевезень.

Враховуючи ці джерела можна відзначити, що у них детально розглянуто питання статистичного аналізу та методів оцінки ризиків та безпеки в різних контекстах. Однак, важливо зазначити, що деякі з цих досліджень можуть не враховувати безпеко-орієнтовану роботу суден в системі морських перевезень. Нормативні документи [94-98] описують забезпечення безпеки перевезень вантажів та пасажирів, забезпечення принципів та категорій допомоги у безпеці та морської політики та безпеки Європейського Союзу. Наведені конвенції є важливими правовими документами, що регулюють різні аспекти морського права та безпеки морських перевезень та встановлюють міжнародні правила для запобігання зіткненням суден на морі та безпеці навігації, правила відшкодування завданої

шкоди внаслідок зіткнення суден внутрішнього плавання, міжнародні стандарти забезпечення безпеки людей на морі та на суднах. Кожна з цих конвенцій відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки та регулюванні правових аспектів морського судноплавства.

Вивчення факторів, що створюють достатні можливості для виникнення та розвитку контрабанди, піратства та незаконної міграції, їх вплив на рівень безпеки та негативний вплив на прибутковість у судноплавній галузі розглянуто в [99-101]. Але слід зазначити що наведені джерела не враховують всі аспекти комплексної безпеки роботи суден в системі морських перевезень. Адже це включає в себе широкий спектр аспектів, таких як технічна безпека, безпека вантажу та екіпажу, запобігання зіткненням та інші.

Проблеми морської безпеки та шляхи їх вирішення розглядалися в [102-102]. Ці джерела розглядають різні аспекти морської безпеки зокрема перетин гендерної динаміки та морської безпеки, виокремлюючи сфери, де не враховуються гендерні аспекти. Акцентується увага на морській дипломатії як засобі підтримання стабільності регіональної безпеки та досліджуються питання щодо виключності та елітизму в глобальному підході до морської безпеки, особливо в контексті Африки. Ці праці надають комплексний погляд на морську безпеку з різних перспектив проте, не дивлячись на ці важливі аналізи різних аспектів морської безпеки, ні одне з цих джерел не враховує комплексність безпеко-орієнтованої роботи суден.

Питанням вивчення "безпеки судноплавства", під якою розуміється комплекс заходів, спрямованих на запобігання будь-яким аварійним ситуаціям на суднах під час рейсу, присвячено ряд наукових праць [105-109]. Багато з них розкривають загальні питання, а багато хто намагається оцінити окремі аварії, намагаючись проаналізувати та встановити причинно-наслідковий зв'язок у морських аваріях. Нормативні документи, здебільшого концентруються на різних аспектах морської діяльності, таких як права моряків, умови праці екіпажу що, безумовно, є важливим аспектом. Проте, для досягнення сталого та безпечного функціонування власного флоту,

судновласникам також важливо мати належну увагу до аспектів безпеки. Забезпечення безпеки в морських перевезеннях вимагає комплексного підходу, що включає в себе адекватну професійну підготовку, технічне обслуговування та контроль за виконанням безпекових стандартів на судах.

У [110] проведено аналіз головних напрямків розвитку судноплавства протягом 2010-х років, з акцентом на проблеми надмірних витрат та низького попиту. У документі [111] надається Кодекс поведінки судновласників, який спрямований на гарантування прав моряків. В спільному заявленні організацій [112], закликають до подальшого співробітництва для вирішення проблеми зі зміною екіпажів, забезпечення здоров'я та безпеки моряків під час пандемії COVID-19.

У кожному з джерел окремо зазначаються і розглядаються ключові аспекти, які важливі для сучасного судноплавства та безпеки морських перевезень. Проте, слід зазначити, що вони можуть не повною мірою враховують всі аспекти безпеки роботи судна в системі морських перевезень.

Заслужують певної уваги наукові дослідження з експлуатації судових технічних систем і комплексів, оскільки на цю частину припадає значна частка статистики морських аварій. При цьому аналіз показників безпеки експлуатації судового технічного обладнання наведено в [113, 114].

У [115, 116] досліджуються методи підвищення безпеки експлуатації машин машинного відділення шляхом навчання на базі комп'ютерної підготовки симулятора машинного відділення на борту суден. Екологічні показники суден внутрішнього плавання та регулювання експлуатаційного та аварійного забруднення навколишнього середовища на водному транспорті, оцінка потенційних впливів і збитків природним ресурсам нафти досліджується в [117-119].

Ці дослідження вказують на значущість врахування екологічних аспектів внутрішнього судноплавства та його впливу на навколишнє середовище та оцінку впливу автономних транспортних систем на навколишнє середовище що є актуальним питанням але подальше вивчення цих питань

може допомогти зрозуміти, як досягти балансу між потребами судноплавства та збереженням навколишнього середовища.

Моделювання витрат на ліквідацію розливів нафти та збитків продемонстровано в [120]. Питання безпеки морського транспорту, огляд і застосування процедур аналізу зіткнень суден і посадки на мілину, а також аналізу факторів, що впливають на безпеку морських перевезень досліджено в [121, 122].

Аналіз безпеки навігації транспортних суден, є надзвичайно важливою темою. Велике значення надається дотриманню норм та визначенню факторів, які сприяють аваріям та ненавмисним посадкам суден на мілину, людському фактору присвячено глибокий інсайт, допомагаючи розуміти важливість людського впливу на безпеку морських перевезень. Однак слід зазначити, що жодне з цих досліджень не охоплює аспекти загальної безпеки роботи суден в морській транспортній системі або забезпеченню інтегрованої безпеки суден і морських перевезень в цілому. Це вказує на необхідність подальших досліджень у цьому напрямку.

У роботах [123-125] розглядається людський фактор, особливо з точки зору прогностичної сили результатів інспекції для майбутніх аварій на судні – емпірична оцінка з особливою увагою до аспектів людського фактору та вивчення організаційних і регуляторних факторів безпеки на судні. Роботи зосереджені на аналізі чинників, що впливають на можливість виникнення морських аварій. Вони досліджують прогностичну силу результатів інспекцій для майбутніх аварій та приділяють увагу аспектам людського фактору. Аналіз дефіциту моніторингу та інспекцій на рівні ризику та їх вплив на наслідки аварій також є перспективним предметом дослідження. Проте, ці роботи не враховують деякі аспекти безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень в комплексі. Висвітленню взаємозв'язку заходів щодо ефективного зменшення ризиків в судноплаванні присвячено праці [126, 127].

Дослідження питань безпеки на морі, природи та походження основних проблем безпеки та потенційних загроз для судноплавної галузі, а також ситуаційну обізнаність екіпажу як ключового заходу для безпечної експлуатації суден, методів прогнозування майбутніх ризиків за допомогою підходу машинного навчання [128-131]. Розглядаються проблеми та загрози, пов'язані з морською безпекою у майбутньому, зокрема в контексті розвитку автономних морських суден, потенціал розвитку компетенцій у сфері морської освіти та навчання, підкреслюючи важливість технологічно підтриманого підвищення кваліфікації. Також дослідження спрямовані на оцінку фреймворка впровадження Міжнародного кодексу безпеки суден і портів але також слід відзначити, що вказані дослідження не повною мірою охоплюють аспекти загальної безпеки судноплавства та морських перевезень в цілому та національні нормативні документи в сфері морської безпеки, які встановлюють важливі правила, пов'язані з визначенням загальних принципів та норми організації і функціонування транспортної системи України, включаючи морський транспорт.

Дані документи встановлюють правила, що стосуються судноплавства, комерційних відносин у сфері морського транспорту та забезпечення безпеки суден. Однак важливо відзначити, що жодне з цих джерел не надає повного огляду аспектів безпеко-орієнтованої роботи суден у системі морських перевезень. Кожен з них фокусується на конкретних аспектах, таких як накладення арешту на морські судна, організація та функціонування транспортної системи, правила судноплавства та комерційних відносин. Проте комплексне забезпечення безпеки роботи суден в них залишається недостатньо висвітленою.

Роботи [135-136] присвячені ймовірнісному методу оцінки зовнішніх умов та їх впливу на ефективність експлуатації суден. Кібербезпека в морській галузі, систематичний огляд останніх досягнень і майбутніх тенденцій, досліджені в [137-139]. Аналіз публікацій вказує на актуальність та значущість кібербезпеки в цьому секторі. Вони охоплюють різноманітні аспекти,

включаючи огляд сучасних тенденцій, аналіз освіченості майбутніх спеціалістів щодо кібербезпеки та доцільність дослідження напрямків у цій галузі. Однак ці дослідження в основному фокусуються на забезпечення кібербезпеки та не розглядають у сукупності аспекти протидії кіберзагрозам на суднах в процесі безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень.

Останнім часом застосування інформаційних технологій у сфері торговельного мореплавства досягло значного прогресу та перспективного розвитку. Ключовими напрямками стали е-Навігація та технології автономної навігації. Міжнародна морська організація (ІМО) зосередила свої ініціативи на цих аспектах. Численні вчені присвятили свої праці реалізації концепції електронної навігації, наприклад супутникової навігації та радіонавігації для підвищення безпеки навігації. Особливо це відображено в роботах [140-142], в яких розглядається сукупність компонентів і елементів концепції електронної навігації та її застосування у зв'язку з впливом людського фактору. У наукових працях приділено увагу системам зв'язку для забезпечення безпеки експлуатації суден та вивченню основних факторів впровадження електронної навігації. Питання удосконалення початкових програм та необхідність оновлення стандартів підготовки навігаторів та користувачів електронної навігації розглянуто в [143, 144].

Використання сучасних технологій, судових комп'ютерних систем та їх інтеграція в навігаційний процес, аналіз стану існуючих технологій та перспективи впровадження електронно-навігаційних технологій зазначено в [145, 146].

Вивченню перспектив технологічного розвитку та впровадженню концепції безекіпажних суден і транспортних засобів присвячені роботи [147-149].

Питання енергоефективності суден розглянуті в [150-152], де зосереджено увагу на розгляді методів оптимізації енергоспоживання. Вони також враховують навігаційне середовище та безпеку. Однак ці дослідження

не аналізують питання забезпечення безпеки судна у сукупності розгляду всіх складових та підкреслюють необхідність комплексного підходу до аналізу енергоефективності стосовно безпеки суден. Це важливий аспект для розвитку морського транспорту та забезпечення екологічності та безпеки перевезень.

Актуальні проблеми забезпечення безпеки морських перевезень, забезпечення остійності суден та її вплив на безпеку судна, підвищення безпеки суден через дослідження проблем остійності та інновації представлено в [153-157].

Розглянуті дослідження концентруються на аспектах остійності суден та можливості збереження плавучості у разі його пошкодження використовуючи різні методи. Проте важливо відзначити, що ці дослідження не аналізують питання комплексної безпеки судна та безпеки морських перевезень в контексті їх взаємозв'язку.

В рамках аналізу факторів ергатичних систем відзначено вплив на безпеку праці в роботах [158-163], в яких розроблено метод формалізації особистісного фактору в ергатичних системах, досліджено методи діагностики авіаційних ергатичних систем, порівняно підходи до управління втотою персоналу в транспортних ергатичних системах та проведено дослідження безпеки ергатичних систем в літаках. Ці дослідження зазначають важливі напрямки для подальших досліджень, зокрема в контексті створення методології забезпечення безпеки орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень.

Незважаючи на значну кількість публікацій в галузі охорони праці та авіаційних ергатичних систем, існує прогалина в конкретному контексті ергатичних систем морських перевезень адже методи забезпечення безпеки в ергатичних системах морського транспорту, особливо в контексті судових операцій, чітко не висвітлені в перелічених дослідженнях. Існує потенційна потреба дослідити, як людський фактор інтегрується в ергатичні системи на морському транспорті та дослідити методи, які спеціально спрямовані на безпеку судноплавства в більш широкому контексті морських транспортних

систем. Слід запропонувати підходи, орієнтовані на людину, в проектуванні та експлуатації морських ергатичних систем для підвищення безпеки. Також за необхідне є вивчення та розробка методологій ефективного управління ризиками в морських ергатичних системах для запобігання нещасним випадкам та можливість залучення знань з суміжних дисциплін, таких як інженерія, менеджмент на морському транспорті та інші для забезпечення комплексного погляду на безпеку в ергатичних системах морських перевезень.

Таким чином існує потреба в дослідженнях які можуть усунути виявлені прогалини, надавши уявлення про методології безпеки для ергатичних систем морського транспорту і запропонували практичні рекомендації щодо інтеграції людського фактору в цьому контексті.

В роботі [164] проведено оцінку потенційного негативного впливу системи факторів на експлуатаційний стан судна під час перевезення негабаритних і важковагових вантажів де результатом є оптимізація швидкісного режиму судна в умовах перевезення таких вантажів. В роботі [165] представлено ймовірнісний метод оцінки гідрометеорологічних умов і їх вплив на ефективність експлуатації суден що свідчить про важливість врахування погодних умов при здійсненні морських перевезень. В науковій праці [166] досліджено ефективність експлуатації суден при перевезенні вантажів з оптимізацією режиму швидкості та врахуванням впливу погодних умов.

Ці наукові результати в сукупності стали основою для вибору теми поточного дослідження, підкреслюючи важливість розробки методології забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень та врахуванні впливу факторів на експлуатаційний стан судна.

У підсумку безпека розглядається як багатофакторне та багатовимірне явище, що об'єднує соціальні, політичні та технічні аспекти, де основна ідея полягає в тому, що безпека судна і його експлуатації визначається не тільки технічними параметрами, але і соціокультурними та економічними чинниками. Підкреслюється мультидисциплінарний характер підходу до

безпеки, де важливою є інтеграція знань з різних галузей, таких як технологія, інженерія, соціологія та економіка. Зокрема, визначення "безпечного мореплавства" та "безпеки судна" залежить від контексту та умов, де автори намагались розкрити ці поняття в літературних джерелах, через призму їхнього різноманітного розуміння.

Враховуючі складність та багатогранність безпеки судноплавства, вона визначається різними аспектами та чинниками в залежності від специфіки ситуації. Важливо відзначити відсутність єдиної класифікації в цьому контексті в правових актах та наукових дослідженнях, що підкреслює актуальність теми та необхідність подальших досліджень.

Незважаючи на наявність усталених методик оцінки безпеки морських операцій, виникає необхідність використання системного підходу, що об'єднує різноманітні компоненти в єдину систему. В наявних моделях часто відсутній єдиний погляд на безпеку, що призводить до фрагментарності практики управління ризиками і потенційних прогалин у протоколах безпеки. Тому існує нагальна потреба в розробленні надійної системи, яка не тільки визначає окремі компоненти безпеки, а й надає послідовну методологію для оцінки їхнього колективного впливу на загальну безпеку роботи судна в системі морських перевезень. Основні результати зазначених робіт надали базу для обрання теми поточного дослідження, яке фокусується на розробці методології управління безпекою роботи суден в системі морських перевезень.

Висновки до першого розділу

1. В даному розділі проаналізовано існуючі методики та підходи, спрямовані на запобігання аваріям та принципи забезпечення безпеки судноплавства. Виявлено способи реалізації безпеко-орієнтованої стратегії управління безпекою роботи суден в системі морських перевезень.

2. Виконано систематизований аналіз ключових проблем та потенційних загроз безпеці в сучасному морському судноплаванні та

досліджено взаємозв'язок між різноманітними проблемами та загрозами, та аналіз аварійних подій та ситуацій та визначено фундаментальні аспекти, що лежать в основі виникнення таких проблем.

3. Наукові праці вітчизняних і закордонних вчених, таких як Бейкер Д., Батлер А., Формел К., Ньюман Т., Вельгош М., Вэйнтрит А., Хезерингтон А., Флін Р., Буркиу З., Фахрі А., Аббасі А., Стираліс П., Луїсіс К., Вентікос Н., Лапкін О.І., Воєвудський Є.Н., Панарін П.Я., Онищенко С.П., Шібаєв О.Г., Кириллова О.В., Коскіна Ю.О., Бугайко Д.О., Фулконіс Ф., Ліссілор Л., Юріаш Ж., Турпін, Е., Маківен В. зробили значний внесок у розвиток теорії безпеки роботи суден, розробки та вдосконалення моделей і методів її забезпечення.

4. Загальні висновки зазначають, що багато досліджень у сфері безпеки судноплавства сфокусовані на аналізі факторів впливу на безпеку експлуатації суден та причин виникнення аварійних ситуацій, зокрема, з врахуванням людського фактору та енергоефективності суден та забезпечення кібербезпеки, яке також набуває значущості. Проте, важливо відзначити, що процес забезпечення комплексної безпеки роботи суден є менше вивченим і потребує нових методологій та подальших наукових досліджень, з урахуванням вимог сучасного прогресу.

5. Необхідним є вдосконалення існуючих та розробка нових підходів, моделей і методів, що формують методологію забезпечення безпечно-орієнтованої експлуатації суден в морській транспортній системі.

Основні результати розділу розкрити у публікаціях автора [1, 2, 3, 16, 19, 20, 32, 33, 34, 83, 84, 112, 131, 149, 164, 165, 166].

РОЗДІЛ 2

КОНЦЕПЦІЯ БЕЗПЕКО-ОРІЄНТОВАНОЇ РОБОТИ МОРСЬКИХ СУДЕН ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ВАНТАЖІВ

2.1 Сутність концепції безпеко-орієнтованої роботи морських суден

Важливість і домінування ідеї безпеки будь-якого виду транспорту, зокрема й морського, було продемонстровано у першому розділі дослідження. Сучасні глобальні тренди і прагнення людства забезпечувати розумне ставлення до техніки і технологій та їхнє раціональне використання означає, насамперед, забезпечення безпеки як для самої людини, так і для навколишнього світу.

Зазначимо, що в сучасних наукових публікаціях термін "безпека" використовується у словосполученнях із "судноплавством", "морськими перевезеннями", "роботою суден" і "суднами". І найчастіше автори або використовують ці словосполучення як синоніми, або не акцентують увагу на тому, що саме розуміється під безпекою в кожному конкретному випадку. Проте, не дивлячись на справді єдине, що притаманне всім цим поняттям - безпека суден, безпека роботи суден, безпека морських перевезень, безпека судноплавства - відсутність загроз при перевезенні вантажів (пасажирів) морем, рівень забезпечення і широта охоплення різні. Зупинимось на цьому більш детально і, перш за все, визначимо, що розуміється під усіма зазначеними об'єктами [167-169].

Судноплавство - використання водних шляхів (морів, річок, озер, каналів тощо) для руху суден. Таким чином, судноплавство - це власне судна, водні шляхи та відповідна інфраструктура.

Морські перевезення - послуги морських та річкових суден. Цей термін відображає роботу суден з точки зору вантажовласників.

"Робота суден" - переміщення вантажу (пасажирів) водними шляхами на борту суден, що є процесом і результатом комерційної експлуатації суден і розглядається з точки зору компанії-перевізника [170, 171].

Отже, "судноплавство" - це широке поняття, що характеризує транспортування вантажів (пасажирів) загалом, з огляду на відповідну інфраструктуру, що створює фізичні умови для використання водних шляхів з метою перевезень.

"Морські перевезення" також широкий термін, який здебільшого відображає погляд "користувачів" на судноплавство. Таким чином, «морські перевезення» - це послуги, які надаються вантажовласникам у рамках судноплавства, а надають ці послуги компанії-перевізники, судна яких працюють для здійснення морських перевезень, тобто виконують роботу з переміщення вантажів (пасажирів), використовуючи відповідну інфраструктуру морського транспорту [172, 173].

"Судна", своєю чергою, є транспортними засобами, які призначені для виконання роботи з переміщення вантажів (пасажирів).

Таким чином і поняття "безпека" по різному інтерпретується для судноплавства, процесу морських перевезень, роботи суден та зокрема самих суден (рис. 2. 1).

"Безпека судна" - є об'єктом регулювання та забезпечення як на міжнародному (національному) рівні, так і на рівні компаній-перевізників, що здійснюють свою діяльність відповідно до міжнародних та національних норм. Забезпечення "безпеки судна" як транспортного засобу є першим рівнем забезпечення безпеки в судноплавстві. "Безпека роботи суден", своєю чергою, забезпечується як нормативними документами (процедурами) на рівні компаній, так і відповідною політикою, згідно з якою здійснюється діяльність компаній. Безпечна робота суден забезпечує безпеку морського перевезення - послуги з транспортування вантажу. Таким чином, те, для чого призначений морський транспорт загалом і морські судна зокрема, - здійснення морського

перевезення - забезпечується на різних рівнях, але реалізується - на рівні конкретних компаній-перевізників [174].

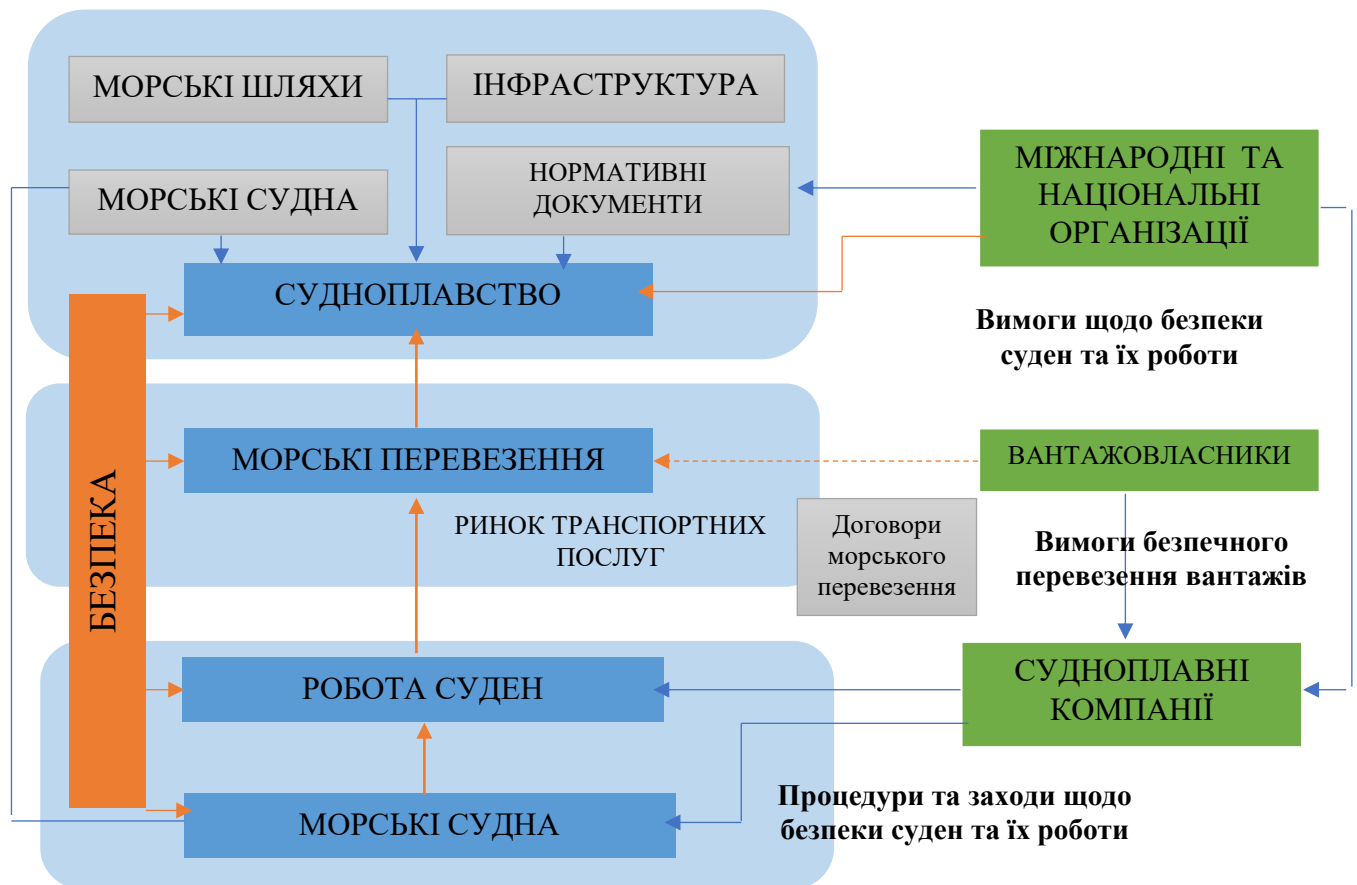


Рисунок 2.1 – Рівні безпеки у судноплавстві

Таким чином, відбувається зміна парадигми морського судноплавства в принципі, і роботи морських суден, зокрема. Якщо раніше безпеку в судноплавстві сприймали як систему якихось обмежень, рекомендацій, що ініціюються на міжнародному рівні, а також як політику компаній щодо безпеки, то сьогодні безпека стає домінуючою умовою для роботи суден і перевезень морським транспортом. Це означає, що, якщо раніше, основним прагненням судовласників було забезпечення максимальної ефективності при дотриманні вимог і обмежень ІМО (виконання яких в деякій їхній частині сприймалося в більшій мірі як вимушені витрати), то сьогодні ефективність і безпека сприймаються більшістю судовласників як дві невід'ємні компоненти судноплавного бізнесу (рис. 2.2). Можна сказати, що вимоги безпеки вже не

стільки "нав'язують" ззовні (а саме так для багатьох перевізників це раніше сприймалося), скільки ініціюють і розробляють усередині самих компаній морських-перевізників.



Рисунок 2.2 – Основні передумови концепції безпеко-орієнтованої роботи морських суден в рамках трансформації поглядів на безпеку судноплавства

Таким чином, щодо роботи суден під час перевезень як вантажів, так і пасажирів, відбувається перехід у цілепокладанні перевізників і

судновласників від максимізації прибутку до максимізації безпеки з дотриманням, природно, комерційних інтересів.

Аналогічні зміни відбуваються і на рівні судноплавства загалом: якщо раніше основна місія судноплавства становила "забезпечення світової торгівлі", то сьогодні її можна сформулювати як "забезпечення безпечної морської торгівлі" - під морською торгівлею прийнято вважати ту частину світової торгівлі, яка забезпечується морським транспортом. Усе це формує сутність трансформації парадигми сучасного судноплавства загалом і роботи суден, зокрема. Зазначимо, що судноплавство є ширшим поняттям, тоді як роботу суден, як правило, розглядають на рівні конкретної компанії-перевізника або судновласника, і вона пов'язана безпосередньо з процесом морського перевезення [175].

Попри те, що в різних джерелах наводять статистику аварій, загибелі суден та інших наслідків, пов'язаних із порушенням безпеки в судноплавстві, під час обґрунтування різноманітних заходів із безпеки, слід зазначити, що не вона (статистика) сформувала таку зміну парадигми судноплавства. В основі зміни парадигми судноплавства лежить зміна ставлення людства до навколишнього світу - саме це сформувало сучасні еко-тренди, починаючи від розподілу сміття і відповідального споживання до зелених портів і нової техніки, що забезпечує мінімізацію шкоди навколишньому середовищу. Саме зростання відповідальності у людства за свою діяльність у будь-яких сферах сформувало не тільки еко-тренди, а й зробило більшість бізнесів "відповідальними", що, насамперед, означає як основну мету не максимізацію прибутку, а мінімізацію негативного впливу бізнесу на людину та її оточення [176, 177].

Слід зазначити, що науково-технічний прогрес, зокрема і в галузі морського транспорту, з одного боку, спрямований на мінімізацію впливу "людського фактору", наприклад, за допомогою смарт-технологій. З іншого боку, керована людиною техніка стає настільки складною, що зростають вимоги до знань і навичок тих, хто з нею працює, а це призводить і до

зростання ступеня відповідальності та виникнення "морального" пресингу для екіпажів морських суден. Наприклад, наслідки деяких видів аварій танкера незначного тоннажу та супертанкерів, що працюють сьогодні, непорівнянні з точки зору шкоди навколишньому середовищу, а це не може не розумітися і серйозно сприйматися екіпажами. Таким чином, збільшення розмірів морських суден і скорочення кількісного складу екіпажів, завдяки новим технологіям, призводить до зростання відповідальності за безпеку для кожного конкретного члена екіпажу [178].

Отже, зазначені та стисло охарактеризовані чинники сформували підґрунтя для трансформації парадигми сучасного судноплавства, яка спостерігається в останні десять років - безпека стає найвищим пріоритетом.

Це визначає необхідність формування концепції безпеко-орієнтованої роботи суден, яка б системно відобразила всі необхідні аспекти, методи та засоби забезпечення безпеки в процесі морських перевезень. Формування цієї концепції передбачає визначення такої системи (рис. 2.3).

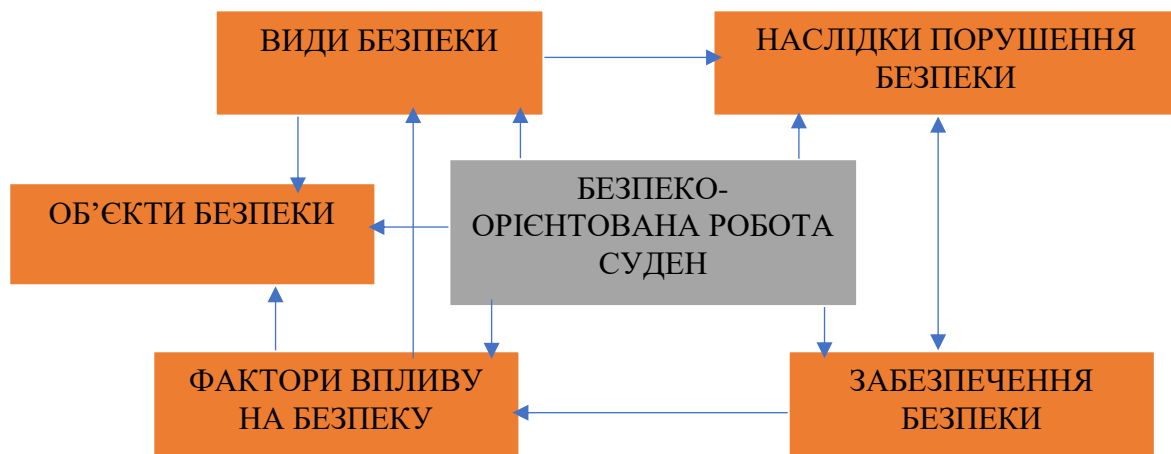


Рисунок 2.3 – Складові концепції безпеко-орієнтованої роботи суден

Концепція безпеко-орієнтованої роботи суден спрямована на забезпечення безпеки як морських перевезень, так і судноплавства загалом і призначена для реалізації її на рівні компаній-перевізників.

Зазначимо, що поняття "безпека роботи суден" слід розуміти як результат організації безпеко-орієнтованої роботи. Саме орієнтація на безпеку при організації роботи суден дозволяє отримати безпеку.

Подана система відображає логіку подальшого дослідження, спрямованого на послідовне вивчення таких питань:

- що саме є об'єктами безпеки під час роботи морських суден;
- що саме розуміється під безпекою (об'єктом безпеки) і які наслідки її порушення для кожного об'єкта;
- які види безпеки формують безпеку роботи судна - інакше, декомпозиція безпеки роботи судна;
- які чинники формують загрозу безпеці;
- які методи, засоби і заходи дають змогу забезпечити безпечну роботу судна.

Деталізація сутності кожного елемента системи на рис.2.3 дає більш конкретизований погляд на складові концепції, що представлені на рис.2.4;

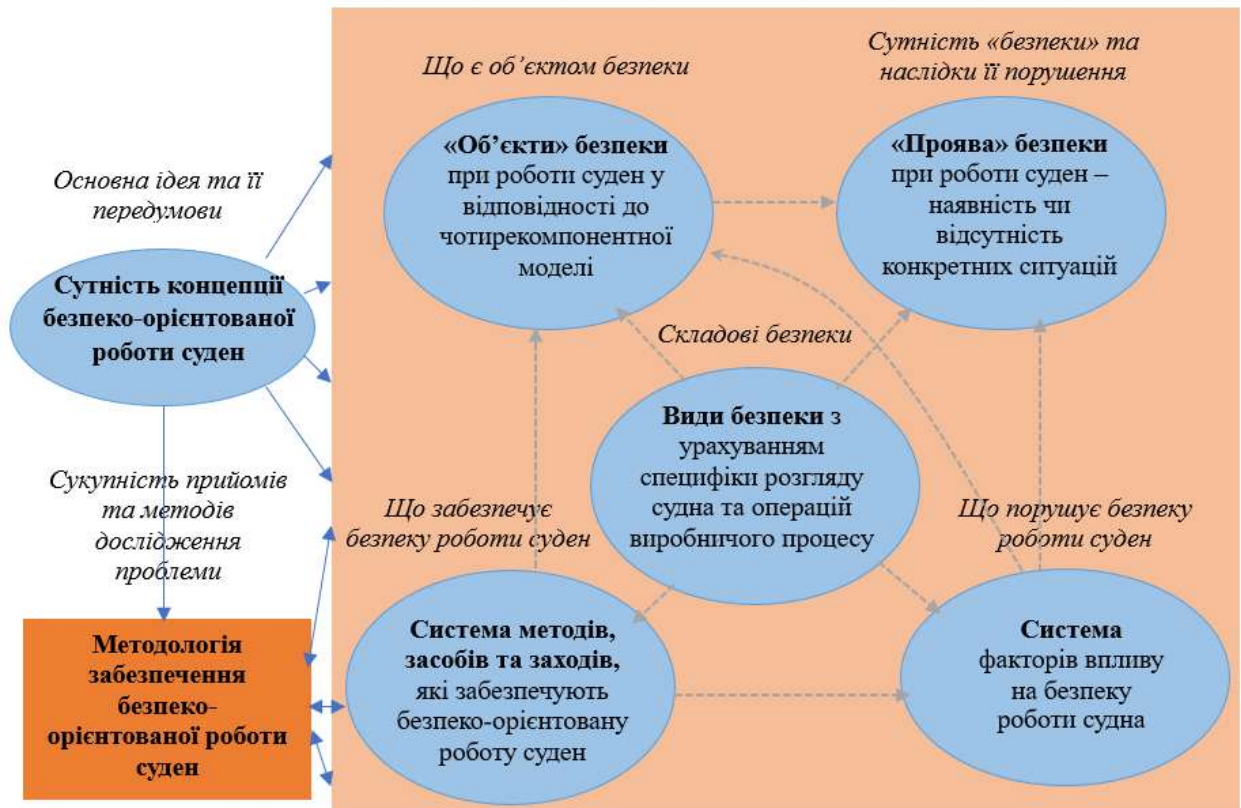


Рисунок 2.4 – Деталізація сутності основних елементів концепції безпеко-орієнтованої роботи суден

Для подальшого дослідження визначимо деякі поняття стосовно предметної області цієї роботи.

Безпека - стан об'єктів (процесів), за якого з певною ймовірністю виключено наявність небезпек / загроз.

Об'єкт безпеки - об'єкт (процес), стан якого оцінюють із погляду безпеки (стосовно якого розглядають стан "безпека") (рис. 2.5).

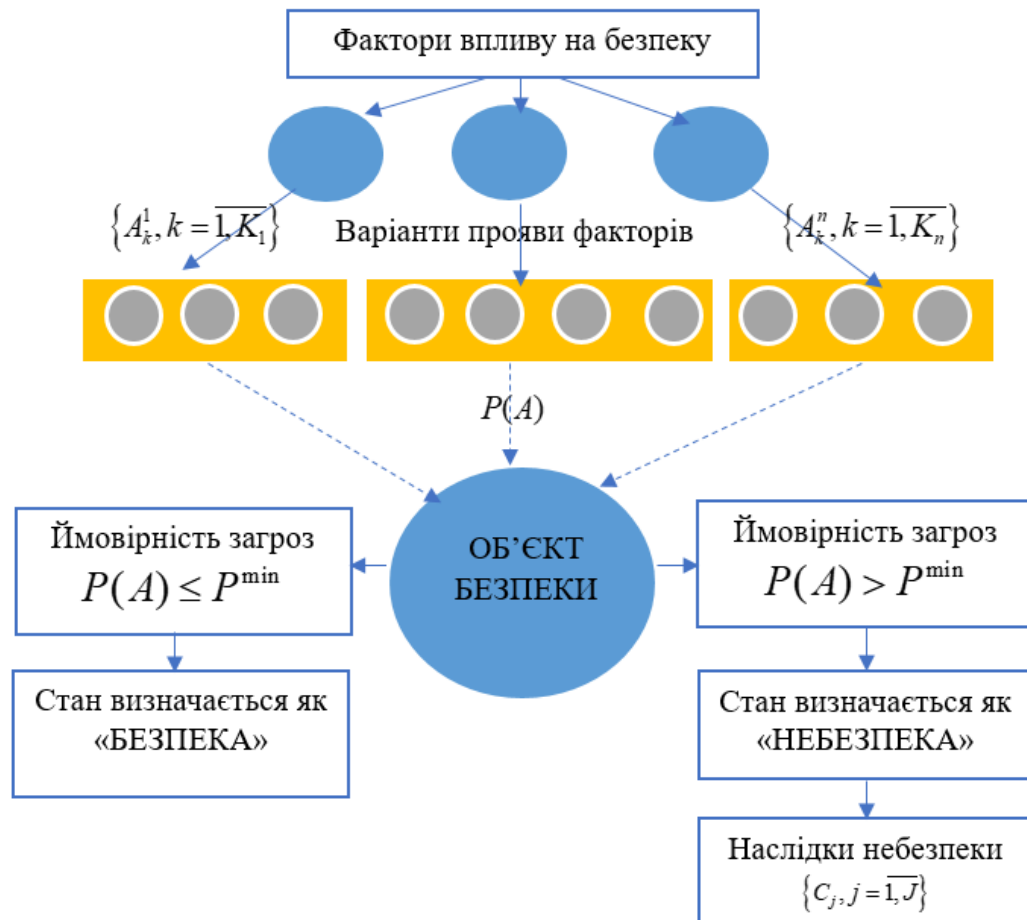


Рисунок 2.5 - Основні категорії безпеко-орієнтованої роботи суден

Фактори, що впливають на безпеку - причини (сили), які впливають на стан безпеки. Цей вплив проявляється у зміні ймовірності стану безпеки об'єкта залежно від прояву чи непрояву певного чинника, а також від того, який саме прояв чинника відбувається. У багатьох джерелах під факторами, що впливають на безпеку, розглядаються виключно зовнішні фактори. Насправді ж, для судноплавства значна кількість чинників є "внутрішніми", тобто джерелами загроз і небезпек є саме судно - його системи та екіпаж.

Порушення безпеки - процес впливу на стан об'єктів (процесів), за якого ймовірність наявності небезпек/загроз перевищує допустиму величину або стає рівною 1.

Джерело порушення безпеки - об'єкт, що безпосередньо створює небезпеку для "об'єкта безпеки". Якщо фактори - це потенційний вплив на безпеку, то джерело - це вже те, що конкретно впливає на об'єкт безпеки, зменшуючи ймовірність безпечного стану - збільшуючи ймовірність небезпечного стану.

Під джерелом порушення безпеки розумітимемо об'єкт, який безпосередньо впливає на порушення безпеки, навіть якщо не є першопричиною. Наприклад, погані погодні умови призвели до відмови навігаційної системи судна, що призводить до ризику збільшення небезпеки втрати судном "курсової орієнтації" в процесі руху. У цьому разі погодні умови є фактором, що впливає (першопричиною), а система, що відмовила, - джерелом порушення безпеки, тому що саме її відмова порушує безпеку судна.

Також факторами можуть виступати різні експлуатаційні періоди служби механізмів, двигунів, систем та приладів, що збільшує ймовірність їх відмови, джерелом небезпеки в цьому випадку є сам означений технічний вузол.

Наслідки порушення безпеки - збиток, який виникає у зв'язку з проявом конкретних небезпек/загроз.

Введемо позначення:

A – наявність небезпек/загроз для розглянутого об'єкта;

P^{\min} – допустима ймовірність наявності небезпек/загроз для розглянутого об'єкта.

Тоді умова:

$$P(A) \leq P^{\min} \quad (2.1)$$

відповідає ідентифікації стану об'єкта як "безпека", інакше стан об'єкта визначається як "небезпека".

Зазначимо, що нульова ймовірність наявності небезпек $P(A) = 0$ є практично недосяжною в судноплаванні з урахуванням постійної наявності таких чинників впливу як погодні умови, помилки / відмова судових систем (що характерно для будь-якої складної соціотехнічної / технічної системи).

Вочевидь, що оцінка $P(A)$ має базуватися на врахуванні ймовірностей подій $\{A_k^i, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, K_i}\}$ - наявність впливу k -го прояву i -го фактору, n - загальна кількість факторів що розглядаються, K_i - кількість розглянутих проявів i -го фактору.

Наприклад, якщо чинник, що розглядається, - погані погодні умови, то варіанти прояву чинника - шторм різної сили з наявністю або без дощу тощо. Оцінка є досить складною, з урахуванням необхідності знань як про стан усіх судових систем та екіпажу, так і про ймовірності впливів різних зовнішніх факторів. Більше того, деякі з подій A_k^i можуть бути спільними, деякі - ні, тому практичний підрахунок (2.2) є досить складним завданням.

Крім того, важливе значення має можливий збиток C від порушення стану безпеки. Значення цієї випадкової величини $\{C_j, j = \overline{1, J}\}$ можливі з ймовірностями, які визначаються різними комбінаціями чинників, що впливають.

Для того, щоб було можливим практично оцінити ймовірність безпеки роботи суден, необхідно здійснити декомпозицію безпеки на різні її види, що дасть змогу коректно встановити логіку впливу чинників на складову безпеки, врахувати сумісність або несумісність впливу окремих чинників тощо.

Отже, під безпеко-орієнтованою роботою суден розумітимемо таку організацію роботи суден, за якої забезпечуються всі види безпеки операцій у рамках виробничих процесів, що є частиною транспортних процесів на морському транспорті.

Зазначимо, що виконання роботи з морського перевезення вантажів пов'язане з виконанням операцій у складі виробничого процесу, який у

сукупності з виробничими процесами інших учасників морського перевезення - стивідорних компаній, наприклад, формують власне транспортний процес. Ці питання, зокрема, були детально розглянуті в [179], (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 - Виробничий процес судна в рамках транспортного процесу [179]

Кожна з представлених на рис.2.6 агрегованих операцій - стоянка судна під завантаженням, стоянка судна під розвантаженням, перехід судна з вантажем і перехід у баласті, являють собою складну систему операцій нижчого рівня (з більшим ступенем деталізації).

При цьому виконання деяких операцій пов'язане тільки з виробничим процесом судна без участі кого-небудь ще - наприклад, перехід судна з вантажем або в баласті. Тут безпека забезпечується тільки самим судном.

Деякі операції передбачають спільну роботу з іншими учасниками транспортного процесу - наприклад, у процесі стоянки судна в порту вантажні операції виконуються стивідорною компанією і, відповідно, виникає сукупність операцій різних виробничих процесів (різних учасників), що формують відрізок транспортного процесу. Це ж стосується бункерування, а також маневрених операцій, якщо їх розглядати як частину стоянки судна. Тут, відповідно, виникає спільна відповідальність за безпеку, але судно повинно контролювати всі операції, що виконуються.

З точки зору специфіки виробничого процесу роботи судна, можуть бути визначені такі чотири види безпеки: технічна, технологічна, навігаційна, екологічна.

Ці чотири види безпеки під час роботи суден, з одного боку, пов'язані зі специфікою різних виробничих операцій у процесі морського перевезення, з іншого боку, з різними аспектами розгляду судна (рис. 2.7).

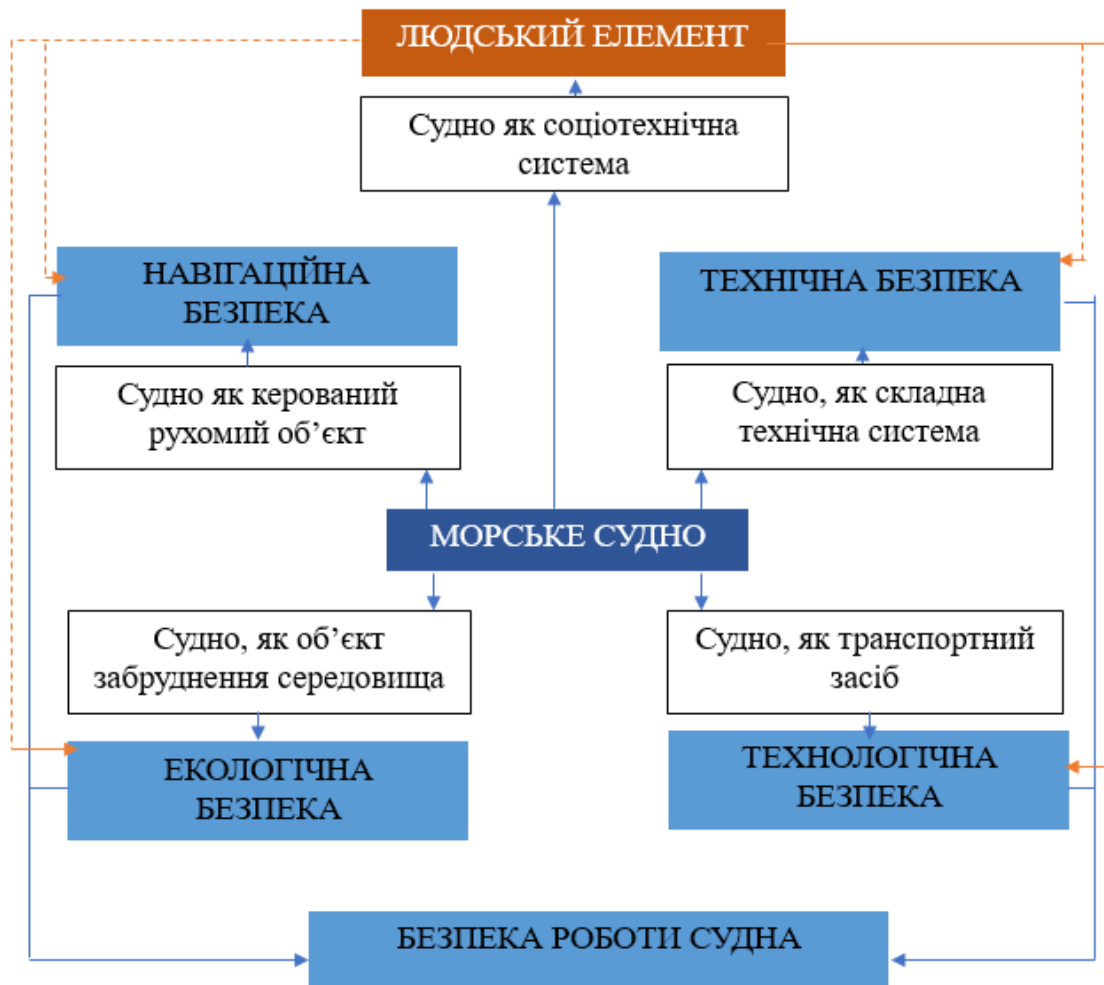


Рисунок 2.7 – Види безпеки в процесі роботи судна

Судно як керований рухомий об'єкт, що рухається, зумовлює навігаційну безпеку, порушення якої може становити загрозу не тільки для самого судна, а й для інших суден та інфраструктури.

Судно як технічна система, що являє собою сукупність різних технічних підсистем (головна і допоміжна енергетичні установки, системи очищення баластних вод тощо) визначає розгляд технічної безпеки.

Оскільки судно являє собою об'єкт, що забруднює середовище, - і атмосферу і водну екосистему, навіть за умов нормально працюючих суднових систем, то логічним є розгляд екологічної безпеки.

Крім того, судно як транспортний засіб є учасником транспортного процесу (процесу морського перевезення), де взаємодіє з іншими учасниками - стивідорними компаніями, бункерувальниками, суднами портофлоту, що передбачає виконання спільних операцій (про що йшлося раніше), у рамках певних технологічних процесів (наприклад, процесу навантаження вантажу), а отже, необхідним є розгляд технологічної безпеки, рис.2.7;

З урахуванням того, що судно є також соціотехнічною системою [180, 181], людина або, використовуючи відповідну термінологію, людський елемент бере участь у формуванні або порушенні всіх виділених видів безпеки. Так, екіпаж керує судном і взаємодіє з усіма технічними системами судна, а також бере участь у всіх технологічних процесах з персоналом інших компаній-учасників процесу перевезення або обслуговування судна.

Отже, під цими видами безпеки будемо розуміти такі:

- Технічна безпека, пов'язана зі справністю конструкції, належним функціонуванням обладнання та систем судна, а також з його відповідністю нормативним вимогам і стандартам безпеки.

- Навігаційна безпека, що охоплює аспекти безпечної експлуатації судна, контроль за його рухом, станом навігаційного обладнання і обслуговуванням, а також навчання і тренування екіпажу в галузі безпеки керування судном.

- Технологічна безпека (перевезення вантажів), що охоплює аспекти безпеки під час перевезення небезпечних вантажів, дотримання правил планування, розміщення, пакування та маркування вантажів, а також забезпечення їх безпечного укладання та закріплення на борту судна.

- Екологічна безпека, включає в себе заходи, спрямовані на збереження морського середовища та запобігання забрудненню водних ресурсів шляхом дотримання міжнародних норм і стандартів, використання екологічно чистих палив, ефективне управління відходами, моніторинг та контроль забруднення, а також освіта та навчання.

Такий розподіл на види безпеки необхідний для повноти охоплення заходів, засобів і методів забезпечення безпеки роботи суден, бо кожний вид безпеки пов'язаний зі специфічним джерелом порушення безпеки внаслідок впливу різних чинників [182].

На рис.2.8 представлено співвідношення виділених видів безпеки та етапів виробничого процесу роботи суден. Тому за основні види безпеки що будуть розглядатися, прийматимемо наступні:

- Технічну безпеку яка може розглядаються в рамках усіх етапів роботи суден, оскільки ті чи інші системи судна задіяні в усіх операціях, зокрема й енергетичні установки, які додатково є також основним джерелом забруднення середовища. Крім того, злив баластних вод теж становить потенційну загрозу середовищу.

- Навігаційну безпеку пов'язана з рухом судна, тому розглядається на переходах судна в баласті або з вантажем.

- Технологічну безпеку передбачає взаємодію з іншими учасниками транспортного процесу, що виникає в портах навантаження/розвантаження (зокрема, розміщення, закріплення та технології перевезення вантажів, бункерування судна, лоцманська проводка тощо).

- Екологічну безпеку судна яка включає в себе комплекс заходів та технологій, спрямованих на зменшення негативного впливу судна на навколишнє середовище під час експлуатації.

Сукупність цих видів безпеки формує підсумкову безпеку всіх операцій виробничого процесу роботи суден, рис.2.8;

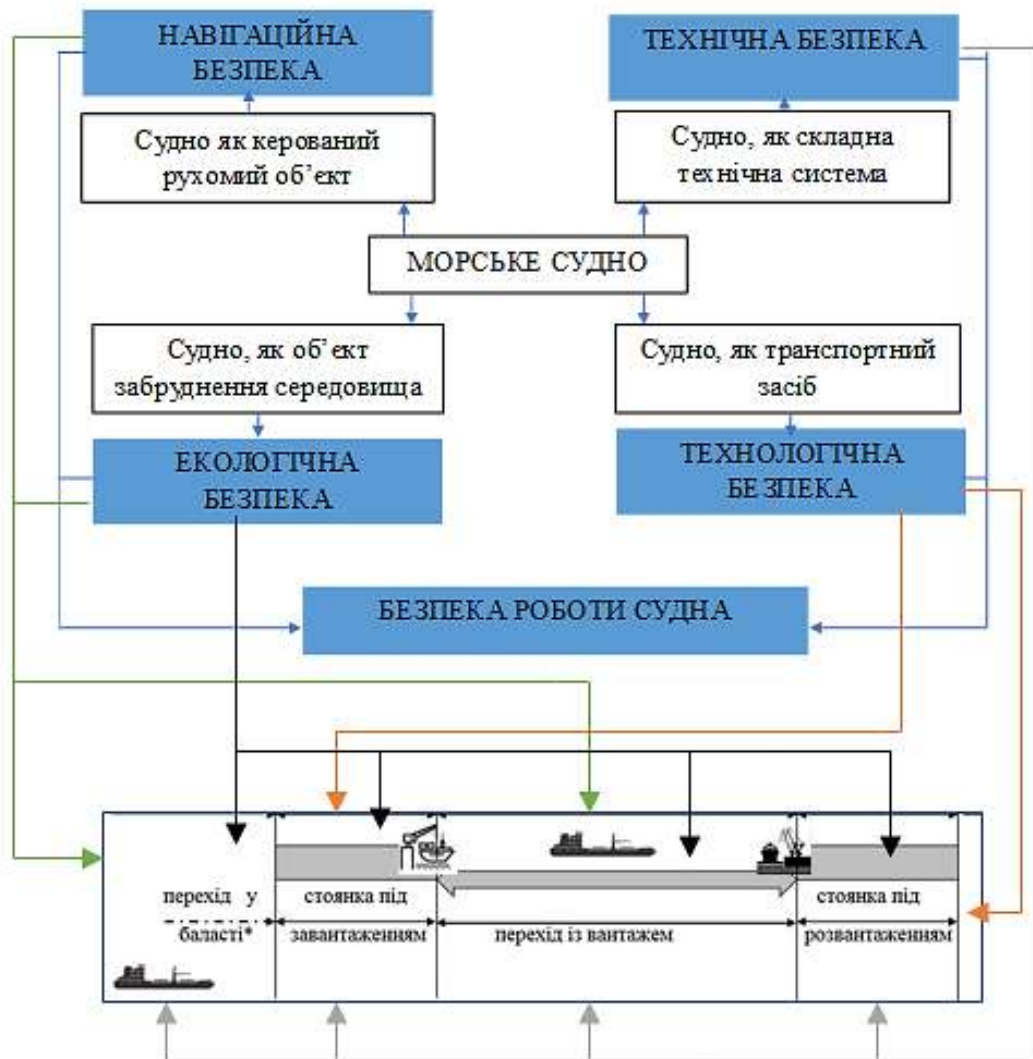


Рисунок 2.8 - Види безпеки за етапами виробничого процесу

Таким чином, на кожному етапі $l = \overline{1, L}$ виробничого процесу роботи судна подія S^l – безпека роботи судна є добутком подій $S^l_1, S^l_2, S^l_3, S^l_4$ - які полягають у тому, що під час роботи судна забезпечено технічну, навігаційну, екологічну та технологічну безпеку:

$$S^l = \prod_{i=1}^4 S^l_i, l = \overline{1, L}. \quad (2.2)$$

З урахуванням незалежності чотирьох видів (компонент) безпеки роботи судна, які було виділено саме з можливості та коректності їх відокремленого розгляду, ймовірність безпеки роботи судна на етапі виробничого процесу:

$$P(S^l) = \prod_{i=1}^4 P(S^l_i), l = \overline{1, L}. \quad (2.3)$$

Потребує уваги кількість етапів виробничого процесу судна. На рис. 2.8 наведено чотири основних етапи, але ж насправді розподіл на етапи, як і розгляд операцій, може відбуватися з різним ступенем деталізації. Тому у даному дослідженні прийнята кількість етапів у загальному вигляді L , але ж у кожному випадку ця кількість визначається з урахуванням наявності інформації тощо. Наприклад, можна окремо виділяти заход судна у порт та вихід судна з порту, окремо переход між портами або можна відокремити проходження каналу (протоків).

Якщо на певному етапі не розглядається окремий вид безпеки, то відповідно він у (2.2) не враховується.

Слід зазначити, що кожному етапу виробничого процесу судна відповідає множина операцій $O^{lj}, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}$, які можуть бути розглянутими з різним ступенем деталізації. Нехай подія S^{lj} - безпека виконання j -ої операції виробничого процесу роботи судна $j = \overline{1, M_l}$ на етапі $l = \overline{1, L}$, де M_l - загальна кількість операцій на l -ому етапі. Слід зазначити, що з урахуванням різної спрямованості та сутності операцій, тільки їх частина впливає на конкретний вид (компонент) безпеки $S^l_1, S^l_2, S^l_3, S^l_4$.

Таким чином множину усіх операцій $O^{lj}, j = \overline{1, M_l}$ на l -ому етапі можна розподілити на чотири множини за спрямованістю с точки зору виду безпеки: $\Omega^l_1, \Omega^l_2, \Omega^l_3, \Omega^l_4 \subset \Omega^l$. Кожна множина $\Omega^l_1, \Omega^l_2, \Omega^l_3, \Omega^l_4$ відповідає певному виду безпеки. Слід зауважити, що дані множини можуть мати перетин, тобто деякі операції належать одразу декільком множинам, так як їх виконання впливає на різні види (компоненти) безпеки, але їх вплив, звичайно, різний, тобто з різним

ступенем безпеки кожної операції впливає на вид (компонент) безпеки роботи судна.

Для врахуванням різного ступеню впливу операцій виробничого процесу судна на певному етапі та певний вид (компонент) безпеки роботи судна пропонується ввести до розгляду вагові коефіцієнти $\lambda_1^{lj}, \lambda_2^{lj}, \lambda_3^{lj}, \lambda_4^{lj}, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}$, які визначатимуть вагомість безпеки кожної операції для певного виду (компоненту) безпеки (рис.2.9). З урахуванням сутності вагових коефіцієнтів, вони мають відповідати наступним умовам:

$$\sum_{j \in \Omega_i} \lambda_i^{lj} = 1, i = \overline{1, 4}, l = \overline{1, L}, \quad (2.4)$$

Виходячи з цього, володіючи оцінками ймовірностей подій $S^{lj}, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}$, а саме, $P(S^{lj}), l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}$ можна оцінити ймовірність кожного виду (компоненти) безпеки на кожному етапі виробничого процесу роботи судна $P(S_1^l), P(S_2^l), P(S_3^l), P(S_4^l)$. Це дозволяє проводити комплексну оцінку безпеки, враховуючи різні аспекти роботи судна та потенційні ризики на кожному етапі. Таким чином, можна визначити слабкі місця в системі безпеки і розробити ефективні заходи для їх усунення, підвищуючи загальний рівень безпеки судноплавства:

$$P(S_i^l) = \sum_{j \in \Omega_i} \lambda_i^{lj} \cdot P(S^{lj}), i = \overline{1, 4}, l = \overline{1, L}. \quad (2.5)$$

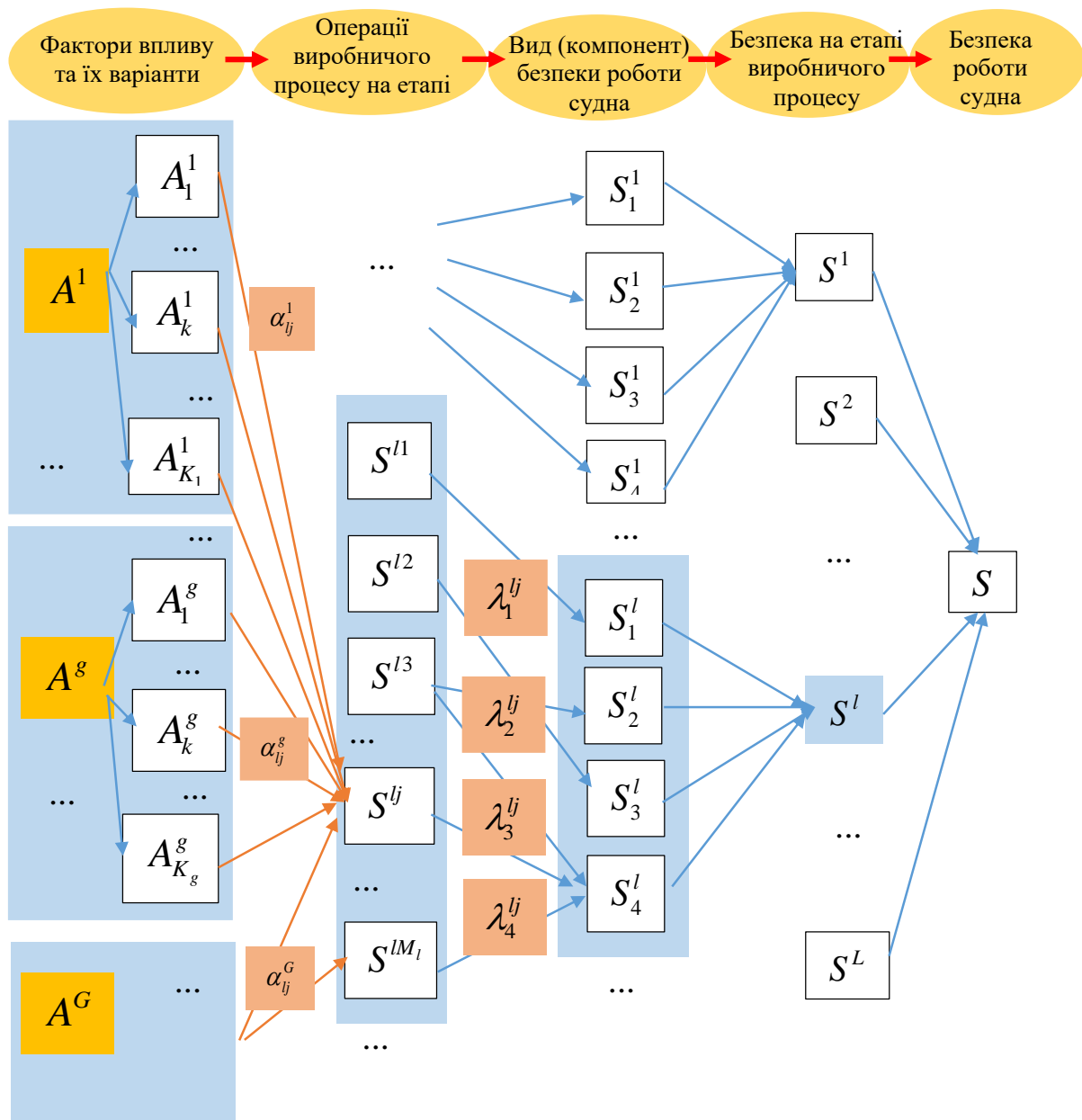


Рисунок 2.9 – Формування причинно-наслідкових зав’язків у системі безпеки роботи суден

У свою чергу, безпека кожної операції залежить від впливу множини факторів $A^1, A^2, \dots, A^g, \dots, A^G$ протягом виробничого процесу роботи судна, які згадувались раніше. Перш за все, погодні умови, стан людського елементу (команди судна), рівень технічного стану судна, специфіка вантажу, рівень технічного обладнання портів, рівень безпеки виконання операцій у порту, тощо. Кожен з факторів впливу має варіанти прояву, наприклад, якщо A^1 -

погодні умови, то $A_1^1, A_2^1, \dots, A_k^1, \dots, A_{K_1}^1$ - варіанти стану погодних умов протягом виконання судном рейсу; якщо A^2 - технічний стан судна, то $A_1^2, A_2^2, \dots, A_k^2, \dots, A_{K_2}^2$ - варіанти цього стану.

Для врахування різного ступеню впливу розглянутої множини факторів $A^1, A^2, \dots, A^g, \dots, A^G$ введемо у розгляд вагові коефіцієнти $\alpha_{lj}^1, \alpha_{lj}^2, \dots, \alpha_{lj}^g, \dots, \alpha_{lj}^G$ за умови:

$$\sum_{g=1}^G \alpha_{lj}^g = 1, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}. \quad (2.7)$$

Таким чином дані важелі враховують ступінь впливу факторів у цілому на кожну операцію виробничого процесу судна – наприклад, як погодні умови в цілому впливають на безпеку виконання операцій.

Слід зазначити, що не тільки агреговані фактори впливу по різному впливають на безпеку виконання операцій, навіть окремі прояви факторів впливу мають різне значення для безпеки виконання операції протягом певного етапу роботи судна. Наприклад, штормові умови більшою мірою впливають на маневрені операції та у процесі переходу судна між портами.

Слід зазначити, що множина прояв певного фактору впливу $A_1^g, A_2^g, \dots, A_k^g, \dots, A_{K_g}^g, g = \overline{1, G}$ складає повну групу подій – дійсно, дані події є незалежними та охоплюють усі можливі варіанти прояв фактору впливу. Отже:

$$\sum_{k=1}^{K_g} P(A_k^g) = 1, g = \overline{1, G}, k = \overline{1, K_g}. \quad (2.7)$$

Кожна проява фактору впливає на безпеку виконання операції, тому має місце множина умовних ймовірностей:

$$P_{A_k^g}(S^{lj}), l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}, \quad (2.8)$$

тобто ймовірностей безпеки виконання кожної операції $S^{lj}, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}$ за умов того, що має місце подія A_k^g , тобто конкретний стан певного фактору впливу (його проява). Таким чином враховується вплив факторів на ймовірність безпеки виконання операцій.

Отже, маючи оцінки ймовірностей (розподіл) для кожного фактору впливу $P(A_k^g), g = \overline{1, G}, k = \overline{1, K_g}$, можливо шляхом використання формули повної ймовірності оцінити ймовірності безпеки кожної операції $S^{lj}, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}$ для кожного етапу виробничого процесу з урахуванням впливу множини факторів, а також ймовірностей їх прояв:

$$P(S^{lj}) = \sum_{g=1}^G \alpha_{lj}^g \sum_{k=1}^{K_g} P(A_k^g) \cdot P_{A_k^g}(S^{lj}), l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}, \quad (2.9)$$

де

$$\sum_{k=1}^{K_g} P(A_k^g) \cdot P_{A_k^g}(S^{lj}), l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}, g = \overline{1, G} \quad (2.10)$$

- ймовірність безпеки виконання операції j на етапі l виробничого процесу судна з урахуванням фактору впливу g . В свою чергу (2.9) враховує усі фактори впливу $A_1^g, A_2^g, \dots, A_k^g, \dots, A_{K_g}^g, g = \overline{1, G}$ та їх різний ступень впливу за допомогою коефіцієнтів $\alpha_{lj}^g, g = \overline{1, G}, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}$.

Таким чином, формується ланцюг оцінки ймовірності безпеки роботи судна:

- фактори впливу $A^1, A^2, \dots, A^g, \dots, A^G$, їх вагомість $\alpha_{lj}^1, \alpha_{lj}^2, \dots, \alpha_{lj}^g, \dots, \alpha_{lj}^G$, прояви $A_1^g, A_2^g, \dots, A_k^g, \dots, A_{K_g}^g, g = \overline{1, G}$ та відповідний розподіл ймовірностей $P(A_k^g), g = \overline{1, G}, k = \overline{1, K_g}$;
- ймовірності безпеки операцій $P(S^{lj}), l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}$ на етапі виробничого процесу з урахуванням впливу множини факторів;

- ймовірності кожного виду (компоненти) безпеки роботи судна $P(S_1^l), P(S_2^l), P(S_3^l), P(S_4^l)$ на кожному етапі з урахуванням множини відповідних операцій $\Omega_1^l, \Omega_2^l, \Omega_3^l, \Omega_4^l$, що пливають, та їх ступеню впливу $\lambda_1^{lj}, \lambda_2^{lj}, \lambda_3^{lj}, \lambda_4^{lj}, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, M_l}$;
- ймовірність безпеки роботи судна на кожному етапі виробничого процесу $P(S^l), l = \overline{1, L}$;
- ймовірність безпеки роботи судна протягом рейсу $P(S)$, яка оцінюється з урахуванням ймовірностей безпеки на усіх етапах виробничого процесу:

$$P(S) = \prod_{l=1}^L P(S^l). \quad (2.11)$$

Безпека, якщо трактувати її так, як прийнято в рамках чотирьохкомпонентної моделі безпеки в судноплаванні [183], означає безпеку для судна, вантажу, людей і зовнішнього середовища (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 - Чотирьохкомпонентна модель безпеки судноплавства відповідно до ІМО

Чотирьохкомпонентна модель безпеки судна - це концептуальна модель, яка складається з чотирьох основних компонентів, необхідних для

забезпечення безпеки судна та його екіпажу під час плавання. Ці компоненти включають у себе:

1. Компонент безпеки судна охоплює фізичні аспекти судна, як-от його конструкцію, силову установку, системи управління та навігації, які мають відповідати високим стандартам безпеки, щоб забезпечити безпеку експлуатації судна. Забезпечення відповідності конструкції судна стандартам безпеки, включаючи витривалість корпусу, міцність конструкційних елементів та стійкість судна в різних умовах. Установка та належне функціонування систем безпеки на судні, таких як система пожежогасіння, системи протиаварійного замкнення, системи автоматичного контролю та моніторингу, системи електронної навігації тощо. Використання безпечного та надійного обладнання та механізмів на судні, включаючи електрообладнання, системи автоматики, системи керування судном та управління технічними комплексами, системи комунікації тощо. Використання протиаварійного захисту, таких як роздільні системи баластування, заходи для запобігання витоку палива та розливу нафтопродуктів, системи управління та моніторингу стану навколишнього середовища. Розробка та виконання планів безпеки, включаючи план евакуації, план дій у разі пожежі, план боротьби з забрудненням, а також встановлення процедур безпеки для різних ситуацій та операцій на судні.

2. Компонент безпеки екіпажу стосується кваліфікації та досвіду екіпажу, їхніх знань і навичок у сфері безпеки, а також їхньої здатності реагувати на різні ситуації, які можуть виникнути під час плавання. Забезпечення безпеки та здоров'я екіпажу на судні, яке включає надання безпечних умов праці, врахування фізичного та психологічного стану екіпажу, вжиття заходів для запобігання травматизму та професійних захворювань. Належний рівень кваліфікації та тренування членів екіпажу, навчання з питань безпеки, оволодіння необхідними навичками та знаннями для виконання своїх обов'язків на судні. Забезпечення ефективної комунікації та співробітництва між членами екіпажу, розроблення процедур передачі інформації,

встановлення відкритої та ефективної комунікаційної системи, підтримку командного духу та спільної відповідальності. Забезпечення безпеки під час виконання робочих операцій на судні з використанням захисного спорядження, дотримання безпечних робочих процедур, управління ризиками та виявлення потенційних небезпек [184].

Забезпечення психологічної підтримки екіпажу, особливо в умовах тривалої відсутності вдома та стресових ситуацій також включає надання консультаційних послуг, доступ до рекреаційних та відпочинкових зон на судні, організацію зв'язку з родиною та підтримку соціального благополуччя [185].

2. Компонент безпеки суднових операцій охоплює процеси і процедури, які використовуються для управління процесами судна, включно з безпекою судноводіння, виконанням вантажних операцій а також забезпеченням своєчасного обслуговування і ремонту обладнання. Забезпечення безпечної навігації судна, включає правильне планування маршруту, управління рухом, опрацювання інформації про навігаційні ризики та небезпеки, дотримання правил та обмежень, встановлених міжнародними організаціями. Забезпечення належного стану технічного обладнання судна, включає систематичне вимірювання, моніторинг та оцінку даних про стан обладнання на борту з плином часу, а також систем безпеки таких як протипожежних, рятувальних систем тощо. Розроблення та виконання ефективних процедур та політик, які сприяють безпечним судновим операціям та забезпечення належної кваліфікації та тренування екіпажу, проведення регулярних інспекцій та аудитів, впровадження безпечних робочих процедур та регламентів.

Врахування ролі та впливу людського фактору на безпеку суднових операцій, яке охоплює розуміння психологічних та фізіологічних аспектів роботи екіпажу, використання ефективних комунікаційних процесів та прийняття рішень, а також розроблення систем підтримки прийняття рішень та управління втомою. Дотримання встановлених міжнародними

організаціями, такими як Міжнародна морська організація (ІМО), правил, стандартів та конвенцій, що стосуються безпеки суднових операцій, включаючи Міжнародні правила запобігання зіткненню суден та Міжнародний кодекс з управління безпекою (ISM Code) [186].

4. Компонент безпеки довкілля, стосується оцінки та управління ризиками, пов'язаними з навколишнім середовищем, такими як погода, морські течії, льодові умови та інші чинники, відповідність екологічним нормам та інші фактори які можуть вплинути на безпеку плавання. Відповідність екологічним нормам, забезпечення дотримання судном встановлених норм та вимог щодо захисту довкілля від забруднення. Це може включати використання екологічно чистих палив та мастил, впровадження екологічних технологій та процесів, а також виконання міжнародних конвенцій та правил, спрямованих на запобігання забрудненню морського середовища. Регулярне вилучення, обробка та утилізація відходів, що виникають на судні. Це може включати сортування відходів, використання спеціальних систем для їх зберігання та обробки, а також дотримання міжнародних правил та стандартів управління відходами на морських судах. Прийняття заходів для запобігання забрудненню довкілля, зокрема, морських вод, відходами, нафтою або іншими шкідливими речовинами. Це може включати встановлення та дотримання процедур інспекції, контролю та попередження забруднення, а також використання спеціального обладнання і технологій для мінімізації ризику забруднення довкілля. Раціональне та ефективне використання природних ресурсів, таких як паливо, вода та енергія, з метою зменшення негативного впливу на довкілля, що включає використання енергоефективних систем, оптимізацію маршрутів тощо (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Декомпозиція чотирьохкомпонентної моделі безпеки

Усі представлені компоненти взаємопов'язані та взаємозалежні, і недолік у будь-якому з них може призвести до порушення безпеки судна і його екіпажу. Чотири компоненти відображають об'єкти, пов'язані з морськими перевезеннями, для яких забезпечується безпека, і які формують основні аспекти безпеки. Таким чином, безпеко-орієнтована робота суден означає безпеку відповідно до чотирьохкомпонентної моделі - тобто, безпеку для судна, вантажу, людей і середовища [187].

Таким чином, компоненти в цієї моделі визначають "прояви" безпеки - об'єкти, що пов'язані з морським перевезенням, і щодо яких розглядається безпека, або іншими словами об'єкти, що можуть бути пошкоджені та яким може бути завдано шкоди внаслідок порушення безпеки, а точніше, одного або більше з виділених чотирьох видів безпеки.

Слід зазначити, що "екологічна безпека" і компонента "зовнішнє середовище" з чотирьохкомпонентної моделі безпеки в судноплавстві є різними поняттями. Шкоду для компоненти безпеки "зовнішнє середовище"

може бути завдано внаслідок порушення будь-якого з виокремлених видів безпеки (рис. 2.12).

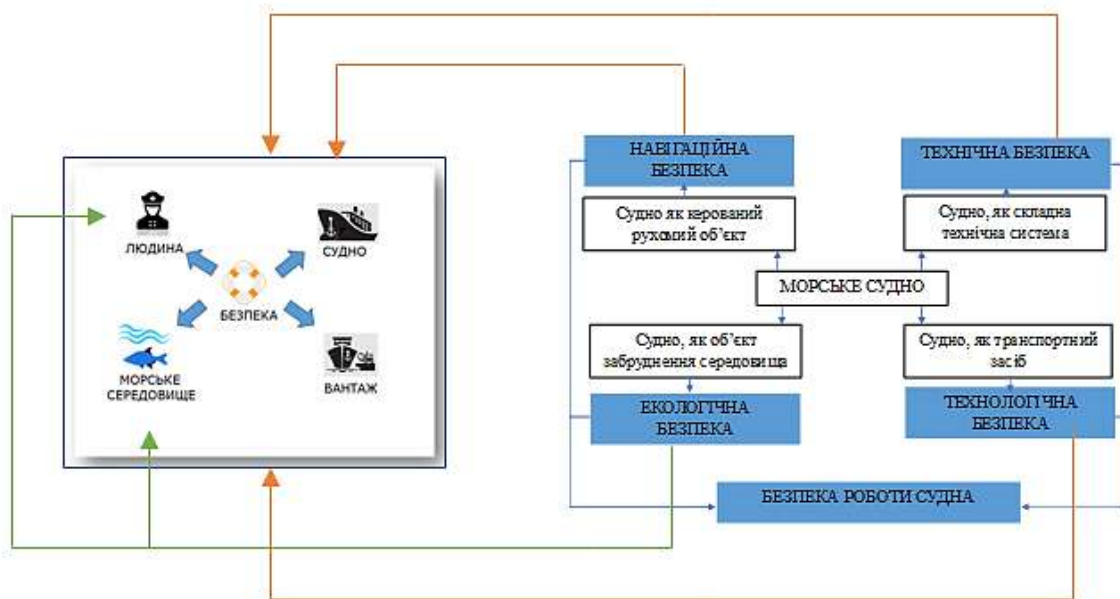


Рисунок 2.12 - Взаємозв'язок об'єктів і видів безпеки

У разі відмови будь-якої технічної підсистеми судна, у разі порушення технології навантаження/розвантаження, у разі неправильних дій, що призводять до порушення навігаційної безпеки, а також у разі порушення норм, пов'язаних із забрудненням зовнішнього середовища (наприклад, відсутності контролю над якістю баластних вод) тощо.

Схема на рис.2.12 відображає взаємозв'язок об'єктів безпеки відповідно до чотирьохкомпонентної моделі та видів безпеки, встановлених раніше. Технічна, технологічна та навігаційна безпеки пов'язані з усіма компонентами моделі. Екологічна безпека пов'язана із зовнішнім середовищем і людиною.

Слід особливо зазначити, що в процесі морського перевезення кожна з компонент чотирьохкомпонентної моделі безпеки в судноплаванні є як об'єктом безпеки, так і причиною її порушення (рис. 2.13).

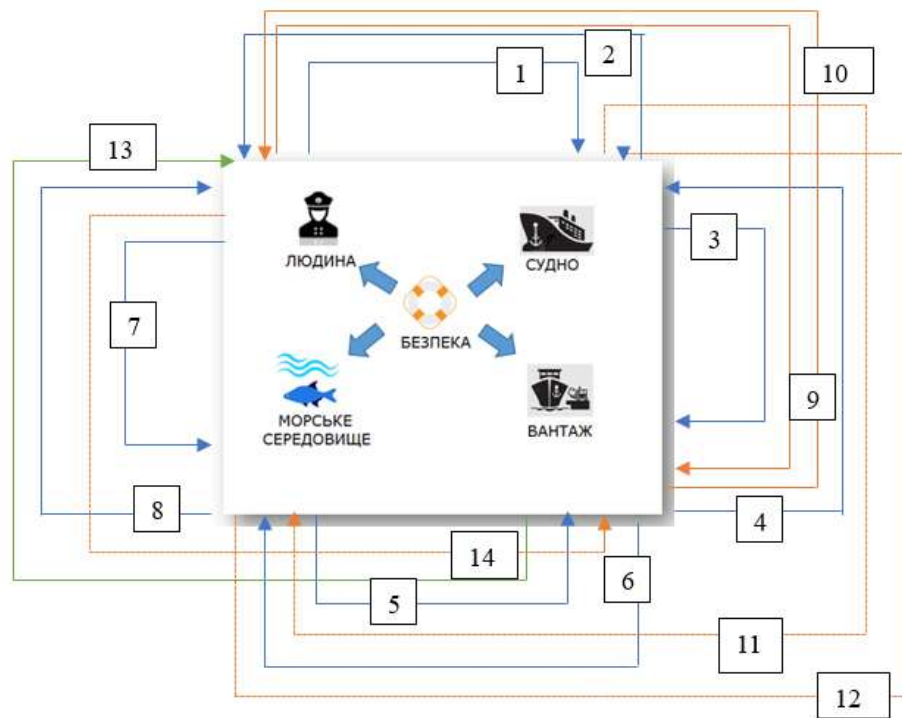


Рисунок 2.13 - Компоненти моделі безпеки - об'єкти та джерела її порушення

Дане твердження можна проілюструвати конкретними прикладами, використовуючи рис. 2.13:

1,2 - судно та людина: під час виконання різних операцій на судні, людські помилки можуть призвести до порушення безпеки для судна. Наприклад, неправильне планування, розміщення і завантаження вантажу або неправильне використання навігаційного обладнання може призвести до аварійних ситуацій. З іншого боку, судно та його системи можуть становити загрозу для людей, особливо для екіпажу, у разі відмови систем на борту або збою в роботі інших технологічних процесів. Наприклад, аварія у системі енергопостачання судна може виникнути з-за несправностей і стане загрозою. Такий двобічний вплив може мати серйозні наслідки як для безпеки судна, так і безпеки для людей, які взаємодіють з ним;

3,4 – судно та вантаж: зсув вантажу або нещасні випадки з небезпечним вантажем можуть призвести до порушення безпеки судна. По суті, неправильне розташування чи недбале ставлення до вантажу протягом рейсу може викликати небезпеку для судна. У разі відмови судових систем можуть

виникнути пошкодження судна, що призведе до пошкодження чи втрати вантажу. Таким чином, технічний стан судна може відобразитися на стані вантажу та вплинути на його цілісність та якість;

5,6 – вантаж і середовище: несприятливі погодні умови можуть призвести до зсуву вантажу, що створює загрозу для нього; під час зсуву вантажу може мати місце потрапляння небезпечних речовин у море;

7,8 – людина і середовище: людські дії можуть призвести до забруднення чи зруйнування навколишнього природного середовища, що створює загрозу для екосистем та здоров'я людей;

9,10 – людина та вантаж: недостатнє або неякісне планування схеми розподілу або розташування, розрахунок та закріплення вантажу або недбалість людини про вантаж може створити небезпеку для цілісності та стану вантажу;

11,12 – судно та середовище: негативний вплив судна на морське середовище може мати серйозні наслідки. Наприклад, витoki палива чи інших шкідливих речовин можуть призвести до забруднення та шкоди морській екосистемі. На відміну від цього, навколишнє середовище може вплинути на безпеку судна, наприклад, негода чи природні катастрофи можуть створити умови, що загрожують судну;

13,14 – вантаж та людина: фізико-хімічний стан вантажу, його можливі випаровування або виділення можуть створити небезпеку для присутніх на борту людей. Наприклад, якщо вантаж має особливі хімічні властивості або може виділяти шкідливі речовини, це може бути потенційно небезпечним для здоров'я екіпажу. Зсув, зміщення або аварійний стан вантажу можуть також призвести до ситуацій, де вантаж може стати джерелом небезпеки для людей на судні.

Отже, основні характеристики концепції безпеко-орієнтованої роботи суден (рис.2.14):

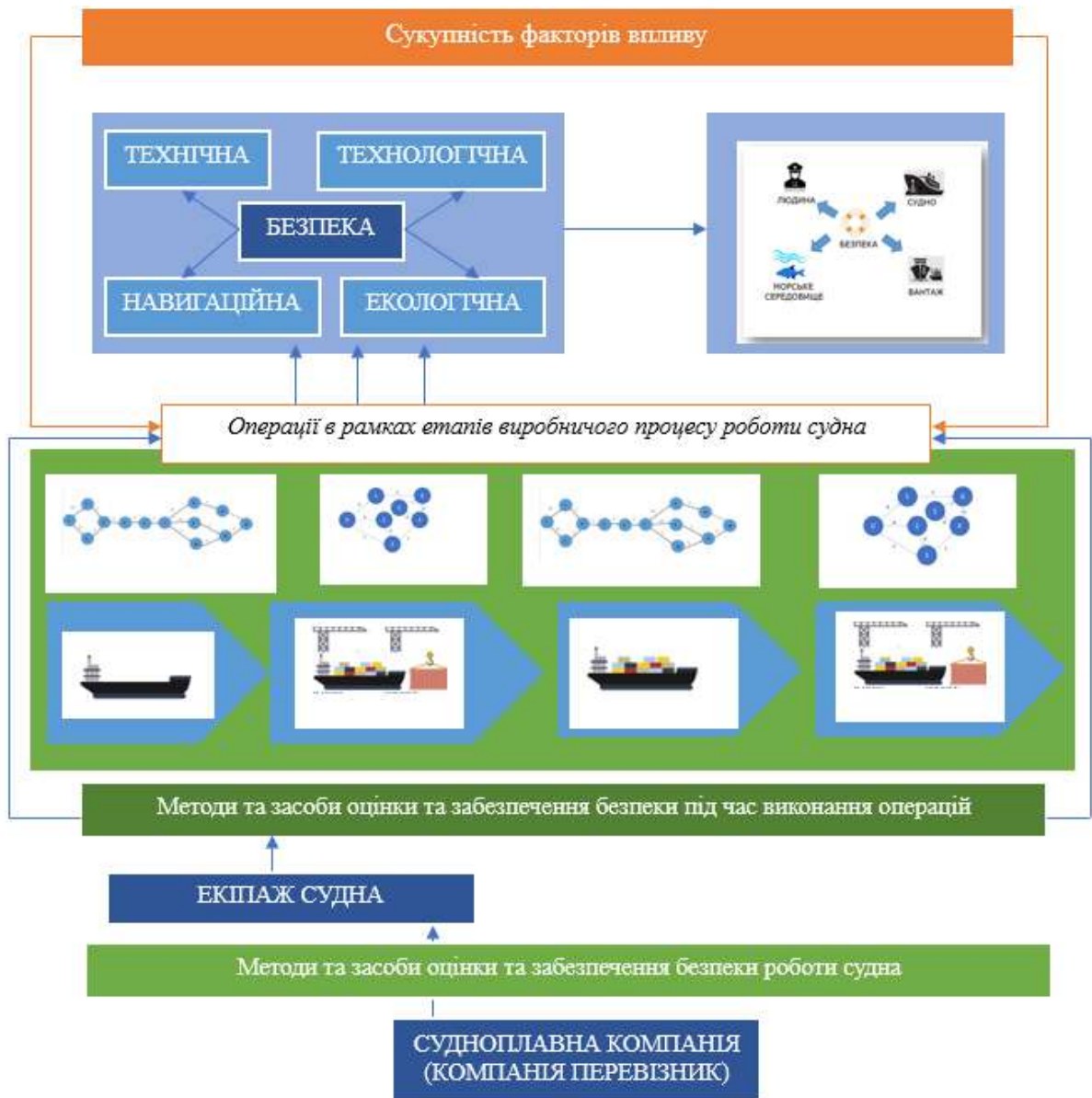


Рисунок 2.14 - Основна ідея концепції безпеко-орієнтованої роботи суден

- 1) безпека в процесі роботи судна означає безпеку для людини, середовища, судна і вантажу відповідно до чотирьохкомпонентної моделі;
- 2) у рамках етапів виробничого процесу роботи судна на нього, екіпаж та інших учасників транспортного процесу впливає система чинників, що впливають на безпеку відповідно до Розділу 1;
- 3) робота судна пов'язана з чотирма видами безпеки - технічною, технологічною, екологічною та навігаційною, тільки сукупність цих видів безпек забезпечує безпечну роботу судна. Така декомпозиція безпеки дає змогу коректно врахувати систему чинників, що впливають на безпеку кожного виду,

і розробити відповідні методи та засоби її забезпечення з урахуванням специфіки операцій;

4) на рівні менеджменту компаній-перевізників (судновласників) розробляються процедури для відділів технічної експлуатації та екіпажів суден, що ґрунтуються на сукупності методів, засобів і заходів щодо забезпечення безпеки роботи суден, які використовуються екіпажами суден для оцінювання та забезпечення безпеки операцій виробничого процесу.

Зазначимо, що частину заходів щодо забезпечення безпеки вживають на рівні відділів технічної експлуатації (наприклад, своєчасна заміна та ремонт елементів систем судна), тобто реалізують на рівні компаній, і вони більшою мірою належать до стратегії управління безпекою. Конкретні методи оцінки та забезпечення безпеки кожного виду реалізуються на судні на рівні кожної операції.

Реалізація цієї концепції та відповідних інструментів дасть змогу забезпечити безпеко-орієнтовану роботу суден, у межах якої охоплюються в межах єдиної системи всі об'єкти безпеки, види безпеки та операції виробничого процесу роботи судна з урахуванням системи чинників, які впливають.

2.2 Концептуальна модель зміни стану безпеки в процесі роботи судна

Під час морського перевезення судна існує ряд потенційних загроз, які можуть впливати на безпеку перевезення. На рис.2.15 представлена складна система факторів, які впливають на безпеку судноплавства, розподілених на чотири основні категорії. Кожна категорія включає конкретні причини або умови, які можуть призвести до інцидентів. Центральне місце займає судно, оточене низкою процесів та елементів. Система також враховує дотримання міжнародних норм і стандартів як важливий чинник, що впливає на безпеку.

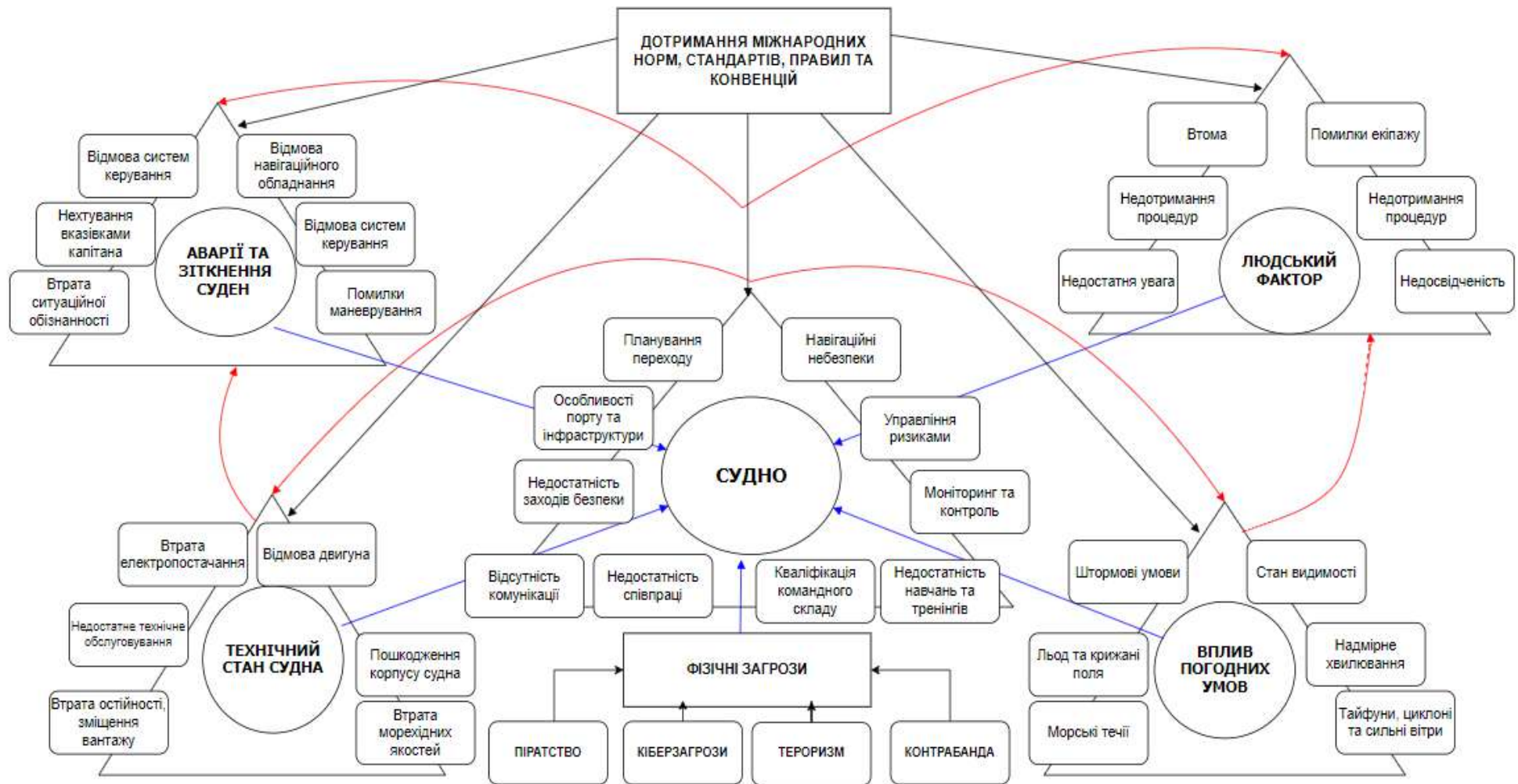


Рисунок 2.15 - Система факторів впливу на безпеку роботи судна

Дотримання міжнародних норм, правил, вимог, стандартів та конвенцій є важливою складовою безпеки морського перевезення. Ці нормативні документи розроблені міжнародними організаціями, такими як Міжнародна морська організація (ІМО), з метою встановлення стандартів та вимог щодо безпеки суден, екологічного збереження та захисту морського середовища. Ці міжнародні норми та правила включають Міжнародні конвенції, такі як СОЛАС (Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі), MARPOL (Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден 1973 року), ПДНВ (Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року) та багато інших. Вони встановлюють вимоги до конструкції суден, обладнання, безпеки процесу навігації, дотримання правил пожежної безпеки, контролю за станом вантажу, захисту морського середовища та інших аспектів безпеки. Дотримання цих норм і стандартів та інших відповідних міжнародних угод є обов'язковим для країн-членів ІМО. Країни мають зобов'язання ратифікувати та впроваджувати ці конвенції у своєму законодавстві, а також здійснювати регулярні перевірки та інспекції, щоб переконатися, що судна відповідають вимогам безпеки. Дотримання міжнародних норм та стандартів забезпечує єдність та стандартизацію безпекових вимог в морській галузі, забезпечує захист життя та майна, збереження морського середовища та приводить до зменшення ризиків аварій та виникнення небезпечних ситуацій. Тому для досягнення високого рівня безпеки морського перевезення необхідно впровадження та дотримання цих нормативних документів у всіх аспектах судноплавства, включаючи конструкцію суден, їх експлуатацію, підготовку екіпажів та забезпечення виконання безпекових процедур на борту.

Людський фактор є однією з найбільш значущих загроз безпеці морського перевезення. Неналежне виконання обов'язків, помилки в прийнятті рішень, недостатня підготовка та навички екіпажу, втома, неправильне використання обладнання та інші аспекти, пов'язані з людськими діями та рішеннями, можуть спричинити серйозні аварії та небезпечні ситуації. Недостатня увага або її концентрація під час виробничих процесів, порушення безпекових процедур,

неправильне розуміння інструкцій та комунікаційні помилки можуть призвести до помилок під час маневрування судна, зіткнень з іншими суднами або перешкодами, втрати контролю над судном, вихід з ладу обладнання і пожежі на борту. Окрім цього, фактори, такі як втома та стрес, можуть впливати на прийняття рішень та реакцію екіпажу у критичних ситуаціях. Недостатній рівень підготовки та навичок екіпажу також можуть обмежити їх здатність правильно реагувати на небезпеку.

Тому для зменшення ризику, пов'язаного з людським фактором, важливо забезпечити належний рівень підготовки та навчання екіпажу, включаючи злагодженість щодо дій у критичних обставинах, комунікацію та безпекові процедури. Проведення регулярних тренувань та перевірок здатності екіпажу реагувати на небезпеку є важливою складовою безпекової культури на судні. Також важливо забезпечити відповідні умови праці та відпочинку для екіпажу, щоб запобігти втомі та зниженню уваги. Людський фактор вимагає постійної уваги та контролю, а також вдосконалення процедур та політик з боку компанії-судновласника та міжнародних інституцій, спрямованих на забезпечення безпеки та попередження небезпеки, пов'язаної з діями людей. Розуміння ролі людського фактору і вжиття заходів для його управління можуть сприяти поліпшенню безпеки морського перевезення та запобіганню аваріям.

Погодні умови є однією з основних загроз безпеці морського перевезення. Стихійні явища, такі як шторми, урагани, тумани, небезпечна хитавиця можуть ускладнити процес навігації і керування судном та призвести до різних небезпек та аварій. Вони можуть мати значний вплив на процес навігації, ускладнювати керування судном і маневрування та, як наслідок може призвести до пошкодження структурної цілісності корпусу або затоплення. Умови плавання з недостатньою видимістю ускладнюють орієнтацію судна, що може призвести до зіткнень з іншими суднами або перешкодами. Небезпечна хитавиця може спричинити втрату остійності судна та його кочення, що може призвести до втрати контролю над судном та виникнення інших аварійних ситуацій. Надмірне хвилювання може спричинити zalивання відкритих палуб та проникнення до судна, спричиняючи

затоплення приміщень та пошкодження вантажу. Для зменшення ризику виникнення небезпек внаслідок погодних умов, екіпажі зазвичай спираються на прогнозування погоди, спеціальні навігаційні системи, які надають інформацію про погодні умови, стан моря, вітру, течій та дотримання встановлених правил та процедур управління судном під час небезпечних погодних умов. Також важливо мати належно підготовлений та кваліфікований екіпаж, який може вміло відповідати на екстрені ситуації та приймати відповідні заходи безпеки що є критичними для забезпечення безпеки морського перевезення.

Небезпечне маневрування, загрози зіткнення та зіткнення суден представляють серйозну загрозу безпеці морського перевезення. Недостатня увага, неправильне виконання маневрів, порушення правил розходження суден, технічні несправності та комунікаційні помилки можуть призвести до аварій та пошкоджень суден. Навігаційні помилки, такі як неправильне визначення положення судна, невірна інтерпретація курсу та швидкості судна-цілі, можуть спричинити зіткнення як з суднами так і береговими спорудами або перешкодами. Неправильне маневрування, включаючи різку зміну напрямку, неконтрольоване прискорення або гальмування, можуть створювати небезпеки для інших суден поблизу. Запобігання зіткненням та неправильним маневрам вимагає суворого дотримання міжнародних правил пропуску суден, правильного визначення та обміну інформацією про маневри, використання сучасних навігаційних систем та засобів спостереження, а також постійного моніторингу радіозв'язку. Особлива увага також приділяється тренуванням та навичкам екіпажу з виконання маневрів, правильному використанню навігаційного обладнання та реагуванню на екстрені ситуації. Таким чином, уникнення зіткнень та неправильних маневрів вимагає відповідної підготовки, дисципліни та співпраці між судновласниками, екіпажами та відповідними органами контролю для забезпечення безпеки морського перевезення.

Потенційні загрози фізичної безпеки судна можуть включати різні небезпечні ситуації, такі як піратські напади, терористичні акти, незаконне вторгнення або вандалізм. Ці загрози можуть виникнути в різних місцях та в

різний час під час морського перевезення. Піратські напади є серйозною загрозою безпеці морського транспорту, особливо в деяких регіонах з високим рівнем піратства. Озброєні напади можуть включати спроби захопити судно, викрасти вантаж або взяття заручників. Терористичні акти також можуть бути загрозою для безпеки судна включаючи загрозу підриву або напади на судно з метою провокування паніки, вбивств або пошкодження судна та його вантажу. Незаконне вторгнення або проникнення на судно або вандалізм можуть також поставити під загрозу безпеку судна та екіпажу, включаючи викрадення вантажу, вандалізм обладнання або спроби завдати шкоди судну. Для запобігання цим загрозам і забезпечення фізичної безпеки судна використовуються різні заходи, включаючи застосування безпекових процедур та практик, організацію охорони та безпеки персоналу, спостереження з використанням відеосистем, регулярне патрулювання та співпрацю з відповідними органами правопорядку.

Технічні несправності в системах судна, таких як головний та допоміжні двигуни, електричні системи, автоматичні системи керування, можуть призвести до виникнення аварій та небезпечних ситуацій. Несправності, поломки, відмови, збої в технічних системах та комплексах судна, таких як двигуни, електричні системи, керування становлять серйозну загрозу для безпеки процесу морського перевезення. Такі несправності можуть виникнути в будь-який момент під час рейсу і спричинити аварії, небезпечні ситуації та навіть потенційну загрозу для життя людей, судна, вантажу та навколишнього середовища. Несправності у системах судна можуть призвести до втрати контролю над судном, зменшення його маневреності та збільшення ризику зіткнення з іншими суднами або перешкодами. Наприклад, відмова головного двигуна може призвести до втрати силового приводу і створити ситуацію некерованого судна, особливо в ситуаціях із сильними течіями або несприятливими погодними умовами. Також несправності електрообладнання та засобів автоматики можуть мати серйозні наслідки, зокрема викликати пожежі або коротке замикання, що може призвести до пошкодження систем судна, розповсюдження пожежі на інші частини судна або вантаж. У разі несправностей у системах керування можуть виникнути проблеми

з контролем судна, забезпеченням його руху, утримання на курсі та швидкістю, що може призвести до неправильних маневрів, зіткнень або навіть затоплення. Для запобігання технічним несправностям та зменшення ризику аварій важливо проводити регулярне технічне обслуговування та перевірки, вживати заходів щодо попередження корозії, забезпечувати належну якість та відповідність обладнання всім стандартам безпеки. Крім того, екіпаж судна повинен мати належну підготовку та знання щодо виявлення та реагування на позаштатні ситуації, а також вміння використовувати запасні системи та засоби для забезпечення безпеки. Технічні несправності є серйозною загрозою для безпеки морського перевезення і вимагають постійного контролю, обслуговування та вдосконалення систем судна для забезпечення надійності, безпеки та ефективності морських перевезень.

Додаткові фактори, які впливають на безпеку морського перевезення, включають надмірні або неконтрольовані витрати палива та енергії адже ефективне використання палива та енергії є важливим фактором для зниження витрат та покращення економічної та екологічної ефективності перевезення. Неправильне управління витратами палива та енергією може призвести до зайвих витрат, забруднення довкілля та негативного впливу на природні ресурси.

До інших загроз можуть відноситися екологічні катастрофи, такі як нафтові плями або витoki небезпечних речовин та хімічних рідин, природні лиха, політичні конфлікти, правові обмеження та зміни в законодавстві, технологічні ризики та інші непередбачувані обставини. Ці фактори також можуть впливати на безпеку судноплавства, економічну стабільність та надійність та безпеку перевезень, а також на екологічну стійкість та збереження морського середовища.

Ефективне управління цими факторами є важливим завданням для забезпечення безпеки та ефективності морського перевезення. Це включає розробку та впровадження стратегій енергоефективності, використання новітніх технологій та інновацій для зниження споживання палива, врахування екологічних факторів та вимог у плануванні маршрутів та виконанні вантажних операцій, а також підготовку персоналу до дієвого управління ризиками та

непередбачуваними обставинами. Врахування усіх загроз та прийняття відповідних заходів безпеки є важливими аспектами забезпечення безпеки та успішного морського перевезення [188].

Для дослідження аспектів забезпечення безпеки та ефективності функціонування морського транспорту можна використати різні моделі, залежно від конкретних цілей та області дослідження, одною з них є модель системної безпеки. Ця модель допомагає аналізувати безпеку морського транспорту як складну систему зі взаємозалежними компонентами. Вона дозволяє вивчати взаємодію між елементами системи, виявляти слабкі місця та визначати заходи для покращення безпеки.

Модель системної безпеки в контексті морського транспорту орієнтована на вивчення взаємодії між різними елементами системи та їх вплив на безпеку та дозволяє аналізувати складну структуру морського транспорту, включаючи судна, порти, інфраструктуру, екіпажі та регуляторні органи.

Одним з можливих підходів для опису моделі системної безпеки морського транспорту може бути використання формул системної динаміки, яка дозволяє моделювати та аналізувати поведінку складних систем з взаємозалежними елементами.

На відміну від багатьох категорій, які можуть бути досить легко виміряні кількісно під час побудови моделей системної динаміки, - безпека є досить абстрактною характеристикою, яка не підлягає "прямому" вимірюванню, тому важливим аспектом в оцінці безпеки може бути врахування експертної думки та досвіду фахівців в сфері, пов'язаній з безпекою. Крім того, можна розглянути використання комплексних моделей, які поєднують кількісні та кількісно-якісні аспекти безпеки [189].

З приводу того, що безпека є контекстуально залежною характеристикою, то для її оцінки важливо враховувати ймовірнісний підхід, особливо за відсутності точних кількісних даних. Так, згідно до основних положень моделювання системної динаміки, насамперед необхідно визначити сутність "рівня" - "стану" безпеки S , що розглядається:

$$S = P\left(\prod_{m=1}^M A_m\right) = \prod_{m=1}^M P(A_m) \quad (2.12)$$

де, за умови незалежності подій A_1, A_2, \dots, A_M , що характеризують складові безпеки (наприклад, технічну, навігаційну безпеку тощо), ступінь деталізації подій може бути різним; $P(A_m)$ - ймовірності безпечного стану складових безпеки.

Таким чином, дотримуючись правил моделювання системної динаміки, отримуємо ймовірність безпечного стану судна S (рис.2.16);

$$S(t + 1) = S(t) + (K - L - D) \cdot \Delta t \quad (2.13)$$

де $S(t)$ - рівень безпеки судна в момент часу t ; K - вхідні впливи та події, що збільшують безпеку судна; L - вихідні впливи та події, що зменшують безпеку судна; D - вплив ризиків та небезпек, що зменшують безпеку судна; Δt - крок часу.

Дана формула може бути розширена та уточнена за рахунок факторів, які впливають на безпеку морського транспорту. Вона дозволяє враховувати зміни у безпеці системи в результаті впливу різних факторів і динаміки цих впливів. Так формула, заснована на (2.2), з додаванням додаткових параметрів має вигляд:

$$S(t + 1) = S(t) + (I - O - R + E - C) \cdot \Delta t \quad (2.14)$$

де $S(t+1)$ являє собою стан системи безпеки в момент часу $(t+1)$; $S(t)$ - стан системи безпеки в попередній момент часу t ; I - фактори, що входять у систему безпеки, такі як нові загрози або ризики; O - фактори, що виходять із системи безпеки, такі як усунення загроз або зниження ризиків; R - фактори, що пов'язані з реакцією системи на загрози або ризики; E - додаткові фактори, що пов'язані з ефективністю системи безпеки, як-от упровадження нових технологій або процесів; C - фактори, що пов'язані з контролем і наглядом за системами безпеки; Δt - часовий крок або інтервал між моментами часу t і $(t+1)$.

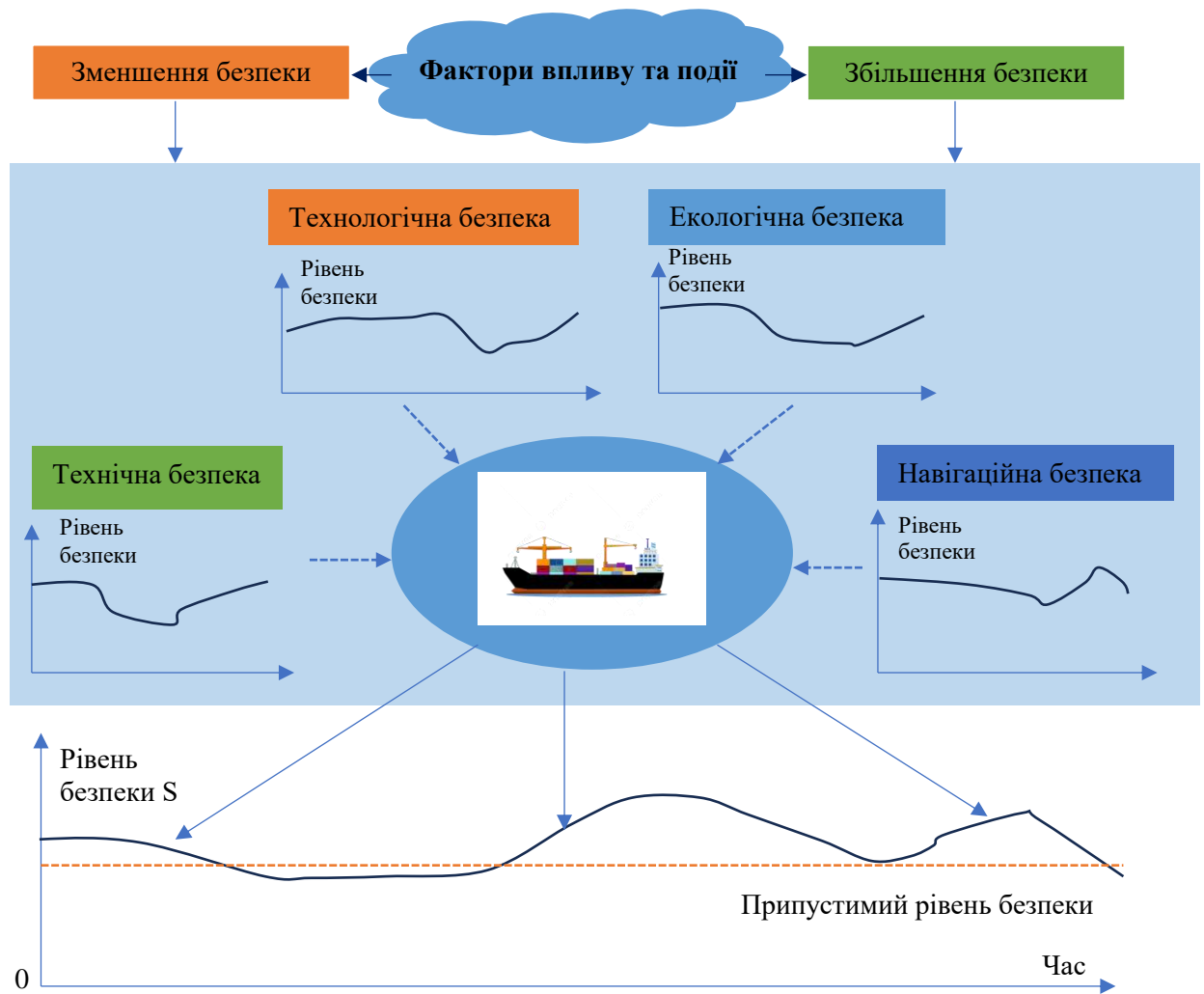


Рисунок 2.16 - Модель системної динаміки безпеки роботи судна

Даний вираз дає змогу врахувати не тільки основні чинники, як-от входи, виходи та реакції системи безпеки, а й додаткові чинники, пов'язані з ефективністю та контролем системи.

З урахуванням чинників, що впливають на безпеку морського транспорту, формулу можна розширити й уточнити так:

$$S(t + 1) = S(t) + (I - O - R + E - C + F_1 + F_2 + \dots + F_n) \cdot \Delta t \quad (2.15)$$

де $S(t+1)$ являє собою стан системи безпеки в момент часу $(t+1)$; $S(t)$ - стан системи безпеки в попередній момент часу t ; I - фактори, що входять у систему безпеки, такі як нові загрози або ризики; O - фактори, що виходять із системи

безпеки, такі як усунення загроз або зниження ризиків; R - фактори, що пов'язані з реакцією системи на загрози або ризики; E - додаткові чинники, що пов'язані з ефективністю системи безпеки, як-от упровадження нових технологій або процесів; C - фактори, що пов'язані з контролем і наглядом системи безпеки; $F1, F2, \dots, \dots, Fn$ - додаткові фактори, які можуть впливати на безпеку морського транспорту, як-от зміни законодавства, економічні умови, соціальні фактори тощо; Δt - часовий крок або інтервал між моментами часу t і $(t+1)$.

Вищеозначений приклад дає змогу врахувати широкий спектр чинників, які можуть впливати на безпеку морського транспорту і динаміку цих впливів. Він надає можливість аналізувати зміни в безпеці системи внаслідок впливу різних факторів та їхньої взаємодії.

Вираз залежності між станом безпеки морського транспорту в часі $t+1$ ($S(t+1)$) і станом безпеки на попередньому часі t ($S(t)$) з урахуванням факторів, що впливають на безпеку, позначені як I, O, R, E, C та F_1, F_2, \dots, F_n , де F_1, F_2, \dots, F_n - додаткові фактори, а Δt - крок часу, може бути представлений наступним чином:

$$S(t + 1) = f(S(t), I, O, R, E, C, F_1, F_2, \dots, F_n, \Delta t) \quad (2.16)$$

У цьому виразі, f представляє собою функцію, яка описує взаємозв'язок між різними факторами та змінами у стані безпеки морського транспорту з плином часу.

Додатково можна представити вирази які враховують різні аспекти безпеки морського транспорту, а саме врахування різних факторів таких як погодні умови, технічний стан судна, навігаційні обмеження:

$$S(t + 1) = S(t) + (I - O - R + E - C + \sum_{i=1}^n F_i) \Delta t, \quad (2.17)$$

Врахування впливу погодних умов на безпеку судна:

$$S(t + 1) = S(t) + (I - O - R + E - C + \sum_{i=1}^n F_i - W) \cdot \Delta t, \quad (2.18)$$

Врахування впливу технічного стану судна на його безпеку:

$$S(t + 1) = S(t) + (I - O - R + E - C + \sum_{i=1}^n F_i - T) \cdot \Delta t, \quad (2.19)$$

Врахування впливу навігаційних обмежень на безпеку рейсу:

$$S(t + 1) = S(t) + (I - O - R + E - C + \sum_{i=1}^n F_i - N) \cdot \Delta t, \quad (2.20)$$

де W - фактор, що представляє погодні умови; T - фактор, що представляє технічний стан судна; N - фактор, що представляє навігаційні обмеження.

Врахування фактору екологічної безпеки:

$$S(t + 1) = S(t) + (I - O - R + E - C + \sum_{i=1}^n F_i - W - P) \cdot \Delta t, \quad (2.21)$$

де $S(t+1)$: стан безпеки судна на часі $t+1$, $S(t)$: стан безпеки судна на попередньому проміжку часу t ; I - вхідні чинники, які сприяють покращенню безпеки (наприклад, впровадження нових технологій або поліпшення навчання екіпажу); O - вихідні чинники, які зменшують безпеку (наприклад, аварії або випадки порушення правил безпеки); R - ризикові чинники, які можуть призвести до небезпеки (наприклад, погані погодні умови або географічні обмеження); E - фактор ефективності, який впливає на безпеку морського транспорту (наприклад, ефективне управління ризиками або оптимізація процесів); C - фактори, пов'язані з забезпеченням безпеки (наприклад, додержання стандартів безпеки або виконання інструкцій); F_1, F_2, \dots, F_n - додаткові фактори, які впливають на безпеку морського транспорту; W - фактор екологічної безпеки, який враховує вплив екологічних аспектів на безпеку морського транспорту; P - вплив екологічних факторів на безпеку морського транспорту.

Додатково можна включити врахування впливу людського елемента:

$$S(t + 1) = S(t) + (\sum_{i=1}^n F_i + (I - O - R + E - C - W + H)) \Delta t, \quad (2.22)$$

де E - чинники, пов'язані з екологічною безпекою; C – чинники, що впливають на контроль безпеки; W – вага екологічної безпеки; H – вплив людського фактору.

Вираз, який дозволяє оцінити рівень безпеки морських перевезень з урахуваннями впливу різних чинників, таких як екологічна безпека, контроль безпеки та людський фактор, та представляє собою комплексну оцінку безпеки процесу морського перевезення має вигляд:

$$A = E \cdot W + C \cdot (1 - W) + H \cdot \left(\alpha \cdot \frac{S_d - S_{avg}}{S_d} + (1 - \alpha) \cdot \frac{S_d - S_{avg}}{S_d} \right). \quad (2.23)$$

Даний вираз враховує наступні фактори:

- екологічна безпека (E) означає наскільки безпечно для навколишнього середовища відбуваються перевезення;
- вага екологічної безпеки (W) показує наскільки важливою є екологічна безпека в загальній оцінці безпеки;
- чинники, що впливають на контроль безпеки (C) означають усі можливі впливи, які контролюються для забезпечення безпеки;
- вплив людського фактору (H) враховує можливий вплив людей на безпеку;
- коефіцієнти α та $(1-\alpha)$ враховують, наскільки великий вплив відхилення від середнього та різницю між поточним та нормальним рівнями безпеки;
- середнє значення безпеки (S_{avg}), типовий рівень безпеки;
- необхідне значення стану безпеки (S_d), тобто заданий рівень безпеки.

Описана модель дозволяє розглядати безпеку судна в контексті морських перевезень як складну систему, в якій враховані різні аспекти причому основні "складові" цієї системи - це судно, вантаж, люди та навколишнє середовище [190, 191].

Запровадження узагальнюючого фактору R , який представляє собою реакцію системи на загрози безпеці, є ключовим кроком для розгляду двох

основних груп заходів забезпечення безпеки морських перевезень, яка складається з запобіжних заходів для уникнення аварій (SS), і врахування термінових заходів реагування на конкретні ситуації (SR). Наприклад, запобіжні заходи забезпечення безпеки (SS) можуть передбачати перевірку і технічне обслуговування судна, а реагування (SR) – алгоритм дій та надання невідкладної допомоги в разі виникнення аварій:

$$R = SS + SR. \quad (2.24)$$

Окрім того існує додаткове забезпечення безпеки морських перевезень шляхом дотримання встановлених норм, стандартів та правил. Це полягає у дотриманні міжнародних стандартів та правил, встановлених Міжнародною морською організацією (ІМО), що регулюють вимоги до конструкції суден, процесу навігації, протипожежної безпеки, порядок рятувальних заходів та інші аспекти через дотримання стандартів (SS) які описуються:

$$SS = \sum_i (W_i \cdot \Phi(ST_i)), \quad (2.25)$$

де W_i - вагомість i -стандарту, а $\Phi(ST_i)$ - вимір відповідності виконання кожного з i -стандартів безпеки морського перевезення.

Забезпечення безпеки морського перевезення досягається шляхом ефективного управління ризиками, виявлення потенційних небезпек, вжиття заходів для їх запобігання або зниження ймовірності виникнення та мінімізації негативних наслідків (SR) буде мати вигляд:

$$SR = \sum_i (\Delta R_i \cdot RM(P_{K_i})) \quad (2.26)$$

де ΔR_i - зміна ризику i ; $RM(P_{K_i})$ - функція, яка вимірює ефективність управління i -ми ризиками для безпеки морського перевезення.

На підставі розглянутих виразів можна зробити висновок, що безпека морського перевезення є результатом взаємодії різних факторів, стандартів та технік управління ризиками. Це дозволяє кількісно оцінювати рівень безпеки морського перевезення і визначати вплив різних факторів на цей рівень. Дана методика може бути корисною для розробки та вдосконалення стратегій та політик безпеки морського транспорту, спрямованих на забезпечення оптимального рівня безпеки і запобігання аваріям та інцидентам [192].

Запропонована модель системної безпеки дозволяє зрозуміти комплексність морського транспорту та виявити ключові аспекти, які можуть впливати на безпеку та ефективність функціонування. Вона надає засноване на системному підході розуміння морського транспорту як цілісної системи, де зміни в одному компоненті можуть мати вплив на інші елементи. Це дозволяє розробляти ймовірнісні моделі, проводити аналіз ризиків, впроваджувати превентивні заходи та приймати обґрунтовані рішення для поліпшення безпеки морського транспорту.

2.3 Структура і динаміка безпеки роботи судна

Декомпозицію безпеки роботи судна і представлення її у вигляді чотирьох складових було виконано таким чином, що ці компоненти безпеки є практично незалежними, хоча одні й ті самі чинники можуть мати однаковий вплив на них.

Таким чином, згідно теорії ймовірностей подія S – безпека роботи судна, а $P(S)$ – ймовірність того, що робота судна з виконання перевезення безпечна. Відповідно S_1, S_2, S_3, S_4 події, які полягають у тому, що під час роботи цього судна забезпечено технічну, навігаційну, екологічну та технологічну безпеку, а $P(S_1), P(S_2), P(S_3), P(S_4)$ – відповідно, ймовірності подій S_1, S_2, S_3, S_4 .

Тут можливі три підходи до оцінки $P(S)$:

- розуміння безпеки роботи судна S як забезпечення безпеки чотирьох її компонент, а ймовірність безпеки $P(S)$ як ймовірність того, що одночасне відбуваються події S_1, S_2, S_3, S_4 ;

- розуміння безпеки S як "середньозваженої" безпеки S_1, S_2, S_3, S_4 з відповідною ймовірністю - цей підхід відповідає методиці FSA, прийнятій у судноплаванні для оцінки ризиків;
- розуміння безпеки S як "усередненої" безпеки S_1, S_2, S_3, S_4 з відповідною ймовірністю - окремий випадок.

Усі перелічені підходи мають право на існування. Для обґрунтування доцільного варіанту тому проведемо відповідні міркування, математичні оцінки та експериментальні розрахунки [193].

1) Перший підхід передбачає що робота судна безпечна, якщо виконується умова безпеки для всіх чотирьох її компонент:

$$S = \prod_{i=1}^4 S_i. \quad (2.27)$$

З урахуванням незалежності S_1, S_2, S_3, S_4 :

$$P(S) = \prod_{i=1}^4 P(S_i). \quad (2.28)$$

Зазначимо, що з урахуванням ймовірнісної природи безпеки, необхідно визначити рівень $P^{\min}(S)$, який визначає мінімально допустиму межу ймовірності безпечної роботи судна:

$$P(S) = \prod_{i=1}^4 P(S_i) \geq P^{\min}(S). \quad (2.29)$$

При цьому мають бути виконані подібні умови щодо кожного виду безпеки. Дійсно, можлива ситуація, коли три види безпеки оцінюються високою ймовірністю, яка "нівелює" негативний вплив низького рівня ймовірності четвертої. Тому, має бути також виконано:

$$P(S_i) \geq P^{\min}(S_i), i = \overline{1,4}. \quad (2.30)$$

Зазначимо, що $P^{\min}(S_i), i = \overline{1,4}$ можуть бути, кажучи, різними, оскільки визначається ставленням осіб, які приймають рішення, до того чи іншого напрямку (компоненту) безпеки.

Таким чином, про безпеку роботи судна можна говорити тільки в тому разі, якщо виконано (2.29) і (2.30). Ці умови визначають безпеку роботи судна в повному сенсі цього слова. Проте, можуть бути виділені різні рівні безпеки відповідно до умов:

$$\begin{cases} P(S) = \prod_{i=1}^4 P(S_i) \geq P^{1(2,3)}(S) \\ P(S_i) \geq P^{1(2,3)}(S_i), i = \overline{1,4} \end{cases}, \quad (2.31)$$

де $P^{1(2,3)}(S)$ та $P^{1(2,3)}(S_i)$, відповідно визначають межі рівнів безпеки для безпеки загалом та окремих її видів. У цьому випадку запропоновано чотири рівні:

$P^1(S)$ та $P^1(S_i), i = \overline{1,4}$ визначають мінімальну межу високого рівня безпеки;

$P^2(S)$ и $P^2(S_i), i = \overline{1,4}$ визначають мінімальну межу середнього рівня безпеки;

$P^3(S)$ и $P^3(S_i), i = \overline{1,4}$ визначають мінімальну межу низького рівня безпеки.

Зрозуміло, що:

$$P^1(S) > P^2(S) > P^3(S), \quad (2.32)$$

$$P^{1(2,3)}(S_i) > P^{1(2,3)}(S) > P^{1(2,3)}(S_i), i = \overline{1,4}. \quad (2.33)$$

При цьому ситуацію, для якої виконано

$$\begin{cases} P(S) = \prod_{i=1}^4 P(S_i) < P^3(S); \\ P(S_i) < P^3(S_i), i = \overline{1,4}, \end{cases} \quad (2.34)$$

слід вважати ситуацією "відсутності безпеки". Рис.2.17 демонструє зміну $P(S)$ при однакової зміні $P(S_1), P(S_2), P(S_3), P(S_4)$ за умови їхньої рівності.

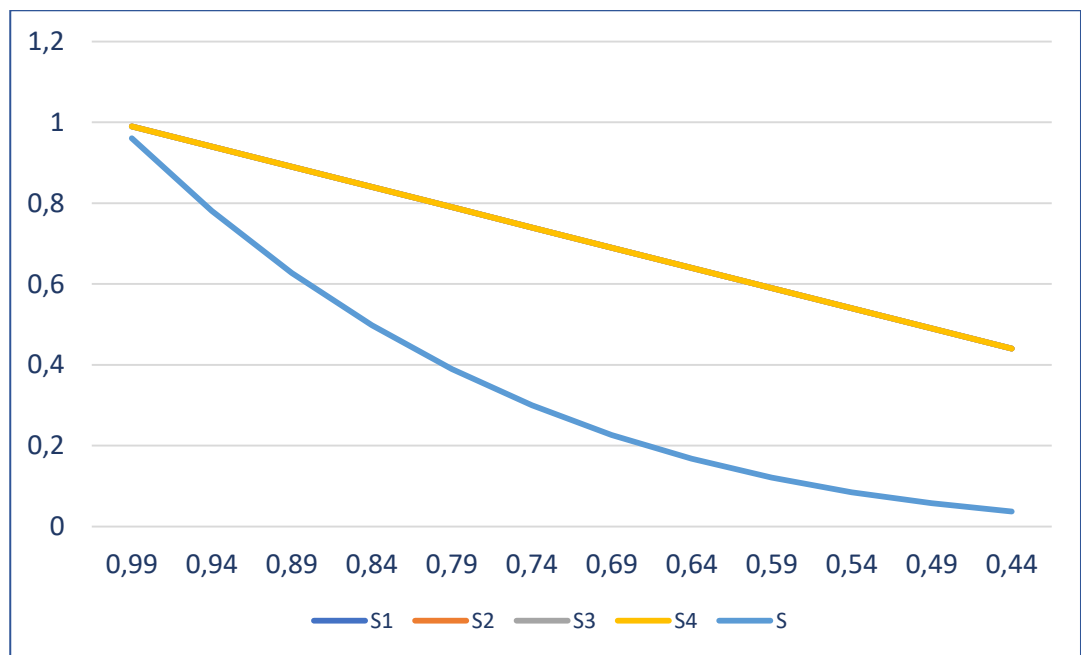


Рисунок 2.17 – Зміна $P(S)$ при однакової зміні
 $P(S_1), P(S_2), P(S_3), P(S_4)$

У табл. 2.1 наведено дані про п'ять сценаріїв (ситуацій) із компонентами безпеки, а також підсумкову безпеку відповідно до розглянутого підходу, відображає ці дані. Як видно, за допустимих рівнів "локальних" безпек, підсумкова ймовірність безпеки $P(S) = 0,294$, а при сценарії 3 – найкращою з тих, що розглядаються, підсумкова ймовірність $P(S) = 0,64$.

Таблиця 2.1 – Ймовірнісна характеристика декількох ситуацій з безпеки роботи судна

Ймовірності	S1	S2	S3	S4	S – підхід 1	S – підхід 3
ситуація 1	0,89	0,78	0,82	0,86	0,49	0,83
ситуація 2	0,85	0,86	0,76	0,78	0,43	0,81
ситуація 3	0,94	0,9	0,8	0,95	0,64	0,89
ситуація 4	0,76	0,9	0,74	0,9	0,46	0,82
Pmin	0,7	0,7	0,8	0,75	0,294	0,74

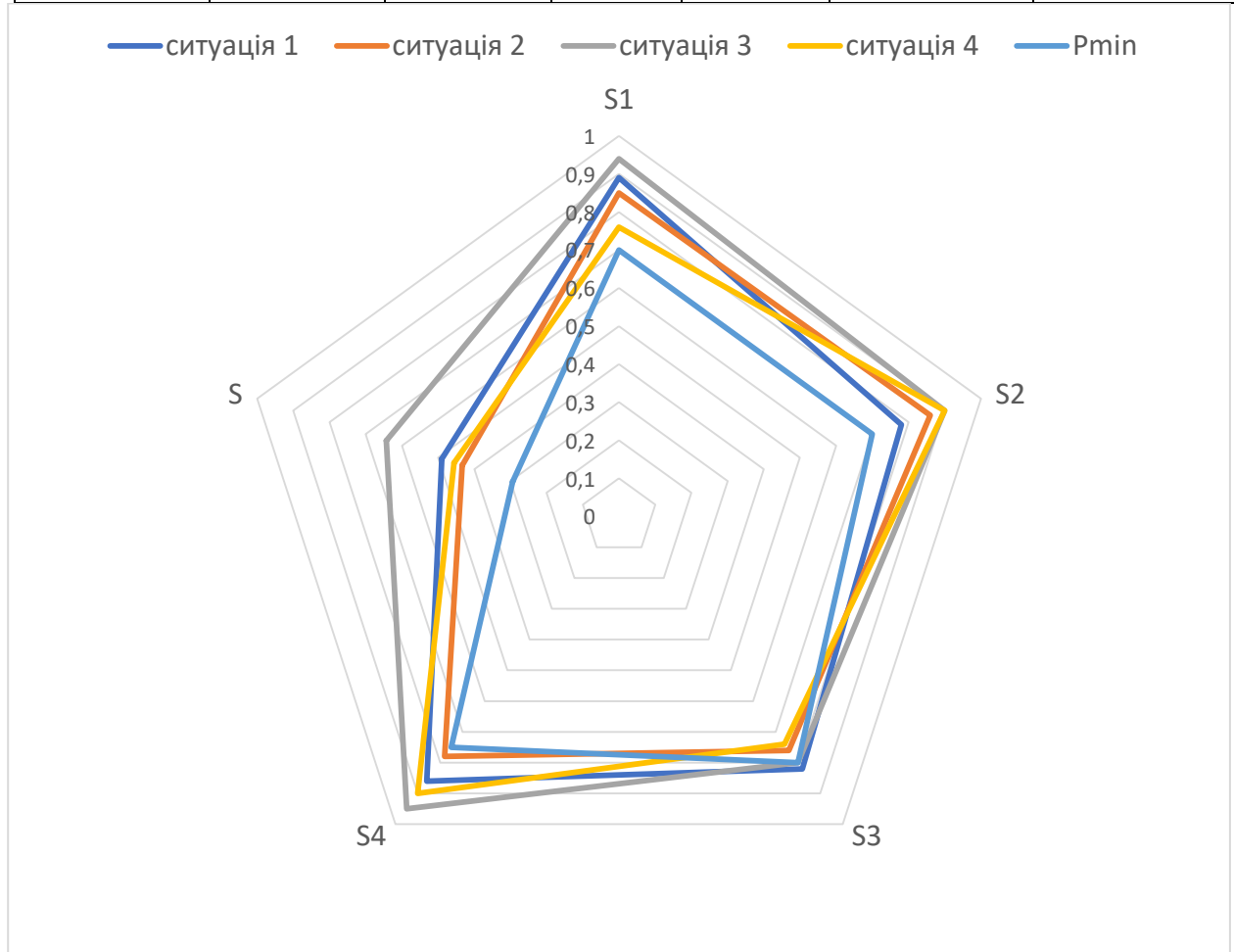


Рисунок 2.18 – Ймовірнісна характеристика декількох ситуацій з безпеки роботи судна

Рисунок 2.18 також відображає той факт, що при ймовірностях $P(S_1), P(S_2), P(S_3), P(S_4)$ рівним 0,8, підсумкова ймовірність майже 0,4.

Таким чином, цей підхід "психологічно занижує" $P(S)$, забезпечуючи для нього "психологічно сприйманий" як нормальний рівень тільки за дуже високих значень $P(S_1), P(S_2), P(S_3), P(S_4)$. Що, загалом, з погляду на процес роботи судна є, корисним з точки зору управління безпекою [194].

2) Другий підхід передбачає середньозважену ймовірність $P(S)$, для чого може бути використано такий вираз:

$$P(S) = \sum_{i=1}^4 \alpha_i \cdot P(S_i) . \quad (2.35)$$

При цьому для вагових коефіцієнтів має бути виконано:

$$\sum_{i=1}^4 \alpha_i = 1 . \quad (2.36)$$

Значення вагових коефіцієнтів відображають ступінь "важливості" того чи іншого виду безпеки в процесі роботи судна. Їхнє призначення може носити тільки суб'єктивний характер і визначатися ставленням та розумінням особи, яка приймає рішення щодо безпеки.

Недоліком цього підходу є те, що високе значення ймовірності одної компоненти безпеки з високим ваговим коефіцієнтом може нівелювати проблему з безпекою в інших напрямках. Тому в цьому разі також мають бути визначені межі для кожного виду безпеки, (як було запропоновано для ситуації 1).

3) Третій підхід - окремий випадок другого, заснований на рівності вагових коефіцієнтів, недолік аналогічний як для підходу 2 - високі ймовірності окремих компонент нівелюють підсумкову ймовірність і сприйняття безпеки. Тут також мають бути певні межі для кожної компоненти безпеки. Зазначимо, що, наприклад, для розглянутих у табл. 2.1 ситуацій, підсумкові ймовірності $P(S)$ мають більше "психологічне сприйняття" як такі, що відповідають ситуації (рис. 2.19).

Таким чином, застосування різних підходів до оцінки ймовірностей безпеки має свої особливості та недоліки. Перший підхід "психологічно занижує" ризики, забезпечуючи сприйняття нормального рівня безпеки лише за високих значень ймовірності, що корисно для управління безпекою. Другий підхід використовує середньозважену ймовірність, де вагові коефіцієнти відображають важливість

кожного виду безпеки, але може призвести до ігнорування проблем у менш важливих напрямках. Третій підхід передбачає рівність вагових коефіцієнтів, що також може нівелювати загальну оцінку безпеки через високі значення окремих компонент. У всіх випадках важливо встановлювати межі для кожного виду безпеки, щоб забезпечити адекватне управління ризиками та сприйняття безпеки на судні.

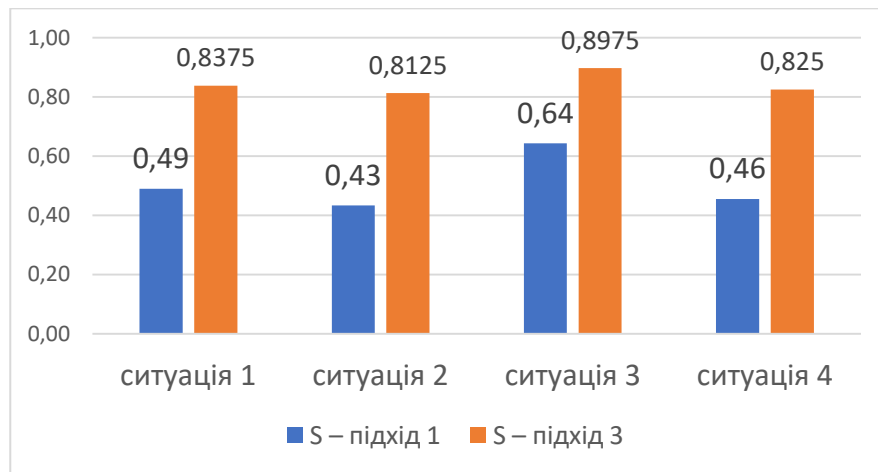


Рисунок 2.19 – Значення $P(S)$ для розглянутих ситуацій, розрахованих відповідно до першого і третього підходів

На рис.2.20 представлено порівняння $P(S)$, які розраховані на основі першого і третього підходів для більшої кількості ситуацій.

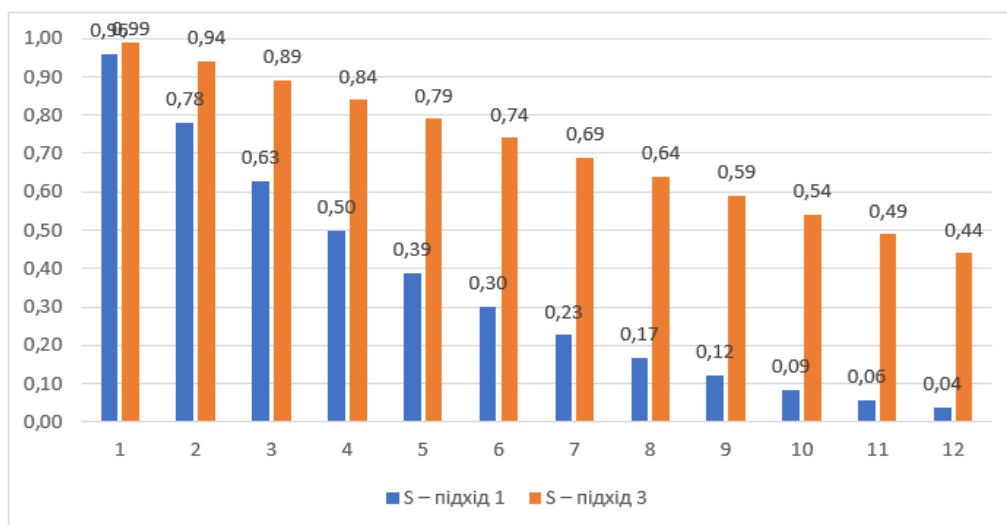


Рисунок 2.20 - Порівняння $P(S)$, розрахованих за першим і третім підходами для більшої кількості ситуацій

Таким чином, можемо зробити висновок про те, що всі три запропоновані та проаналізовані підходи можуть бути використані для оцінювання безпеки роботи судна, однак, перший підхід більшою мірою відображає "подієвий" сенс безпеки, а забезпечення відносно високих значень $P(S)$ досягається тільки за досить високих значень $P(S_1), P(S_2), P(S_3), P(S_4)$.

Тут слід зазначити, що кожен компонент безпеки має відповідну структуру. Наприклад, забезпечення навігаційної безпеки досягається при забезпеченні безпеки всіх навігаційних комплексів. Причому декомпозицію кожної компоненти безпеки можна здійснювати з різним ступенем деталізації, що визначається завданням і можливістю статистичної або експертної оцінки ймовірності для кожної складової компоненти безпеки.

Отже, визначено метод оцінки ймовірності безпеки роботи судна з урахуванням її структури.

Але дана властивість - "безпека" - є динамічною і змінюється під впливом різних чинників. Причому динаміку безпеки можна розглядати на двох основних рівнях - на рівні конкретного рейсу і на рівні судноплавної компанії (в рамках, наприклад, річного відрізка часу).

Рівень компанії передбачає цілеспрямований вплив на стан судна в рамках відповідної системи заходів - оперативний або стратегічний рівні управління згідно з прийнятою часовою класифікацією прийнятих рішень, пов'язаних з роботою флоту. На цьому рівні формуються і здійснюються процедури, які пов'язані з безпекою судна (рис. 2.20). На стан судна впливають, крім зазначених процедур, також проведені ремонти і модернізації, їхній обсяг і якість. Крім того, вік судна і його стан також визначає його придатність до роботи. На цьому рівні безпеку судна розуміють з погляду на нього як на об'єкт комерційної діяльності, адже навіть у договорах морського перевезення (рейсовому чартері) зазначено, що судновласник зобов'язаний надати "судно у морехідному стані на момент початку рейсу", тобто судно має бути в такому стані, щоб бути здатним здійснювати транспортну роботу, (рис. 2.21).

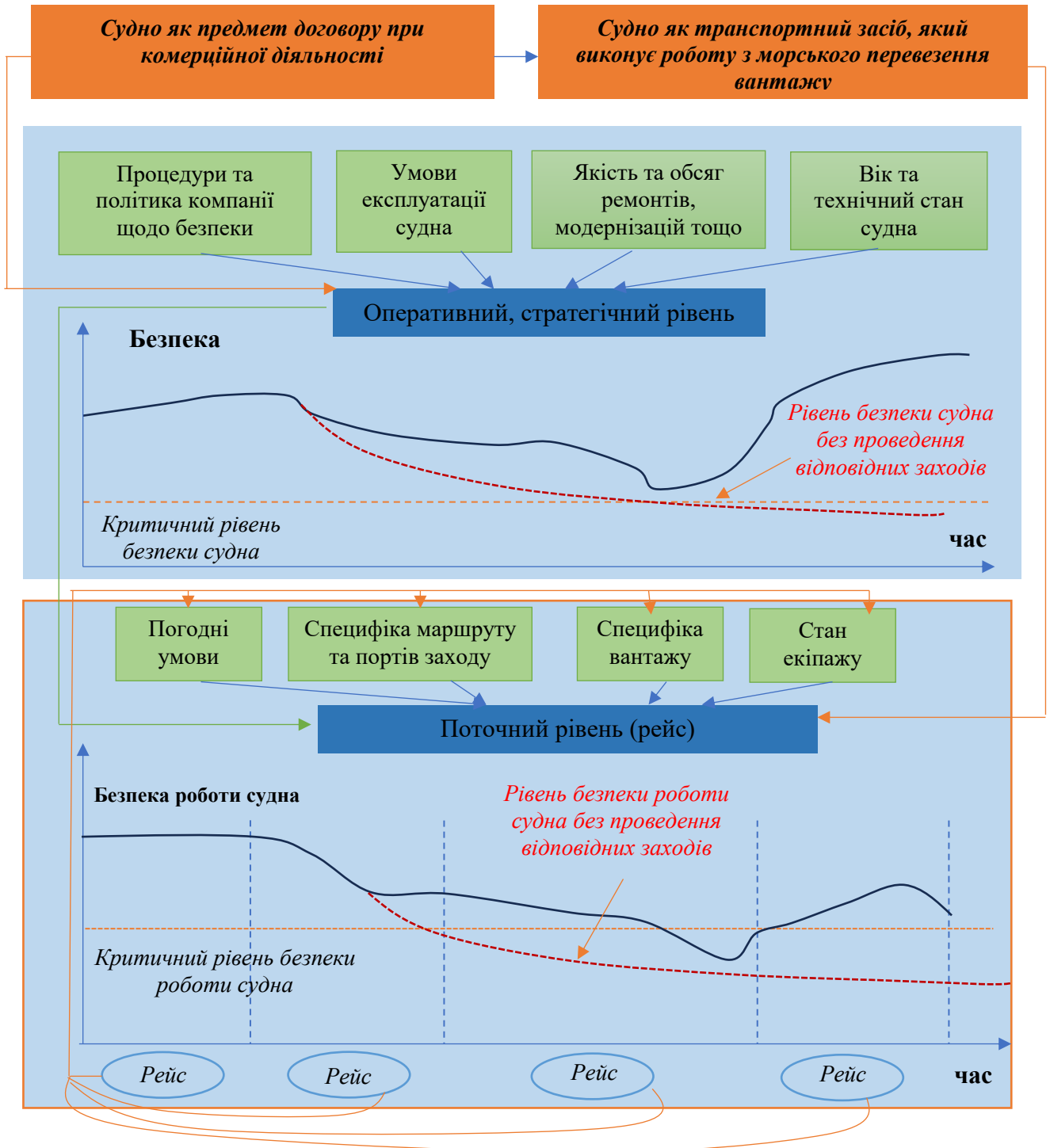


Рисунок 2.21 – Динаміка безпеки судна і роботи судна для конкретної судноплавної компанії

Таким чином, на рівні "судноплавна компанія" в п.п. 2.1 на рис. 2.4, декомпозиція за "сутністю безпеки" є також і декомпозицією за "часовою" ознакою.

Зазначимо, що з урахуванням процесу зносу або старіння судна динаміка його безпеки без будь-яких відповідних заходів (ремонти, зокрема) і процедур має чіткий характер зниження (на рис.2.21 червона пунктирна лінія). Це відразу ж визначає відповідну траєкторію зниження безпеки роботи судна. Тому перше є необхідним, але недостатнім для другого. Дійсно, навіть за належного стану судна, якщо екіпаж не дотримується необхідних процедур та/або перебуває у стані втоми після роботи у важких погодних умовах, особливо, якщо йдеться про перевезення небезпечних вантажів та перехід судна на складній ділянці, то цей фактор може виявитися вирішальним для досягнення безпеки роботи судна критичного рівня.

Рівень рейсу (поточний) більшою мірою пов'язаний з оцінкою наслідків з управління безпекою роботи судна на вищому рівні, з урахуванням погодних умов і специфіки конкретних портів заходу, маршруту прямування судна, специфіки вантажу, а також стану екіпажу та з урахуванням можливого впливу людського фактору. Тут уже оцінюється безпека з погляду на судно як на транспортний засіб, що здійснює перевезення вантажу. У рамках цього дослідження увагу зосереджено на останньому, але при цьому слід враховувати, що безпека судна на верхньому рівні впливає, а подекуди є й визначальною, на безпеку роботи судна.

Отже, на обох охарактеризованих рівнях безпека є динамічною характеристикою. Її поліпшення або погіршення відбувається як під впливом непередбачуваних чинників, так і цілеспрямованих впливів менеджменту та екіпажу судна.

З урахуванням зосередження цієї роботи на безпеці роботи судна, проаналізуємо її динаміку протягом рейсу.

Стан кожної компоненти безпеки роботи судна (вид безпеки) можна подати у вигляді марківського процесу або у вигляді марківського процесу ухвалення рішень.

Як відомо, марківський процес передбачає, що перехід з одного стану в інший відбувається під впливом випадкових чинників, і кожен стан залежить тільки від попереднього. Марківський процес ухвалення рішень "додає"

керованість процесу переходу зі стану в стан. У рамках виконання конкретного рейсу судном обидва підходи мають право бути застосовними:

- перший підхід дає змогу проаналізувати ймовірності станів безпеки роботи (конкретної компоненти безпеки);

- другий підхід дає змогу визначити найкращі заходи для зміни ймовірностей переходу зі стану в стан.

Проте, згідно з аналізом літературних джерел, для технічної сфери марківські процеси ухвалення рішень, як правило, використовують для визначення стратегій у протидії або боротьбі з аварійними ситуаціями. Безпека ж у контексті проблеми, що розглядається, повинна розглядається не тільки як наявність або відсутність аварійних ситуацій, навіть неаварійні ситуації можуть нести потенційний ризик/загрозу безпеці роботи судна. Тому, у цьому разі краще застосувати перший підхід - розгляд зміни безпеки як марківський процес, а другий підхід може бути застосовано для вибору найкращих дій щодо боротьби з аварійними ситуаціями, що настали. Отже, можливі стани складових безпеки роботи судна подано на рис. 2.22-2.25, характеристика станів подана в табл. 2.2.

Зазначимо, що навігаційна та технологічна безпеки характеризуються складнішою системою станів і переходів між ними, що пояснюється значним впливом (наприклад, погодних умов, людським фактором, розташуванням або кріпленням вантажу, а також аварійними ситуаціями під впливом усіх зазначених факторів).

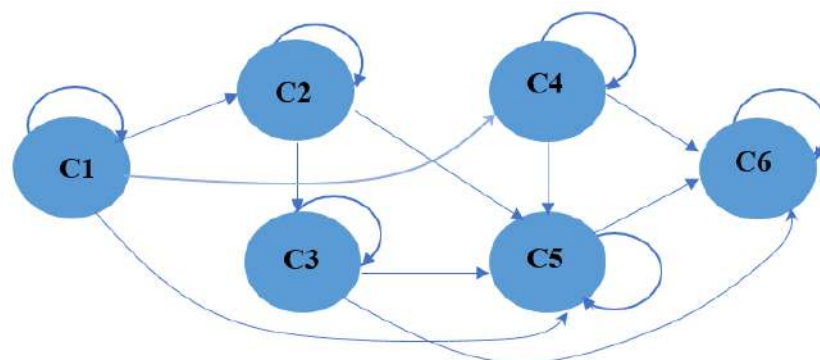


Рисунок 2.22 – Навігаційна безпека

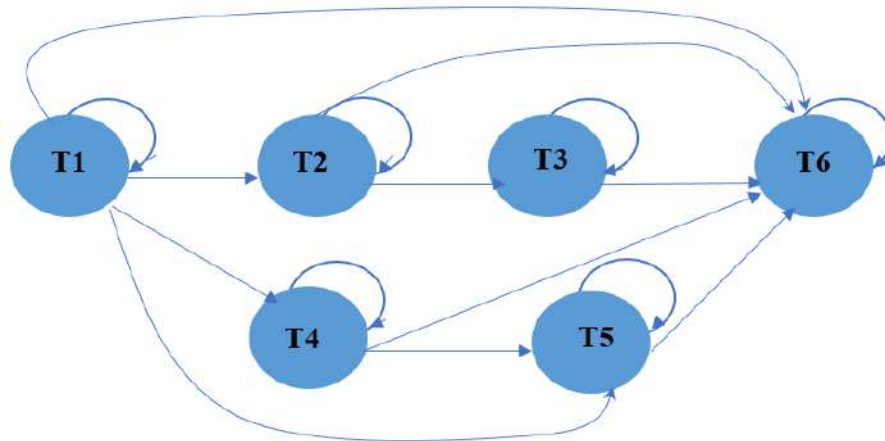


Рисунок 2.23 – Технологічна безпека

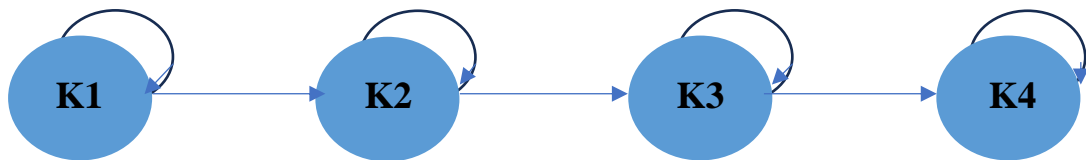


Рисунок 2.24 – Технічна безпека

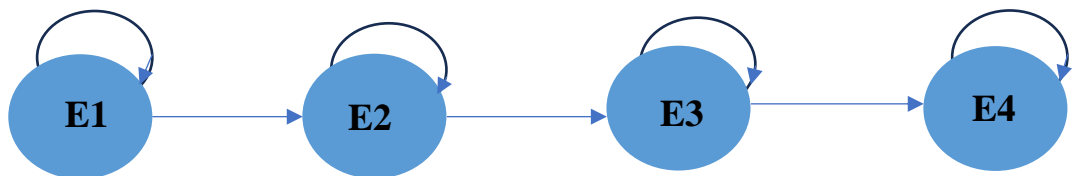


Рисунок 2.25 – Екологічна безпека

Тоді як технічна та екологічна безпеки, які, по суті, визначаються станом судна та його систем, фактично меншою мірою залежать від впливу людських (екіпажу на судні) та сторонніх чинників (не враховуючи цілеспрямованого втручання в інформаційну систему судна та можливої екологічної проблеми за поганих погодних умов), вони можуть бути градуйовані за ступенем - висока, середня, низька, відсутність безпеки.

Таблиця 2.2 – Коротка характеристика основних станів складових (видів) безпеки роботи судна

Вид безпеки	Стан	Характеристика стану
Навігаційна	C1	Безпека задовільна
	C2	Забезпечення параметрів руху без засобів зв'язку та безпеки
	C3	Забезпечення характеристик руху та керованості без інформації про його параметри та засоби зв'язку та безпеки
	C4	Забезпечення параметрів руху без роботи систем керування рухом
	C5	Судно не під контролем із справними системами індикації та зв'язку
	C6	Аварійний стан судна та втрата навігаційної безпеки
Технологічна	T1	Задовільні умови експлуатації та нормальний стан судна
	T2	Пошкодження або/та втрата вантажу
	T3	Пошкодження та втрата вантажу, пошкодження структурних елементів набору судна та палубного обладнання
	T4	Пошкодження структурних елементів судна та палубного обладнання внаслідок зсуву/зміщення вантажу/руйнування систем кріплення
	T5	Поява небезпечного крену, погіршення/втрата остійності судна внаслідок зсуву/зміщення вантажу
	T6	Незадовільні умови експлуатації та аварійний стан судна
Технічна	K1	Високий рівень безпеки
	K2	Середній рівень безпеки
	K3	Низький рівень безпеки
	K4	Відсутність безпеки
Екологічна	E1	Високий рівень безпеки
	E2	Середній рівень безпеки
	E3	Низький рівень безпеки
	E4	Відсутність безпеки

Зазначимо, що для кожного процесу в даному випадку присутній безповоротний стан, при цьому також відсутня можливість повернення до попередніх станів, тому що це можливо тільки в разі певного втручання, і саме по собі відбуватися не може.

З урахуванням вищевикладеного, можливо 576 комбінацій чотирьох компонент (видів) безпеки роботи судна, кожна з яких формує відповідний стан безпеки роботи судна загалом. Проте, при агрегованому розгляді різних станів, можна виділити чотири основні за аналогією з технічною та екологічною безпекою. Кожен такий агрегований стан відповідає цілій безлічі різних станів безпеки загалом, що відрізняються комбінаціями різних елементів безпеки роботи судна.

Таким чином, структуру станів безпеки роботи судна представлено на рис.2.26, а системне представлення її динаміки - на рис.2.27.

Стан безпеки роботи судна:

V1 – високий (достатній) рівень безпеки;

V2- середній рівень безпеки;

V3- низький рівень безпеки;

V4 – небезпека (відсутність безпеки).

Кожен стан безпеки роботи судна відповідає множині комбінацій станів окремих компонент (видів) безпеки роботи судна, тобто розглядаються відповідні множини $\Delta_{V1}, \Delta_{V2}, \Delta_{V3}, \Delta_{V4}$, кожне з яких пов'язане з відповідними множинами $\langle Ci, Tj, Kl, Em \rangle$.

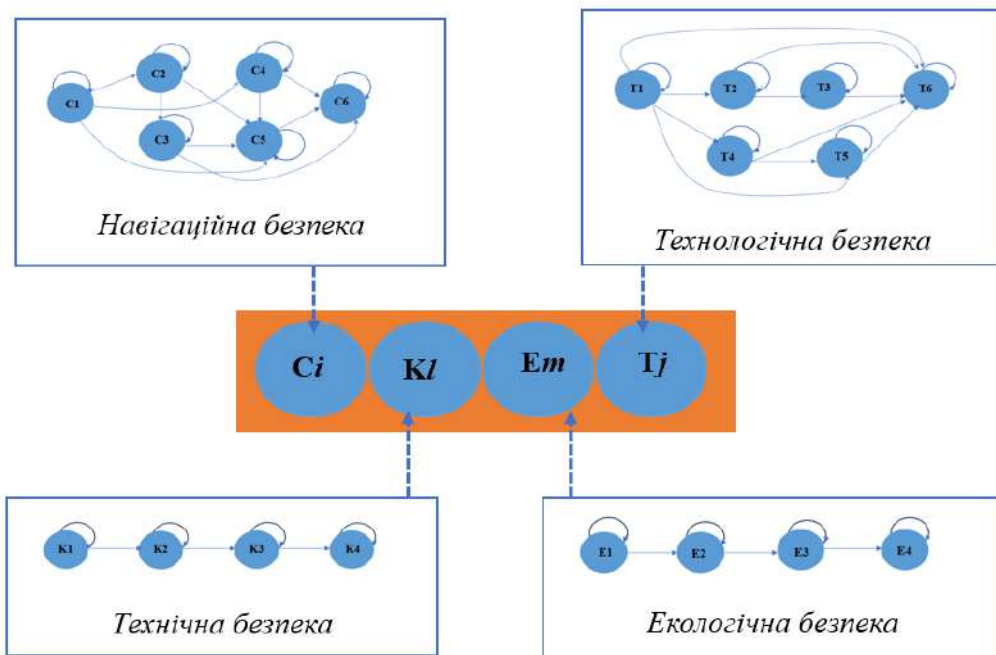
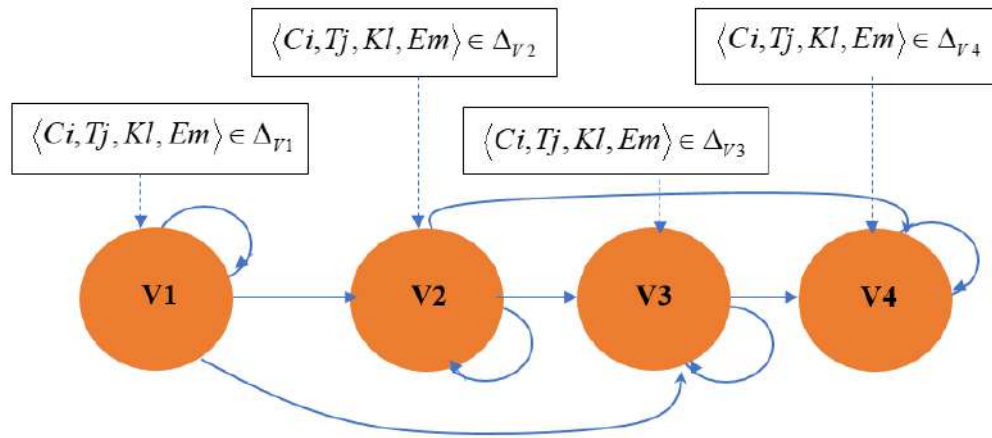


Рисунок 2.26 – Структура станів безпеки роботи судна в процесі її динаміки



$$P(Vn) = \sum_{\langle Ci, Tj, Kl, Em \rangle \in \Delta_{Vn}} P(Ci) \cdot P(Tj) \cdot P(Kl) \cdot P(Em), n = \overline{1, 4}$$

Рисунок 2.27 – Системне уявлення динаміки безпеки роботи судна

З урахуванням значної кількості множин для кожного стану, у рамках цього дослідження не конкретизується зміст кожної множини станів безпеки роботи судна $\Delta_{V1}, \Delta_{V2}, \Delta_{V3}, \Delta_{V4}$, тим паче, що те, що саме можна віднести до того чи іншого рівня безпеки, є досить суб'єктивним: те, що для одного капітана означає низький рівень безпеки, для іншого вважається "середнім".

Таким чином, з урахуванням суб'єктивності декомпозиції станів, вважається, що в кожній судноплавній компанії, залежно від ставлення осіб, які приймають рішення щодо безпеки, і формується ідентифікація станів безпеки залежно від стану її складових.

Проте, деякі комбінації елементів безпеки роботи судна є очевидними, з погляду належності до множин Δ_{V1}, Δ_{V4} :

$$\langle C1, T1, K1, E1 \rangle \in \Delta_{V1},$$

$$\langle C6, T6, K4, E4 \rangle, \langle C5, T6, K4, E4 \rangle, \langle C6, T5, K4, E4 \rangle, \langle C5, T5, K4, E4 \rangle \in \Delta_{V4},$$

$$\langle C6, T4, K4, E4 \rangle, \langle C5, T3, K4, E4 \rangle, \langle C6, T3, K4, E4 \rangle, \langle C5, T4, K4, E4 \rangle \in \Delta_{V4}.$$

За наявності матриць перехідних ймовірностей і початкових ймовірностей, можна оцінити ймовірність стану безпеки роботи судна в процесі виконання рейсу.

Таким чином, представлено метод опису динаміки безпеки роботи судна у вигляді марківського процесу, який базується на інтегральному розгляді

марківських процесів зміни елементів безпеки - навігаційної, технологічної, технічної та екологічної. Комбінації станів елементів безпеки, що формуються таким чином, відповідають одному з чотирьох станів безпеки. Запропонований метод дає змогу за наявності оцінок матриць перехідних ймовірностей і початкових ймовірностей визначати ймовірності станів безпеки роботи судна.

2.4 Система заходів та засобів забезпечення безпеки роботи суден в системі морських перевезень

Загальною метою безпеки судноплавства залишається забезпечення безпечного і надійного руху суден, захист життя, судна та вантажу, а також збереження морського довкілля. Для досягнення цієї мети важлива постійна увага до оновлення технологій, навчання екіпажу, вдосконалення процедур та забезпечення дотримання стандартів, положень і норм безпеки в рамках безпеко-орієнтованої концепції.

Проблеми безпеки морського транспорту мають високий ступінь актуальності з низки причин. По-перше, забезпечення безпечної експлуатації суден є основними пріоритетами для запобігання людським втратам та збереженню життів на морі. По-друге, є ключовим фактором для збереження морської екосистеми та запобігання забрудненню морського середовища. Також проблеми безпеки морського транспорту впливають на економічну стабільність та розвиток морської торгівлі, оскільки несприятливі події, такі як аварії та втрати вантажів, можуть завдати значної шкоди як судноплавним компаніям, так і глобальній економіці. Нарешті, ефективне управління ризиками та співробітництво між країнами сприяють створенню гармонізованих міжнародних стандартів безпеки, що, у свою чергу, підвищує довіру та співпрацю в морській галузі (рис. 2.28).



Рисунок 2.28 - Взаємозв'язок чинників впливу на безпеку та ефективність функціонування морського транспорту

Як зазначено, забезпечення безпеки судна є невід'ємною частиною системи забезпечення безпеки морської галузі та має важливе значення для захисту людей, довкілля та економічної стабільності. Тому, перед тим як розглянути проблеми, які пов'язані з безпекою морського транспорту, необхідно перерахувати ряд факторів, які так чи інакше впливають на безпеку морського транспорту (Табл.2.3);

Таблиця 2.3 - Фактори впливу на безпеку морського транспорту

Чинники впливу	Негативні наслідки
Управління судном та маневрування	Неправильні рішення в процесі керування судном можуть призвести до зіткнень з іншими суднами, наявності небезпечного крену, посадки на мілину, або контакту з перешкодами, а також попадання в несприятливі погодні умови. Недостатній рівень компетенції екіпажу, неправильне використання навігаційних інструментів, приладів та систем або відсутність актуальної інформації про майбутні або поточні умови можуть стати причинами аварій та інцидентів.
Технічний стан суден	Стан суден, систем, механізмів та обладнання відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки морського транспорту. Неправильне обслуговування та недостатній контроль та моніторинг технічного стану суден можуть призвести до поломок або відмов систем, відповідність суден міжнародним стандартам та вимогам безпеки.
Рівень підготовки екіпажів суден	Недостатня підготовка та відсутність навчання екіпажів з питань безпеки. Це включає знання процедур безпеки, вміння правильно реагувати на надзвичайні ситуації, знання правил та вимог міжнародних організацій, а також навички в галузі рятувальних операцій та першої допомоги.
Вплив факторів довкілля	Навколишнє середовище має значний вплив на безпеку морського транспорту. Це включає непередбачувані погодні умови, природні катаклізми, забруднення морських вод та повітря, а також наявність підводних перешкод. Ці фактори можуть створювати небезпечні умови для суден і вимагають особливої обережності та запобіжних заходів.



Рис.2.29 - Структура поняття "безпека судноплавства" в рамках безпеко-орієнтованої концепції

В контексті безпеки судноплавства відсутність небезпеки передбачає функціонування водного транспорту та морської галузі в умовах ефективної мінімізації або повного усунення ризиків, пов'язаних з потенційними небезпеками. Це досягається через впровадження заходів, що відповідають високим міжнародним стандартам, враховуючи принципи інтегрованості, системного управління, постійного моніторингу та аналізу ризиків, активної участі екіпажу та персоналу та підвищення їх рівня поінформованості, а також використання новітніх технологій. Ці принципи спільно формують інтегральний підхід до забезпечення безпеки в морському транспорті, який спрямований на ефективне функціонування системи та мінімізацію ризиків.

Відсутність ризиків, перш за все означає, що небезпеки, які пов'язані з морськими перевезеннями, були ідентифіковані, оцінені та зменшені до мінімуму, оскільки всі необхідні заходи прийняті для попередження можливих ризиків та запобігання аваріям (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Заходи для забезпечення відсутності небезпек

Аспект	Призначення
Превентивні заходи	Безпека судноплавства заснована на превентивних заходах, які спрямовані на запобігання небезпекам перед їх виникненням. Це включає в себе регулярну інспекцію та обслуговування суден, проведення тренувань та навчань екіпажів, аналіз потенційних ризиків та впровадження відповідних заходів безпеки.
Міжнародні стандарти та правила	Міжнародні організації такі як ІМО, розробляють стандарти і правила для забезпечення безпеки судноплавства, які повинні дотримуватись всіма учасниками які здійснюють свою діяльність у морській галузі. Ці стандарти охоплюють різні аспекти безпеки, включаючи конструкцію суден, навігацію, пожежну безпеку, рятування та інші.
Система моніторингу та контролю	Важливо також застосовувати ефективну систему моніторингу та контролю, для відстеження виконання стандартів безпеки судноплавства, виявляти потенційні небезпеки та вживати відповідних заходів для їх усунення. Сюди входять інспекції, аудити, сертифікація та інші види контролю.
Співпраця та обмін інформацією	Іншим важливим аспектом безпеки судноплавства є співпраця між учасниками морського транспорту, включаючи судновласників, операторів портів, урядові органи, рятувальні служби та інші сторони. Обмін інформацією про стан погоди, умови переходу, навігаційні небезпеки та інші фактори допомагає уникати небезпек та приймати обґрунтовані рішення.

Для досягнення відсутності ризиків на морському транспорті використовуються наступні підходи і заходи (табл.2.5).

Таблиця 2.5 – Заходи для забезпечення мінімізації ризиків

Аспект	Призначення
Використання ризик-орієнтованого підходу	Використання ризик-орієнтованого підходу передбачає ідентифікацію потенційних ризиків, їх оцінку та управління. Це включає в себе проведення аналізу ризиків, розробку планів управління ризиками та впровадження заходів для зменшення ризиків до прийняттого рівня
Використання стандартів і правил безпеки	Використання стандартів і правил безпеки, які запроваджені з боку міжнародних організації, такі як Міжнародна морська організація (ІМО), які встановлюють стандарти і правила безпеки судноплавства та повинні дотримуватись екіпажами суден і суб'єктами морської галузі.
Впровадження технологічних інновацій	Впровадження технологічних інновацій і новітніх технологій для зменшення ризиків, використання автоматизованих систем управління судном, супутникового навігаційного обладнання, систем дистанційного моніторингу.
Освіта, підготовка та сертифікація екіпажу	Регулярна підготовка, навчання та тренування екіпажу судна, який повинен мати необхідні знання і навички для ефективного виконання своїх обов'язків та реагування на можливі небезпеки.
Система контролю та нагляду	Ефективна система контролю та нагляду допомагає забезпечити дотримання стандартів безпеки судноплавства. Це включає проведення інспекцій, аудитів та сертифікації суден і портових споруд, а також встановлення механізмів звітності та обліку безпеки.

Відсутність шкоди в контексті безпеки судноплавства означає, що морські перевезення здійснюються без негативних наслідків для безпеки, життя та здоров'я людей, а також з умови збереження навколишнього середовища. Для досягнення відсутності шкоди морському середовищу використовуються підходи і заходи представлені в табл.2.6;

Таблиця 2.6 – Заходи для забезпечення відсутності шкоди морському середовищу

Аспект	Призначення
Попередження аварій	Розробка та впровадження ефективних систем безпеки та превентивних заходів, таких як регулярне обслуговування суден, інспекції, навчання екіпажу, дотримання міжнародних стандартів безпеки, допомагають попередити аварії та небезпеки.
Ефективне управління ризиками	Використання ризик-орієнтованого підходу дозволяє ідентифікувати потенційні ризики та приймати відповідні заходи для їх управління. Це включає оцінку ризиків, розробку планів дій та систему контролю.
Забезпечення відповідності стандартам	Дотримання міжнародних стандартів безпеки, правил та рекомендацій, встановлених Міжнародною морською організацією (ІМО) та іншими організаціями, допомагає забезпечити відсутність шкоди на морському транспорті.
Використання новітніх технологій	Системи моніторингу, автоматизовані системи безпеки, вдосконалені системи навігації та комунікації, допомагає забезпечити безпеку та зменшити можливість виникнення шкоди.
Відсутність фінансових збитків	В контексті морського транспорту означає, що морські перевезення здійснюються без значних втрат або шкоди для фінансових інтересів залучених сторін.

Для досягнення відсутності фінансових збитків на морському транспорті використовуються підходи та заходи зазначені в табл.2.7;

Таблиця 2.7 – Підходи та заходи для забезпечення відсутності фінансових збитків

Аспект	Призначення
Страховання	Судновласники, перевізники та інші учасники процесу морського перевезення можуть укладати страхові поліси для захисту від фінансових ризиків, пов'язаних зі збитками або втратами внаслідок аварій, підтоплень, крадіжок тощо.
Контракти та угоди	Укладання чітких контрактів та угод із контрагентами, в яких визначаються права, обов'язки та відповідальність сторін, допомагає уникнути можливих фінансових збитків, пов'язаних з невиконанням умов чи змінами умов у процесі перевезень.

Продовження таблиці 2.7;

Ефективне управління логістикою та операціями	Раціональне планування маршрутів, вибір оптимальних транспортних засобів, ефективне завантаження суден та оптимізація ресурсів можуть знизити витрати та ризики фінансових втрат.
Застосування сучасних інформаційних систем	Застосування сучасних інформаційних систем, таких як системи електронного документообігу, системи моніторингу та трекінгу вантажів, допомагає забезпечити точність, швидкість та ефективність управління фінансовими аспектами на морському транспорті.
Аналіз потенційних ризиків	Аналіз потенційних ризиків, впровадження заходів з їх управління та резервування фінансових ресурсів для випадків непередбачених обставин допомагають зменшити ймовірність фінансових збитків.

Таким чином, в процесі морського перевезення необхідне дотримання усіх необхідних норм та моніторинг стану безпеки у контексті кожної операції судна в рейсовому циклі, представленому на рис. 2.30.

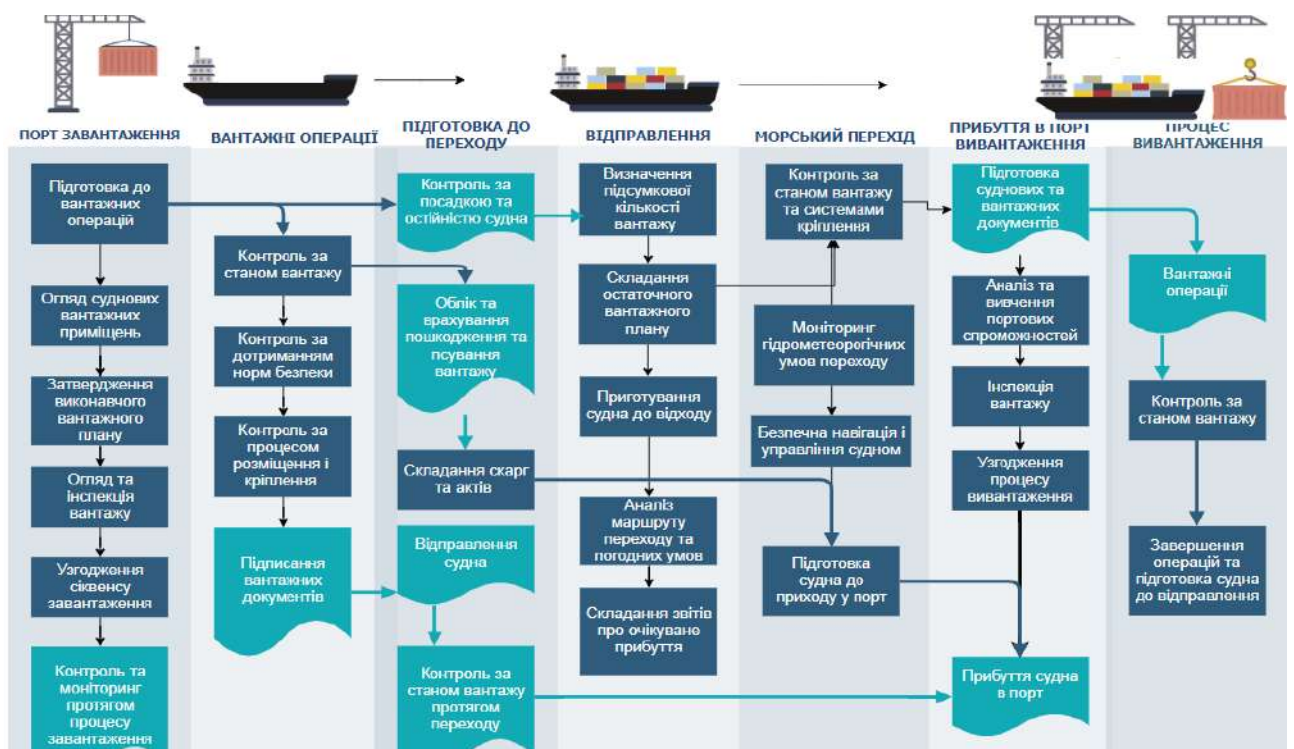


Рисунок 2.30 - Засоби забезпечення безпеки морського перевезення

Засоби забезпечення безпеки та ефективності морського перевезення включають в себе широкий спектр заходів і принципів, спрямованих на запобігання небезпеці, забезпечення безпеки екіпажу, пасажирів та вантажу, а також підвищення ефективності перевезень (табл. 2.8) [195].

Таблиця 2.8 - Засоби забезпечення безпеки морського перевезення

Засоби	Призначення
Дотримання міжнародних стандартів	Застосування і дотримання міжнародних стандартів безпеки, таких як Конвенція SOLAS (Міжнародна конвенція про безпеку життя на морі), є важливим елементом забезпечення безпеки морського перевезення. Ці стандарти встановлюють вимоги до конструкції суден, систем безпеки, пожежної безпеки, навігаційного обладнання та інші аспекти безпеки
Безпека судноводіння	Застосування надійних систем навігації, систем попередження зіткнень, радіолокаційних систем, а також використання сучасних технологій, таких як системи автоматичного ідентифікації (AIS), сприяють запобіганню аваріям і забезпечують безпеку морського руху
Технічні заходи безпеки	Встановлення безпечних систем управління судном, включаючи системи пожежогасіння, системи автоматичного контролю стану судна (SCADA), системи безпеки проти вторгнень та інші технічні засоби, є важливими для забезпечення безпеки судна та ефективності перевезень
Кваліфікація членів екіпажу судна	Належне навчання та кваліфікація екіпажу судна є важливим чинником безпеки. Це включає тренування в практичних навичках навігації, обслуговуванні обладнання та процедурах безпеки, а також усвідомлення ризиків та здатність реагувати на непередбачувані ситуації
Моніторинг та аналіз ризиків	Проведення систематичного моніторингу та аналізу ризиків дозволяє виявляти потенційні загрози безпеці та приймати відповідні заходи для їх запобігання. Це може включати впровадження систем управління безпекою, збір та аналіз даних про безпеку, а також впровадження процедур реагування на надзвичайні ситуації
Кібербезпека процесу перевезення	Врахування аспектів кібербезпеки стає все більш важливим у морському транспорті. Запобігання кібератакам та забезпечення кібербезпеки систем управління судном, автоматизованих систем та комунікаційних систем допомагає захистити судно від незаконного доступу, втручання та перешкод, що можуть негативно вплинути на безпеку перевезення та функціонування судна

Врахування вищеперелічених засобів забезпечення безпеки і ефективності морського перевезення сприяє зменшенню ризиків, підвищенню безпеки екіпажу, пасажирів та вантажу, а також забезпечує ефективне та безперебійне функціонування судна та створенню стійкого, безпечного та надійного морського транспорту, що має важливе значення для розвитку світової торгівлі та економіки [196].

Визначення факторів, які сприяють забезпеченню безпеки судна, важливе для розуміння та покращення безпекових аспектів суднової діяльності. Розбиття цих факторів на групи та підгрупи допомагає структурувати та систематизувати цей аналіз. Пропонується формування системи з п'яти груп факторів, що сприяють забезпеченню безпеки судна, які розділені на п'ять підгруп по п'ять факторів у кожній (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 - Система факторів, що сприяє забезпеченню безпеки судна

Група 1 Людські фактори	Група 2 Технічні фактори	Група 3 Організаційні фактори	Група 4 Операційні фактори	Група 5 Екологічні фактори
Кваліфікований екіпаж судна	Надійність та належний стан судового обладнання	Розробка та дотримання безпечних процедур та політики безпеки	Ефективне планування маршруту з урахуванням погодних умов, морських течій, перешкод та інших факторів	Дотримання міжнародних та місцевих правил та норм щодо охорони навколишнього середовища
Ефективне навчання, тренування та сертифікація екіпажу	Регулярне технічне обслуговування та ремонт судна	Системи управління безпекою та внутрішнього контролю	Правильне розташування, закріплення та обробка вантажу на судні	Застосування технологій для зменшення викидів забруднюючих речовин
Правильна організація робочого графіка та відпочинку екіпажу	Використання передових технологій та систем безпеки	Забезпечення відповідних засобів захисту та безпеки на борту	Ефективна комунікація між екіпажем судна, морськими портами, власниками судна та іншими сторонами	Впровадження заходів щодо запобігання забрудненню під час бункерування та технічного обслуговування
Забезпечення ефективної комунікації та співпраці на борту судна	Ефективне управління енергетичними системами, комплексами та резервними джерелами живлення	Ефективний моніторинг та аналіз безпекових показників	Наявність досвідченого та добре навченого екіпажу є важливим фактором безпеки судна	Забезпечення належного збереження та видалення відходів на судні
Використання безпечних процедур та стандартів роботи	Контроль обладнання для рятування та засобів пожежогасіння	Забезпечення належної координації з регулюючими органами	Запобігання аваріям, пожежам, проникненню води та іншим небезпечним ситуаціям на судні, наявність належного обладнання для рятування та пожежогасіння	Систематичний моніторинг та оцінка впливу судна на навколишнє середовище

Визначення та аналіз факторів для забезпечення безпеки судна має ряд переваг. По-перше, це включає розуміння ризиків, допомагає ідентифікувати потенційні небезпеки та приймати обґрунтовані рішення для їх запобігання. Дослідження факторів полегшує виявлення проблем і слабких місць, сприяючи розробці та впровадженню ефективних заходів для поліпшення безпекових процедур. Мінімізація ризиків за допомогою ідентифікації та аналізу факторів дозволяє визначити пріоритети для мінімізації ризиків. Підвищення свідомості екіпажу та навчання забезпечують вивчення факторів безпеки та підвищення

їхньої свідомості. Усе це призводить до зниження витрат, оскільки управління безпекою дозволяє уникнути нещасних випадків та зменшити фінансові збитки. Визначення факторів сприяє покращенню стандартів безпеки та збільшенню ефективності морських перевезень (рис.2.31).



Рисунок 2.31 - Вплив сукупності факторів на безпеку судна

Підсумкова безпека судна досягається шляхом застосування комплексу заходів і процедур. Цей підхід включає *технічні, операційні та організаційні* аспекти, спрямовані на забезпечення безпеки під час експлуатації судна та роботи в системі морських перевезень. Аналіз цих аспектів, таких як технічний стан судна, виконання рутинних операцій, дотримання нормативних вимог та процедур у оптимальному поєднанні з перерахованими компонентами дозволяє забезпечити комплексну безпеку судна та підвищити ефективність його транспортної роботи.

Технічні аспекти пов'язані з конструкцією судна, судновими технічними системами та комплексами, оснащення відповідним обладнанням та устаткуванням яке повинне відповідати міжнародним стандартам безпеки. Крім

того, судна мають проходити регулярне технічне обслуговування і ремонт, щоб гарантувати їхню працездатність і безпеку. Технічні аспекти безпеки судна також можуть включати заходи з енергоефективності. Це означає впровадження технологій і систем, які спрямовані на зменшення споживання палива і енергії, покращення енергетичної ефективності та зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. Це можуть бути такі заходи, як використання енергоефективних двигунів, оптимізація системи управління енергетичними системами і комплексами, використання відновлюваних джерел енергії тощо [197].

Операційні аспекти забезпечення безпеки судна стосуються процесів, дій та практик, пов'язаних з експлуатацією судна включаючи транспортний процес. Ці аспекти охоплюють такі питання, як безпечний рух судна, безпечне виконання маневрів, відповідність нормам та стандартам безпеки під час виконання судових операцій, ефективне використання обладнання та систем судна, планування завантаження та контроль вантажних операцій, контроль та відстеження відповідності правилам безпеки, а також виконання регулярних і періодичних обслуговувань та інспекцій. Операційні аспекти безпеки судна включають процес навігації і управління рухом суден, розробку і використання ефективних методів і систем для безпечного руху судна по морським шляхам, включаючи навігаційні системи, системи контролю руху, системи прогнозування погоди та морських умов, автоматизовані системи управління судном та інші. Операційні аспекти безпеки також включають розробку і дотримання правил та процедур, що стосуються безпеки маневреності, режиму швидкості, управління вантажними операціями та інші аспекти, які допомагають забезпечити безпеку під час операцій судна, включаючи взаємодію з іншими суднами та виконання правил та протоколів безпечної навігації, а також застосування ефективних процедур у разі виникнення непередбачуваних або аварійних ситуацій.

Організаційні аспекти забезпечення безпеки судна охоплюють широкий спектр заходів та процедур, спрямованих на забезпечення безпеки під час морських перевезень. Ці аспекти включають розробку та впровадження

ефективних політик і процедур безпеки, планування та навчання екіпажу, контроль та оцінку ризиків, а також влаштування механізмів координації та співпраці між різними сторонами, що займаються морськими перевезеннями. Організаційні аспекти також включають управління комунікаціями та зв'язками з регуляторними органами та іншими зацікавленими сторонами з метою забезпечення безпеки судна і запобігання можливим інцидентам. Це включає планування та координацію рейсів, визначення оптимального маршруту та графіка руху, забезпечення належної організації роботи екіпажу та управління судном, а також виконання вимог міжнародних та національних нормативних документів і правил безпеки морського транспорту. Організаційні аспекти також включають в себе планування і проведення навчань та тренувань для екіпажу, розробку і впровадження процедур безпеки, моніторинг і оцінку дотримання стандартів безпеки, а також взаємодію з відповідними регуляторними органами і організаціями з метою вирішення спірних питань. Так, організаційні аспекти безпеки судна включають розробку та впровадження ефективних організаційних структур, політик, процедур та практик, спрямованих на забезпечення безпеки судна. Це включає в себе налагодження системи управління безпекою, розподіл відповідальності та обов'язків, проведення навчань та підготовки персоналу, встановлення механізмів звітності та моніторингу безпеки.

Таким чином, безпеко-орієнтована робота судна забезпечується комплексним підходом, який охоплює технічні, операційні та організаційні заходи, які спрямовані на мінімізацію ризиків і забезпечення його безпеки як під час стоянки в порту так і протягом морського переходу.

Висновки до другого розділу

1. Встановлено зміну парадигми у питаннях безпеки судноплавства, що сформувало передумови формування нової концепції безпеко-орієнтованої роботи суден. Якщо раніше, основним прагненням судновласників було забезпечення максимальної ефективності при дотриманні вимог і обмежень ІМО, то сьогодні

ефективність і безпека сприймаються більшістю судновласників як дві невід'ємні компоненти судноплавного бізнесу. Таким чином, щодо роботи суден під час перевезень як вантажів, так і пасажирів, відбувається перехід у цілепокладанні перевізників і судновласників від максимізації прибутку до максимізації безпеки. Це обґрунтовує необхідність розробки нової концепції, яку має бути покладено у основу відповідній методології.

2. Розроблено концепцію безпеко-орієнтованої роботи суден, згідно до якої безпека в процесі роботи судна означає безпеку для людини, середовища, судна і вантажу відповідно до чотирьохкомпонентної моделі, яку розглянуто з різним ступенем декомпозиції. Під безпеко-орієнтованою роботою суден розумітимемо таку організацію роботи суден, за якої забезпечуються всі види безпеки операцій у рамках виробничих процесів, що є частиною транспортних процесів на морському транспорті. З урахуванням специфіки виробничого процесу роботи судна, визначені чотири види безпеки: технічна, технологічна, навігаційна, екологічна. Ці чотири види безпеки під час роботи суден, з одного боку, пов'язані зі специфікою різних виробничих операцій у процесі морського перевезення, з іншого боку, з різними аспектами розгляду судна. Сукупність цих видів безпек забезпечує безпечну роботу судна. Така декомпозиція безпеки дає можливість коректного врахування системи факторів, що впливають на безпеку кожного виду, і розроблення відповідних методів та засобів її забезпечення з урахуванням специфіки операцій.

3. Встановлено ланцюг формування причинно-наслідкових зав'язків у системі безпеки роботи суден та розроблено формули для поетапної оцінки ймовірності безпеки роботи суден з урахуванням факторів впливу, їх вагомості та розподілу операцій за етапами виробничого процесу та їх вагомості для кожного виду (компоненти) безпеки роботи судна. Отримана підсумкова формула дає можливість оцінювати безпеку роботи судна протягом рейсу з урахуванням прогнозів певних умов його виконання (погодних умов, портів, каналів, маршруту руху, стану екіпажу тощо), що забезпечується врахуванням розподілу ймовірностей можливих прояв кожного фактору впливу.

4. Розроблено динамічну модель зміни стану безпеки судна у процесі роботи, яка відображає системний погляд як на структуру безпеки, так й на систему факторів впливу різної спрямованості з точки зору зменшення чи збільшення рівня безпеки. Модель дозволяє досліджувати системно безпеку роботи судна та оцінювати її зміни під впливом прогнозованих факторів чи подій. Ідентифіковано структуру системи факторів впливу на безпеку роботи судна, яка у повній мірі охоплює основні впливи на безпеку різної природи.

5. Розроблено систему заходів та засобів забезпечення безпеки роботи морських суден як протидію можливим ризикам порушення безпеки. Дана система передбачає технічні, операційні та організаційні аспекти забезпечення безпеки роботи суден. Для кожного аспекту сформовано відповідні множини заходів та засобів, охарактеризовано їх практичне використання, а також нормативне підґрунтя для тих, які це передбачають.

Основні результати розділу розкрити у публікаціях автора [178, 182, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197].

РОЗДІЛ 3

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА КРИТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ СУДЕН

3.1 Основні ризики технічної безпеки та принципи її забезпечення під час роботи суден

Технічна безпека судна - це комплекс заходів та систем, спрямованих на забезпечення нормального та безпечного функціонування всіх технічних компонентів та систем судна. Вона включає в себе виявлення, усунення та запобігання можливим технічним проблемам чи аваріям.

У сучасних умовах технічні системи суден все більше стають цифровими та підключеними до мереж. Це відкриває можливості для кібератак та вразливостей перед зловмисниками. Кіберзахист судна включає в себе заходи, спрямовані на захист інформаційних систем судна від несанкціонованого доступу, а також виявлення та вирішення можливих кіберзагроз. Таким чином, комплексне забезпечення кіберзахисту судна гарантує надійність та безпеку його функціонування в умовах сучасних технологій та потенційних кіберзагроз, а, отже і технічну безпеку експлуатації судна.

В останні роки різні галузі промисловості, включаючи транспорт, зазнали значних збитків та витрат через кібератаки. Географія вантажних перевезень не має меж, тому кібератаки можуть бути здійснені практично скрізь, де є підключення до Інтернету. Тому імунітету від збоїв комп'ютерних систем та процесів доставки інформації в мережах організацій та компаній, що займаються морськими перевезеннями, немає. Крім того, хоча наслідки кібератак на основні судноплавні лінії та порти, а також цифрові системи логістичних компаній піддаються всебічному аналізу, вразливість суден залишається недостатньо вивченою. У даному розділі пропонується аналіз ризиків у сфері морських вантажних перевезень та основних факторів впливу, таких як цифровізація, на безпеку транспортного процесу. В даному розділі визначено основні загрози

інформаційній системі судна та запропоновано методики аналізу ризиків інформаційної безпеки судна [198].

Морська торгівля трансформується завдяки цифровізації транспорту та логістики. Онлайн-платформи з фрахтування тоннажу вже впроваджуються у зв'язку із зрозумілим фактом економії експлуатаційних витрат та бажанням судновласників уникнути додаткових витрат у вигляді брокерських комісій. Незважаючи на те, що доставка дуже консервативний бізнес, онлайн-процеси — це не просто тренд, а й реальність нашого часу. Наприклад, перехід на непаперовий коносамент призведе до потенційної економії 4 млрд доларів на рік. Якщо 50% контейнерної галузі перейдуть на цей шлях, щорічний темп зростання становитиме 2,4% до 2030 року. Крім того, ситуація з Covid-19 дуже позитивно означила переваги електронних коносаментів. Вантажі не простоювали у портах, з причин затримки у доставці документів, через обмеження на польоти внаслідок пандемії. Також зазначається, що відмова від паперу в судноплавстві зробить усі аспекти морських перевезень кращими, швидшими, дешевшими, надійнішими та екологічнішими. Крім того, розвиток технології блокчейн дозволяє уникнути ризиків втрати даних або атак хакерів на шляху електронного коносаменту від відправника до одержувача. Зовсім недавно MSC запустила онлайн-сервіс котирувань для відправників вантажів під назвою Instant Quote, який спрощує і прискорює процес оцифрування вантажів. Клієнти компанії мають прямий доступ до тарифів на доставку, що полегшує процес управління ланцюгами поставок. Крім того, Maersk оголосила про розширення використання свого мобільного додатка для відстеження, що дозволило клієнтам розміщувати та відстежувати замовлення віддалено, наприклад під час пандемії. Компанія була піонером на цьому шляху, згодом до неї приєдналися такі компанії як Harag-Lloyd, Evergreen Line, ZIM та MSC [199, 200].

Суднова документація, навігаційні карти та інша інформація вже сьогодні знаходяться в цифровому вигляді, а нещодавнє застосування підводних дронів, здатних передавати на місток інформацію про фарватер, глибини та межі, вказує на цілком закономірний перехід до безпілотної лоцманської провідки. Концепція

автономних суден також вже активно впроваджуються, але в той же час все вищезгадане стабільною мірою чинить тиск на безпеку всіх без винятку процесів експлуатації судна і, насамперед, на безпеку вантажоперевезень [201].

Коли ми говоримо про технічну безпеку судна, кібербезпека стає ключовим аспектом, оскільки вона тісно пов'язана з захистом усіх технічних систем та обладнання судна від кіберзагроз та збоїв в їх роботі та виходу з ладу (рис.3.1).



Рисунок 3.1 – Елементи системи технічної безпеки судна

Варто зазначити, що перевезення вантажів різними видами транспорту, як наземним так і водним, завжди пов'язані з безліччю ризиків, потенційні збитки від яких може обчислюватися у значному грошовому еквіваленті. При морських перевезеннях існує безліч ризиків, таких як псування вантажу, втрата та його пошкодження під час вантажно-розвантажувальних робіт, а також ризики для судна у разі пожежі, перекидання, аварії, посадки на мілину та затоплення тощо. Тому перелік основних ризиків морських перевезень не повний. До цього додаються сучасні загрози у вигляді кіберризиків, які повсюдно починають чинити тиск на безпеку судна і вантажу. Отже, щоб запобігти цим ризикам і уникнути непередбачених витрат, як судновласники, так і фрахтувальники повинні враховувати найбільш поширені фактори, а також втілювати заходи щодо запобігання виникненню небезпек [202].

Крім іншого, на безпеку морського перевезення впливають географічні умови переходу, тип вантажу, що перевозиться, характер маршруту судна та інші навігаційні параметри. В цьому сенсі найбільш поширеними ризиками є наступні:

- пошкодження вантажу;
- втрата вантажу;
- затримки у термінах доставки;

Найбільш поширені види претензій за вантажами за версією клубу Р&І показані на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 - Найбільш поширені види претензій на вантажі (контейнери)
(за даними Р&І клубу)

Втрата вантажу, у тому числі розкрадання, за статистикою страхових організацій є причиною понад третини всіх страхових виплат. Різного роду події при транспортуванні, що спричинили ушкодження вантажу, посідають друге місце і становлять понад 15% усіх випадків відшкодування, за даними страхових компаній. Затримка поставок також призводить до значних економічних втрат як у вигляді збоїв у виробництві, так і у вигляді штрафних санкцій за контрактами. Крім цих факторів, слід зазначити також псування товарів через порушення температурного режиму, аварій при завантаженні-розвантаженні та недотримання режиму перевезення. Усі ці ризики негативно відбиваються як у співробітництві у сфері морських перевезень так і на репутації компанії-перевізника загалом, тому задля безпечного функціонування сучасного судноплавства важливо знати та розуміти сутність кіберризиків [203].

Цифровізація широко поширилася серед компаній сектору морського транспорту та логістики, покращуючи весь технологічний цикл у галузі. Це сприяло безпрецедентному підвищенню ефективності транспорту, що в свою чергу зумовило процес розширення каналів одержання доходів. Однак цифровізація також виявила низку проблем у судноплавних та морських логістичних компаніях, зробивши їх надзвичайно вразливими для кібератак. Це стосується всіх видів транспортної галузі, включаючи морські, залізничні, автомобільні та авіаперевезення. Наслідки таких кібератак є дорогими, руйнівними і можуть призвести до фінансової відповідальності, якщо допускається витік конфіденційної інформації. Адже транспортно-логістична система має багато вразливих місць [204].

До них відносяться ширше використання операційних технологій (OT), нових комунікаційних та бездротових каналів, безпосередньо пов'язаних із цифровими екосистемами компаній, що знову робить компанії легкою мішенню для хакерів. Це також застарілі правила та стандарти в галузі інформаційних технологій (IT), недостатня поінформованість про кібербезпеку та, що не менш важливо, брак кваліфікованого персоналу, здатного забезпечити професійний захист. Цикл обміну судновою інформацією представлений на рис. 3.3.

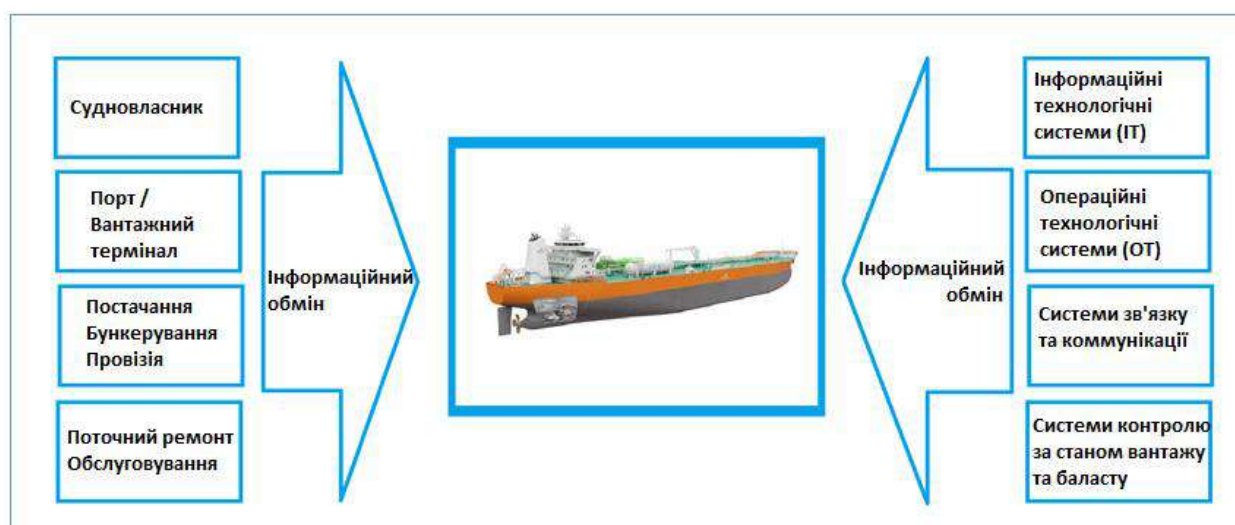


Рисунок 3.3 - Цикл інформаційного обміну в режимі судно-берег

Примітно, що частота кібератак, спрямованих на судноплавний сектор, у середньому збільшується: з одного разу на кілька років раніше на майже кожного місяця в поточний час. Крім того, хоча деякі з них дуже великі і становлять суми збитків в мільйони доларів, інші кібератаки були націлені на великі транспортні компанії з метою порушення роботи систем електронної пошти та логістичних процесів. Більше того, хакери все частіше намагаються зламати дані, що зберігаються в мережах, які передають не лише інформацію про вантаж, а й інновації та пакети оновлення інформаційних баз безпеки компаній, що безпосередньо впливає на ефективне та якісне обслуговування клієнтів. Це стає можливим завдяки цифровим удосконаленням, таким як автоматичні замовлення, відстеження постачання та доступ до платіжної інформації. Хоча такі переваги є надзвичайно цінними для клієнта, вони вимагають збереження великих обсягів конфіденційних даних, зібраних через онлайн-платформи, телефонні програми та інші мобільні пристрої, які є одними з найбільш ненадійних каналів через відсутність суворих протоколів кібербезпеки [205]. Основні системи судна, які найбільш вразливі до зовнішніх атак, можна згрупувати чотири групи, як показано на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 - Ключові системи судна, вразливі для кібератак

Кібератаки на морські судна різко зросли лише у кілька місяців від початку пандемії. З погляду кібербезпеки - 2021 рік був не найкращим роком для морської та логістичної галузі. Частота атак на судна збільшилася майже на 33% — і це після величезного зростання атак на судна та портові системи у 2020 році.

Збільшення кількості атак, ймовірно, відображає, частково, рекордне зростання інцидентів кібербезпеки всіх типів за минулий рік. Однак цілком ймовірно, що зловмисники вирішили зосередитися на морській галузі з огляду на її вирішальну роль у забезпеченні безпеки глобальних ланцюгів постачання [206, 207].

У сценарії, коли хакери отримують контроль над судном, яке перевозить надзвичайно важливі ресурси, такі як продовольчі вантажі, обладнання або ліки, ситуація стає надзвичайно критичною. Їхні можливості включають можливість припинити рух судна на будь-який термін, призводячи до серйозних затримок. Власники судна, фактично, опиняються в безвихідному становищі, не маючи іншого виходу, окрім як виконати вимоги зловмисників. Все це може призвести до величезних економічних втрат, які оцінюються мільйонами доларів, і викликати серйозні політичні та соціальні кризи.

Експерти з інформаційної безпеки стверджують, що за цими кібератаками стоять різні види шкідливого програмного забезпечення. Вони проникають у комп'ютерні системи або мережі, блокуючи їх роботу та вимагаючи викуп за їх розблокування. Оплата вимагається у криптовалюті, зокрема у біткоїнах. Навіть після оплати, іноді комп'ютери залишаються заблокованими.

Урядові органи та експерти також висувують різні звинувачення - від окремих хакерів до організованої злочинності та навіть окремих урядів. Важливо зауважити, що атаки спрямовані, насамперед, не на вантажні об'єкти, а на бізнес-інфраструктуру, яка забезпечує основний бізнес з перевезення вантажів у всьому світі. За статистикою, розмір збитків від кіберзлочинності в 2021 році виявився найвищим у порівнянні з попередніми роками, як це видно з рис. 3.5.

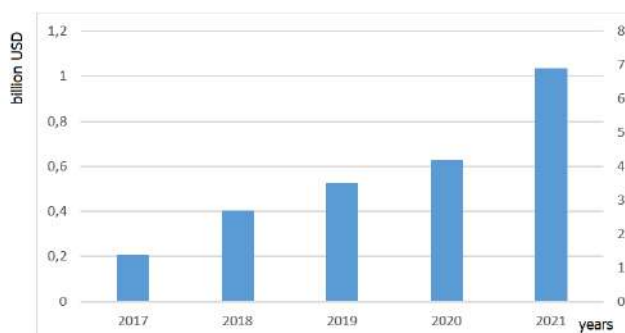


Рисунок 3.5 - Загальна вартість збитків від кіберзлочинності

(Джерело: Звіт ФБР про інтернет-злочини – 2022 р.)

Процеси цифровізації набувають все більшого значення у керуванні суднами різних типів. Сучасні торговельні судна, як складні інженерні конструкції, піддаються впливу нового покоління користувачів комп'ютерів і можуть бути схильні до кібератак. Важливо зауважити, що, за деякими дослідженнями, логістичні та судноплавні компанії, які працюють у портах, можуть бути краще захищені від кіберзлочинців порівняно з самими суднами.

Дослідження SMM Maritime Industry Report 2021 показує, що 84% власників суден та операторів усвідомлюють загрозу кібербезпеці і вважають її важливою. Однак глобальний ланцюг поставок лишається мішенню для кіберзлочинців, про що свідчать недавні атаки на судноплавний сектор. За даними консалтингової компанії з морських кіберризиків, в середньому, щодня трапляється один новий кіберінцидент [208].

Незважаючи на те, що судноплавний сектор все більше усвідомлює цю проблему, ще багато потрібно зробити. Самі хакери вказують на те, що судна часто залишаються відкритими для кібератак. Все більше процесів на судні стають складовими автоматизованої системи управління, яку можна розглядати як систему навігації та управління рухом, процес суднових операцій та обробки вантажів, включаючи їх укладання, зберігання та підтримання транспортного стану, рис. 3.6.

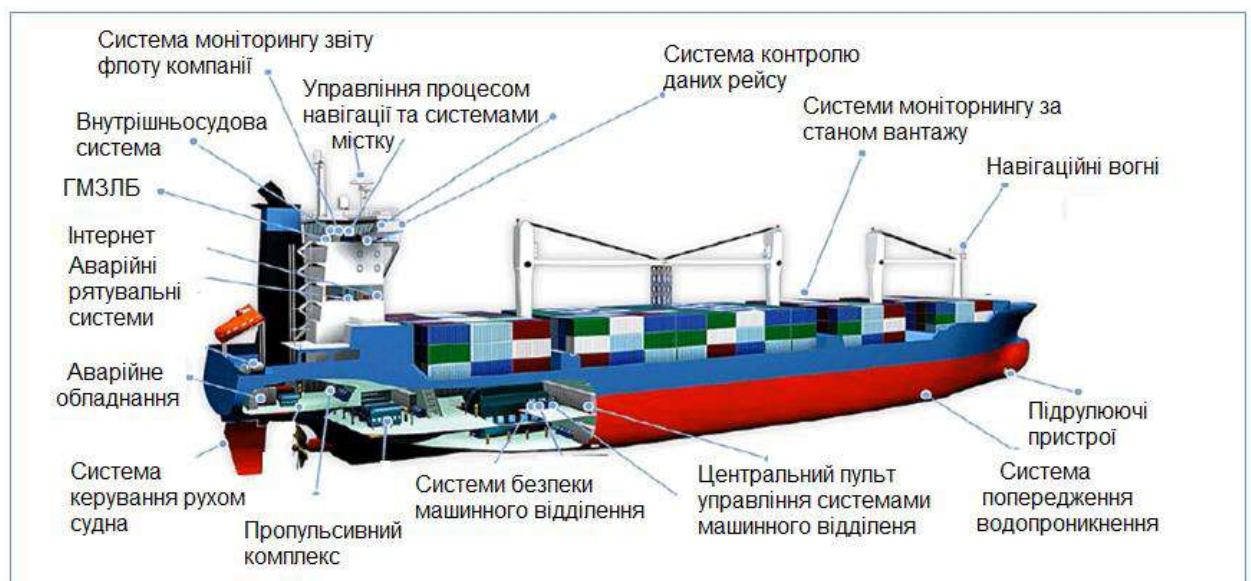


Рисунок 3.6 - Системи автоматичного управління та моніторингу процесів на судні (Interschalt Maritime Systems AG)

Важливо враховувати, що всі ці процеси суднових операцій реалізуються завдяки технічним системам, які включають в себе різноманітні конструктивні елементи, вузли, механізми та агрегати. Цей комплекс технічних засобів призначений для автоматизованого управління та контролю всіма аспектами суднових процесів. До нього входять різні вимірювальні та контролюючі пристрої, включаючи судові комп'ютери для моніторингу та контролю різних етапів роботи. Однак важливо пам'ятати, що ці технічні системи можуть стати об'єктом кібератак, що може призвести до паралізації роботи всієї системи судна. Тому розроблення заходів з забезпечення кібербезпеки в цьому контексті є надзвичайно важливими [209].

Кібербезпека на морському транспорті, особливо щодо об'єктів, що рухаються, таких як судна, має вирішальне значення, оскільки вона має потенційний вплив на персонал, судно, навколишнє середовище, компанію і вантаж і в першу чергу спрямована на захист інформації та даних від несанкціонованого доступу, маніпуляцій та злому. Причинами, з яких можуть статися кіберінциденти, є такі: інцидент кібербезпеки, ненавмисний збій системи, втрата або маніпулювання даними зовнішніх пристроїв, збій системи через збої в програмному забезпеченні або зумовлений діями членами екіпажу, що призводить до проникнення шкідливого програмного забезпечення в судові системи [210].

Ризик інформаційної безпеки у класичній формі визначається як функція трьох змінних складових, у тому числі:

- ймовірність існування загрози інформаційній безпеці судна;
- ймовірність уразливості системи (рівень незахищеності);
- потенційний вплив зовнішніх факторів.

Наприклад, якщо ми припустимо, що ймовірність загрози, ймовірність уразливості та вплив зовнішніх факторів можуть бути представлені числовими значеннями від 0 до 1 (де 0 - низька ймовірність, 1 - висока ймовірність), то загальна формула може виглядати так:

$$R = P_t \cdot P_v \cdot P_f, \quad (3.1)$$

де P_t - (загроза) - ймовірність існування загрози інформаційній безпеці судна; P_v - (вразливість) - ймовірність уразливості системи (рівень незахищеності); P_f - (вплив) - потенційний вплив зовнішніх факторів.

Даний вираз може використовуватися для кількісного оцінювання ризику інформаційної безпеки, враховуючи ймовірності та ймовірнісні розподіли.

Якщо будь-яка із цих змінних прагне нуля, то загальний ризик для інформаційних систем судна прагне нуля. До основних категорій факторів дестабілізації нормальної роботи судових інформаційних систем належать:

- фізичне пошкодження технічних (технологічних, навігаційних) систем судна внаслідок порушення кібербезпеки, спричиненого навмисним або випадковим фізичним впливом на систему або компонента обладнання чи носія даних (вогнь, вода, електростатика, вплив навколишнього середовища, крадіжка, втрата, невміле поводження);

- порушення безпеки внаслідок виходу з ладу основних компонентів системи та функцій, що забезпечують функціонування систем (наприклад, вихід з ладу електромережі, головної системи управління частотою обертання двигуна, пеленгації, позиціонування тощо);

- порушення безпеки через перешкоди, викликані, наприклад, електромагнітним випромінюванням, коливаннями напруги, електронними перешкодами;

- технічний збій або порушення, які спричинені збоями системи або пов'язаними з ними не технічними причинами (апаратний або програмний збій, навантаження, неремонтопридатність);

Технічні атаки також означають спроби незаконно вплинути на безпеку системи шляхом використання вразливостей у конфігураціях, протоколах, програмах та інших елементах. Ці атаки можуть включати такі дії, як сканування мережі, спроби незаконного входу в систему, втручання в роботу системи та інші маніпуляції, які призводять до порушення нормального функціонування технічних систем. Таким чином, процес обміну інформацією про деталі рейсу, вантажі та

порти заходу залишається значною мірою незахищеним, що відкриває можливості для маніпуляцій та несанкціонованого доступу, як показано на рис. 3.7.

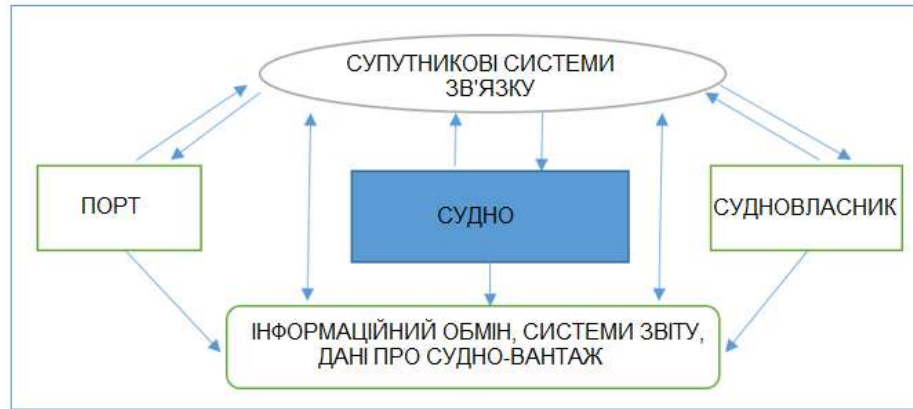


Рисунок 3.7 - Схема процесу обміну інформацією про судно

Відповідно до [211], розробленого спільно Міжнародною організацією зі стандартизації та Міжнародною електротехнічною комісією, запропонована методика оцінки безпеки повинна гарантувати, що оцінки ризиків дають порівняні та відтворювані результати. При цьому стандарт не містить конкретної формули розрахунку оцінки ризику. Однак згідно з [212] наведено наступну класичну формулу розрахунку ризику:

$$R = P(t) \cdot S, \quad (3.2)$$

де R – величина ризику; $P(t)$ – ймовірність реалізації загрози інформаційній безпеці судна (використовується комбінація якісних та кількісних шкал); S – ступінь впливу загрози на конкретну систему (вартість системи в якісному та кількісному масштабі).

В результаті стає можливим визначити величину ризику у відносній системі, яка, у свою чергу, може бути ранжована за ступенем значущості для процедури управління ризиками для інформаційної безпеки судна.

Відповідно до методик управління безпекою інформаційних технологій, розрахунок ризику відбувається за такою формулою:

$$P = P(t) \cdot P(v) \cdot S, \quad (3.3)$$

де $P(t)$ – ймовірність реалізації загрози інформаційній безпеці судна; $P(v)$ – ймовірність уразливості безпеки системи; S – вартість системи (сума збитків) у доларах США.

Як приклад значень ймовірностей загроз $P(t)$ і $P(v)$ представлена якісна шкала з трьома рівнями (низький, середній та високий). Для оцінки цінності системи S представлені числові значення від 0 до 4. Судноплавна компанія, у якій проводиться оцінка ризиків інформаційної безпеки, має порівняти їх якісні значення. Відповідно до [213] рівень ризику розраховується з урахуванням наступних показників: цінність ресурсу, рівень загрози та ступінь уразливості. У міру збільшення значень цих властивостей ризик зростає. Таким чином, формулу можна подати у наступному вигляді:

$$P = S \cdot L(t) \cdot L(v), \quad (3.4)$$

де S – вартість системи (сума збитків); $L(t)$ – рівень небезпеки; $L(v)$ – рівень (ступінь вразливості).

На практиці технологія визначення ризиків інформаційної безпеки судна відбувається за таблицею позиціонування значень рівня загрози, ступеня ймовірності експлуатації вразливості та вартості активу. Значення ризику може змінюватись від 0 до 8, внаслідок чого формується список загроз з різними значеннями ризику для кожного активу. Стандарт пропонує наступну шкалу ранжування ризиків: низький (0-2), середній (3-5) та високий (6-8). Це дозволяє виявити найкритичніші ризики [214].

У загальноприйнятих методиках оцінки ризиків інформаційної безпеки при оцінці ступеня можливості реалізації загрози інформаційній безпеці рівень загрози оцінюється за наступною якісною та кількісною шкалою: нереалізована загроза: 0%, дуже низька загроза: 1% - 20%, середня загроза: 21% - 50%, висока загроза: 51% - 80%, дуже висока загроза: 81% - 100%. Визначення тяжкості наслідків щодо різноманітних типів інформаційних систем пропонується оцінювати за якісно-

кількісної шкалою, тобто мінімальна – 0,5% від значення компонента, висока – від 1,5% до 3%, рис. 3.8.

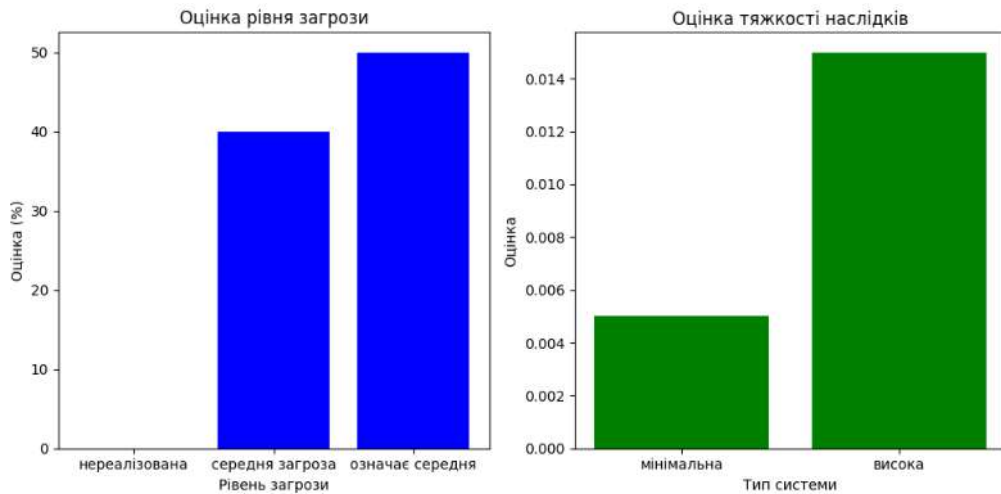


Рисунок 3.8 – Оцінка рівня загрози та тяжкості наслідків

На графіку показано, як рівень загрози корелюється з ймовірністю її реалізації та демонструється, як різні типи систем впливають на тяжкість наслідків в разі реалізації загроз.

Для якісної оцінки ризиків інформаційної безпеки використовують таблицю відповідності тяжкості наслідків ймовірності реалізації загрози. Якщо необхідно провести кількісну оцінку, наприклад, для вантажної системи, формулу можна подати у такому вигляді:

$$P = P(v) \cdot S, \quad (3.5)$$

де S – величина шкоди (ступінь тяжкості наслідків).

Розглянувши всі перераховані вище методи оцінки ризику з точки зору розрахунку величини ризику інформаційної безпеки, варто зазначити, що розрахунок ризику проводиться з використанням величини загроз і вартості вантажу. Істотним недоліком є оцінка вартості вантажу (суми збитків, затримок) у вигляді умовних величин. Але умовні значення не мають практично застосовних одиниць виміру; зокрема, вони є грошовим еквівалентом. В результаті це не дає реального уявлення про рівень ризику, який можна перенести на конкретну судову систему. Таким чином, процедуру розрахунку ризику пропонується розділити на наступні етапи:

- розрахунок вартості технічного ризику;
- розрахунок потенційної шкоди.

Під технічним ризиком розуміється величина ризику інформаційної безпеки, що складається з ймовірностей реалізації загроз і використання вразливостей кожного компонента суднової інформаційної структури з урахуванням рівня їх конфіденційності, цілісності та доступності. Для першого кроку можна навести наступне:

$$\left\{ \begin{array}{l} Rk = Ik \cdot P(t) \cdot P(v); \\ Ri = Ic \cdot P(t) \cdot P(v); \\ Ra = Ia \cdot P(t) \cdot P(v), \end{array} \right. \quad (3.6)$$

де Rk – величина ризику конфіденційності; Ik – коефіцієнт конфіденційності інформаційної системи; $P(t)$ - можливість реалізації небезпеки; $P(v)$ - ймовірність використання вразливості; Ri – величина ризику для цілісності системи; Ic – коефіцієнт цілісності інформаційної системи; Ra – значення ризику доступності; Ia – коефіцієнт готовності інформаційної системи.

Застосування даного алгоритму дозволить провести детальнішу оцінку ризику, отримати в результаті безрозмірне значення ймовірності ризику пошкодження для кожного типу суднових систем окремо. Згодом можна розрахувати вартість збитків. Для цього використовуються середні значення ризику кожного типу суднових систем та збитки потенційних втрат. Величина шкоди (D) розраховується за такою формулою:

$$D = Pc \cdot S, \quad (3.7)$$

де Pc – середнє значення ризику; S – величина шкоди, дол. США.

Таким чином, запропонована методика дозволяє правильно оцінити величину ризику інформаційної безпеки та розрахувати грошові втрати у разі виникнення інцидентів, що загрожують безпеці процесу вантажоперевезень.

Для багатьох морських компаній заздалегідь продумана політика кібербезпеки як власного флоту, так і орендованих суден досі не є пріоритетом. Однак швидко зростаюча кількість кібератак і поява нових інструментів регулювання змусили їх усвідомити, що вони не можуть залишатися відносно байдужими. Атаки стають все активнішими, і вони є наслідком того, що кіберзлочинці отримують достатньо інформації про вантажі та маршрути, щоб знати, які компанії приділяють недостатню увагу кібербезпеці. Тому для ефективної протидії ризикам для суден та судноплавних компаній необхідно побудувати багаторівневу систему кіберстійкості, що відповідає високим стандартам, для захисту ланцюга поставок, включаючи судно, у процесі морського перевезення та відстеження ризик-орієнтованого підходу у створенні засобів безпеки. Також існує необхідність у розробці інструментів, які дозволять судновласникам розвиватися у цьому напрямку та вживати відповідних заходів кіберстійкості, що охоплюють декілька аспектів: технології, регулювання, процеси та персонал, включаючи екіпаж судна [215].

3.2 Модель інтегрованого управління кібербезпекою судна

Науково-технічний прогрес відіграє суттєву роль у розвитку торговельного судноплавства, орієнтованого як на розширення розмірів та швидкості сучасних суден, так і на покращення їх технічних характеристик. Супутньої мірою зі зростанням вантажопідйомності суден відбувається систематичне скорочення кількості екіпажу на борту, оскільки все більше робочих процесів автоматизується завдяки впровадженню інформаційних технологій, включаючи системи управління судном. Незважаючи на заклики міжнародних морських організацій до активізації заходів щодо забезпечення ефективного кіберзахисту морської безпеки, проблеми в цьому напрямку залишаються актуальним завданням, яке ще потребує вирішення [216].

Власники судноплавних компаній не розкривають інформацію про спроби або інциденти кібератак проти них через побоювання комерційних втрат або

наслідків, таких як втрата іміджу, претензії клієнтів та страхових компаній, а також розслідування незалежних міжнародних організацій та державних органів. Питання кібербезпеки систем управління у світі сьогодні набули актуальності у зв'язку з тим, що існуючі загрози стосуються не лише безпеки технічних засобів та пристроїв, а й питань екологічної безпеки та безпеки життя на морі. Тому впровадження процесів управління кіберризиками у судноплавній галузі та розробка рекомендації щодо безпечної експлуатації судна та його систем з метою підвищення вразливості до зовнішніх загроз, пов'язаних із кібератаками, а також для забезпечення безпеки та захищеності такого технічного об'єкта, як судно - є актуальним завданням [217].

Сучасний рівень розвитку водного транспорту та водних шляхів супроводжується великою увагою до питань безпеки. Це охоплює безпеку судна, портової інфраструктури та, передусім, захист людського життя на морі. Забезпечення цих аспектів включає комплекс заходів, методів та прийомів. Однією з найважливіших загроз є непереборна аварійність у світовому флоті. Неправильна, неточна або неповна інформація є однією з причин аварій. За статистикою, 2/3 аварій у світовому флоті виникають через навігаційні події. З них 85% трапляються на відстані від берега від 5 миль і більше, у тому числі 30% - в межах порту. Подібна ситуація є характерною і для інших видів транспорту, таких як зліт та посадка гелікоптерів та літаків, особливо з вертикальним зльотом, або експлуатація великовантажних автомобілів, особливо великогабаритних [218].

Належний технічний стан судна, наявність необхідного обладнання, договорів страхування, затверджених маршрутів, а також вивчення погодних умов запланованого рейсу, допомагають мінімізувати ризики, які пов'язані з управлінням судном, та гарантують безпечність мореплавання.

Класифікація за видами небезпек (типами аварійних ситуацій) заснована на різних станах судна, які створюють реальну загрозу безпеці або втраті морехідних якостей. До цих станів можна віднести шість основних видів небезпек, а саме:

- пошкодження та порушення цілісності корпусу судна внаслідок впливу зовнішніх важких експлуатаційних навантажень (надмірні хвильові навантаження, важка льодова обстановка, контакт із затопленими плавучими об'єктами та інш.);
- перекидання судна або його надмірний крен, що не дозволяє продовжити рейс, викликаний неправильним навантаженням, усуненням вантажу та пошкодженням засобів його кріплення, зледеніння;
- затоплення судна (втрата плавучості) внаслідок порушення водонепроникності корпусу, що безпосередньо не пов'язане з впливом граничних експлуатаційних навантажень, при корозії або подібних структурних ушкодженнях;
- втрата руху та рульового управління в результаті відмови головного двигуна або гвинто-кермового комплексу;
- контакт із зовнішніми об'єктами (навігаційні аварійні ситуації): зіткнення, посадка на мілину через обставини непереборної сили, помилки штурманів, вихід з ладу навігаційного обладнання, помилки лоцмана або системи управління рухом, інше судно або об'єкт, неповне навігаційне та картографічне забезпечення (наявність мілин та затоплених об'єктів);
- пожежа або вибух у відсіках судна, спричинені коротким замиканням електропроводки або займанням електрообладнання.

Подальше вдосконалення Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі 1974 (СОЛАС-74), поряд з новими викликами міжнародної безпеки на морі, призвело до розробки та прийняття нового розділу XI-2 Конвенції (СОЛАС-74), а разом із ним і Міжнародний кодекс охорони суден та портових засобів (Кодекс ISPS), які встановили та уніфікували мінімальні стандарти безпеки, обов'язкові для країн-учасниць під час міжнародних морських перевезень вантажів та пасажирів. Це був важливий крок світової спільноти щодо створення глобальної системи безпеки на морі. Відповідно до цього кодексу, окрім основних загроз міжнародній морській безпеці: тероризм, піратство, збройні напади, розкрадання вантажів та судового майна, контрабанду наркотиків та зброї, перевезення нелегальних мігрантів, організація віднесла кіберзагрози.

Кіберзлочинність, яка в даний час є загрозою безпеці судна, викликає необхідність переглянути практику навчання членів екіпажу щодо захисту від атак і зрозуміти, як виникають кіберризики, щоб знизити ймовірність їх виникнення [219].

Оскільки технології розширюють свої горизонти, інформаційна безпека суден і судноплавних компаній наражається на все більші ризики. Кіберзагрози зростають, і кількість кібератак у всьому світі збільшилася. Широке впровадження ініціатив цифрової трансформації на суднах, портах та судноплавних компаніях, йде іноді на шкоду аспектам безпеки та призвело до серйозних загроз безпеці, які необхідно усувати заздалегідь, щоб захиститися від витоку даних. Кіберзлочинці можуть мати різні причини для спроб отримати доступ до даних та систем компанії або судна: від крадіжки особистих даних до підриву репутації компанії (рис. 3.9).

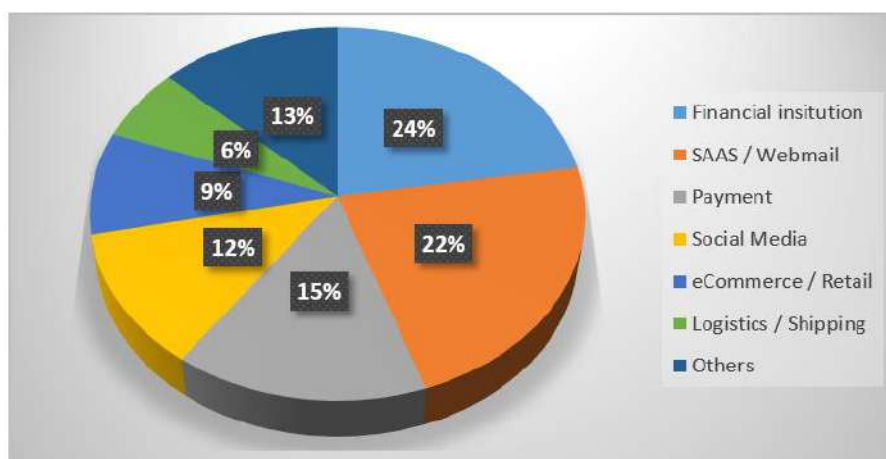


Рисунок 3.9 - Найбільш уразливі галузі для кібератак 2021-2022 років

[220]

За даними дослідження морського бізнесу, 77% респондентів вважають кібератаки високим або середнім ризиком для своїх компаній, але з них 64% заявили, що їхня компанія має план забезпечення безперервності бізнесу на випадок кіберінциденту, 24% заявили, що їх перевіряють кожні три місяці, і лише 15% – що перевіряють кожні 6–12 місяців. Лише двоє з п'яти респондентів заявили, що їхня організація захищена від кіберзагроз, пов'язаних з операційними технологіями (OT), при цьому деякі респонденти назвали політику своєї компанії в галузі кіберризику (OT) "недбалою", рис. 3.10.

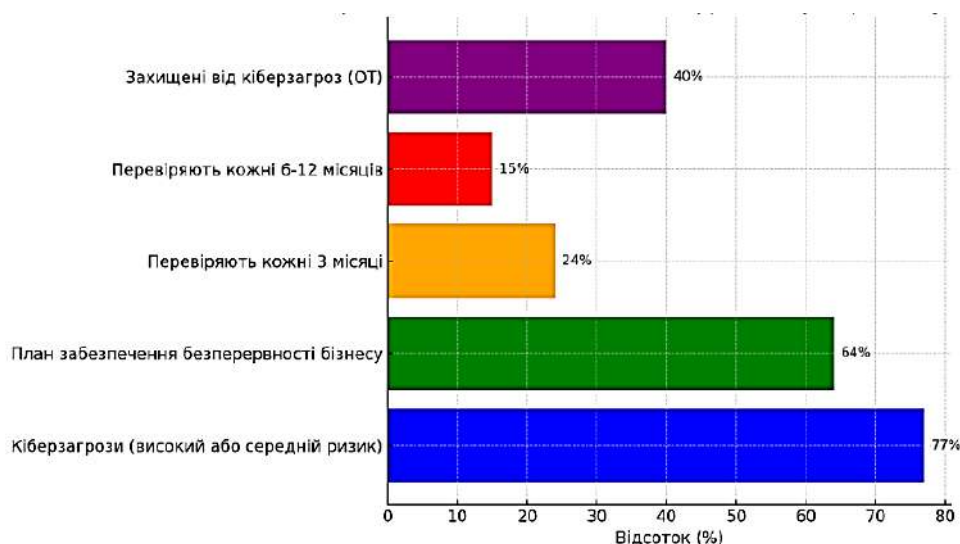


Рисунок 3.10 – Ступінь кіберзахисту компаній судноплавного сектору

Морський транспорт є основним засобом доставки різних видів вантажу та має значний вплив на глобальну економіку. Проте, ця відкритість та гнучкість також роблять систему вразливою до різних загроз, включаючи терористичні акти та атаки. Це може мати серйозні наслідки, такі як контрабанда різних незаконних товарів та навіть можливість надання логістичної підтримки терористичним організаціям. Отже, забезпечення безпеки та захисту морських перевезень стає критично важливим завданням для світового співтовариства.

За оцінками експертів, заходи щодо протидії загрозам кібератак вимагатимуть від судновласників та операторів інвестицій понад мільярд доларів, а річні експлуатаційні витрати в майбутньому матимуть тенденції до зростання. Статистика надає інформацію про сектори світової промисловості, найбільш схильні до кібершпигунства.

У 2022 році на переробну промисловість припала найбільша частка кібератак серед провідних галузей у світі. Протягом досліджуваного року кібератаки на виробничі компанії становили майже 25% від загальної кількості кібератак. За ними йдуть фінанси та страхування - близько 19%. Професійні, ділові та споживчі послуги посіли третє місце з часткою 14,6%, транспортний сектор зайняв дев'яте місце з 28 випадками кібершпигунства (рис. 3.11).

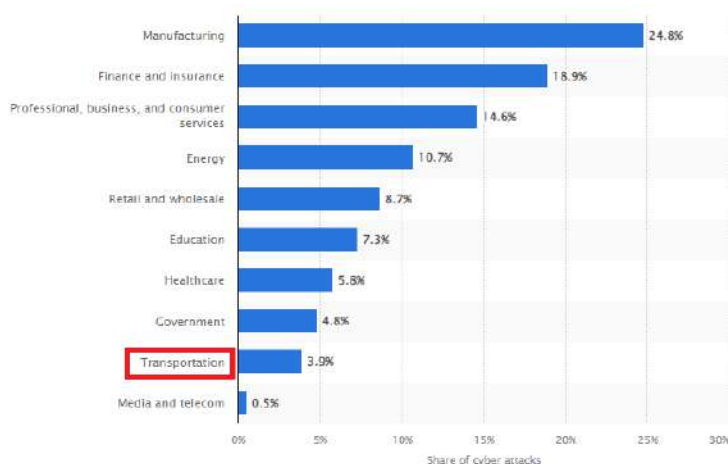


Рисунок 3.11 - Галузі світової промисловості, найбільш схильні до кібершпигунства в 2022 р. (Statista)

Проте, згідно зі статистикою морської безпеки, будь-які додаткові витрати значно менші, ніж потенційна вартість навіть великого терористичного акту. Більше того, економія за рахунок підвищення ефективності заходів, спрямованих на охорону суден може компенсувати частину додаткових витрат. Впровадження кодексу (ISPS) для забезпечення безпеки екіпажу судна та персоналу порту потребують ресурсів у вигляді кваліфікованого персоналу, обладнання та технологій.

Глобальною тенденцією є прогресивна цифровізація всіх галузей, і морський транспорт не є винятком, де активно розвивається електронна навігація, автоматизація процесів управління суднами, технології зв'язку та безпеки. Зростання ступеня автоматизації сучасних суден, скорочення чисельності екіпажу, широке використання судового програмного забезпечення та його оновлення через відкритий доступ до мережі Інтернет – це лише деякі фактори, що впливають на безпечну експлуатацію судна. Міжнародна морська організація (ІМО) вважає вразливими для кібератак такі судові системи:

- системи дистанційного керування двигуном;
- системи обробки та контролю за станом вантажу;
- системи управління енергопостачанням;
- судові системи за контролем доступу;
- системи добробуту екіпажу;

- судові публічні інтернет-мережі;
- адміністративні системи та мережі;
- системи зв'язку та безпеки.

На підставі цього можна зробити висновок, що сучасне морське судно дуже вразливе до запланованої кібератаки. Грунтуючись на висновках та висновках аналітиків та експертів морської галузі, необхідно розглянути сучасний стан морської безпеки з точки зору нормативних вимог. Під час 98-ї сесії Комітету з безпеки на морі (СМО) Міжнародної морської організації (ІМО) було схвалено Циркуляр MSC-FAL.1/Circ.3 "Посібник з управління кіберзагрозами в морській галузі" та Резолюція MSC.428(98) – "Управління кіберзагрозами у морській галузі в рамках систем управління безпекою". Ця резолюція вимагає підвищення обізнаності екіпажу про поточні загрози та кіберзагрози для забезпечення як інформаційної безпеки, так і безпеки судна. У циркулярі наголошується на необхідності створення системи управління безпекою, що відповідає вимогам кодексу ISPS (Кодекс охорони суден та портових споруд). Заохочувати адміністрації забезпечувати належне усунення кіберризиків у системах управління безпекою не пізніше першої щорічної перевірки "Документу про відповідність компанії" після 1 січня 2021 року.

Сьогодні цифрових піратів найбільше цікавлять можливості захоплення судових мереж зв'язку та інформаційних систем. До бортових ІТ-систем (інформаційних технологій) і ОТ-систем (операційних технологій), підданих кіберризикам, належать, перш за все, електронна картографічна навігаційна інформаційна система (ECDIS), реєстратор рейсових даних (VDR), системи управління вантажними операціями, системи живлення та аварійного постачання, а також систем радіозв'язку та передачі даних [221].

Реальним наслідком зараження систем судна шкідливим програмним забезпеченням може стати зміна даних судна, включаючи місцеположення та інформацію про вантаж. Наприклад, під впливом шкідливого програмного забезпечення на конкретні судна може бути надіслана помилкова інформація про штормові погодні умови, що змушує їх змінити курс. Зламування реєстратора

маршрутних даних дозволяє змінити поточні параметри руху судна, такі як швидкість, або дані що надаються з радіолокаційних станцій (РЛС) та іншого навігаційного обладнання. Кіберзлочинці можуть видаляти аудіозаписи та інформацію із систем управління рухом судна, а також дані про стан автоматичних закриттів, перебірок, дверей та люків.



Рисунок 3.12 - Засоби та методи, передбачені для охорони судна

Як безпека судна, так і кібербезпека важливі через їх потенційний вплив на екіпаж, судно, довкілля, компанію та вантаж. Кібербезпека означає захист інформації та даних від несанкціонованого доступу, маніпуляцій та злому та охоплює ризики, пов'язані з втратою цілісності критично важливих для безпеки даних. Порушення кібербезпеки може статися внаслідок інциденту, що впливає на доступність та цілісність ОТ-систем, наприклад, пошкодження картографічних даних, що зберігаються в електронній картографічно-інформаційній системі та візуалізуються на дисплеї (ECDIS), збої, що виникають під час обслуговування та оновлення програмного забезпечення, втрата або маніпуляція даними від зовнішніх датчиків, критично важливих для роботи судна, - сюди входять глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS).

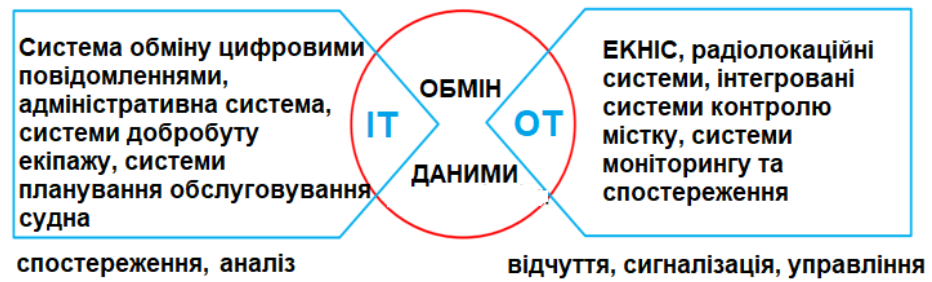


Рисунок 3.13 - Конвергенція інформаційних та операційних технологій [222]

У процесі експлуатації на судно одночасно діє сукупність чинників, що становлять ризики як його технічного стану, морехідних якостей, так інформаційної безпеки. Як приклад, можна розглянути математичну модель технічно обґрунтованої системи мінімізації ризиків безпеки судна, включаючи інформаційну безпеку. На основі експертних оцінок ймовірності реалізації загроз безпеці судна розраховується значущість кожної загрози та оцінюється рівень організаційних заходів у натуральному вираженні щодо відновлення працездатності судна у разі її порушення. Далі загальний ризик порушення працездатності судна розраховується як сума ризиків у кожному напрямку. Результатом вирішення описаної проблеми стане розподіл ресурсів екіпажу або судноплавної компанії за виділеними напрямками діяльності, що мінімізує ризики виходу з ладу або погіршення працездатності судна за безпековим критерієм.

Нехай для судна як технічної системи, задані залежності ризиків R_i порушення працездатності судна від витрат X_i на їх запобігання (тобто виняток, зниження) за i -м напрямом безпеки (недостатні заходи безпеки, відсутність пильності, вихід з ладу судових інформаційних та технічних систем судна, відмови через недостатню кваліфікацію екіпажу), тоді:

$$R_i = F(X_i) \quad (3.8)$$

де $i = 1 \dots n$, n - кількість зазначених напрямів протидії.

Таким чином, при мінімізації ризиків безпеки судна будемо використовувати такий показник, як рівень витрат у матеріальному вираженні на

захисні програми та алгоритми, чисельність персоналу, склад і кількість приладів та обладнання для відновлення працездатності судна у разі його виходу з ладу в одному або кількох напрямках.

Слід зазначити такі показники:

- сумарний ризик відмови системи (R):

$$R = \sum_{i=1}^n Ri \quad (3.8)$$

- максимальний розмір витрат на зниження (усунення) виявлених ризиків (Z);

- максимальна сума матеріальних витрат на реалізацію i -го напрямку (Z_{MAXi});

- мінімальна сума матеріальних витрат за реалізацію i -го напрямку (Z_{MINi}).

Тоді можна сформулювати наступне завдання математичного програмування, в якому кожен ризик має бути мінімізований, а загальна вартість їх запобігання має бути меншою або дорівнює максимальній вартості зниження (усунення) виявлених ризиків. Вартість запобігання ризику для кожного аспекту повинна бути більшою за мінімальну суму, встановлену для цього аспекту, але не перевищувати максимальної суми для того ж аспекту.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n Ri = \sum_{i=1}^n F(X_i) &\rightarrow \min; \\ \sum_{i=1}^n X_i &\leq Z; \\ Z_{\min_i} \leq X_i \leq Z_{\max_i}; X_i &\geq 0; \end{aligned} \quad (3.9)$$

Так, система забезпечення безпеки судна буде економічно доцільною, якщо загальні витрати на запобігання, зниження або усунення накопичених (певних) ризиків не перевищують або не дорівнюють загальної максимальної вартості витрат, що спрямовуються на зниження (усунення) неминучих ризиків. Таким чином, загальний обсяг ресурсів та засобів захисту судна від однієї загрози не повинен перевищувати сумарний обсяг усіх ресурсів та засобів, що є для захисту судна. Саме тому існують можливості побудови математичної моделі визначення

потенційних небезпек, що має можливість визначення коефіцієнта ймовірності реалізації загрози чи виникнення потенційних небезпек. В іншому випадку можна розглядати проблему резервування елементів системи безпеки, яка вирішується для захисту від порушення конфіденційності інформації, що обробляється на судні.

Так як управління кіберризиками - це процес виявлення, аналізу, оцінки та усунення загроз кібербезпеці судна, першим кроком в управлінні кіберризиками є їх оцінка. Це дозволить точно визначити існуючі загрози та надати реальну картину серйозності будь-якої конкретної загрози, яка може загрожувати загальній кібербезпеці судна. У загальному сенсі розглянуті компоненти можна подати у вигляді концептуальної моделі захищеності судна, представленої на наступній схемі (рис. 3.14).



Рисунок 3.14 - Концептуальна модель охорони судна

Концепцію кібербезпеки судна можна умовно поділити на два рівні: верхній та нижній. Верхній рівень очолює визнана особа – представник судновласника, який відповідає за безпеку власного флоту компанії. Це може бути керівник компанії, менеджер флоту або безпосередньо підпорядкований співробітник служби безпеки та охорони. Програма верхнього рівня включає стратегічні рішення щодо безпеки суден, тому програма має переслідувати такі основні цілі:

- стратегічне планування заходів безпеки;

- розробка та реалізація політики в галузі безпеки власного флоту;
- оцінка ризиків та управління ризиками;
- координація діяльності в галузі безпеки флоту;
- моніторинг діяльності на борту.

Основна мета або концепція програми нижнього рівня – забезпечити надійний та економічно доцільний захист судна. На цьому рівні приймаються рішення щодо таких питань: які пристрої, засоби та методи захисту слід використовувати, яке технічне обладнання встановити, чи здійснюється комплексне управління, чи контролюється система безпеки загалом, чи виявляються слабкі місця, чи проводиться систематична підготовка екіпажу тощо. За програму нижнього рівня відповідають капітан, офіцери з охорони судна та начальники відділів. Найбільш важливою діяльністю на цьому рівні є оцінка критичності та ефективності заходів. Тому при побудові моделі захищеності судна необхідно враховувати, що використання найсучасніших методів та засобів захисту має досягатися заходами, спрямованими насамперед на захист життя людей, що має бути пріоритетом щодо судна.

Темпи зростання світової торгівлі та інтенсивність міжнародного судноплавства багато в чому відповідальні за зростання аварій на світовому флоті. Однак паралельно існують загрози безпеці на морі, пов'язані з несанкціонованим доступом та маніпулюванням судовою інформацією та даними, які становлять небезпеку не тільки для екіпажу та судна, але й для довкілля, компанії-судновласника та вантажу.

В даному параграфі розглянуто основні напрямки застосування технологій, процесів та засобів управління для захисту судових систем, програм, пристроїв та даних від кібератак, що становлять потенційну загрозу інформаційній безпеці, запропоновано комплекс заходів щодо забезпечення безпеки суден. Всі перераховані вище фактори доводять той факт, що неможливість вирішення завдань інформаційної безпеки традиційними методами, такими як управління системами тільки з боку екіпажу судна, є причиною створення та впровадження

нових, більш ефективних систем інформаційної безпеки, що вкрай актуально і необхідно серед пріоритетних завдань.

Зі сказаного вище можна зробити висновок, що сучасне морське судно вкрай вразливе перед запланованою кібератакою. Порти також потребують захисту від кіберзагроз, тому міжнародна морська організація рекомендує, щоб управління кіберризиками стало природним продовженням існуючих практик управління безпекою та безпекою на морі. Кібербезпека також розглядається як частина морської безпеки, і це відображено у низці рекомендацій, розроблених провідними міжнародними морськими спільнотами. Однак єдиного затвердженого підходу до опису конкретних кіберзагроз та їхньої оцінки не існує, що змушує кожну судноплавну компанію самостійно визначати рівень можливих загроз та способи їх запобігання.

3.3 Комплексний підхід до оцінки вразливості суднового критичного обладнання і систем

Цифрова трансформація морської галузі — факт, що практично відбувся. Торговельні судна сьогодні використовують обчислювальні та кіберзалежні технології для навігації, зв'язку, вантажних операцій, моніторингу навколишнього середовища та багатьох інших цілей. Сьогодні цілі галузі та підприємства стають все більш залежними від масивів даних, і морська галузь повною мірою переживає цю трансформацію. Сучасне торговельне судно не уявляється без цифрових технологій, а причин глибокої цифровізації флоту безліч. Аварійні системи, такі як моніторинг безпеки, виявлення пожежі та сигналізація, все більше покладаються на кібертехнології. Таким чином, кібербезпека є найважливішим компонентом безпеки суден та судноплавства, а кібератаки на морський транспорт є ймовірною проблемою. Ці ризики лише зростатимуть з подальшим розвитком інформаційних технологій, тому запропоновано підходи до виявлення кіберзагроз, а також ймовірнісну оцінку кібербезпеки судна, яка формується на основі інтегрального підходу до оцінки вразливості суднового критичного обладнання та

систем. Оціночні ймовірності цільових та нецільових порушень ТБ (технічної безпеки) судна, а також їх загальна ймовірність, що дозволяє врахувати всі ланцюжки подій, що призводять до певного наслідку, пов'язаного з потенційними втратами. Тому метою даного параграфу є розроблення та математичний опис моделі оцінки ймовірності порушення інформаційної безпеки судна та його наслідків, що дозволяє об'єктивно оцінити можливі втрати в результаті цих подій.

На думку аналітиків, потенційні канали та можливості хакерських атак згодом збільшуватимуться, а їх типи змінюватимуться та модифікуватимуться, створюючи кібербезпеку судна важливим фактором забезпечення безпеки мореплавання. Примітно, що Комітет з морської безпеки Міжнародної морської організації (ІМО) ухвалив Резолюцію MSC.428 (98) "Управління морськими кіберризиками у системах управління безпекою" у червні 2017 року. Ця резолюція вимагає від адміністрацій забезпечити облік кіберризиків під час управління безпекою суден. систем після 1 січня 2021 року. Таким чином, захист від кіберризиків стає не лише ініціативою судновласників, а й міжнародною вимогою для них адже сьогодні кібератаки направлені не лише на крадіжку судових даних.

В основі кіберзлочинності лежить контроль над технологіями роботи судових систем, що є результатом розвитку морського піратства, оскільки цей контроль з боку сторонніх осіб може призвести до втручання в судові систем управління та контролю. Експлуатаційні або операційні технології (ОТ) є частиною процесів управління та контролю судна в поєднанні з інформаційними технологіями (ІТ), де ІТ та ОТ відіграють різні ролі всередині організації: ОТ більше корелює з фізичним середовищем, тоді як ІТ відноситься до обробки інформації.

Експлуатаційні технології також є частиною судових критичних систем, життєво важливих для судна, і, зазвичай, вони фізично відокремлені від інформаційних систем (рис. 3.15). Тому, коли йдеться про кібератаки на судна, у зв'язку з тим, що ІТ-системи взаємодіють із ОТ-системами, основна увага в питаннях кібербезпеки має бути зосереджена на цих двох ключових системах [223].

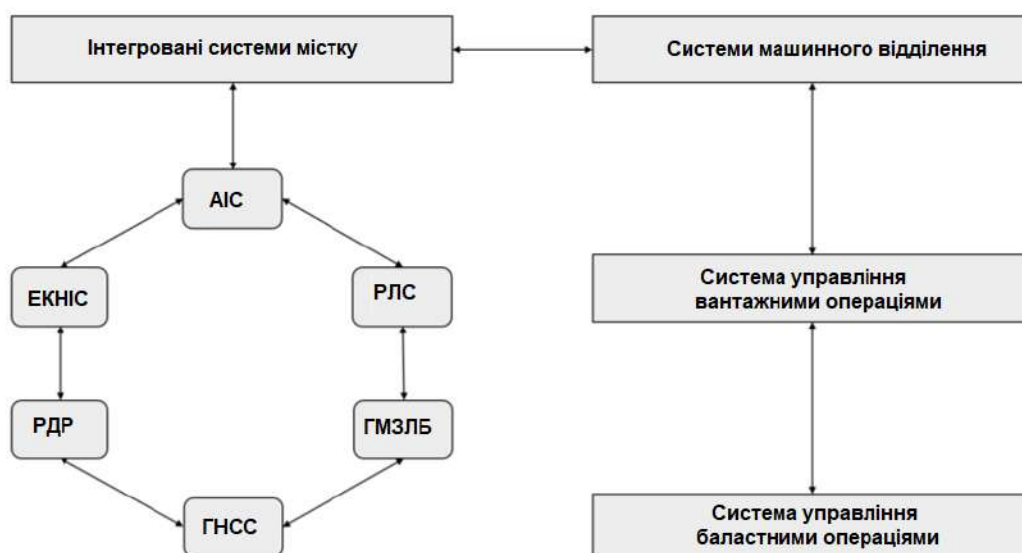


Рисунок 3.15 - Критична інфраструктура бортової мережі судна

За аналізом інформації про вразливість суднових систем (рис. 3.16) бачимо, що діапазон вразливості дуже значний і сягає в деяких місцях до 52%, наприклад, для системи позиціонування. Якщо розглядати кібербезпеку в цілому, то, звичайно, при розробці відповідних заходів безпеки слід орієнтуватися на обидва типи суднових систем.

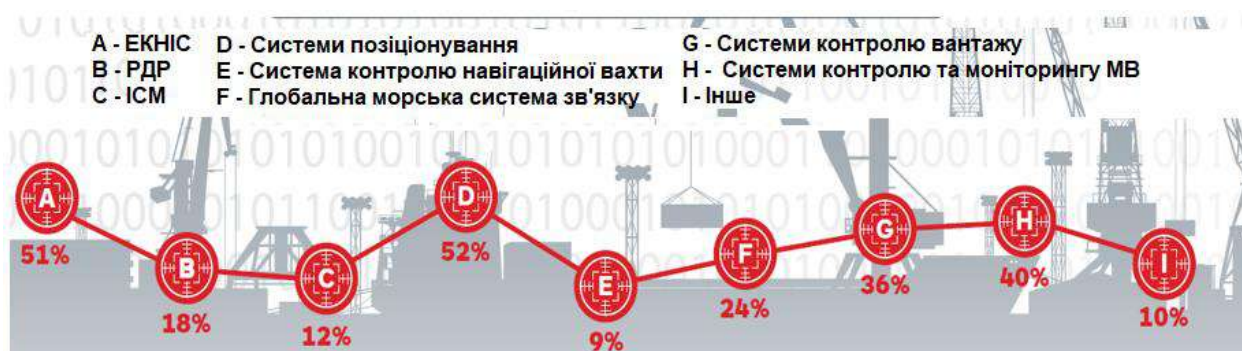


Рисунок 3.16 – Вразливість суднових систем (БІМКО, 2020)

(ЕКНІС – електронна картографічна навігаційно-інформаційна система, РДР – реєстратор даних рейсу, ІСМ – інтегровані системи містку)

Отже, експерти виділяють дві групи кібератак – "цільові" та "нецільові", зокрема з огляду на їхній наступний склад (рис. 3.17).

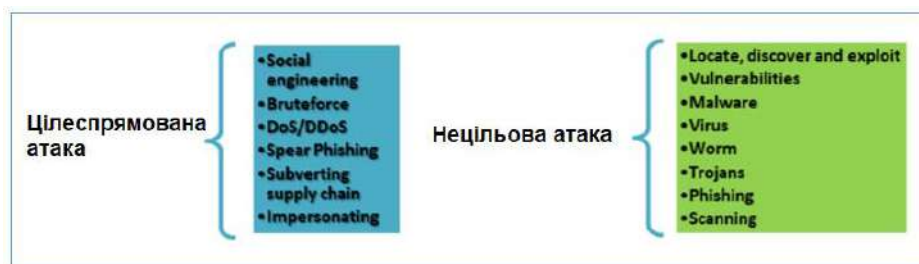


Рисунок 3.17- Типи кібератак на суднові системи [224]

Згідно ВІМСО зазначено, що основними об'єктами кібератак є активісти (зокрема незадоволені співробітники), злочинці, опортуністи, фінансовані державою організації та терористи. Експерти також встановили такі можливі сценарії порушення безпеки:

- зміна даних судна, включаючи його положення, курс, інформацію про вантаж, швидкість та назву;
- створення "суден-примар", що ідентифікуються іншими суднами як справжнє судно, у будь-якій точці світу;
- надсилання неправдивої інформації про погоду конкретним суднам, щоб змусити їх змінити курс, задля уникнення неіснуючого шторму;
- активація хибних попереджень про зіткнення, що може призвести до автоматичного коригування курсу судна;
- "перетворення" існуючого судна на невидиме;
- створення неіснуючих пошуково-рятувальних засобів;
- підробка сигналів АРБ (аварійно-рятувального буя), що активують сигналізацію на суднах, які знаходяться поблизу;
- проведення DoS-атаки на всю мережу шляхом ініціювання збільшення частоти обміну повідомленнями AIS.

Забезпечення комплексних заходів кібербезпеки судна вимагає, передусім, комплексної оцінки систем судна щодо вразливості у цьому контексті. Компоненти системи забезпечення кібербезпеки представлені нижче. Ідентифікація загроз та вразливостей – перші кроки запропонованого підходу (рис. 3.18).



Рисунок 3.18 - Підхід до управління кіберризиками

Методика оцінки ризиків, яка поширюється на оцінку ризиків кібербезпеки, базується на трьох компонентах – загрозах, вразливості, наслідках. Ця тріада має лягти в основу оцінки кібербезпеки морського судна.

У предметному дослідженні пропонується ймовірнісна оцінка кібербезпеки судна, яка формується на основі інтегрального підходу до оцінки вразливості основних судових систем (технологій експлуатації), цілей кібератак (загроз) та їх наслідків.

Зазначимо, що експерти з кібербезпеки періодично повинні проводити ймовірну оцінку кожного компонента технічної системи судна. За результатами оцінки також формуються пропозиції та альтернативи щодо мінімізації кіберризиків [225].

Отже, основні цілі кібератак названі вище, але, звичайно, це не весь їх список, тому приймемо G за кількість можливих цілей кібератак, а їх безліч описується як $A = \{A_g, g=\overline{1, G}\}$. Тобто кожна подія A_g характеризує конкретну загрозу кібербезпеки.

Крім того, не слід забувати і про загрози кібербезпеки, які не є цільовими, а виникають внаслідок причин другого блоку на рис. 3.13. Більшість цих загроз

аналогічні загрозам для звичайного домашнього або офісного комп'ютера, але їх наслідки, природно, непорівнянні.

Наступний приклад, наведений у [226], описує випадок, коли відсутність колекції паперових карт та зараженої вірусом системи ECDIS призводить до затримки рейсу судна. Після перевірки системи вірус був поміщений у карантин, а ЕКНІС відновлено, проте інцидент спричинив значні втрати.

Тому виділимо сукупність $U = \{U_l, l=\overline{1, L}\}$, що характеризує можливі загрози технічної безпеки, не пов'язані з цільовим впливом. Об'єктами, вразливими з погляду кібербезпеки, є різні системи судна, які сьогодні, природно, керуються та контролюються відповідним програмним забезпеченням та інформаційними системами.

Слід зазначити, що у різних джерелах висловлюються різні погляди на склад цих систем, але здебільшого ці підходи збігаються. Таким чином, основними системами вантажного судна, вразливими для кібератак [227], є:

- інтегровані системи містку;
- системи управління рухом та головним двигуном та енергетичними системами;
- електронні картографічна та навігаційно-інформаційна система (ECDIS);
- автоматична ідентифікаційна система (AIC);
- системи контролю доступу на судно;
- системи керування вантажними операціями;
- системи базової інфраструктури;
- адміністративні системи та системи забезпечення благополуччя екіпажу;
- системи зв'язку.

Деякі компоненти наведеного вище списку виділені як окремі системи (наприклад, система контролю доступу, система управління сигналізацією, система управління підрулюючим пристроєм). Наочне зображення розташування цих систем на судні показано рисунку 3.19.

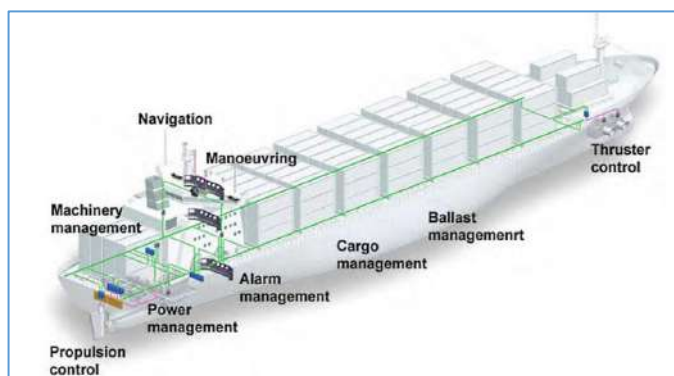


Рисунок 3.19 - Основні системи вантажного судна, вразливі для кібератак (CSS China Classification Society)

Керівництво BIMCO 2020 надає більш розширений і докладний список цих систем. Таким чином, залежно від специфіки судна та ступеня агрегованості суднових систем (при оцінці ТБ – технічної безпеки) складається конкретний їх перелік – список суб'єктів ТБ судна. Для формування узагальненої оцінки приймемо кількість таких суднових систем N та відповідна множина $B = \{B_n, n=1, \overline{N}\}$ де суть B_n - "порушення кібербезпеки n-ї суднової системи".

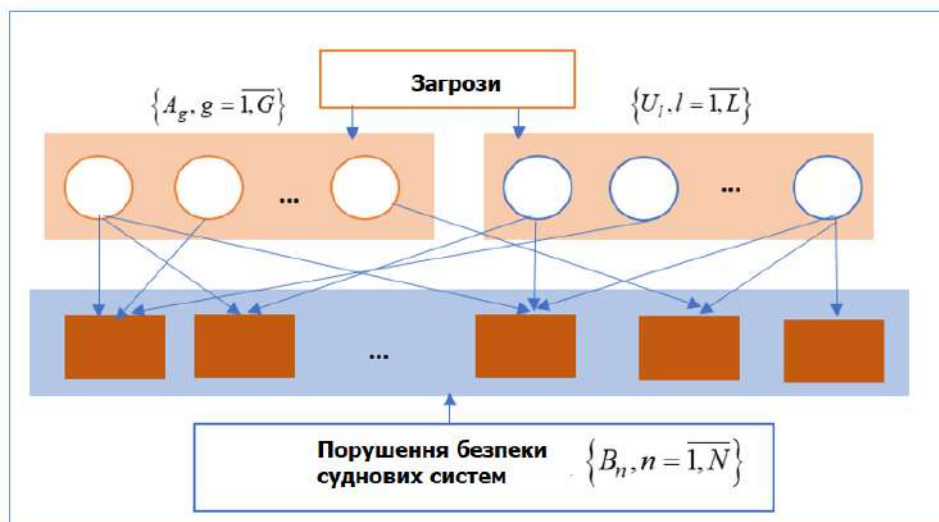


Рисунок 3.20 – Взаємозв'язок "загрози – судно"

Тут слід зазначити, що кожна загроза A_g пов'язана з впливом на конкретні системи судна, загрози U_l характерно практично для всіх суднових систем (рис. 3.20), але, враховуючи наявність особливостей кожного судна, розглянемо

узагальнений варіант, у якому кожен тип загроз пов'язані з певною множиною судових систем.

Таким чином, формуються численні перераховані вище судові системи, вразливі для кібератак судна пов'язаних, відповідно, з погрозами A_g і U_l .

$$\Omega_{A_g}^B, g = \overline{1, G} \quad (3.10)$$

$$\Omega_{U_l}^B, l = \overline{1, L}, \quad (3.11)$$

Зазначимо, що події $A = \{A_g, g = \overline{1, G}\}$ та події $U = \{U_l, l = \overline{1, L}\}$ є спільними, тобто можуть виникати одночасно. Кожну загрозу можна охарактеризувати ймовірнісною оцінкою. $0 \leq P(A_g) \leq 1$, що формується на основі експертних висновків з урахуванням специфіки судна, вантажу та району його експлуатації. Ймовірності $0 \leq P(U_l) \leq 1$ визначаються з урахуванням статистики фахівцями з кібербезпеки.

Припустимо, що результатом успішних кібератак є кількість варіантів M (рис.3.21), що утворюють безліч наслідків. $C = \{C_m, m = \overline{1, M}\}$, які мають грошову вартість $R = \{R_m, m = \overline{1, M}\}$.

Приклади C_m це може бути "затримка в переході", "збільшення часу рейсу" тощо. C_m можуть збігатися з загрозами (цілями) кібератак, сформульованими у множині A . Тобто мета кібератаки або досягається, і тоді її результат збігається з загрозою, або мета не досягається, але можуть виникнути інші наслідки (наприклад, згадане "збільшення часу в дорозі"). Іншим прикладом наслідків може бути "аварія через порушення безпеки мореплавання". Таким чином, різні порушення ТБ можуть призвести до тих самих наслідків, у той час як порушення ТБ однієї з судових систем під впливом певної кібератаки може призвести до різних наслідків.

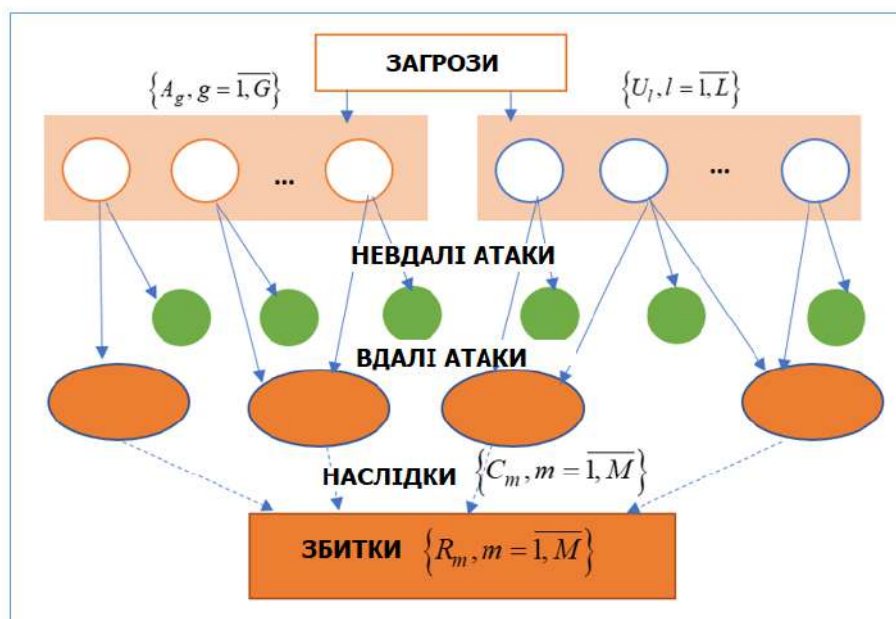


Рисунок 3.21 – Зв'язок "загрози"-"наслідки"

Кожен наслідок C_m пов'язано з підмножинами множин A і U (цільові та нецільові порушення ТБ) та підмножиною множини B (суднові системи).

Таким чином, ми присвоюємо кожному наслідку C_m множина Ω_{C_m} , елементами якого є ті пари атак і систем, які призводять до наслідку, що розглядається:

$$\Omega_{C_m} = \left(\bigcup_{g=1}^G \Omega_{A_g}^B \cup \bigcup_{l=1}^L \Omega_{U_l}^B \right), m = \overline{1, M}. \quad (3.12)$$

Виходячи із вартісних характеристик щоденного утримання судна, витрат на ремонт судна тощо, можна вивести збитки судовласника в грошах, а також слід врахувати витрати на екіпаж судна.

Зазначимо, що залежно від стану системи ТБ, кожен тип потенційної загрози може бути реалізований як кібератака (успішно чи ні) і призвести відповідно до наслідків чи ні (рис. 3.19). Бар'єром між атаками (внаслідок реалізації загрози) та наслідками є суднова система кібербезпеки, яка пов'язана з кожною системою судна.

Оскільки порушення кібербезпеки пов'язані з конкретними судовими системами, такі події

$$B_k \cdot A_g, B_k \in \Omega_{A_g}^B, g = \overline{1, G}, \quad (3.13)$$

$$B_s \cdot U_l, B_s \in \Omega_{U_l}^B, l = \overline{1, L} \quad (3.14)$$

відбивають той факт, що кібератака (порушення кібербезпеки) пов'язана з відповідною судовою системою.

У свою чергу, результат C_m проявляється після настання подій (3.13) чи (3.14). Таким чином утворюються повні та неповні ланцюги залежних подій, які математично видаються як продукти залежних подій:

$$A_g \cdot B_k, B_k \in \Omega_{A_g}^B, A_g \in A, \quad (3.15)$$

$$A_g \cdot B_k \cdot C_m, C_m \in C, B_k \in \Omega_{A_g}^B, A_g \in A, \quad (3.16)$$

$$U_l \cdot B_s, B_s \in \Omega_{U_l}^B, U_l \in U, \quad (3.17)$$

$$U_l \cdot B_s \cdot C_m, C_m \in C, B_s \in \Omega_{U_l}^B, U_l \in U. \quad (3.18)$$

Повні ланцюжки подій включають наслідки для судна та судновласника, неповні ланцюжки розглядають лише порушення кібербезпеки.

Ймовірність кожного ланцюжка відповідно дорівнює:

$$P(A_g \cdot B_k) = P(A_g) \cdot P(B_k | A_g), \quad (3.19)$$

$$P(A_g \cdot B_k \cdot C_m) = P(A_g) \cdot P(B_k | A_g) \cdot P(C_m | A_g \cdot B_k), \quad (3.20)$$

$$P(U_l \cdot B_s) = P(U_l)P(B_s | U_l), \quad (3.21)$$

$$P(U_l \cdot B_s \cdot C_m) = P(U_l)P(B_s | U_l) \cdot P(C_m | U_l \cdot B_s). \quad (3.22)$$

Позначимо \bar{S} як порушення кібербезпеки судна, тобто подія, що представляє собою суму всіх подій, пов'язаних з різними видами кібератак (як цільових, так і нецільових). Припустимо \bar{S}_1 - порушення кібербезпеки судна внаслідок

цілеспрямованих кібератак, та \bar{S}_2 - порушення кібербезпеки судна внаслідок нецільових атак. При цьому події \bar{S}_1 і \bar{S}_2 в їхньому теоретичному розгляді спільні, але, звичайно, ймовірність події \bar{S}_2 дуже мала, і ймовірність цих подій \bar{S}_1 і \bar{S}_2 як таких, що відбуваються разом, ще менше. Проте у питаннях безпеки необхідно враховувати навіть незначні з погляду ймовірності події.

Математично розглянуті події описуються так:

$$\bar{S}_1 = \sum_{g=1}^G \sum_{B_k \in \Omega_{A_g}^B} A_g \cdot B_k, \quad (3.23)$$

$$\bar{S}_2 = \sum_{l=1}^L \sum_{B_s \in \Omega_{U_l}^B} U_l \cdot B_s, \quad (3.24)$$

$$\bar{S} = \bar{S}_1 + \bar{S}_2 = \sum_{g=1}^G \sum_{B_k \in \Omega_{A_g}^B} A_g \cdot B_k + \sum_{l=1}^L \sum_{B_s \in \Omega_{U_l}^B} U_l \cdot B_s. \quad (3.25)$$

Наведені вище міркування дозволяють оцінити:

- 1) ймовірність порушення кібербезпеки судна $P(\bar{S})$;
- 2) ймовірність наслідків порушення кібербезпеки судна;
- 3) матеріальні збитки внаслідок порушення кібербезпеки судна.

Щоб оцінити $P(\bar{S})$ необхідно встановити збіг/невідбування подій, що утворюють \bar{S} у (3.25). Теоретично цільові та нецільові кібератаки можуть відбуватися одночасно, причому в різних системах судна, що визначає теоретичний збіг подій, що формують \bar{S} . Практично ці ймовірності прагнуть 0. Таким чином, при цілеспрямованій атаці хакери зазвичай прагнуть отримати контроль над системою конкретного судна. Ефект від нецільових атак проявляється і в конкретній судновій системі. Тому події, що формуються \bar{S} вважаються несумісними. Цей факт буде врахований при оцінці ймовірності цієї події та двох її складових:

$$P(\bar{S}_1) = \sum_{g=1}^G \sum_{B_k \in \Omega_{A_g}^B} P(A_g) \cdot P(B_k | A_g), \quad (3.26)$$

$$P(\bar{S}_2) = \sum_{l=1}^L \sum_{B_s \in \Omega_{U_l}^B} P(U_l) \cdot P(B_s | U_l), \quad (3.27)$$

$$P(\bar{S}) = \sum_{g=1}^G \sum_{B_k \in \Omega_{A_g}^B} P(A_g) \cdot P(B_k | A_g) + \sum_{l=1}^L \sum_{B_s \in \Omega_{U_l}^B} P(U_l) \cdot P(B_s | U_l). \quad (3.28)$$

Отже, (3.26) - (3.28) оцінюють відповідно до ймовірності цільових і нецільових порушень ТБ судна, а також їх загальну ймовірність.

Результуючі $P(\bar{S})$ повинні бути ідентифіковані відповідно до заданої шкали кібербезпеки. Зокрема, має бути граничне значення $P(\bar{S})$, яке визначає межу допустимих значень $P(\bar{S})$, в

$$P(\bar{S}) \leq P \cdot \bar{S} \quad (3.29)$$

Ризик кібербезпеки класифікується як прийнятний, інакше — критичний. У свою чергу, ймовірність цілісності ТБ судна (подія S):

$$P(S) = 1 - P(\bar{S}). \quad (3.30)$$

Зауважимо, що (3.20) і (3.21) описують ймовірності ланцюжків подій "атака-судно-система-послідовність", ймовірність кожного наслідку враховує всі ланцюжки подій, що призводять до того чи іншого наслідку:

$$\begin{aligned}
P(C_m) = & \sum_{A_g \cdot B_k \in \Omega_{C_m}} P(A_g) \cdot P(B_k | A_g) \cdot P(C_m | A_g \cdot B_k) + \\
& + \sum_{U_l \cdot B_s \in \Omega_{C_m}} P(U_l) P(B_s | U_l) \cdot P(C_m | U_l \cdot B_s), m = \overline{1, M}. \quad (3.31)
\end{aligned}$$

Кожен наслідок-подія $C_m, m = \overline{1, M}$ пов'язано з можливими втратами $R_m, m = \overline{1, M}$ внаслідок порушення кібербезпеки, середнє значення якого оцінюється як:

$$R = \sum_{m=1}^M R_m \cdot P(C_m). \quad (3.32)$$

Це значення відображає ризики судновласника внаслідок порушення кібербезпеки судна.

Зазначимо, що насправді ризики внаслідок порушення кібербезпеки властиві не лише судновласнику. Наприклад, втрата управління судном може призвести до аварії, а якщо це танкер, наслідками можуть стати екологічна катастрофа від розливу нафти. Можна стверджувати, що повний перелік наслідків порушення кібербезпеки включає всі можливі наслідки аварій на морі. Ось чому так важливо приділяти цьому аспекту безпеки не менше уваги, ніж іншим, традиційним питанням безпеки суден та мореплавання загалом.

Використання комп'ютерних систем на борту сучасних морських суден висуває на першій план питання кібербезпеки морського транспорту через можливі збої чи помилки в роботі, що може мати вирішальне значення як функціональності судна, і, як наслідок, мати негативні наслідки його безпеку і захищеність, а також безпека мореплавання загалом.

Система управління кібербезпекою судна має бути інтегрована в системи охорони та безпеки й задіяна на всіх рівнях: від управління судноплавною компанією на березі до адміністрації судна, включаючи всіх членів екіпажу, для забезпечення безпечної експлуатації у повсякденній діяльності на борту судна.

Насамперед, має бути встановлений контроль за прийомом, зберіганням та обробкою інформаційних даних, який може бути основою прийняття управлінських чи оперативних рішень. Додатково з метою розробки комплексу заходів, які спрямовані на кібербезпеку судна. Всі вразливі технічні системи мають бути чітко ідентифіковані, класифіковані та адекватно захищені. Як завжди, для забезпечення ефективності будь-яких заходів важлива повнота та цілісність. Інциденти, що пов'язані з різними непередбаченими обставинами, такими як незапланована зміна курсу, збої автоматизації обладнання через кібератаки або інші види кібератак, можна виключити лише при комплексному підході до проектування системи кібербезпеки судна. Практична реалізація оцінки вразливості судна та запропонованої моделі може бути підкріплена розробкою заходів та превентивних дій з боку судновласників та операторських компаній щодо підвищення кібербезпеки власного флоту, таких як контроль відкритих портів доступу, антивірусний захист та міжмережевий екран, регулярне оновлення системних даних, відмова від застарілих операційних систем, впровадження нових продуктів кібербезпеки.

Висновки до третього розділу

1. Технічна безпека під час роботи суден забезпечується належним функціонуванням усіх критичних систем судна, а саме:
 - інтегрованих систем навігаційного містку;
 - систем управління рухом та головним двигуном та енергетичними системами;
 - електронних картографічних та навігаційно-інформаційних систем (ECDIS);
 - автоматичної ідентифікаційна система (AIC);
 - систем контролю доступу на судно;
 - системи керування вантажними операціями;
 - систем базової інфраструктури;

- адміністративних систем та систем забезпечення екіпажу;
- систем зв'язку.

Комплексне забезпечення кіберзахисту судна гарантує надійність та безпеку його функціонування в умовах сучасних технологій та потенційних кіберзагроз, а, отже, і технічну безпеку експлуатації судна. Кібервтручання та кіберпорушення у роботі критичного обладнання суден складають основу ризиків технічної безпеки судна, оскільки у сучасних умовах усі критичні системи судна контролюються та керуються за допомогою інформаційних технологій та систем. Отже, порушення кібербезпеки судна під час його роботи призводить до порушень у роботі критичного обладнання та ризиків технічної безпеки судна.

2. Встановлено схему процесу обміну інформацією судна. На базі аналізу статистичних даних проаналізовано вразливість критичного обладнання суден з точки зору кібербезпеки, ідентифіковано множини елементів в системі технічної безпеки судна, були розглянуті ключові аспекти технічної безпеки судна та кібербезпеки, яка включає в себе елементи, що охоплює фізичні та інформаційні складові. На базі циклу інформаційного обміну в режимі судно-берег для обміну інформацією із забезпечення безпеки та ефективності операцій запропоновано заходи які враховують вразливість систем судна під час процесу обміну інформацією для захисту судна від потенційних кібератак. Були сформульовані та проаналізовані ключові аспекти забезпечення технічної та інформаційної безпеки суден, визначено системи автоматичного управління та моніторингу як ключові для підвищення ефективності та забезпечення безпеки операцій. Ідентифікація критичної інфраструктури бортової мережі, кібераналіз та ідентифікація вразливих систем дозволило розробити ефективні стратегії управління кіберризиками. Запропоновано концептуальну модель охорони судна, яка враховує актуальні тенденції та визначає напрями для захисту від сучасних загроз.

3. Для інтегрованого управління кібербезпекою судна пропонується метод оцінки кібербезпеки на базі ймовірнісного підходу. Для оцінки дій щодо мінімізації ризиків безпеки судна пропонується такий показник, як рівень витрат у матеріальному вираженні на захисні програми та алгоритми, чисельність

персоналу, склад і кількість приладів та обладнання для відновлення працездатності судна у разі його виходу з ладу в одному або кількох напрямках.

Метод базується на ланцюгу ймовірнісних оцінок:

- 1) Порушення кібербезпеки судна ;
- 2) Наслідків порушення кібербезпеки судна;
- 3) Матеріальних збитків внаслідок порушення кібербезпеки судна.

Запропоновані результати складають методологічну основу для оцінки технічної безпеки судна, а також надають конкретні методи оцінки та забезпечення кібербезпеки судна, як основи для забезпечення безпеки критичного обладнання судових систем, що формує відповідну теоретичну основу для подальших досліджень у даному напрямку.

Основні результати розділу розкрити у публікаціях автора [198, 201, 202, 203, 204, 206, 209, 215, 216, 217, 218, 225].

РОЗДІЛ 4

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ПРОЦЕСІ РОБОТИ СУДЕН

4.1. Обґрунтування заходів щодо підвищення екологічної безпеки та зменшення забруднення навколишнього середовища при роботі судна в системі морських перевезень

Основними напрямками забруднення навколишнього середовища з суден, під час їх експлуатації є стічні води, сміття та розливи нафти під час аварій. Навколишньому середовищу також завдають шкоди викиди шкідливих речовин разом з відпрацьованими газами судових дизелів, які містять сажу та компоненти неповного згоряння, скидання баластних вод, шумове забруднення та зіткнення суден з ссавцями.

Сучасне торговельне судно оснащено різноманітним обладнанням, приладами, системами та інструментами, за допомогою яких екіпаж судна здійснює виробничі процеси на борту. Суднові навігаційні системи та технічні засоби, якими оснащено сучасне судно, дозволяють вирішувати завдання з навігації та керування судном, а отже забезпечують безпеку його експлуатації та разом з тим мінімізують ризики виникнення аварійних ситуацій та загрози забруднення навколишнього середовища.

У цьому розділі пропонується дослідження взаємозв'язку між безпекою судноплавства та охороною навколишнього середовища, а також визначення ступіню залежності безпеки судна, зокрема, у випадку відмови обладнання та систем і пов'язаних з цим причин аварій, що впливають, на екологічну безпеку судноплавства.

Будь-яка господарська діяльність на морі має значний вплив на морську екосистему та її компоненти, морські перевезення не є винятком. Щорічно велика кількість суден, що курсують океанськими торговельними шляхами, спалює понад два мільярди барелів мазуту. Суднове паливо, таке як важкий мазут, є побічним

продуктом сирової нафти, яке містить концентрацію сірки та має глибокий вплив на інтенсивність глобального потепління. З цього приводу на різних рівнях пропонуються серйозні та рішучі дії з боку світової спільноти для боротьби із забруднювачами повітря та зменшенню викидів парникових газів для уникнення розвитку ситуації до катастрофічних масштабів [228-232]. Схема чинників впливу від судноплавства на морські екосистеми представлена на (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 - Негативний вплив судноплавства на морські екосистеми

За оцінками Міжнародної морської організації (ІМО), середньорічні викиди вуглекислого газу морським транспортом становлять понад 3 % світових викидів і, як очікується, до 2050 року зростуть щонайменше на 50% порівняно з поточним періодом. Цей аспект особливо важливий для проток розташованих у Європі, одних з найбільш завантажених судноплавних шляхів у світі. Фактичне підвищення залежатиме від майбутніх соціально-економічних умов. Однак, за всіма сценаріями очікується, що викиди від суден будуть постійно зростати. Оскільки викиди парникових газів в деяких секторах промисловості має тенденцію до зменшення, сумарна частка глобального забруднення навколишнього середовища зростатиме [233, 234].

Вплив суден на навколишнє середовище відбувається відразу за кількома напрямками: викиди парникових газів, забруднення біосфери експлуатаційними відходами, а також забруднення внаслідок аварій, під час яких на особливе місце викидається токсичний вантаж (переважно нафта і нафтопродукти) також зіткнення і затоплення суден, завдають величезної шкоди навколишньому середовищу (рис.4.2).



Рисунок 4.2 - Основні напрями впливу забруднення навколишнього середовища

Зниження екологічних ризиків судноплавства є складним завданням, яке вимагає втілення ефективних методів законодавчого та регуляторного контролю, організаційних заходів, технічної та технологічної підтримки. Крім того, питання стосується не лише зменшення можливих ризиків, а й рівня існуючого впливу на морське середовище внаслідок забруднення вихлопними газами з суден, скидання відходів та баластної води, а також контролю екологічних наслідків при аваріях. Мета дослідження в даному параграфі проаналізувати можливі джерела впливу на навколишнє середовище під час циклу експлуатації суден, визначити ризики, переглянути існуючий потенціал для зменшення ризику аварій судна та їх екологічних наслідків та розвитку рішень існуючих проблем. Це дослідження пропонує результати, які можуть послужити початковою основою для формування комплексних заходів щодо зменшення екологічних ризиків та наслідків можливих аварій для навколишнього середовища, спричинених роботою суден та міжнародним судноплавством загалом [235-237].

В останні роки, враховуючи зростання актуальності проблем, пов'язаних із забрудненням морського середовища, інтенсивними темпами ведеться розробка як організаційних, так і технічних заходів, спрямованих на запобігання експлуатаційному забрудненню навколишнього середовища під час роботи суден на морських і внутрішніх водних шляхах.

Запобігання забрудненню навколишнього середовища водним транспортом відбувається через регулювання різними нормативами та вимогами. Ці норми передбачають стратегії для запобігання забрудненню внаслідок суднової діяльності. Їх базовий принцип це використання технічних засобів як на суднових енергетичних установках для очищення стічних та нафтовмісних вод, так і на березі. В цій комплексній системі використання технічних засобів дозволяє більш ефективно запобігати забрудненню під час морської експлуатації суден. На практиці виявлено, що організаційні заходи, які спрямовані на розробку стратегій запобігання забрудненню морських екосистем, дозволяють ефективно впроваджувати сучасні технічні засоби на судах. При вирішенні питань охорони морських і внутрішніх водних шляхів від забруднення суднами враховуються різні умови та природоохоронні заходи, що супроводжують експлуатацію суден [238, 239].

Досягнення цих цілей визначається кількома ключовими факторами. Серед них - вимоги до очищення суднових викидів, економічні, виробничі та технічні можливості судновласників та операторів, а також навігаційно-кліматичні умови експлуатації суден. Крім того, значущу роль в цьому процесі відіграють мотиваційні аспекти для екіпажу судна. Вони мають важливе значення у вирішенні проблем запобігання забрудненню морської екосистеми під час експлуатації судна [240, 241].

Вплив міжнародних перевезень на навколишнє середовище включає забруднення повітря, води, акустичне забруднення та забруднення нафтою. Однак, найбільш значущим є забруднення морського середовища, яке охоплює не лише саме забруднення води, а й утворення морських відкладень, що завдають шкоди морським екосистемам. Це викликане викидом шкідливих речовин, незалежно від

їхнього походження чи кількості. Основні джерела забруднення морського середовища представлені на рис. 4.3.



Рисунок 4.3 - Основні забруднювачі морського середовища

Міжнародна конвенція MARPOL-73/78 встановлює комплекс заходів для запобігання забрудненню морського середовища внаслідок експлуатаційного та аварійного викиду нафти, рідких речовин, що перевозяться наливом, шкідливих речовин, що перевозяться в упаковці, а також контролю над сміттям та викидами у повітря з суден. Конвенція складається зі статей, які встановлюють терміни, визначення, обов'язки та санкції, а також протоколів та шістьох додатків. Протоколи містять загальні положення щодо обов'язків держав-учасниць у попередженні забруднення морського середовища від суден. Додатки встановлюють конкретні правила для запобігання забрудненню моря різними забруднювачами, такими як нафта, шкідливі хімічні речовини, що перевозяться наливом та в упаковці, а також до стічних вод, сміття та забруднення повітря внаслідок викидів відпрацьованих газів (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 - Структура конвенції MARPOL-73/78

Судно, як джерело забруднення навколишнього середовища, здійснює свій вплив відразу по кількох каналах. До них відносяться забруднення біосфери відходами, що утворюються в процесі господарської діяльності; аварії, під час яких відбувається викид токсичних вантажів (переважно нафти та нафтопродуктів); викиди парникових газів; шумове забруднення; а також в результаті аварій суден та їх затоплення.

Основні напрямки, за якими відбувається забруднення з суден: скидання баластних вод, акустичне забруднення, зіткнення з ссавцями, забруднення атмосфери, забруднення гідросфери, скидання нафтопродуктів, скидання експлуатаційних відходів, скидання сміття, представлено на рис.4.5.

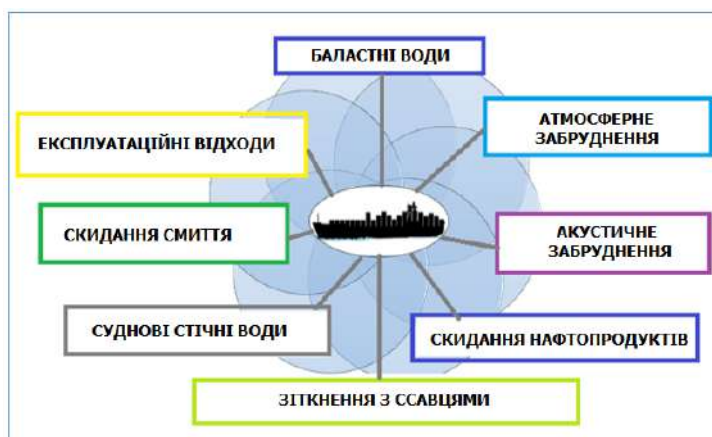


Рисунок 4.5 - Основні джерела забруднення від експлуатації судна

З метою розробки організаційно-технічних заходів щодо забезпечення екологічної безпеки морського середовища та детального висвітлення тих нормативних документів, які регулюють ці аспекти, необхідно зосередити увагу на загрозах та наслідках для довкілля, які має кожен вид забруднення [242].

Скидання баластних вод й осадів суднами є серйозною проблемою для водного середовища. Цю ситуацію регулює Міжнародна конвенція про контроль судових баластних вод й осадів та управління ними (BWM 2004), яка була ухвалена у 2004 році і набула чинності з 8 вересня 2017 року. Перенесення організмів в інше середовище може викликати проблеми для місцевих екосистем. До числа найбільш небажаних видів входять холерний вібріон, різні штами

кладоцер та китайські моховики разом з токсичними водоростями. Ці організми можуть бути тваринного чи рослинного походження, а також включати віруси та бактерії, які можуть завдати шкоди мешканцям інших природних зон. Завдана ними шкода серйозна і може навіть викликати інфекційні захворювання [243, 244].

Шум або акустичне забруднення морського середовища виникає в результаті діяльності людини та комерційного судноплавства, сейсмозвідки, розвідки нафти та використання військових гідролокаторів. Усі ці типи шуму становлять серйозну загрозу для життя морських мешканців. Це шумове забруднення впливає на широкий спектр морських видів, і не йдеться лише про крупних представників, таких як кити й дельфіни. У 2012 році було прийнято поправки до Правила II-1/3-12 Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі (СОЛАС), які стосується захисту від шуму на суднах. Правило зобов'язує будувати судна зі зниженим рівнем шуму на борту та захищати персонал від шуму відповідно до Кодексу щодо рівнів шуму на борту суден. Інтенсивність шуму здатна викликати психологічний стрес або фізіологічні розлади як у людей, так і у морських мешканців а також становить загрозу для морського життя та морських водоростей, які використовують звук для спілкування та пошуку їжі. У 2014 році Комітет із захисту морського середовища ІМО (МЕРС) схвалив рекомендації щодо зменшення підводного шуму від комерційного судноплавства для боротьби з негативним впливом на морське життя [245-247].

Зіткнення морських ссавців з суднами є серйозною загрозою для цих тварин, може призвести до смерті або отримання серйозних травм, поранень, втрати крові, зламаних кісток та іншого. Особливо вразливі до цього виду небезпеки кити та ламантини. Зіткнення з суднами може призвести до трагічних наслідків для цих тварин, включаючи їх смерть. Міжнародна Морська Організація (ІМО) видала циркуляр МЕРС.1/Circ.674 з метою надання вказівок урядам країн-членів щодо зменшення та мінімізації ризику зіткнення суден з китоподібними ссавцями. Цей документ має на меті запобігти подібним випадкам та зберегти ці важливі для екосистеми тварини. Загалом, зіткнення з суднами є однією з головних причин смертності китоподібних ссавців і дельфінів у водах океанів і морів. Тому

приділяється велика увага запобіганню таких подій та розробці стратегій для зменшення цього ризику [249, 250].

Забруднення повітря від суден є серйозною проблемою, яка виникає внаслідок викидів від суднових дизельних двигунів, що використовують паливо з високим вмістом сірки. Це призводить до викидів діоксиду сірки, оксиду азоту, частинок, а також оксиду вуглецю, вуглекислого газу та вуглеводнів. У 1997 році Агентство з охорони навколишнього середовища (EPA) визнало вихлопні гази потенційним канцерогеном для людини. ІМО додала Додаток VI до MARPOL щодо забруднення повітря з суден, який стосується забруднення повітря сіркою та іншими небезпечними вікидами, такими як оксиди азоту та тверді частинки. Міжнародна Морська Організація (ІМО) відгукнулася на цю проблему і в 2011 році увів глобальні обов'язкові вимоги щодо енергоефективності для всіх суден, незалежно від їх типу, структури торгівлі чи країни прапора. Ці вимоги спрямовані на зменшення викидів парникових газів від суден, що здійснюють міжнародні перевезення [251, 252].

Забруднення водного середовища під час експлуатації суден є серйозною проблемою. Однією з основних забруднюючих речовин є нафтопродукти. Розливи нафти мають негативний вплив на навколишнє середовище. Деякі компоненти сирої нафти, які потрапляють у воду, особливо поліциклічні ароматичні вуглеводні, є дуже токсичними. Вони важко видаляються та можуть лишатися в воді протягом довгого часу, завдаючи шкоду водним організмам. Гідробіонти, які постійно піддаються цим речовинам, можуть мати проблеми з розвитком, в них виникають захворювання та порушуються репродуктивні цикли. Міжнародна конвенція щодо запобігання морським забрудненням з суден 1973 року, відома як MARPOL 73/78, містить Додаток 2, який регулює забруднення нафтопродуктами [253, 254].

Нафтове забруднення вносить серйозні зміни в природні процеси та взаємозв'язки в екосистемах водних об'єктів. Воно може суттєво вплинути на умови життя та розвитку всіх видів організмів, а також накопичується в їхній біомасі. Розливи нафти можуть призвести до ураження риб, ссавців та птахів, а

також пошкодити морські рослини. Це також впливає на економіку, оскільки рибальство, готелі та ресторани можуть зазнати серйозних збитків. У разі розливу нафти у прісних водоймах, це може негативно позначитися на місцевому населенні та сільському господарстві.

Скидання неочищених або недостатньо очищених трюмних і стічних вод, а також скидання вод, які можуть містити шкідливі бактерії, хвороботворні мікроорганізми, віруси, кишкові паразити і шкідливі речовини, скидання твердих відходів, які утворюються на судні, становлять серйозну загрозу для морської екосистеми. Скидання неочищених або недостатньо очищених стічних вод може призвести до бактеріального та вірусного забруднення гідробіонтів. Речовини в стічних водах, такі як азот і фосфор, сприяють надмірному цвітінню водоростей, які споживають значну кількість кисню з води, що призводить до загибелі риби. Скидання нефільтрованої трюмної води, яка є руйнівною для екосистеми, суворо заборонено, оскільки речовини, які в ній містяться, не тільки шкодять мікроорганізмам, якими харчуються великі тварини, але також потрапляють у харчовий ланцюг через мідії та рибу, що створює також заповідання шкоди людям [255, 256].

У процесі експлуатації суден та берегових споруд утворюються різноманітні види сміття та відходів. Однак, за винятком твердих залишків, які містять шкідливі речовини, такі як нафта та нафтопродукти, більшість відходів небезпечні для здоров'я людини та морських ресурсів. Це можуть бути відходи від різноманітних промислових та ремонтних робіт, що проводяться на судні або в порту. Ці матеріали можуть знаходитись у воді та тривалий час розкладатися, забруднюючи водні ресурси. Крім того, деякі залишки навіть можуть потрапляти в систему рушії, намотуватись на лопаті гвинтів суден та призводити до аварій [257-259].

Окремо, одним з найважливіших аспектів у боротьбі з морським сміттям є проблема пластику. Його вплив на навколишнє середовище набагато серйозніший, ніж може здатися на перший погляд. Вирішення цієї проблеми вимагає переосмислення усього циклу виробництва, використання утилізації пластику, включаючи його вплив на зміну клімату та втрату біорізноманіття [260-263].

Екологічна небезпека суден представлена двома складовими – експлуатаційною та аварійною. Досить складно припустити, яка з них є найнебезпечнішою, а також ступінь і рівень небезпеки для навколишнього середовища. Забруднення, що виникають в процесі експлуатації суден і об'єктів інфраструктури, таких як порти, суднобудівні та судноремонтні підприємства, утворюються і скидаються в море постійно, хоча і в відносно невеликих кількостях. Під час аварійних розливів відразу викидається велика кількість забруднюючих речовин, але вони обмежені зоною аварії та прилеглими територіями. При аварійному скиді спостерігається масова загибель гідробіонтів, а при експлуатаційному забрудненні відбувається хронічне отруєння водної екосистеми (рис.4.6) [264, 265].



Рисунок 4.6 - Робочий цикл судна з урахуванням можливого забруднення

Інтенсивний розвиток міжнародного судноплавства вимагає активних заходів щодо запобігання забрудненню навколишнього середовища під час експлуатації суден – це розробка як організаційних заходів, так і технічних заходів, спрямованих на запобігання експлуатаційному забрудненню навколишнього середовища під час експлуатації суден, представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Організаційно-технічні заходи щодо запобігання експлуатаційним забрудненням із суден

Ризики забруднення	Виникнення та причини забруднення	Запропоновані рішення
Скидання баластних вод	Порушення вимог щодо проведення водяних баластних операцій, порядку обробки та зміни баласту, недотримання необхідної відстані від найближчого берега.	Впровадження плану управління баластними водами та системи очищення баластних вод на борту суден.
Акустичне забруднення	Висока інтенсивність руху на судноплавних шляхах і в портах. Затони суден у обмежених водах, каналах і протоках. Нафтові та газові родовища, військові судна та навчання.	Використання менш шумних суднових двигунів. Запровадження жорсткішого законодавства щодо сейсмозвідки нафти і газу та використання гідроакустичних систем.
Зіткнення зі ссавцями	Зростання інтенсивності судноплавства, підвищення швидкісних і маневрених характеристик суден.	Розробка методів управління поведінкою китоподібних на основі комплексного використання інформаційних, енергетичних і біорезонансних сигналів.
Забруднення повітря	Відсутність на борту обладнання та систем очищення вихлопних газів. Потужні двигуни зі значними витратами палива, з високим вмістом сірки, що фактично є відходом нафтопереробки.	Відмова від високосірчастого мазуту та перехід на більш якісне дизельне паливо з меншим вмістом сірки. Оснащення судна системами очищення вихлопних газів. Використання природного газу як альтернативного палива.
Забруднення водної екосистеми	Недотримання процедур та порядку бункерування. Порушення цілісності корпусу судна та подальша його розгерметизація внаслідок незадовільного технічного стану та/або механічних пошкоджень, несправності вантажної системи, пошкодження контрольних датчиків, у тому числі датчиків, запірної арматури, переповнення резервуарів для зберігання нафти.	Дотримання технологічного процесу експлуатації, контроль цілісності корпусу, герметичності трубопроводів і механічних пошкоджень гнучких рукавів, з'єднувальних вузлів, систем і муфт; контроль датчиків, рівнемірів, запірної арматури, фактичного рівня наповнення резервуарів.
Скидання масляних стічних вод	Порушення вимог, що регламентують скидання трюмних вод, процедур прийому портовими засобами, несправність очисних споруд.	Супутниковий моніторинг та аналіз зображень. Функціональність установки системи очищення стічних вод (фізико-хімічного, електрохімічного або біологічного типу) схваленого класом. Належне функціонування системи подрібнення та знезараження стічних вод, накопичувальних резервуарів з достатньою ємністю.

Продовження табл. 4.1

Скидання експлуатаційних і твердих відходів	Порушення вимог щодо збору, транспортування, утилізації та переробки відходів виробництва. Несанкціоноване скидання відходів, які є плавучими.	Спеціальні відходи необхідно доставляти на спеціальні приймальні судна із засобами захисту шкіри та органів дихання. Категорично заборонено змішувати небезпечні відходи з твердим сміттям. Спецвідходи зберігаються в окремих контейнерах, наданих службою порту. Використання обладнання: транспортних засобів-сміттєзбірників, сміттєпереробних споруд.
Скидання харчових відходів	Порушення вимог конвенції, санітарних і ветеринарних правил, технології збору, зберігання, обробки та утилізації відходів. Неналежне використання суднового обладнання для зберігання, обробки та утилізації сміття.	Спалювання, збір та сортування, подрібнювачі харчових відходів, пресувальники відходів.

Охорона морського середовища та запобігання його забрудненню під час експлуатації суден є складним завданням, що вимагає взаємодії на різних рівнях. Це включає в себе не тільки відповідність міжнародним конвенціям, а також виконання цих стандартів екіпажами суден [266, 267].

Запобігання забрудненню морських екосистем потребує впровадження передових технічних рішень та розробки нових підходів, зокрема, у сфері передбачення або запобігання аварійним ситуаціям. Мінімізація антропогенного впливу та зменшення ризиків екологічних катастроф вимагає створення сучасних та надійних транспортних систем, які не завдають шкоди навколишньому середовищу. Тому розробка ефективної системи управління безпекою навколишнього середовища є ключовим елементом в цьому процесі. Вона дозволяє забезпечити екологічну безпеку та запобігти забрудненню навколишнього середовища під час експлуатації суден в довгостроковій перспективі [268].

4.2. Розробка технічних заходів зі скорочення викидів парникових газів в процесі роботи суден

З кожним роком динаміка реалізації проектів, спрямованих на підвищення ефективності використання енергії, поступово зростає на різних рівнях і в різних галузях. Воно поширилося у сферах проектування, модернізації та реконструкції енергоефективних будівель і споруд, проектування та будівництва елементів промислової інфраструктури, технологічних процесів виробництва. Реалізація таких ініціатив є першочерговим завданням для різноманітних підприємств, компаній та різних галузей економічної діяльності. Відповідно до цього провідні галузі розробляють стратегії підвищення екологічної безпеки та енергоефективності. Не є винятком і судноплавство, де процес підвищення енергоефективності здійснюється за допомогою різних механізмів, що в кінцевому підсумку призводить до скорочення викидів забруднюючих речовин, але має негативний вплив на ефективність комерційної експлуатації судна. Проблеми забезпечення енергоефективності поряд із підвищенням вимог до екологічної безпеки транспорту та посиленням відповідальності судновласників стають центральним об'єктом дослідження сучасної теорії та практики експлуатації засобів морського транспорту. Продовжують залишатися актуальними питання вдосконалення універсальних засад енергоефективності в рамках окремих судноплавних компаній та розробки інструментів економічного аналізу енергоефективності власного флоту, пошуку нових шляхів формування професійних компетенцій суднових екіпажів у сфері енергоефективності [269].

Сьогодні, усвідомлюючи важливість проблеми забруднення атмосферного повітря, світова спільнота активно звертає увагу на це питання. У 1997 році був укладений Кіотський протокол, який став додатковою угодою до рамкової Конвенції ООН зі зміни клімату. Цей протокол встановлює процедури для зменшення викидів парникових газів, особливо CO₂, в атмосферу. Практично всі уряди країн світу зобов'язані обмежити ряд видів людської діяльності, таких як спалювання викопного палива, що призводить до викиду газів, впливаючи на

клімат. Паризька кліматична угода, яка набула чинності з 4 листопада 2016 року, посилила стандарти викидів токсичних речовин в атмосферу [270].

Морський транспорт відіграє важливу роль у забрудненні навколишнього середовища. Враховуючи ці обставини, проблема забруднення водних ресурсів та атмосфери набуває глобального значення для спільноти морського транспорту. Міжнародна морська організація (ІМО) підтверджує цей екологічний підхід, встановлюючи більш суворі стандарти. Щоб запобігти забрудненню повітря від суден, MARPOL (1997), Додаток VI, забороняє утилізацію озоноруйнівних речовин відповідно до Монреальського протоколу. Він також регулює утилізацію вихлопних газів: NO_x - 6-10% зменшення порівняно з неконтрольованими двигунами, SO_x - допустимий ліміт у стандартних зонах - 4,5%, а в зонах контролю викидів (SECA) - 1,5%.

Нова редакція доповнення до Міжнародної конвенції з запобігання забрудненню суднами (MARPOL) набула чинності після 59 сесії (розглядалась починаючи з 53-ї та закінчуючи 59-ою сесіями) Комітету з охорони морського середовища ІМО (MEPC) та почала застосовуватися з 1 червня 2010 року. Ця редакція внесла зміни в стандарти щодо кількості викидів оксидів азоту (NO_x) від судових двигунів [271-273].

Рівень I охоплює викиди NO_x від двигунів, встановлених з 1990 по 1999 рік, з об'ємом циліндрів до 5000 кВт. Рівень II передбачає зниження викидів NO_x для нових двигунів, встановлених на судах, які були побудовані до 1 червня 2010 року, на 15,5-21,8% порівняно зі стандартами Рівня II. Рівень III встановлює значне зменшення викидів NO_x для нових двигунів, встановлених на судах, побудованих до 1 червня 2016 року, або пізніше, на 80% від рівня II стандарту щодо концентрації NO_x.

Нові зміни значно впливають на вимоги до викидів судових двигунів і сприяють зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Щодо вмісту CO_x та твердих частинок у вихлопних газах, вказаних у Додатку VI, важливо зауважити, що конкретні ліміти вмісту твердих частинок не встановлені, оскільки вони залежать від вмісту сірки (S). У зонах SECA (Балтійське та Чорне

моря, Північна Америка тощо), стандарт для кількості сірки до 1 червня 2015 року становив 1,0%, а після цієї дати - 0,1%.

SECA, або Спеціальні області для контролю викидів суден (англ. Special Emission Control Areas), є особливими морськими зонами, в яких діють суворі вимоги до викидів шкідливих речовин, таких як сірковуглець (SO_x) та азотні оксиди (NO_x), від суден. З метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, в цих зонах встановлені обмеження на вміст сірки та азотних оксидів у викидах суден. Так, SECA може бути встановлено в будь-якій частині світу, де існує високий рівень судноплавства та викидів в атмосферу, і де потрібна особлива увага до екологічних аспектів адже встановлення SECA допомагає зменшити забруднення повітря та сприяє збереженню навколишнього середовища [274-278].

Для відповідності стандартам планується вдосконалення систем очищення вихлопних газів, включаючи системи рециркуляції, використання газового палива після прийняття погодинної інструкції з безпеки суден, які використовують газ як паливо, а також інших інноваційних проектів та технологій. Правило «ІМО 2020», введене Міжнародною морською організацією (ІМО), стосується обмеження вмісту сірки у мазуті, який використовується на судах поза зонами контролю викидів. Згідно з цим правилом, з 1 січня 2020 року вміст сірки у мазуті повинен бути не більше 0,50% маси за вагою (m/m). Це правило заміняє попереднє обмеження, яке дозволяло вміст сірки до 3,5%. У деяких зонах контролю викидів ліміти вже були суворішими (0,10%). Ця нова норма стала обов'язковою після внесення поправки до Додатку VI Міжнародної конвенції про запобігання забрудненню з суден (MARPOL) (рис. 4.7).

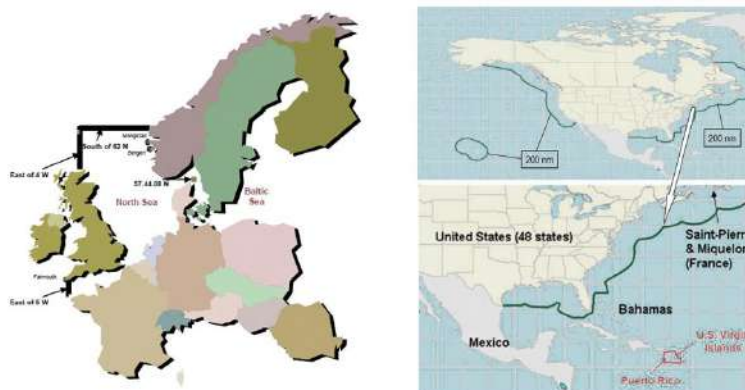


Рисунок 4.7 - Специфічні зони контролю викидів ЕЕСА та НАЕСА

Регулювання викидів парникових газів від роботи суден здійснюється за допомогою Додатку VI (Переглянутого) до Конвенції "Правила запобігання забрудненню повітря з суден" та доповідями ІМО від країн-учасниць, які стосуються проблеми "парникових газів" та стратегій зменшення їх викидів.

У першому звіті Міжнародної морської організації (ІМО) було відзначено, що судові викиди складають лише невелику частку (1,8%) від загальних світових викидів парникових газів але для зменшення викидів були прийняті експлуатаційні заходи, які включали нові правила для будівництва суден та їх модернізацію, зокрема щодо пропульсивних систем: корпусу, двигунів, гвинтів, спрямованих на зменшення споживання енергії.

Згідно з даними британської компанії Simpson Spence Young (SSY), викиди CO₂ від судноплавства вже в 2021 році зросли на 4,9% порівняно з 2020 роком і перевищили показники 2019 року. Найбільше зростання викидів CO₂ було зафіксовано в сегменті суден-газовозів через поставки нових суден і високий попит на ринку. У сегменті балкерів і контейнеровозів до цих факторів додалося збільшення протяжності маршруту і завантаженість портів.

Глобальні викиди розподілені наступним чином: електроенергія - 35%; сільське господарство - 24%; промисловість (фабрики, заводи, будівництво) - 21%; транспорт - 14%; житловий сектор - 6%; щодо водного транспорту, включаючи судна постачання та рибальські судна – 3,3% (рис. 4.8) [279, 280].

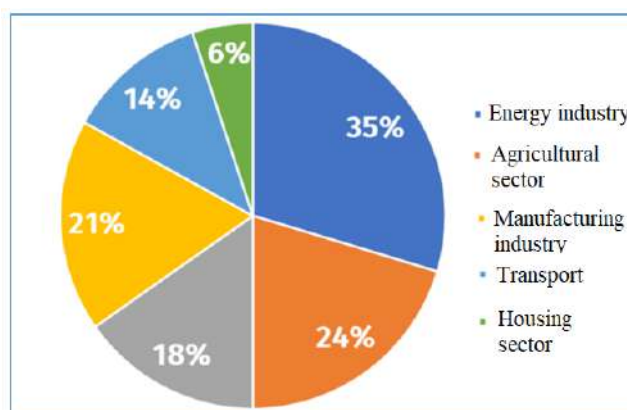


Рисунок 4.8 - Викиди CO₂ у глобальному вимірі

Звіти Міжнародної морської організації свідчать, що починаючи з 2007 року викиди CO₂ з суден зросли на 17,5% і становлять вже понад 1 млн тонн щорічно.

На одному з останніх засідань Комітету з питань охорони морського середовища було представлено ще одне дослідження, яке передбачає, що до 2050 року викиди можуть досягти 2,5-3 млн тонн щорічно.

Важливо враховувати, що морський транспорт також вносить свій вклад у викиди парникових газів, становлячи близько 2,5% від загальних викидів у світі (згідно з дослідженням ІМО щодо парникових газів). Тому вочевидь якщо не приймати термінових заходів, ці викиди можуть значно збільшитися. Відомо, що вони можуть зрости навіть до 250% до 2050 року за нинішніми тенденціями, що ставить під загрозу глобальні кліматичні цілі. З цією метою було обговорено різні шляхи зменшення викидів, включаючи введення податку на паливо та торгівлю квотами на викиди [281].

Отже, питання поліпшення екологічних та енергоефективних характеристик суден, зокрема визначення енергоефективності для різних типів є актуальною задачею.

4.3 Дослідження заходів покращення екологічних та енергетичних характеристик суден

Важливим економічним заходом для підвищення енергоефективності нових суден є обов'язковий індекс енергоефективності конструкції судна (EEDI) який є показником для оцінки рівня енергоефективності нових суден. Цей розрахунковий показник може бути використаний для оцінки енергоефективності суден, формула якого може бути застосована до більшості типів і розмірів суден:

$$EEDI = \frac{CO2_{BL}}{C \cdot \sqrt{DWT}} \quad (4.1)$$

де $CO2_{BL}$ - базовий рівень викидів $CO2$ для конкретного типу судна (тони $CO2$ на тоно-милі); C - коефіцієнт, який враховує тип та розмір судна; DWT - водотоннажність судна (тис. тонн).

Дана формула дозволяє визначити, наскільки енергоефективно судно використовує паливо для свого руху, при цьому низьке значення EEDI вказує на високу енергоефективність судна [282-289].

Коефіцієнт повинен враховувати викиди CO₂ як чинник вартості, а переваги повинні включати вантажопідйомність та операційну ефективність транспортних засобів. Заходи технічного та операційного характеру для зменшення викидів парникових газів охоплюють впровадження плану управління енергоефективністю судна (SEEMP) для всіх типів суден (незалежно від року побудови) та використання оперативного показника енергоефективності (EEOI), який аналогічний EEDI і відображає співвідношення викидів вуглецю та корисної продуктивності судна (енергії на перевезення).

План енергоефективності судна включає наступні складові:

1. Покращене планування маршруту (врахування оптимальних маршрутів, врахування погодних умов, управління швидкістю та режимом руху відповідно до експлуатаційного графіку);
2. Оптимізація швидкості, потужності та роботи головного двигуна;
3. Ефективне керування судном (включаючи баластування, використання рульового управління та автопілоту);
4. Оптимізація управління роботою флоту;
5. Вдосконалення процесу вантажних операцій;
6. Управління енергоефективністю судна.

Ці кроки допомагають забезпечити оптимальне використання енергії та знизити викиди парникових газів. Оперативний показник енергоефективності EEOI судна (для нових та існуючих) встановлює взаємозв'язок між споживанням палива (тонн), кількістю вантажів (тонн) та маршрутом плавання судна (милі), та розраховується за формулою:

$$EEOI = \frac{CO_2 \text{ викиди (тонн)}}{\text{Транспортна робота (тоно – милі)}} \quad (4.2)$$

59-та сесія Комітету з охорони морського середовища прийняла ряд важливих рішень:

1. Для нових суден введено тимчасові Керівні принципи індексу енергоефективності конструкції судна (EEDI) та тимчасові Керівництва з перевірки індексу добровільної енергоефективності (EEDI).

2. Для всіх суден, незалежно від року будівництва, встановлені вказівки щодо розробки плану енергоефективності судна (SEEMP), а також рекомендації щодо використання індексу енергоефективності конструкції судна (EEDI).

MARPOL 73/78, Додаток VI, передбачає перехід з використання суднового палива з високим вмістом сірки (HSFO) на паливо з низьким вмістом сірки (LSFO).

Важливо відзначити, що технології очищення вихлопних газів від сіркових сполук (SO_x) не використовуються через їх складний характер та певні проблеми, пов'язані з їх впровадженням.

Таблиця 4.2 - Оцінка перспективного потенціалу скорочення викидів

Життєвий цикл судна	Заходи	Зменшення рівня CO_2 , %	Всього, %	Загальна сума, %
Проектування, будівництво (нові судна)	Концепція, швидкість і потужність	2 ÷ 50	10 ÷ 50	25 ÷ 75
	Корпус і надбудова	2 ÷ 20		
	Силові та рухові системи	0,5 ÷ 5		
	Паливо з низьким S	0,5 ÷ 5		
	Поновлюване джерело живлення	1 ÷ 10		
	Зменшення CO_2 у вихлопних газах	0		
Управління роботою (існуючі судна)	Управління флотом, логістика та стимулювання	5 ÷ 50	10 ÷ 50	
	Оптимізація рейсу судна	1 ÷ 10		
	Управління енергоефективністю	1 ÷ 10		

Однією з основних труднощів у виконанні цих вимог є необхідність зниження викидів SO_x , що призводить до необхідності роботи суднам на менших швидкостях та навіть намагання повністю підключити їх до берегових джерел електроживлення. Проте, існує недолік потужності та необхідність у спеціальних трансформаторах. Отже, існує реальний дефіцит технологій для підготовки палива

для суднового важкого палива. Наприклад, досвід використання силіконових фарб для фарбування корпусів суден коштує приблизно 300 тис. євро для судна вагою 25 тис. тонн. Ці покриття потребують постійного обслуговування, оскільки при довготривалому знаходженні судна біля причалу, корпус може швидко заростати водоростями чи мулом. Також, корпус судна повинен максимально мало піддаватися сонячному світлу, щоб запобігти обростанню. Нанесення нового шару силікону завжди потребує видалення попереднього шару, що є трудомістким та складним з технологічної точки зору. На випадок, якщо попередній шар силікону залишиться, новий шар просто не пристане до корпусу судна. Таким чином, силіконові покриття є економічно обґрунтованими в цьому контексті [290].

Як приклад, Японська компанія Mitsubishi Heavy Industries Ltd., розробила концептуальний проект контейнеровоза класу Panamax «MALS-14000CS», та досягла скорочення викидів CO₂ на 35%. Судно оснащено системою Mitsubishi Air Lubrication System (MALS), яка спрямовує повітря під днище корпусу, таким чином зменшуючи викиди CO₂ на 10% порівняно з існуючими типами суден за рахунок зменшення супротиву води. Додаткове скорочення викидів CO₂ на 20% досягається за рахунок зміни форми корпусу та розташування містку, який розташовується в аеродинамічній носовій частині, та з димоходом у кормі, а контейнери розміщені під житловими приміщеннями в новій розробленій високоефективній формі корпусу з низьким опором. Використання автоматизованої системи подвійного руху з двома двигунами та системою відновлення відходів зменшує викиди CO₂ ще на 5%. Останнє стало можливим завдяки установці турбокомпресорів з рекуперацією енергії вихлопних газів з вбудованим на одній осі електрогенератором, який може працювати в режимі електромотора. Таким чином, з позиції екології і впровадження електроенергетики в транспортну галузь є неминучим. Без цього важко уявити сучасну цивілізацію, але воно вимагає величезних інтелектуальних зусиль і нових підходів [291, 292].

Подальше підвищення екологічності вантажоперевезень спрямоване на зниження матеріальних і фінансових витрат до необхідного мінімуму. Для суднових енергетичних установок це означає максимальне скорочення

незворотніх енергетичних і матеріальних потоків при виконанні судном механічної роботи по зміні просторового положення вантажів, що перевозяться. Основними факторами незворотності є втрати внутрішньої енергії робочого тіла при генерації механічної енергії та механічні втрати на тертя в судовому гідропропульсивному комплексі.

Під час перевірки розрахунковий показник енергоефективності (EEDI) не повинен перевищувати встановленого гранично допустимого базового значення для суден такого ж типу. Цей підхід, завдяки впровадженню новітніх технологічних рішень, відкриває можливості використання економічніших двигунів, ефективну утилізацію тепла, використання альтернативних джерел енергії, а також можливість збільшити тоннаж та проектну швидкість завдяки оптимізації форми корпусу судна та роботі рушійної установки.

Коефіцієнт енергоефективності (EEDI) розраховується відповідно до загальної методології, яка була ухвалена ІМО в МЕРС 62/24/Add.1. Після цього судно піддається перевірці компетентним органом морської адміністрації країни чи Реєстру суден. У разі успішної перевірки судну видається Міжнародний сертифікат енергоефективності (ІЕЕ). У спрощеному вигляді EEDI розраховується за наступною формулою:

$$EEDI = CF \frac{SFC_{ME} \sum P_{ME} + SFC_{AE} P_{AE}}{Dw V_{ref}} \quad (4.3)$$

де CF - коефіцієнт викидів вуглецю (г-СО₂/г палива); SFC_{ME} - питома витрата палива головного двигуна, (г/кВт-год); SFC_{AE} - питома витрата палива допоміжного двигуна, (г/кВт-год); Dw - для суховантажів, танкерів, газозовів, контейнеровозів, суден типу RO-RO та суден для перевезення генеральних вантажів, дедвейт слід використовувати як повну вантажопідйомність.

Резолюція ІМО МЕРС.203(62) впроваджується на етапах проектування, будівництва та експлуатації суден. У цьому дослідженні було проаналізовано використання комплексу заходів та методів для розрахунку EEDI, включаючи:

- впровадження МЕРС.1 Circ. 681 до технічної документації;

- використання алгоритму для розрахунку EEDI;
- перевірка достовірності розрахунків.

Першим етапом є застосування робочої моделі для трансформації розрахункових формул, таблиць та графіків у аналітичну форму. Цей процес виконується за такою послідовністю де спочатку визначається максимальне значення $EEDI_{(max)}$ на базовій лінії за допомогою статичної емпіричної формули. Ця формула залежить від типу судна (відповідно до конвенції MARPOL, у діапазоні від 2,25 до 2,31) та його дедвейту.

$$EEDI_{max} = a_i \cdot (c_i \cdot j), \quad (4.4)$$

де a_i, c_i - емпіричні безрозмірні коефіцієнти i -го типу судна; $i = [1...7]$;

Обозначимо j як дедвейт (Dw) i -го типу судна, тоді $D_{w(i)} \in [400; D_{w(max)(i)} T]$,

відповідно a_i та c_i буде дорівнювати для різних типів суден:

$$a_i = \begin{cases} 961,8 & \text{for } i = 1 \text{ (2.25) - балкер,} \\ 1120 & \text{for } i = 2 \text{ (2.26) - газозов,} \\ 1218 & \text{for } i = 3 \text{ (2.27) - танкер,} \\ 174,2 & \text{for } i = 4 \text{ (2.28) - контейнеровоз,} \\ 107,5 & \text{for } i = 5 \text{ (2.29) - багатоцільове судно,} \\ 227 & \text{for } i = 6 \text{ (2.30) - судно рефрижератор,} \\ 1219 & \text{for } i = 7 \text{ (2.31) - універсальне судно;} \end{cases} \quad (4.5)$$

$$c_i = \begin{cases} 0,477 & \text{for } i = 1 \text{ (2.25) - балкер,} \\ 0,456 & \text{for } i = 2 \text{ (2.26) - газозов,} \\ 0,488 & \text{for } i = 3 \text{ (2.27) - танкер,} \\ 0,201 & \text{for } i = 4 \text{ (2.28) - контейнеровоз,} \\ 0,216 & \text{for } i = 5 \text{ (2.29) - багатоцільове судно,} \\ 0,244 & \text{for } i = 6 \text{ (2.30) - судно рефрижератор,} \\ 0,488 & \text{for } i = 7 \text{ (2.31) - універсальне судно.} \end{cases} \quad (4.6)$$

Для побудови кривої, що описується рівнянням (4.5), значення $Dw(i)$ змінюється від $Dw_{(min)} = 400$ т до максимального значення $Dw_{(max)}$ для даного типу судна, величини та значення дедвейту судна, про яке йдеться, $Dw(i)$ з кроком $\Delta dw(f)$, що дорівнює $0,02Dw_{(max)}$.

Результати розрахунків для індексу енергоефективності конструкції судна (EEDI) для судна типу балкер дедвейтом 35 тис. тонн в п'яти різних сценаріях (випадках) показали, що для першого випадку (Case 1) EEDI склав 6.53. Порівняно з базовим значенням EEDI (BL EEDI), це відповідає 100% ефективності. У другому випадку (Case 2) EEDI зменшився до 6.23, що відповідає 95% ефективності в порівнянні з BL EEDI. У третьому випадку (Case 3) EEDI склав 5.60, що відповідає 86% ефективності в порівнянні з BL EEDI. У четвертому випадку (Case 4) EEDI становить 5.32, що відповідає 81% ефективності в порівнянні з BL EEDI. Найменше значення EEDI, 4.50 (59% від BL EEDI), було зафіксовано в п'ятому випадку (Case 5), рис.4.9.

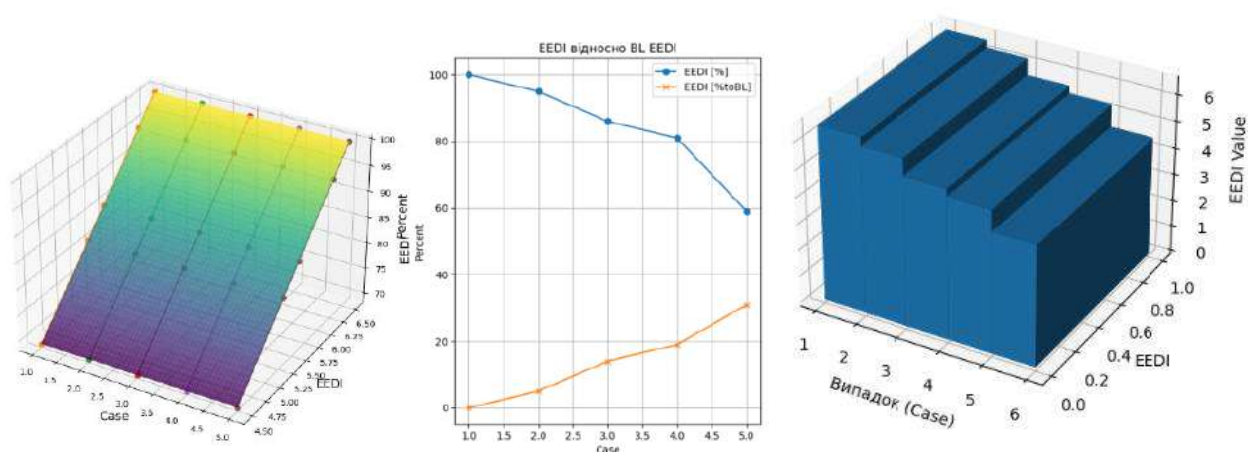


Рисунок 4.9 - Аналіз зміни енергоефективності судна в різних сценаріях

На рис. 4.9 представлено графіки, що демонструють аналіз зміни енергоефективності судна у різних сценаріях. На графіку зліва (поверхня тривимірного простору) показується залежність показника енергоефективності EEDI від різних випадків (Cases) та його значення. Графік має кольорову шкалу, яка відображає значення EEDI в залежності від різних сценаріїв та випадків. На середньому графіку (двовимірний лінійний графік) демонструється зміна відносного показника EEDI (%) від базового значення (BL EEDI) у відсотках та абсолютного значення EEDI (тонн CO₂/миль) в залежності від випадків (Cases). Синя лінія показує відносне значення EEDI, а помаранчева лінія - абсолютне значення EEDI (тонн CO₂/миль). На правому графіку (тривимірний стовпчастий

графік) відображається значення EEDI у різних випадках (Cases). Кожен стовпець представляє конкретний випадок і демонструє відповідне значення EEDI.

Ці графіки дозволяють порівняти значення EEDI для кожного випадку відносно базового значення EEDI та відсоткове відношення цих значень. Результати вказують на те, що в різних умовах та сценаріях судно, яке розглядається, може мати різний рівень енергоефективності. У випадках 4 та 5 судно виявилось найбільш енергоефективним порівняно з базовим значенням. Отже, ці дані можуть бути використані для оптимізації енергоефективності конкретного судна в залежності від конкретних умов та вимог [293].

Необхідний показник енергоефективності конструкції судна $EEDI_{(T)}$ за період часу (T), враховує ступінь (%) підвищення енергоефективності (екологічності) судна:

$$EEDI_T = (1 - 0,01E) EEDI'_{\max}, \quad (4.7)$$

де $EEDI'_{\max}$ - максимальне значення $EEDI_{\max}$ для $D_{w(i)}$ даного судна.

Значення E є кусково-неперервною функцією трьох змінних: тип судна $i = [1...7]$; дефайт конкретного судна $Dw(i)$ та часового періоду $T = [1...4]$. Крім того, період $T_1 \in [1.01.2013 - 31.12.2014]$, $T_2 \in [1.01.2015 - 31.12.2019]$, $T_3 \in [1.01.2020 - 31.12.2024]$, $T_4 \in [1.01.2025 - \infty]$.

З іншого боку $EEDI$, як розрахунковий показник викидів парникових газів, є відношенням маси вуглекислого газу (M_{CO_2}) у газі, що виділяється тепловими двигунами судна, до роботи, яку виконує судно з переміщення вантажу, г, $CO_2/$ (т·міль). Дана формула включає декілька компонентів, що враховують різні джерела енергоспоживання судна (головні та допоміжні двигуни), питомі витрати палива та коефіцієнти вуглецевого викиду для різних видів палива, а також навантаження судна та його референтну швидкість:

$$\begin{aligned}
EEDI = & \left(\prod_{q=1}^M f_h \sum_{k=1}^{nME} (P_{ME(k)} C_{ME(k)} SFC_{ME(k)}) + (P_{AE} C_{F(AE)} STC_{AE}) \right) + \\
& + \prod_{q=1}^M f_h \sum_{k=1}^{nPG} P_{PG(k)} - \sum_{k=1}^{nr} (f_{p(k)} P_{Aer(k)}) C_{AE} S_{AE} + \\
& + \sum_{k=1}^{nr} \left((f_{p(k)} P_{MEr(k)}) C_{ME} S_{ME} \right) / (f_{Dw} D_w V_{ref} f_w),
\end{aligned} \tag{4.8}$$

де CF – масовий вміст CO_2 при повному згорянні вуглецю в паливі (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Характеристика палив, що використовується на судах

№	Тип палива	Оцінка	Вуглекислий газ, г/л	CF
1	Дизельне паливо (MGO)	ISO 8217	0,87	3,21
2	Легкий мазут (LFQ)	ISO 8217	0,86	3,15
3	Важкий мазут (HFO)	ISO 8217	0,85	3,11
4	Зріджений нафтовий газ (LPG)	Пропан-бутан	0,82 – 0,83	3,00 – 3,03
5	Зріджений природний газ (LNG)	–	0,75	2,75

V_{ref} – експлуатаційна швидкість судна, вузлів;

$Dw_{(i)}$ - для контейнеровозів становить 65% дедвейту судна;

$P_{(x)}$ - загальна потужність головного двигуна (P_{ME}) і допоміжний (P_{AE}) двигуни, кВт;

$$P_{ME(i)} = 0,75 MCR_{ME(i)} - PPS_{(i)}, \tag{4.9}$$

де $PPS_{(i)}$ - 0,75 частина вихідної потужності кожного встановленого дизель генератора, поділена на ККД генератора, кВт;

$MCR_{ME(i)}$ - максимальна тривала потужність і-го теплового двигуна, кВт;

$PPG_{(i)}$ - 0,75 частина номінальної потужності кожного генератора, поділена на середній ККД електрогенератора, кВт, (у разі спільної роботи валогенератора та електрогенераторів $PPS_{(i)} + PPG_{(i)}$ слід враховувати спільну діаграму в розрахунках);

$P_{MEr(k)}$ - 0,75 частина потужності головного двигуна, зниженої в результаті впровадження інноваційних енергоефективних технологій і механізмів, кВт;

$P_{AEr(i)}$ - потужність допоміжних двигунів, зменшена за рахунок інновацій у сфері електроенергоефективних технологій, кВт;

P_{AE} - потужність допоміжних двигунів, необхідна для підтримки постійного максимального робочого навантаження, включаючи необхідне навантаження для силової установки та для загальних потреб, але не включаючи навантаження для силової установки: рульове обладнання, насоси для перекачування вантажу та баласту, а також обладнання для обробки вантажів (працюючі системи охолодження та/або вентилятори вантажних трюмів) повністю завантаженого судна на високій швидкості (V_{ref}):

$$P_{AE} = \begin{cases} 0,025 \sum_{i=1}^{n_{(ME)}} MCR_{ME(i)} + 250 & \text{при } MCR_{ME} > 10000 \text{ кВт} \\ 0,05 \sum_{i=1}^{n_{(ME)}} MCR_{ME(i)} & \text{при } MCR_{ME} < 10000 \text{ кВт} \end{cases} \quad (4.10)$$

$C_{(i)}$ - питома витрата палива для двигунів (г/кВт-год), які відповідають циклу випробувань E2 або EC NOx Технічного кодексу 2008 року, $MCR_{(i)}$ зареєстровано в EIAPP (міжнародний сертифікат забруднення повітря двигуна) приймається для 75% потужності двигуна або крутного моменту MCR . Для випробувального циклу двигунів категорії D2 або C1 відповідно до NOx Test Code 2008, загальна норма споживання палива $SAE_{(i)}$ записується у заяві EIAPP для 50% потужності MCR або на манометрі крутного моменту, для двигунів, які не мають сертифіката EIAPP і мають потужність менше 130 кВт, значення S визначається виробником і повинно використовуватися компетентним органом для затвердження Міжнародного сертифікату енергетичної ефективності;

f_h - поправочний коефіцієнт для певних компонентів судна (для суден льодового класу цей коефіцієнт вибирається з МЕРС.1/Circ.681 додаток VI, але для всіх інших типів суден він приймається за одиницю, якщо немає додаткових компонентів, які збільшують стійкість до руху);

f_w - безтарифний коефіцієнт, який вказує на зниження швидкості судна в умовах хвилювання та крену (визначається ходовими випробуваннями, або розрахунком, або приймається за 1 до специфікації);

$f_{p(i)}$ - коефіцієнт доступності кожної інноваційної енергоефективної технології, прийнятий рівним 1 для систем рекуперації тепла;

f_{dw} - коефіцієнт вантажопідйомності, для суден нельодового класу приймається рівним 1.

Формула (4.8) не застосовується до дизель-електричних силових установок, турбодвигунів і гібридних силових установок, оскільки вимагає додаткових уточнень і підходів, та можна проілюструвати рис. 4.10.

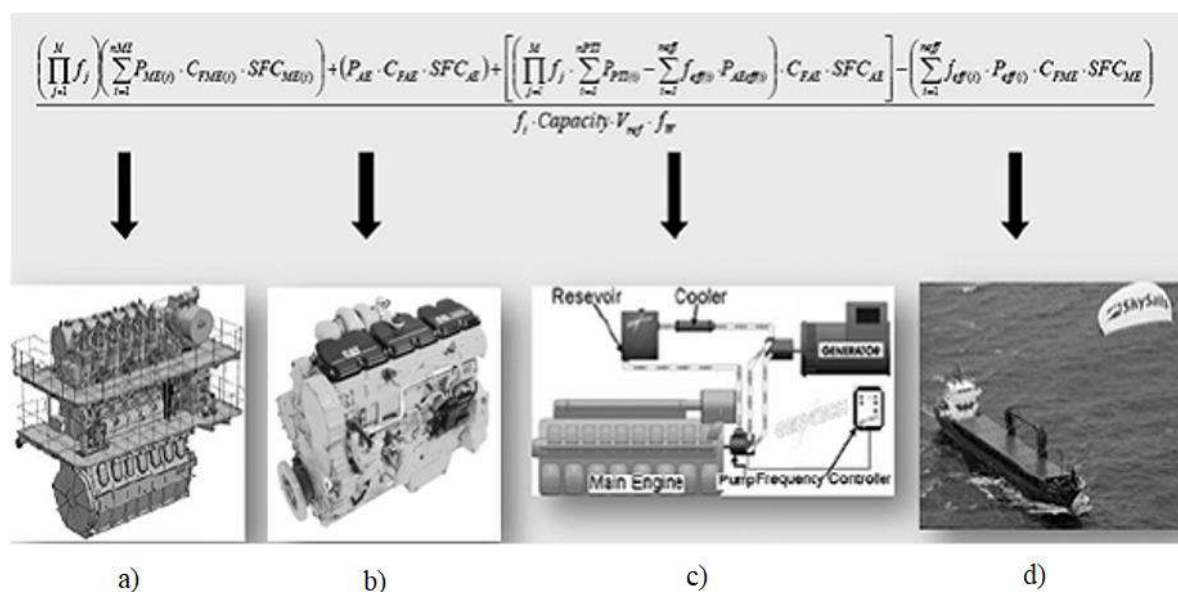


Рисунок 4.10 - Компоненти суднових енергетичних установок, які впливають на енергоефективність судна: а - головний двигун; б - допоміжний двигун; г - енергозберігаючі технології для допоміжних агрегатів; в, г - енергозберігаючі технології для основних агрегатів

Загалом, проектний показник енергоефективності прямо пропорційний споживанню палива судном, потужності, ККД головних і допоміжних двигунів, методам утилізації тепла, потужності валу генератора та його ККД, а також іншим енергозберігаючі конструктивні особливості та пропорційна робота судна в період транспортування вантажу.

Аналіз попередніх розрахунків індексу енергоефективності, проведених у ряді країн для різних типів і розмірів суден, показав придатність методології ІМО. Розрахунки показали їхню ефективність для суховантажів і контейнеровозів дедвейтом понад 5 тис. тонн, танкерів, газовозів і рефрижераторів дедвейтом понад 2 тис. тонн, суден типу Ро-Ро дедвейтом понад 15 тис. тонн та енергоефективні заходи для великих суден.

Також слід відзначити, що загальна енергоефективність морського транспорту є вищою у порівнянні з іншими видами транспорту. Отже, очікується систематичне зростання стимулів та нормативів, спрямованих на поліпшення енергоефективності суден. Аналіз основних інструментів управління енергоефективністю судна демонструє впровадження ефективних способів енергозбереження на борту суден шляхом комплексної оцінки та прогнозування ефективності та зменшення вуглецевого сліду в навколишньому середовищі. Нормативні вимоги до управління енергоефективністю підвищують галузеві стандарти для морських транспортних засобів, отже вдосконалення заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності суден, насамперед за рахунок зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу, є одним з першочергових завдань. Окреме місце займає вартість впровадження нових ефективніших технологій модернізації існуючих суден з метою покращення їх еколого-економічних показників, тому перелічені заходи вимагають розробки досконаліших та суттєвіших засобів і методів енергоефективності.

Розробка оперативних заходів з метою підвищення ефективності експлуатації суден є актуальним завданням, яке вимагає додаткових досліджень та впровадження передових технологій. Однією з таких технологій може бути застосування інтегрованих систем підтримки прийняття рішень, спрямованих на зниження як витрат палива, так і викидів шкідливих речовин. На сьогодні вже розроблено та успішно впроваджено комплекс технологій для підвищення енергоефективності суден. Основна увага зосереджена на конструкції корпусу судна, регенерації енергії, якості палива та рівнях споживання, а також на судових експлуатаційних заходах, але ці засоби та методи роботи все ще

потребують удосконалення в кожній області, щоб досягти максимального рівня ефективності експлуатації для існуючих і майбутніх суден.

4.4 Модернізація та оснащення суден системами очищення баластних вод

Проблема забруднення баластними водами сьогодні є надзвичайно актуальною та критично важливою для збереження морського середовища. Величезний обсяг операцій в секторі судноплавства та інтенсивний оборот суден по всьому світу призводить до масштабного викиду забруднених баластних вод, які містять різноманітні забруднюючі речовини, включаючи органічні та неорганічні сполуки, бактерії та інші мікроорганізми.

Однією з найбільш серйозних проблем цього процесу є введення інвазивних видів в екосистему. Разом з водою з суднового баласту в екосистему можуть потрапити і живі організми, які навіть у невеликій кількості можуть започаткувати процес інвазії, загрожуючи місцевим видам. Це особливо небезпечно у водоймах, де місцеві організми не мають природного імунітету до таких інвазійних видів. Крім того, баластні води можуть містити важкі метали та інші токсичні речовини, які негативно впливають на якість води та стан водойми. Це створює загрозу для всієї морської біологічної системи та, в кінцевому рахунку, для людини через можливе попадання цих речовин в ланцюг харчування [294, 295].

Таким чином, розробка та впровадження ефективних технологій очищення баластних вод є важливим завданням сьогодення. Враховуючи розміри та потужність сучасних суден, ця проблема стає тільки більш актуальною. Прийняття відповідних нормативних актів та створення сприятливого законодавчого середовища для впровадження нових технологій в цій сфері є кроком вперед у збереженні навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

Глобалізація впливає на майже всі сфери діяльності, включаючи судноплавство та транспорт. Ці зміни пов'язані з прагненням до максимізації економічної ефективності та відповідності жорстким міжнародним конвенціям щодо безпеки, екології та транспорту. Це відкриває нові перспективи і можливості,

але також вимагає адаптації та впровадження нових підходів для досягнення цілей. Одним із напрямків щодо реалізації концепції екологічних суден є впровадження системи управління баластними водами.

Суднова баластна система служить для забезпечення остійності та посадки судна, коригування крену та осадки шляхом наповнення або осушення спеціальних відсіків або цистерн. Згідно з Міжнародною конвенцією про контроль суднового водяного баласту й осадів та управління ними, на судах повинні бути встановлені передові системи для обробки баластних вод, їх вилучення або безшкідливого нейтралізування, щоб запобігти викиду або потраплянню патогенних організмів у відсіки судна та баластні води [296, 297].

Отже, виконання вимог конвенції з управління баластними водами та впровадження планів управління ними та систем очищення баластних вод на судах набуло особливого значення. Наукові дослідження та впровадження в практику інноваційних методів за контролем організмів та збалансовані підходи до вирішення проблеми - основні елементи цього завдання.

Відзначається, що системи обробки баластних вод представляють собою складні інженерні комплекси, що спрямовані на очищення води, яка використовується для баластування суден. Важливим завданням систем очищення баластних вод є збереження екологічного балансу морських та океанічних екосистем, а їх обов'язкове використання регулюється міжнародною конвенцією.

Необхідно врахувати, що до повної заборони експлуатації суден без встановлення таких систем залишається небагато часу. Міжнародна морська організація (ІМО), проявивши лояльність, встановила вичерпний та невідворотний термін - вересень 2024 року - для обов'язкового оснащення всіх суден відповідним устаткуванням.

Міжнародна конвенція про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними (BWMC) була прийнята ІМО в лютому 2004 року. Ця конвенція має на меті посилення захисту морського середовища та боротьбу з несанкціонованим скиданням баластних вод. Для того щоб BWMC набула чинності, необхідно було, щоб її ратифікували щонайменше 30 держав, загальний

флот яких складав щонайменше 35% тоннажу світового торговельного флоту. Цей поріг було перейдено 8 вересня 2016 року, коли Фінляндія ратифікувала конвенцію і призвело до того, що загальний тоннаж флоту складається з представників 52 країн, які підтримали ухвалення Конвенції. У червні 2017 року Австралія теж ратифікувала BWMC. Нещодавно, Міжнародна палата судноплавства (ICS) закликала ІМО підтримати ініціативу широкого коаліційного зусилля урядів держав щодо відкладення терміну впровадження на суднах нових систем очищення баластних вод. У вересні 2017 року Міжнародна конвенція набула чинності [298-300].

Вона включає два основних правила, які застосовують стандарти управління баластними водами:

- Правило Д-1 застосовування стандарту зміни баластних вод;
- Правило Д-2 деталізує стандарт щодо обробки баластних вод з використанням систем управління баластними водами.

Згідно з цим документом вимагається, щоб на суднах були встановлені передові системи для обробки, видалення або знешкодження баластних вод, з метою запобігання викиду або забору патогенних організмів у седиментах та баластних водах. Після набуття чинності Конвенцією, судновласникам доведеться підтримувати міжнародний документ, що підтверджує відповідність систем очищення баластних вод, які встановлені на суднах після 2020 року, вимогам ІМО. На сьогоднішній день існує значна кількість суден, які ще не були модернізовані. Власники суден виявляють певні сумніви, чи пройде переобладнане судно, яке відповідає вимогам ІМО, контроль при заході в державний порт і призводить до того, що судновласники не поспішають вкладати значні кошти в оптимізацію систем очищення баластних вод. Але можливо, поступово їм все ж таки доведеться здійснити ці зміни. Крім того, важливим є той факт, що суднобудівні верфі можуть виявитися недостатньо потужними для такого масштабного завдання: необхідно модернізувати приблизно 40 тисяч суден різних судноплавних компаній. Варто враховувати, що немає гарантії, що нове дороге обладнання

продемонструє високу ефективність під час експлуатації, особливо це стосується суден, побудованих 20-25 років тому.

У зв'язку зі зростаючою увагою до питань екології в усіх галузях промисловості, впровадження екологічного обладнання на судах, зокрема систем управління баластними водами, набуло значного поширення.

Лише за даними на 2021 рік, судновласники інвестували понад 8,9 мільярдів доларів США в системи очищення баластних вод та інше суднове екологічне обладнання. Цей ріст є важливим кроком в систему забезпечення безпеки морського середовища. Адже однією з найбільших проблем є збереження екосистем, які особливо вразливі до впливу нових баластних вод. Надмірне домінування таких вод може спричинити поширення шкідливих біологічних видів з невідомими наслідками для місцевих екосистем. Це може призвести до біологічного вторгнення, що загрожує рибальству, аквакультури та навіть здоров'ю місцевого населення.

Щорічно до 10 млд тонн баластних вод переміщуються водними шляхами світового океану, що насильно сприяє міграції тисяч чужорідних водних організмів. Це явище може мати надзвичайно шкідливий вплив, оскільки ці організми швидко розмножуються і можуть домінувати над місцевим зоопланктоном. Вони завдають шкоди рибальським сіткам і тралам, спричиняючи серйозні проблеми для рибальської промисловості.

У багатьох випадках через забруднення токсичними мікрободоростями, спричинене скиданням баластних вод з суден, доводиться закривати підприємства, що спеціалізуються на розведенні молюсків і ракоподібних. Тому важливо забезпечити відповідність власного флоту правилам і положенням щодо управління баластними водами, встановленими ІМО. Багато судноплавних компаній звертаються з підвищеною увагою до процесу впровадження систем баластних вод на судах, які засновані на різних технологіях очищення. Водночас, на судах, які вже перебувають у використанні, конструктивні проблеми та обмеження, такі як: наявність простору, вартість впровадження та рівень

екологічності, що у комплексі відіграє важливу роль у підході до вибору та використання конкретного типу системи очищення баластних вод.

Системи очищення баластних вод незалежно від їх типу повинні відповідати ряду вимог, деякі з них:

- ефективність знешкодження організмів у баластних водах;
- безпека для екіпажу та судна;
- ефективність вартості до ефективності використання;
- простота інсталяції та експлуатації;
- можливість встановлення системи з урахуванням архітектурно-конструктивних обмежень [301].

Ключовою вимогою Конвенції є наявність на судах систем, що забезпечують обробку баластних вод з тим результатом, щоб кількість шкідливих організмів у воді, що скидається, не перевищувала певних концентрацій (стандарт D-2).

В цілому системи являють собою комплекси, які призначені для очищення від річкової та морської флори і фауни в забортній воді, що застосовуються для баластування судна та забезпечують функцію збереження екологічного балансу живих організмів у водному середовищі. Схематично цикл обробки забортної води представлено на рис. 4.11.

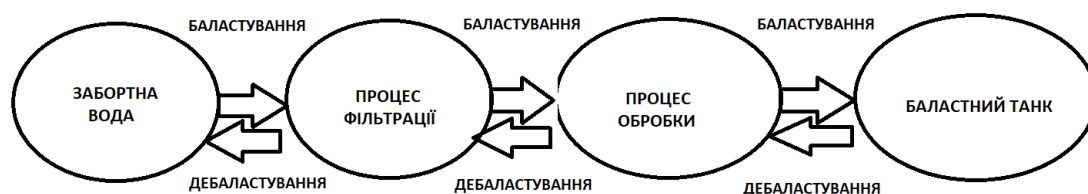


Рисунок 4.11 - Цикл оброблення баластних вод

На сьогодні найпоширенішими є два види систем:

- системи змішаного типу, які об'єднують у собі принцип фільтрації та УФ-опромінення;
- системи із застосуванням електрохімічного принципу знешкодження – електролізу.

В цілому на міжнародному ринку представлено кілька десятків різних систем управління та обробки баластних вод із загальними принципами дії.

Одним із методів обробки баластних вод, який успішно використовується в світі для фільтрації баластних вод, ефективним проти широкого кола організмів з використанням ультрафіолетового способу очищення через УФ-фільтр. Такий фільтр складається з ультрафіолетових ламп, які оточують камеру, через яку пропускається баластна вода. Ультрафіолетові лампи в свій час виробляють ультрафіолетові промені, які впливають на ДНК організмів, роблять їх нешкідливими і перешкоджають їх розмноженню. Спеціальне випромінювання стерилізує воду в танках із баластною водою. В УФ-діапазоні довжина хвилі 254 нанометрів руйнує ДНК бактерій і хвороботворних мікроорганізмів, створюючи їх неактивними, і тим самим запобігає їхньому розмноженню. УФ-дезінфекція ефективна при довжині хвиль від 200 нм до 300 нм. УФ-випромінювання чинить сильну бактерицидну дію. Воно поглинається ДНК, руйнує її структуру та інактивує живі клітини. Мікроорганізми, такі як віруси, бактерії, дріжджі та грибки знешкоджуються за лічені секунди під дією УФ-випромінювання. За достатньо високого рівня опромінювання, УФ-дезінфекція є надійним і екологічно чистим методом, що виключає необхідність використання хімічних речовин, що мікроорганізми не є стійкими до УФ-випромінювання.

Крім вищезазначеного, до переваг системи УФ-фільтрації, які сприяють її розширенню також відноситься:

- швидка, ефективна та економічна технологія;
- простота використання та низькі експлуатаційні витрати;
- екологічно чистий і безпечний процес очищення без участі хімікатів;
- відсутність необхідності транспортування, зберігання та обробки небезпечних матеріалів та відходів.

Схема обробки баластних вод за допомогою УФ-випромінювання представлена на рис. 4.12.

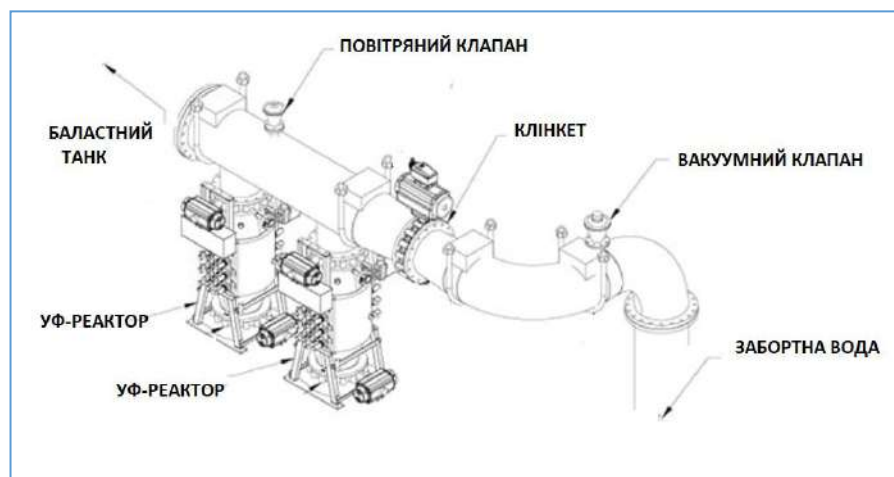


Рисунок 4.12 - Схема обробки баластних вод ультрафіолетовим випромінюванням (Alfa Laval)

Згідно з міжнародними стандартами, які встановлені Міжнародною морською організацією (ІМО), системи очищення баластних вод грають важливу роль у протидії інтродукції інвазивних водних організмів. Після ратифікації правил ІМО у 2017 році використання екологічно чистих систем очищення баластних вод стало обов'язковим для всіх морських суден, що експлуатуються в міжнародних водах та скидають баластні води.

Однією з причин жорстких нормативів є те, що судна можуть приймати баластні води в одному регіоні, а скидати їх в іншому. Це може призводити до введення водних мікроорганізмів у середовище, яке для них неприродне. Це одна з найбільш серйозних екологічних проблем, що пов'язані із судноплавством, поруч із забрудненням води нафтою і нафтопродуктами, а також викидами парникових газів. Суттєво, що цей процес можна визначити як біологічне забруднення чи навіть тотальне зараження морської екосистеми. Тому надзвичайно важливим є системне зменшення негативного впливу на морську екосистему та запобігання поширенню інвазивних видів, які можуть призвести до екологічних наслідків та пошкодити місцеві екосистеми.

Оптимізація процесів в системах очищення баластних вод спрямована на підвищення ефективності очищення, зменшення споживання енергії та підвищення екологічної ефективності судна в загалі. Оптимізація роботи системи

це перш за все мінімізація негативного впливу на довкілля та запобігання несприятливим наслідкам для морської екосистеми [302, 303].

Оцінку ефективності роботи системи очищення баластних вод може бути виражено наступним чином:

$$Q_w \cdot C_{in} - Q_w \cdot C_{out} = Q_e \cdot \eta, \quad (4.10)$$

де Q_w - об'єм баластної води, яка поступає до системи очищення; C_{in} - концентрація забруднень в баластній воді на вході; C_{out} - концентрація забруднень у очищеній воді; Q_e - об'єм очищеної води; η - коефіцієнт корисної дії системи очищення, що відображає її ефективність.

Загальний процес оптимізації системи очищення баластних вод, який визначає наскільки ефективно система очищення виконує свою роботу в залежності від різних параметрів, можна математично описати формулами (4.11) – (4.16).

Ефективність системи очищення (EF):

$$EF = \frac{V1 - V2}{E \cdot \left(1 + \frac{Q_w}{Q_e}\right) \cdot \left(1 - \frac{C_{out}}{C_{in}}\right)}, \quad (4.11)$$

Об'єм води для очищення (Q_w):

$$Q_w = \frac{V1 - V2}{t}, \quad (4.12)$$

Витрати енергії (Q_e):

$$Q_e = E \cdot \left(1 + \frac{Q_w}{Q_e}\right) \cdot \left(1 - \frac{C_{out}}{C_{in}}\right), \quad (4.13)$$

Концентрація забруднень після очищення (C_{out}):

$$C_{out} = C_{in} \cdot \left(1 - \frac{Q_w}{V1}\right), \quad (4.14)$$

Коефіцієнт корисної дії системи очищення (η):

$$\eta = \frac{V1 - V2}{E} \cdot \left(1 + \frac{Q_e}{Q_w}\right) \cdot \left(1 - \frac{C_{in}}{C_{out}}\right), \quad (4.15)$$

Вплив параметрів системи на ефективність очищення (EF):

$$EF = \frac{(V1-V2) \cdot \left(1 - \frac{C_{out}}{C_{in}}\right)}{E \cdot \left(1 + \frac{Q_w}{Q_e}\right)} \quad (4.16)$$

За допомогою наведеної методики оптимізації системи очищення баластних вод можна провести наступні розрахунки:

1. Розрахунок об'єму води для очищення (Q_w) - дозволяє визначити, скільки води необхідно для видалення забруднень з баластних вод. Він може включати такі параметри, як розмір судна, тип обладнання для очищення і концентрація забруднень у баластних водах.

2. Розрахунок витрати енергії (Q_e) - визначає, скільки енергії витрачається на роботу системи очищення. Він може включати елементи, такі як потужність обладнання та ефективність конвертації енергії.

3. Визначення концентрації забруднень (C_{out}) у баластних водах перед та після очищення дозволяє визначити ефективність системи очищення.

4. Оцінка коефіцієнта корисної дії (η), - визначає, наскільки ефективно працює система очищення. Він може бути обчислений на основі витрати енергії та ефективності конвертації.

Така методика дозволяє визначити оптимальні параметри для системи очищення баластних вод з метою забезпечення найвищого ступеня очищення при мінімальних витратах води та енергії [304] (рис.4.13).

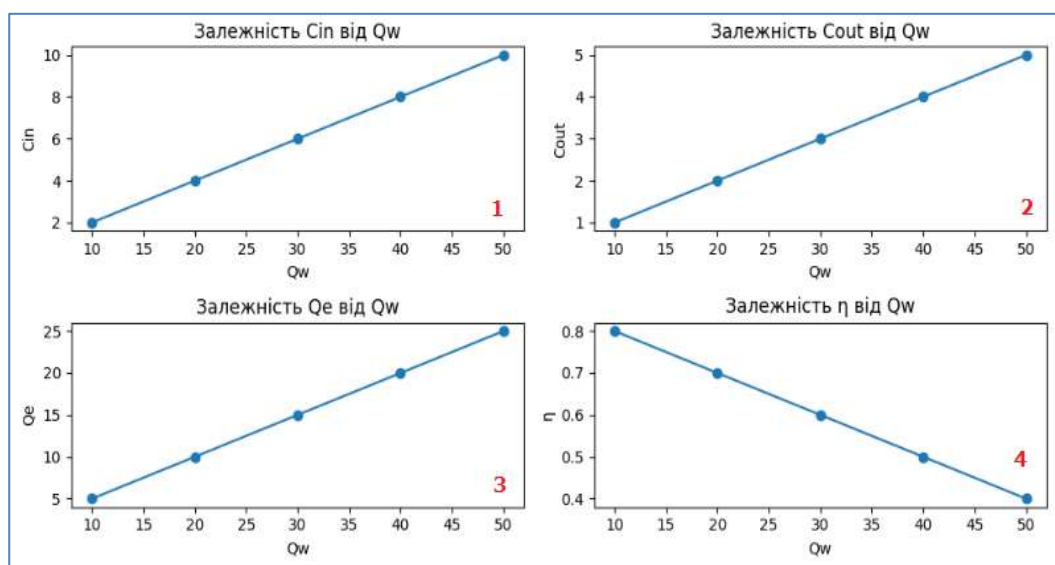


Рисунок 4.13 - Аналіз ефективності системи очищення баластних вод

На рис. 4.13, графік 1 показано, як змінюється концентрація забруднень у баластних водах (C_{in}) в залежності від об'єму води до очищення баластних вод (Q_w). З загальним збільшенням об'єму води відповідно спостерігається зниження концентрації забруднень. На графіку 2 показано, як змінюється концентрація забруднень після очищення (C_{out}) в залежності від об'єму води необхідного для очищення (Q_w). Спостерігається загальне зниження концентрації забруднень після очищення зі збільшенням витрати води. Графік 3 демонструє, як змінюється витрата енергії (Q_e) в залежності від витрати води для очищення баластних вод (Q_w). Загально спостерігається зростання витрати енергії при збільшенні витрати води. І, нарешті, графік 4 показує, як змінюється коефіцієнт корисної дії (η) системи очищення в залежності від витрати води для очищення баластних вод (Q_w). Спостерігається загальне зменшення коефіцієнта корисної дії при збільшенні витрати води.

Аналізуючи залежності можна зробити наступні висновки. Виявлено, що зі збільшенням об'єму води спостерігається зростання коефіцієнта корисної дії системи очищення. Тобто більш ефективному очищенню баластних вод. Результати показують, що зі зростанням витрати енергії спостерігається зростання коефіцієнта корисної дії системи очищення. Це може бути пояснено тим, що додаткова енергія сприяє більш ефективному видаленню забруднень. Також виявлено, що зі зростанням концентрації забруднень у вихідних баластних водах спостерігається зниження коефіцієнта корисної дії системи очищення. Це може вказувати на необхідність додаткового удосконалення системи очищення для висококонцентрованих потоків. Також результати свідчать про те, що зі зростанням концентрації забруднень у оброблених баластних водах коефіцієнт корисної дії системи очищення суттєво знижується. Це вказує на необхідність вдосконалення системи для досягнення заданих нормативів якості води.

Загалом отримані результати демонструють, що ефективність системи очищення баластних вод суттєво залежить від різних параметрів, таких як об'єм води, витрата енергії та концентрація забруднень. Врахування цих параметрів

важливо для оптимізації роботи системи та досягнення найвищих показників ефективності.

Комплекс сучасного обладнання для очищення баластних вод на судах спрямований на системний підхід до управління цими водами. Це включає в себе розробку спеціальних баластних планів та заходів, облік та ведення журналів, тренінги для екіпажу, а також відповідальність певних членів екіпажу. Компетентні органи повинні забезпечувати нагляд за відповідністю судових систем управління баластними водами всім вимогам конвенції. Несприйняття деякими судновласниками встановлення систем очищення баластних вод є зрозумілим через значні кошти та час, необхідні для оснащення кожного судна цим обладнанням.

Процеси модернізації та впровадження нових систем вимагають уважної підготовки і включають в себе різні етапи, від розробки проекту до тренування екіпажів. Важливо продовжувати посилення правил управління баластними водами для забезпечення виконання екологічних стандартів та збереження морського середовища в найкращому стані. У цілому, впровадження сучасних систем управління баластними водами є кроком уперед у збереженні природних ресурсів та забезпеченні екологічності судноплавства.

4.5 Забезпечення екологічної безпеки судна при виконанні вантажних перевезень

Розробка та впровадження різноманітних проектів, спрямованих на підвищення стандартів енергоефективності та раціонального використання енергоносіїв - є однією з пріоритетних галузей діяльності багатьох підприємств та компаній. Сучасне судноплавство відводить значну увагу підвищенню екологічних показників свого флоту. У рамках стратегії підвищення екологічної безпеки та енергоефективності, а також зменшення негативного впливу на довкілля в галузях промисловості, включаючи судноплавство, реалізується комплекс заходів щодо підвищення енергоефективності суден. Цей процес

здійснюється різними способами, з урахуванням збереження економічних показників флоту. Дослідження, які спрямовані на аналіз впровадження систем енергоменеджменту на морському транспорті та узагальнення досвіду експлуатації суден - є актуальними. Вони дозволяють визначити низку пропозицій, реалізація яких сприятиме підтримуванню економічної ефективності перевезень. У данному параграфі представлено метод обґрунтування забезпечення транспортної ефективності існуючих суден, без витрат на модернізацію, шляхом його експлуатації на знижених швидкостях із економією палива, що водночас призводить до мінімізації викидів вуглекислого газу в контексті комплексу заходів спрямованих на покращення екологічного стану та ефективності перевезення вантажів.

Враховуючи роботу вчених у цій галузі, слід зазначити, що завдання пошуку способів пом'якшити наслідки викидів шкідливих речовин, що виникають під час роботи судна, та питання підвищення рівня їх енергоефективності шляхом впровадження різних операційних методів. Тому пропонується проаналізувати основні інструменти управління енергоефективністю суден, їх взаємозв'язок та залежність від ініціатив ІМО, від методів економії енергозбереження на судах, інтегрованої оцінці та прогнозуванні їх операційної ефективності та зниження рівню вуглецевого сліду у навколишньому середовищі. Крім того, аналіз міжнародної нормативно-правової бази необхідний для пошуку рішень проблеми викидів із суден за допомогою практичних заходів як екіпажами суден для зменшення споживання палива, так і персоналом, який працює в морському секторі та займається питаннями охорони навколишнього середовища та зміни клімату.

Енергозбереження в транспортному секторі стає дедалі чіткішим і набуває все більшого значення в контексті щорічного збільшення споживання енергії, зростаючого ступеня негативного впливу на навколишнє середовище та кількості викидів шкідливих речовин (рис. 4.14).



Рисунок 4.14 - Викиди парникових газів за галузями промисловості (CAIT)

Як відомо, EEDI необхідний для моніторингу кількості вуглекислого газу та шкідливих викидів із суден і є засобом підтримки та стимулювання розробки стандартів енергоефективності. Ідея його впровадження полягає в тому, щоб досягти скорочення викидів вуглекислого газу шляхом вдосконалення конструкції корпусу та оптимізації роботи суднових технічних систем і обладнання, тим самим підвищуючи загальну ефективність судна. Рівень викидів вуглекислого газу розраховується на основі вуглецевого споживання палива. Рівень споживання палива, у свою чергу, визначається потужністю, що використовується для руху, і допоміжною потужністю, яка вимірюється за певних проектних умов. Транспортні характеристики судна оцінюються як розрахункова потужність його силової установки, помножена на швидкість, виміряну при літній осадці при максимальному завантаженні та 75 % номінальної потужності.

План управління енергоефективністю судна (SEEMP) – це спеціальний інструмент, розроблений ІМО для вимірювання та контролю рівня викидів парникових газів (ПГ) із суден. Основною метою SEEMP є не тільки зменшення кількості шкідливих викидів із суден, а й підвищення ефективності їх експлуатації та зменшення споживання палива. Застосування інструментів SEEMP та EEDI для ефективного контролю над забрудненням з суден реалізується на всіх нових суднах, які були побудовані починаючи з 2013 року. Однак, план SEEMP повинен

бути розроблений і впроваджений судновласником або оператором судна, щоб потенційно знизити експлуатаційні витрати судна, які в кінцевому підсумку спрямовані на зменшення загального споживання палива, включаючи викиди в довгостроковій перспективі.

Найкращі практики енергоефективності суден плануються та впроваджуються через SEEMP, який має описувати оптимальні методи управління енергоефективністю, що застосовуються на борту судна та в офісі власника судна для забезпечення найвищої ефективності рейсу судна. Основні інструменти управління енергоефективністю судна представлені на рис. 4.15.

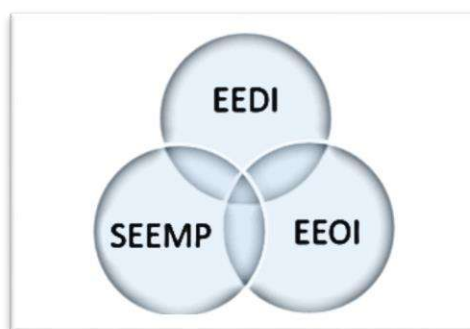


Рисунок 4.15 - Основні інструменти управління енергоефективністю суден

У нормативно-правових документах ІМО чітко визначено, що експлуатаційний показник енергоефективності (ЕЕОІ) є ключовим компонентом для оцінки продуктивності судна в аспекті енергоефективності під час його експлуатації.

Згідно з установами ІМО, основною метою ЕЕОІ є встановлення всебічного методу вимірювання енергоефективності судна під час його експлуатації або протягом певного часового проміжку. Передбачається, що ЕЕОІ стане незамінним інструментом для власників та операторів суден у процесі оцінки ефективності їхніх флотів. Фактично, ЕЕОІ рекомендується в якості засобу моніторингу в SEEMP. Так само, як EEDI, ЕЕОІ визначає обсяг викидів вуглекислого газу (рис.4.16), який судно видає за одиницю транспортної роботи на кожну морську милю.

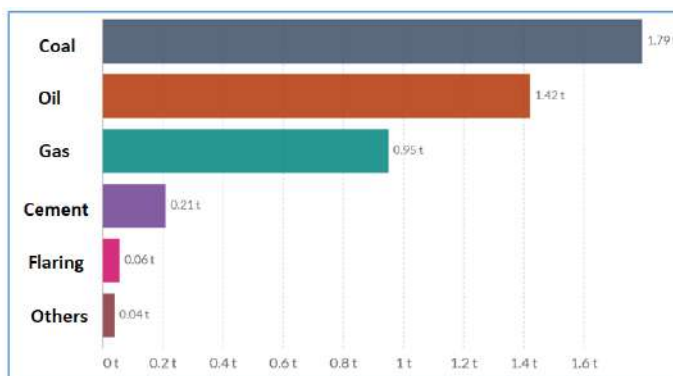


Рисунок 4.16 - Викиди вуглекислого газу за типом палива, 2023

Нормативні керівні принципи ЕЕОІ мають характер рекомендацій та визначають використання цього робочого показника у відповідних ситуаціях. Втім, власники суден, оператори та інші учасники можуть вирішити використовувати ці принципи ЕЕОІ або альтернативні методи в рамках своїх систем управління охороною навколишнього середовища. Більш того, вони можуть розглядати можливість впровадження вказаних принципів у розробці планів моніторингу ефективності.

Для допомоги у послідовній оцінці ЕЕОІ, у вказівках надаються такі визначення:

- Споживання палива, що включає в себе всі види палива, яке споживається під час морських та портових операцій, або протягом певного рейсу чи періоду часу (днів), включаючи роботу основних та допоміжних двигунів, котлів та інше.
- Пройдена відстань вказує на реально подолану відстань у морських милях під час рейсу або за певний період часу.

Настанова ЕЕОІ поширюється на всі судна, що виконують транспортні роботи. Типи вантажів є загальними і включають, але не обмежуються: насипними та наливними вантажами, генеральними вантажами, контейнерами, надважкими вантажами, замороженими та охолодженими вантажами, лісовими вантажами та вантажами, що перевозяться на транспортних суднах, легкових і вантажних

автомобілях, транспортних засобах на вантажівках, поромах та пасажирських суднах [305].

Вага вантажу або транспортної роботи судна – це маса вантажу, що перевозиться судном, помножена на відстань транспортування, виражена у тонно-кілометрах (ткм) або тоннах вантажу, виражена наступним чином:

- метричними тоннами вантажу, що використовуються для навалочних та наливних суден, газозовів, суден типу ро-ро та суден для перевезення генеральних вантажів;

- кількість двадцятифутових контейнерів (TEU) або метричних тонн загального вантажу та контейнерів слід використовувати для контейнерних суден;

- маса вантажу може використовуватися для суден, що несуть комбінацію контейнерів та інших вантажів для завантажених двадцятифутових контейнерів у 10 тонн та для порожнього контейнера у 2 тонни;

- для пасажирських суден слід використовувати кількість пасажирів або валову місткість судна (з урахуванням пасажирських суден типу Ро-Ро).

Для деяких конкретних випадків транспортна робота може бути виражена як:

- кількість транспортних одиниць або метрів зайнятих смуг (для автомобільних поромів і автовозів);

- кількість порожніх або повних для контейнеровозів тощо.

Слід зазначити, що в окремих випадках тип вантажу повинен бути обраний відповідно до цілей енергоменеджменту та може відрізнитися між компаніями. Рейс зазвичай відноситься до періоду між відправленням з поточного порту та відправленням з наступного порту. Інші альтернативні визначення рейсу також можуть бути прийнятними. Послідовне застосування вищезазначених визначень у кожній компанії є важливим для подальшого порівняння показників енергоефективності, зокрема EEOI (експлуатаційний показник енергоефективності), у всьому флоті. Основний вираз EEOI для рейсу визначається як:

$$EEOI = \frac{\sum_i FC_i \times C_{carbon}}{\sum_i m_{cargo,i} \times D_i} \quad (4.17)$$

Метод управління дозволяє усереднювати EEOI за кількістю рейсів. Якщо отримано середнє значення за даний період або кількість рейсів, EEOI розраховується як:

$$Average\ EEOI = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargo,i} \times D_i)} \quad (4.18)$$

де j – вид палива; i – кількість рейсів; FC_{ij} – кількість спожитого палива під час i -го рейсу; C_{Fj} – коефіцієнт перетворення маси палива в CO₂ (j -паливо); m_{cargo} – маса перевезеного вантажу (тонни) або виконана робота (валовий тоннаж) для пасажирських суден; D – пройдена відстань у морських милях відповідно для перевезеного вантажу або виконаної роботи.

Одиниці EEOI змінюються залежно від вимірювання вантажу або виконаної роботи, наприклад, тонни CO₂/(тонно-милі), тонни CO₂/(TEU-милі), тонни CO₂/(пасажиро-милі) тощо. Варто зазначити що вираз (4.18) не дає простого середнього значення EEOI для кількості рейсів. Отже, слід уникати простого середнього значення EEOI за рейс. Розрахунок ковзного середнього використовується замість цього, щоб використовувати середнє значення як міру ефективності.

Середнє значення (ковзне середнє), якщо воно використовується, може бути розраховане для конкретного періоду, наприклад, за календарний рік або за кількість подій, які вважаються статистично значущими для початкового періоду усереднення. Далі, ковзне середнє EEOI для цього періоду розраховується за допомогою рівняння (4.18) відповідно до цієї методології. Наприклад, для серії рейсів, скажімо, 20 рейсів, перший елемент ковзного середнього для підмножини з 4 рейсів отримується шляхом усереднення початкових 4 рейсів. Потім ця підмножина модифікується шляхом "зміщення вперед", тобто перший рейс з попередньої підмножини (наприклад, рейс 1) виключається, а наступний рейс (наприклад, рейс 5) включається. Це формує нову підмножину, яка надає другий

елемент ковзного середнього. Цей процес повторюється, доки всі рейси не будуть охоплені.

Основними джерелами даних можуть бути обрані журнали: судновий та машинний журнали та інші подібні офіційні записи. Важливо, щоб на борту було зібрано достатньо інформації про тип і кількість палива, пройдену відстань і тип вантажу, щоб зробити реалістичну оцінку.

Кількість і вид використаного палива, а також пройдена відстань повинні постійно реєструватися судном. По можливості весь процес повинен бути комп'ютеризований. Коефіцієнт CF , який використовується в (4.18), є безрозмірним коефіцієнтом перетворення між споживанням палива та викидами двоокису вуглецю.

Крім того, EEOI має бути репрезентативним значенням експлуатаційної енергоефективності судна за певний період, що відображає загальну модель роботи судна. Для встановлення EEOI зазвичай потрібні наступні основні кроки:

- визначити період, на який поширюється EEOI;
- визначити джерела збору даних;
- зібрати інформацію;
- конвертувати дані у відповідний формат;
- розрахувати значення EEOI.

Метод запису даних має бути послідовним, щоб забезпечити можливість легкого порівняння та аналізу інформації, задля допомоги у пошуку необхідної інформації. Дані, що ібрані з суден, повинні містити дані про пройдену відстань, кількість і тип палива, що використовується, а також будь-яку відповідну інформацію про паливо, яке може вплинути на кількість виробленого вуглекислого газу.

Індекс енергоефективності конструкції судна (EEDI) є додатковим інструментом, але він дозволяє суднобудівному сектору використовувати новітні технології для проектування комерційних суден, якщо вони відповідають необхідним рівням і параметрам енергоефективності. EEDI встановлює мінімальний рівень енергоефективності на тоннажо-милію для різних типів і

розмірів суден. Розрахунок параметрів енергоефективності існуючих суден є частиною плану впровадження заходів з підвищення екологічної ефективності. Для стандартної конфігурації судна пропульсивна система (дизельний двигун) безпосередньо з'єднана з гвинтом фіксованого кроку, а енергетична установка складається з чотирьох допоміжних дизель-генераторів. Встановлене на борту енергозберігаюче обладнання, яке мало бути враховано в розрахунках EEDI, включає паровий котел-утилізатор. Алгоритм розрахунку екологічної енергоефективності багатоцільового судна (контейнеровоза) наведено нижче:

- 1) Визначення максимального значення індексу $EEDI_{(max)}$:

$$EEDI_{(max)} = a_i \cdot D_{w(i)}^{-c_j} , \quad (4.19)$$

де a_i , c_j – безрозмірні емпіричні коефіцієнти і-го типу судна, $D_{w(i)}$ – дедвейт, тонн.

- 2) Визначення експлуатаційного індексу $EEDI_{(OPS)}$ відповідного судна:

$$EEDI_{(OPS)} = (1 - 0,01 \cdot E) \cdot EEDI_{(max)} , \quad (4.20)$$

де $EEDI_{(max)}$ – максимальний EEDI з урахуванням $D_{w(i)}$ даного судна.

Величина E є кусково-неперервною функцією трьох змінних: типу судна $i = 4$; дедвейту судна $D_{w(i)}$ та певного періоду часу.

- 3) Визначення розрахункового рівня викидів парникових газів $EEDI_{(GHG)}$:

$$EEDI_{(GHG)} = \left(\prod_{q=1}^M f_{hq} \sum_{k=1}^{nME} (P_{ME(k)} C_{FME(k)} SFC_{ME(k)}) + \right. \\ \left. (P_{AE} C_{F(AE)} STC_{AE}) \right) + \prod_{q=1}^M f_{hq} \sum_{k=1}^{nPG} P_{PG(k)} - \sum_{k=1}^{nr} (f_r(k) P_{Aer(k)}) C_{FAE} S_{AE} + \\ \sum_{k=1}^{nr} ((f_r(k) P_{MEr(k)}) C_{FME} S_{ME}) (f_{Dw} D_w V_{ref} f_w) , \quad (4.21)$$

де CF – питомий (масовий) вміст CO₂ при повному згорянні вуглецю в паливі (табл. 4.3), $V_{ref} = 19,0$ – швидкість судна, вуз; $D_{w(i)}$ – для даного типу судна

коефіцієнт 65% від дедвейту; $D_{w(i)} = 113000 \times 0,65 = 73430$ т; $P(x)$ – сумарна потужність головного та допоміжних двигунів (відповідно (P_{ME}) та (P_{AE}), кВт;

$$P_{ME(i)} = 0,75 \cdot MCR_{ME(i)} - P_{PS(i)} = 0,75 \cdot 51000 = 38250 \text{ кВт} \quad (4.22)$$

де $P_{PS(i)}$ – вихідна потужність кожного встановленого валогенератора, поділена на ККД валогенератора - 0,75 кВт;

$MCR_{ME(i)}$ – максимальна безперервна потужність і-го двигуна, кВт;

$P_{PG(i)}$ – частина номінальної потужності кожного дизель-генератора, поділена на середньозважений ККД дизель-генератора, 0,75, кВт, (у разі спільної роботи валу та електрогенераторів) $P_{PS(i)} + P_{PG(i)}$, передбачений режим ходу судна, ця схема повинна бути включена в розрахунки;

$P_{MER(i)}$ – зменшена частина потужності головного двигуна за рахунок впровадження інноваційних енергоефективних механізмів і технологій, 0,75, кВт;

$P_{AER(i)}$ – потужність допоміжних двигунів, зменшена за рахунок інноваційних технологій в галузі електроенергетики та енергоефективності, кВт;

P_{AE} – потужність допоміжних двигунів, необхідна для підтримки безперервного максимального робочого навантаження, яке включає необхідне пропульсивне та службове навантаження, але виключає навантаження пропульсивної системи: рульовий механізм, вантажні та баластні насоси та обладнання для обробки вантажу повністю завантаженого судна на швидкості V_{ref} ;

$$P_{AE} = 0,025 \sum_{i=1}^{n(ME)} MCR_{ME(i)} + 250 = 0,025 \cdot 51000 + 250 = 152 \text{ kW} \quad (4.23)$$

$S(x)$ – питома витрата палива двигуном, г/кВт·год, що задовольняє вимогам циклу випробувань E2 або E3 NOx (Технічний кодекс, 2008);

$S_{ME(i)}$ – споживання палива, яке реєструється в міжнародному сертифікаті про запобігання забрудненню повітря (EIAPP) для 75% потужності певного двигуна MCR або індикатором крутного моменту (для двигунів, що належать до тестового циклу D2 або C1 NOX);

$S_{AE(i)}$ - питома витрата палива фіксується в сертифікаті EIAPP для 50% потужності MCR , або за значенням крутного моменту, для двигунів без сертифіката EIAPP і його потужність менше 130 кВт. Значення має бути визначено виробником і використано компетентним органом для підтвердження Міжнародного сертифікату енергоефективності;

f_h – коригувальний коефіцієнт, який враховує конструктивні елементи судна (для суден з льодовим класом, який вибирається з MERC.1/Circ.681 ДОДАТОК VI, для інших типів суден приймається рівним 1, якщо немає додаткових елементів, які збільшують опір руху);

f_w – безрозмірний коефіцієнт, що вказує на зменшення швидкості судна при киваннях і кивах (визначається на ходових випробуваннях, розрахунковим шляхом або до уточнення приймається рівним 1);

$f_{r(i)}$ – коефіцієнт доступності енергоефективної інноваційної технології (прийнято 1 для систем рекуперації тепла);

f_{dw} – коефіцієнт вантажомісткості (для суден без льодового класу дорівнює 1).

Індекс енергоефективності для обмеження викидів парникових газів $EEDI_{(GHG)}$ повинен бути менше, ніж операційний індекс енергоефективності судна $EEDI_{(OPS)}$, який враховує додаткові вимоги до енергоефективності (наприклад, вплив маршрутів та інші оперативні чинники). Така умова означає, що судно відповідає обмеженням на викиди парникових газів то це означає, що судно відповідає більш вимогливим стандартам енергоефективності для операцій та не потребує додаткової модернізації для зменшення викидів парникових газів.

Таким чином, проведені розрахунки показують, що значення індексу $EEDI_{(GHG)} < EEDI_{(OPS)} = 14,98 < 16,8$. Це означає, що судно є енергоефективним з точки зору екологічності та не потребує модернізації.

Заходи щодо підвищення транспортної ефективності судна та забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів на борту представлені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Заходи щодо підвищення екологічної та транспортної ефективності роботи судна

Заходи щодо забезпечення ефективного та екологічно чистого енергоспоживання	Методи реалізації
Служба планування проходу та погодних маршрутів	Укладання контрактів зі службами, які надають послуги прогнозування погоди та оптимального маршрутизації
Вибір оптимальної швидкості судна	Оскільки проектна швидкість даного судна становить 19 вузлів при 75% пропульсивного навантаження, судноплавна компанія повинна рекомендувати судну перейти на пропульсивну потужність, яка не повинна перевищувати 50-60% від номінальної, і судно буде в основному експлуатуватися на швидкості, що відповідає "повільному руху"
Актуальні навігаційні карти, морські видання та посібники	Використовуйте виправлені навігаційні карти та навігаційні публікації для планування майбутньої подорожі та вибору маршруту
Оптимальний баластний план і диферент судна	Щоб збільшити швидкість судна під час баластних переходів, необхідно дотримання оптимального диференту і посадки, занурення гвинта і бульби
Технічний стан корпусу судна	Для збільшення швидкості судна під час морських переходів необхідно стежити за технічним станом підводної частини корпусу судна, особливо після тривалого перебування в тропічних водах
Технічний стан гвинта	Для досягнення оптимальної швидкості судна необхідно стежити за технічним станом гвинта і своєчасно проводити його полірування
Технічний стан головного та допоміжних двигунів, котлу та іншого обладнання	Своєчасно та якісно згідно із затвердженим графіком проводити належне та своєчасне технічне обслуговування головного та допоміжних двигунів, котельного та іншого обладнання з метою зменшення витрат палива та мастила тощо

Загальні висновки дослідження показують, що розглянуте судно може функціонувати ефективно без необхідності його модернізації на час проведення дослідження. Для скорочення витрат палива та викидів CO₂ рекомендується використовувати головний двигун у частковому режимі, де його потужність буде становити 50-60% від номінального значення. Такий режим дозволить судну працювати ефективно, особливо на низьких швидкостях.

Впровадження плану управління екологічною ефективністю дозволить судну повністю відповідати вимогам Резолюції ІМО № 684 щодо зменшення викидів шкідливих газів, що впливають на парниковий ефект. Щоб досягти цілей

щодо енергоефективності транспортного сектору, необхідно значно скоротити витрати енергії.

Також важливо регулярно розробляти та впроваджувати моніторинг та вимірювальне обладнання, що допоможе покращити рутинні процеси та стане основою для майбутніх аналізів. Рекомендується розглянути можливість здійснення моніторингу ЕЕОІ береговим персоналом, враховуючи політику ІМО та з метою уникнення надмірного навантаження на судновий екіпаж. Інші аспекти підвищення енергоефективності суден, такі як використання синтетичного палива та впровадження безбаластних переходів, можуть бути предметом подальших наукових досліджень.

Висновки до четвертого розділу

1. На основі проведеного дослідження здійснено аналіз різноманітних форм забруднення, що виникають унаслідок діяльності морських суден, включно зі скиданням стічних, баластних вод та твердих відходів, а також викидів шкідливих компонентів в атмосферу.

2. У рамках дослідження було розглянуто та систематизовано міжнародні конвенції та нормативи, такі як Конвенція MARPOL, які охоплюють аспекти запобігання забрудненню води нафтопродуктами, контролю за забрудненням атмосферного повітря та управління баластними водами.

3. Запропоновано конкретні заходи щодо вдосконалення екологічної безпеки в процесі експлуатації суден, включно з впровадженням передових технологій та обладнання, таких як системи очищення баластних вод, шкідливих викидів, а також необхідність модернізації обладнання.

4. Визначено, що конфронтація екологічних ризиків у сфері морського судноплавства передбачає впровадження комплексного підходу, який включає ефективні заходи у сфері законодавчого та нормативно-правового регулювання, а також реалізацію організаційних та технічних інновацій.

5. З'ясовано, що наукові напрацювання, які орієнтовані на розв'язання екологічних проблем у морській сфері, вдосконалюють стратегії та заходи для підвищення загальної екологічної продуктивності в галузі морського транспорту. Тому отримані результати підтверджують ефективність запропонованих методів і підкреслюють невідкладність їх впровадження в практику експлуатації суден з метою сприяння сталому розвитку морських транспортних операцій.

Основні результати розділу розкрити у публікаціях автора [207, 230, 234, 251, 264, 266, 268, 269, 281, 282, 293, 301, 304, 305].

РОЗДІЛ 5

МЕТОДИ ОЦІНКИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ СУДНА В ПРОЦЕСІ ВИКОНАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

5.1. Основні причини навігаційних ризиків та аварій в процесі роботи суден

Основною загрозою безпеці судноплавства є аварії. За світовою статистикою 2/3 усіх аварій на флоті становлять навігаційні аварії. З них 85% трапляються на відстані приблизно п'яти миль від берега, у тому числі 30% у портових водах. Така ж ситуація характерна і для інших видів транспорту: зліт і посадка літальних апаратів, особливо з вертикальним зльотом, стикування космічних суден, стоянка транспортних засобів (зокрема, великогабаритних). Належний технічний стан судна, наявність необхідного рятувального обладнання, укладені договори страхування, перевірені маршрути, а також ретельне вивчення метеорологічних умов під час проходження мінімізують ризики, пов'язані з судноплавством, і забезпечують безпеку морського транспорту.

Аварійність морських суден залежить від конструктивних особливостей, типу вантажів, що перевозяться, районів плавання та ряду інших факторів. Основною причиною морських аварій є поломки, пошкодження або відмова двигунів і обладнання. Більше третини (9334) з 26 тис. інцидентів за останнє десятиліття були спричинені пошкодженням або несправністю обладнання. Це також є причиною того, що за останні п'ять років найдорожчі страхові претензії становлять 10 мільярдів доларів США (дані на основі аналізу 230 тис. страхових претензій у морській галузі за участю AGCS (Allianz Global Corporate & Specialty) та інших страхових компаній з липня 2013 року до липня 2021 р. Зіткнення є наступним найпоширенішим явищем, причому загальна кількість втрат суден знову зросла порівняно з минулим роком і досягла чотирирічного максимуму. Одна третина всіх загиблих суден – це вантажні судна. Найпоширенішою причиною втрат є затоплення внаслідок впливу важких погодних умов, помилок у навігації та структурних пошкоджень. За 10 років з цієї причини загинуло 551

судно з 1036. У 2018 році затонуло 30 суден а загальна кількість аварій на суднах у 2018 році склала 2700 випадків. Крім того, зростає кількість інцидентів, пов'язаних з пожежами, особливо це автомобілевози і контейнеровози - на їх борту пожежі виникають в середньому кожні 60 днів.

Таким чином, шляхом виявлення основних причин аварій на суднах дане дослідження дозволить встановити, як рівень надійності навігаційного обладнання впливає на безпеку судноплавства і, як наслідок, на екологічну безпеку [306]. Основні причини аварій на суднах показані на рис.5.1.

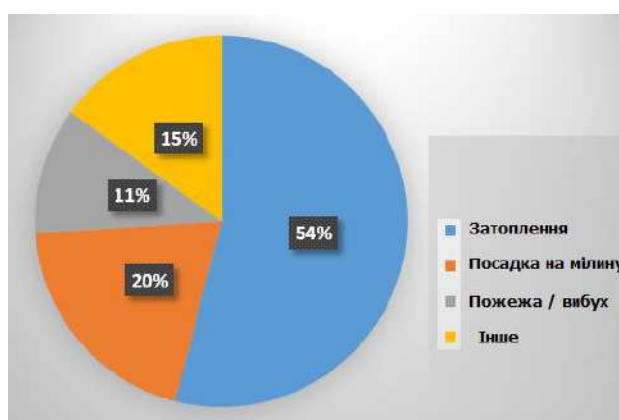


Рисунок 5.1 - Основні причини аварій на суднах

Класифікація за видами небезпек для судна (видами аварійних ситуацій) базується на таких умовах, які становлять реальну загрозу його безпеці або втраті морехідності, можна класифікувати шість основних типів небезпек, а саме:

- пошкодження корпусу та руйнування його цілісності внаслідок зовнішніх екстремальних експлуатаційних навантажень (надмірні хвильові навантаження, важкі льоди, контакт із затопленими плавучими об'єктами);

- перекидання судна або його надмірний крен, що не дозволяє продовжувати плавання, спричинений неправильним завантаженням, переміщенням вантажу та пошкодженням засобів його кріплення, обледенінням;

- затоплення судна (втрата плавучості) через порушення водонепроникності корпусу, не пов'язане безпосередньо з впливом екстремальних експлуатаційних навантажень, при корозії або подібних пошкодженнях;

- втрата руху та керованості внаслідок відмови головної рушійної установки або гвинто-рульового комплексу;

- контакт із зовнішніми об'єктами (навігаційна АС) зіткнення, посадка на мілину через форс-мажорні обставини, помилки штурмана, відмова навігаційного обладнання, помилки лоцмана або систем керування судном, навал іншого судна або рухомого об'єкта, недостатність навігаційно-картографічного забезпечення, у тому числі непозначених на карті мілин і занурених об'єктів;

- пожежа або вибух у відсіках судна внаслідок короткого замикання електричної мережі або займання електрообладнання, недбалою поведінки з вогнем, зварювальних робіт, контакту палива з гарячими поверхнями працюючого двигуна або вибуху парів, самозаймання вантажу або інших легкозаймистих матеріалів.

Серед вимог до управління та експлуатації судна найважлива це наявність високопрофесійного екіпажу та сучасного навігаційного обладнання а безпека судноплавства є однією зі складових цілісного поняття "безпека" морського судна. Оцінка інтегральної безпеки судна базується на оцінках окремих компонентів безпеки. Тому основна увага приділяється "навігаційній безпеці", під якою в першу чергу розуміють забезпечення безпечної експлуатації судна в конкретних навігаційних умовах, забезпечення безпечного керування при хвилюванні моря та маневрування, спостереження за місцеположенням судна, контроль курсу, достатній запас глибини під кілем уздовж маршруту переходу з урахуванням його фактичної осадки та просідання на мілководді [307].

Даний розділ присвячено проблемі навігаційної безпеки судна яка розглядається в контексті стану, так званого, навігаційного комплексу, який включає в себе наступне: забезпечення навігаційної безпеки за допомогою бортових приладів і систем, маневрування та розходження з цілями за допомогою приладів керування рухом та швидкістю судна, систем забезпечення зв'язку та безпеки; та оцінки гідрометеорологічної обстановки. Таким чином, метою є дослідження оцінки стану навігаційної безпеки судна на основі моделювання змін станів навігаційного комплексу.

За статистикою аварійності флоту за останнє десятиліття серед домінуючих причин які призводили до порушення безпеки судноводіння були:

- зіткнення;
- посадка на мілину або контакт з ґрунтом;
- пожежа та вибух.

Огляд аварій і нещасних випадків показує, що протягом 2020 року було зареєстровано 262 морські аварії, що менше, ніж у 2019 році, коли їх було 267, і нижче середнього показника за 10 років (2010–2019) у 289 (рис. 5.2). У 2020 році частка морських аварій (на відміну від аварій на судні) становила 84% морських аварій, порівняно з попереднім 10-річним середнім показником у 82%. У 2020 році було 219 аварій суден, що більше, ніж у 2019 році, коли їх було 207, але на 8% менше порівняно із середнім показником у 2010–2019 роках, який становив 238.

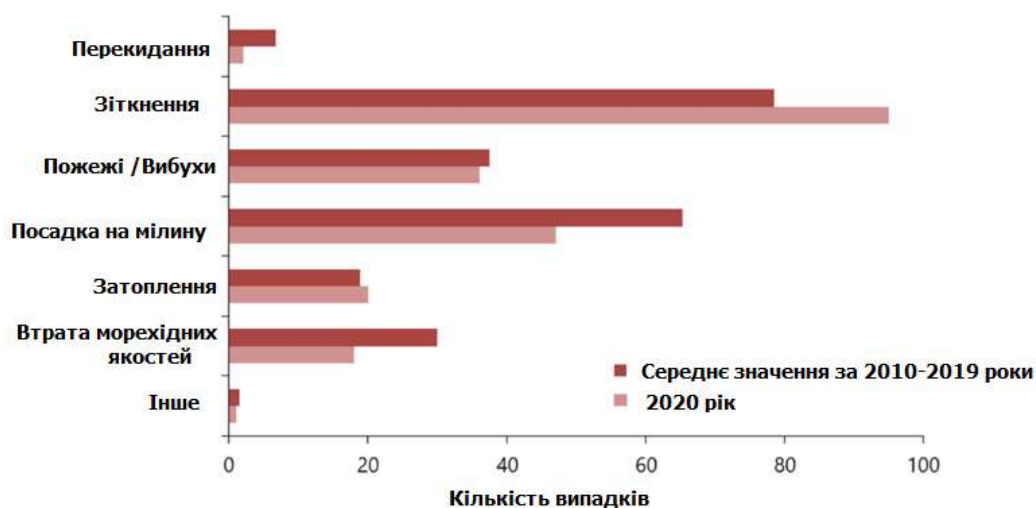


Рисунок 5.2 - Аварії на судноплавстві за видами аварій за останнє десятиріччя (2020 р. порівняно із середнім показником 2010–2019 рр.) [308]

Як показано на рис 5.2, де наведено порівняння 10-річного періоду з рівнем нещасних випадків лише за 2020 рік, найчастішими видами аварій на суднах у 2020 році були зіткнення (43%), посадка на мілину (21%) і пожежа/вибух (16%). Загальна кількість зіткнень (95), що на 21% вище середнього за 10 років (2010-2019 рр.) 79 випадків, кількість випадків (47), що на 28% менше середнього за 10 років (65), кількість пожежно-вибухових випадків (36), що на 4% менше середнього показника за 10 років (37). Статистика показує, що переважна

більшість (82%) зареєстрованих інцидентів стосуються повної відмови будь-якого обладнання чи технічної системи (рис. 5.3).



Рисунок 5.3 - Морські інциденти за типом [308]

Щодо типів суден, які найчастіше зазнавали повної відмови будь-якого обладнання чи технічної системи у 2020 році, були рибальські судна (52%) та суховантажні судна (25%). Тому дослідження спрямовані на оцінку надійності обладнання в умовах експлуатації а також методи забезпечення якості роботи бортового обладнання, є одним з питань, що характеризуються високим ступенем актуальності.

Проблема безпеки судноплавства особливо загострилася після негативної статистики щодо кількості випадків посадки суден на міліну та зростаючої кількості зіткнень суден на початку минулого століття у зв'язку зі збільшенням інтенсивності судноплавства. У відповідь на стихійне зростання рівня аварійності у торговельному флоті були створені міжнародні організації, такі як Міжнародна асоціація навігаційного забезпечення мореплавства і маякових служб (IALA), Міжнародна морська організація (IMO) та інші, які регулюють найважливіші аспекти безаварійної навігації. Цілями Кодексу ISM (Міжнародного кодексу з управління безпекою) є забезпечення безпеки на морі шляхом запобігання травмуванню людей або загибелі людей, уникнення шкоди навколишньому середовищу, зокрема, морському середовищу і майну (рис. 5.4).



Рисунок 5.4 - Основні цілі Кодексу ISM

Аналіз літератури за темою дослідження також показав, що незалежно від розміру акваторії, зіткнення суден може мати серйозні наслідки, у тому числі травмування або загибель людей, пошкодження суден та навколишнього середовища. Це вказує на важливість підвищення якості в системі підготовки екіпажів суден а також дотримання всіх навігаційних правил і норм, пильності до потенційних небезпек, підготовки та сертифікації та аналіз поширених технік, методів і прийомів запобігання зіткненням.

Зіткнення суден є постійною проблемою для морської галузі протягом багатьох років. Хоча були докладені зусилля для підвищення безпеки та зменшення ймовірності таких інцидентів, зіткнення продовжують відбуватися. За даними Міжнародної морської організації (ІМО), у період з 2007 по 2016 рік у всьому світі було зареєстровано 1129 зіткнень суден. Ці зіткнення призвели до втрати 1014 суден загальним тоннажем 5 282 315 валових тонн. Статистичні дані Глобальної інтегрованої інформаційної системи судноплавства (GISIS) про морські аварії, про які повідомляється Міжнародній морській організації (ІМО), показують, що зіткнення суден спричиняють близько 20% усіх морських аварій. Цей факт свідчить про те, що щорічно зіткнення суден призводять до значних економічних збитків, загибелі людей, забруднення та інших негативних явищ. Частота аварій суден контейнеровозів за останні роки показана на рис.5.5.

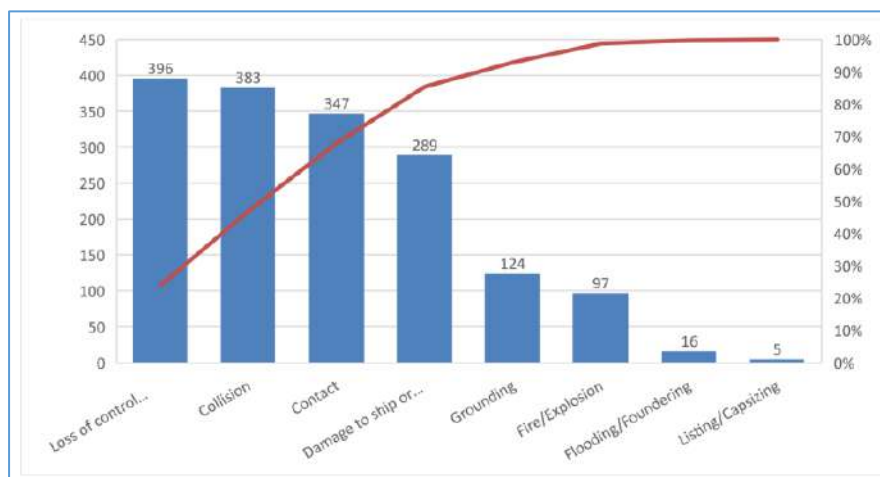


Рисунок 5.5 - Частота аварій контейнеровозів за останні роки
[309]

Найпоширенішими причинами зіткнень суден є помилки людини, включаючи недбале спостереження, неправильну оцінку швидкості та відстані до небезпечних суден та недотримання правил. Інші фактори, як сказано раніше що також можуть сприяти зіткненням, включають погодні умови, несправність обладнання та помилки зв'язку. Тому з метою запобігання зіткненню суден, ІМО встановила низку правил і вказівок, у тому числі МППЗС – 72, які окреслюють правила руху та маневрування суден у морі.

Варто зазначити, що деякі інциденти, які пов'язані зі зіткненнями суден, можуть залишатися неповідомленими або незадокументованими. Тому ці статистичні дані можуть не відображати повної картини втрат суден через зіткнення. За останні роки відбулося кілька резонансних інцидентів зіткнення суден, які привернули значну увагу. У січні 2018 року іранський нафтовий танкер *Sanchi* зіткнувся з вантажним судном під прапором Гонконгу, в результаті чого загинули всі 32 члени екіпажу на борту танкера. Есмінець ВМС США *USS Fitzgerald* у червні 2017 року зіткнувся з філіппінським контейнеровозом біля берегів Японії, в результаті чого загинули сім американських моряків. У червні 2019 року контейнеровози *MSC Zoe* і *YM Efficiency* зіткнулися біля берегів Австралії, в результаті чого *MSC Zoe* втратило за борт понад 270 контейнерів. Результатом інциденту стала широкомасштабна операція з очищення океану та прибережних районів від сміття. У вересні 2020 року *Gulf Livestock 1*, що

перевозить худобу, зіткнувся з вантажним судном Ocean Wakaba в Східно-Китайському морі під час тайфуну. Зіткнення призвело до смерті 41 члена екіпажу на борту Gulf Livestock 1 і втрати тисяч голів худоби, яку транспортували. Ці інциденти підкреслили необхідність продовження зусиль для підвищення безпеки в морській галузі, включаючи розробку високих стандартів навчання та суднового обладнання для штурманського складу на містку, покращення систем зв'язку та навігації, а також суворіші правила та правозастосування.

Статистика зіткнень суден залежить від різних факторів, таких як місцезнаходження, тип судна та час. Так за даними ІМО, за минуле десятиліття у світі було зареєстровано 3575 зіткнень суден. У 2019 році Берегова охорона США повідомила про 4168 аварій за участю прогулянкових суден, у результаті яких 613 людей загинули та 2559 отримали поранення. Найпоширенішим типом зіткнення є зіткнення двох суден, на яке припадає приблизно 70% усіх зіткнень. Решта 30% зіткнень стосуються зіткнень суден із нерухомими об'єктами, такими як скелі, причали та буї. Більшість зіткнень відбувається в прибережних районах, особливо в перевантажених водних шляхах, таких як порти та гавані.

Отже, з урахуванням прийнятого підходу (див. розд.2) поняття "навігаційна безпека" звужує сферу застосування цього поняття лише до питань суто навігаційного характеру, тобто до керування та маневрування судна, збору та обробки інформації під час рейсу, визначення та контролю за місцеположенням.

Досягнення загальної мети забезпечення безпеки судноводіння означає реалізацію шляхів зменшення впливу людського фактору та кількості аварій, які виникають, у тому числі, через вихід з ладу навігаційного обладнання або його неналежного функціонування.

5.2. Метод інтегрування навігаційних приладів на базі навігаційного комплексу

Використання методів прогнозування відмов суднового навігаційного обладнання є результатом розвитку інформаційних технологій та їх впровадження

на борту сучасних суден. Це дозволяє здійснити процес інтеграції існуючих суднових навігаційних систем і нових, які спрямовані на підвищення ефективності та безпеки експлуатації судна в умовах відмови стандартних систем і виникнення ризику аварії.

Надійна робота суднового навігаційного обладнання необхідна при плаванні в замкнутій акваторії, районах з високою інтенсивністю руху, особливо в умовах обмеженої видимості. Однак у разі виходу з ладу основних приладів і систем, для запобігання втрати контролю над положенням та утримання його на заданому курсі, виникає необхідність до переходу до використання альтернативних джерел для забезпечення безпеки судноводіння. Тому, серед актуальних завдань дослідження принципів функціонування – є розробка методів прогнозування причин і ймовірностей відмови такого обладнання, огляд перспективних ідей використання таких методів.

З огляду на зазначені вище причини, необхідно деталізувати навігаційні аварійні ситуації та розглянути проблеми та несправності навігаційного обладнання й систем а також причин, що пов'язані з цим. Навігаційне обладнання та системи є обов'язковим елементом обладнання будь-якого судна для забезпечення безпечного плавання. Вимоги до оснащення суден навігаційними системами та пристроями представлені в Правилі 19, глава 5 Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі (SOLAS), яка є основним документом міжнародного морського права, що встановлює обов'язкові вимоги до конструкції та обладнання суден та інші методи і засоби забезпечення безпеки на морі. Глава 5 "Безпека судноплавства» встановлює вимоги до навігаційного обладнання морських суден, конструкції навігаційного мосту, а також до берегового обслуговування та організаційних заходів щодо забезпечення безпеки судноводіння.

Розглянемо деякі основні системи, що забезпечують сам процес навігації. Практично переважна більшість торговельних суден оснащена навігаційними приладами, які надають інформацію про довколишнє середовище або виконують операції в процесі обробки інформації на судні (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Навігаційні системи та їх компоненти

Системи навігації	Компоненти
1. Системи вказівки курсу	КОМПАСИ (гіроскопічні, магнітні, супутникові)
2. Суднова радіолокаційна система	РЛС
3. Автоматична система управління рухом судна (АСУРС)	АСУРС
4. Прилади для реєстрації швидкості та відстані	Лаг та Ехолот
5. Система відображення електронних карт та інформації	ЕКНІС
6. Система автоматичної ідентифікації	АІС
7. Реєстратори рейсових даних	РРД
8. Навігаційні супутникові системи позиціонування	ГНСС
9. Світлозвукова система (вогні та сигнали)	ВтаС
10. Інформація про судно (лоцманська картка)	ЛК

Сучасні тенденції забезпечення безпеки судноводіння висувають умови використання "принципу резервування" найважливіших суднових приладів і систем, а тому великотоннажні судна, оснащені навігаційним обладнанням і системами, як правило, в двох, а то й трьох компонентах, які можуть працювати як незалежно, так і одночасно.

На рис.5.6 наведено розподіл рівнів безпеки в процесі навігації судна на підрівні в залежності від ступеня забезпечення працездатного стану навігаційного обладнання.

Кожна суднова навігаційна система, яка забезпечує безпеку плавання, може перебувати в одному з трьох станів ((нормальний, неробочий (збій), перехідний)), які можуть спостерігатися з різною ймовірністю, яка визначається виробником системи, її віком, умовами її експлуатації, кваліфікацією екіпажу тощо. Таким чином, непрацездатний стан однієї або навіть кількох систем може не призвести до критичного стану з точки зору безпеки плавання судна. Визначається, по-перше, можливістю зворотного переходу до робочого (нормального) стану з певною ймовірністю; по-друге, можливістю перемикання (дублювання) функцій одних систем на інші.

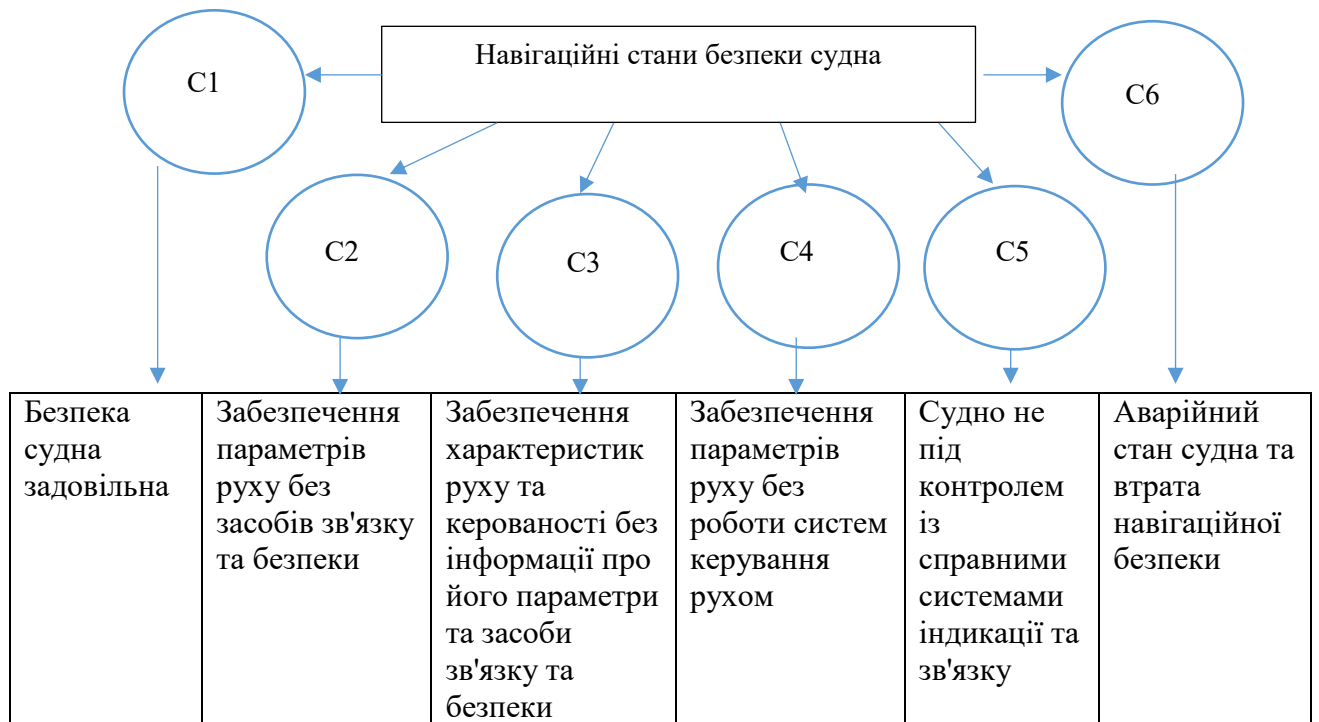


Рисунок 5.6 - Рівні навігаційної безпеки судна

Метод розподілу відмов, також відомий як аналіз блоків надійності, є підходом до аналізу навігаційних систем судна з точки зору їх надійності. У цьому методі систему розглядають як послідовне з'єднання блоків (компонентів або підсистем), і визначають вплив відмови кожного блоку на загальну надійність системи. Основна ідея полягає в тому, що якщо система складається з кількох блоків, то її надійність може бути визначена як добуток надійностей окремих блоків. Це дозволяє врахувати взаємодію між блоками та оцінити, як відмова в одному блоку може впливати на надійність всієї системи.

Основна формула для розподілу відмов у послідовному з'єднанні блоків виглядає як добуток ймовірностей, що блоки працюють:

$$R_c = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n \quad (5.1)$$

де R_1, R_2, \dots, R_n - ймовірності, що кожен блок працює.

$$P_s = 1 - \prod_i (1 - P_i) \quad (5.2)$$

де P_i – ймовірність відмови i -підсистеми (блоку); P_s - загальна ймовірність відмови системи.

Даний підхід може бути використаний для оцінки стану навігаційної безпеки в даний момент часу. Наприклад, візьмемо розподіл відсотків вимови систем наступним чином: РЛС, АСУРС, ГНСС: 30% (самий високий рівень відмов); КОМПАСИ, Лаг та Ехолот, АІС, ЕКНІС: 50% (середній рівень відмов); ВтаС, ЛК, РРД: 20% (найнижчий рівень відмов).

Враховуючи розподіл відсотків, є можливість обчислити загальну ймовірність відмови системи: $P_c = 1 - (1 - 0.3) \cdot (1 - 0.3) \cdot (1 - 0.3) \cdot (1 - 0.5) \cdot (1 - 0.5) \cdot (1 - 0.5) \cdot (1 - 0.2) \cdot (1 - 0.2) \cdot (1 - 0.2)$, $P_c = 1 - 0.7 \cdot 0.7 \cdot 0.7 \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot 0.8 \cdot 0.8 \cdot 0.8$, $P_c = 1 - 0.08208$, $P_c \approx 0.91792$. Отже, загальна ймовірність відмови системи при заданому розподілі відсотків становить приблизно 91,79% (рис. 5.7).

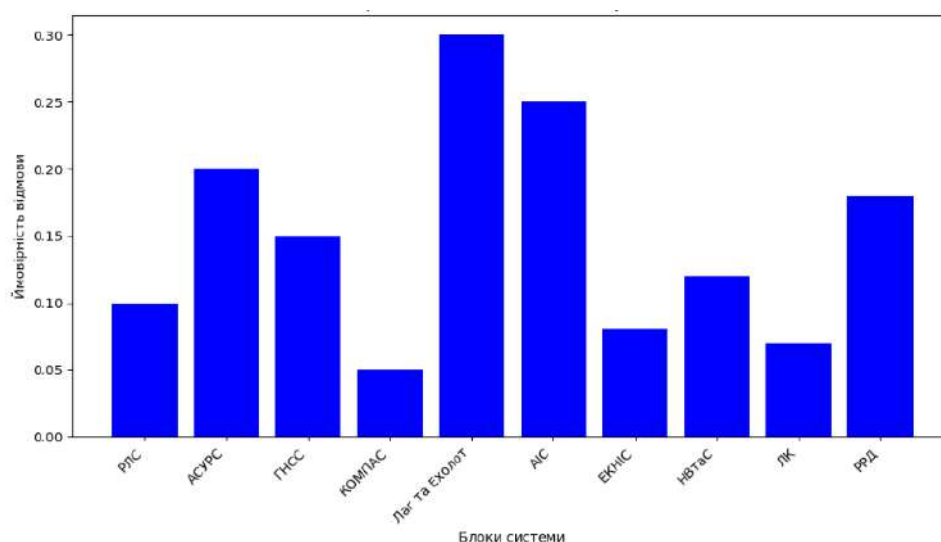


Рисунок 5.7 - Ймовірність відмови кожного з блоків системи

З діаграми видно що блоки з високим рівнем відмов (РЛС, АСУРС, ГНСС) є найбільш критичними для надійності системи. РЛС має найвищу ймовірність відмови, що робить його особливо важливим для подальших покращень. АСУРС

та ГНСС також є ключовими елементами, і їхній високий рівень відмов варто враховувати при стратегії удосконалення. Блоки із середнім рівнем відмов (КОМПАСИ, Лаг та Ехолот, АІС, ЕКНІС), хоч і не такі критичні, все ще впливають на загальну надійність системи. Блоки з низьким рівнем відмов (ВтаС, ЛК, РРД) свідчить про їхню достатню надійність. Тому вплив цих блоків на загальну систему є менш суттєвим.

Наданий графік (рис. 5.7) підтверджує, що загальна ймовірність відмови системи залишається на прийнятному рівні, що свідчить про відносно високу надійність. Заходи щодо покращення системи можна спрямувати на блоки з високим та середнім рівнем відмов, зокрема, розглядати можливості зменшення ймовірності відмов РЛС та АСУРС. Також, важливо зберігати та підтримувати низьку ймовірність відмов у блоках з низьким рівнем відмов.

Таким чином, поєднання різних станів навігаційних систем визначає один з шості основних станів судна з точки зору навігаційної безпеки. Інтерес для дослідження проблеми навігаційної безпеки, представляє вивчення процесу переходу кожної системи в різні стани та оцінку впливу різних комбінацій станів систем на кінцевий стан безпеки плавання судна. Базою для подібних досліджень є теоретичний рівень – опис відповідного ймовірнісного процесу, а також аналіз статичних даних для чисельної оцінки ймовірності тих чи інших станів суднової навігаційної системи, як першого етапу в системі управління екологічною безпекою судна.

Результати цього дослідження вказують на те, що надійність процесу навігації судна має велике значення як для безпеки експлуатації судна, так і для ефективності запобігання екологічним катастрофам. Слід підкреслити, що заходи запобігання виникненню надзвичайних ситуацій включають високоточний контроль положення судна, що особливо важливо під час плавання в прибережній зоні, на підходах, у вузьких акваторіях, в каналах і портах, де пов'язані наслідки аварії судна з ризиком забруднення навколишнього середовища, пошкодження прибережної інфраструктури та людських жертв.

Незважаючи на наявність сучасних електронних навігаційних засобів, супутникових систем, електронних карт та іншого обладнання, стандартні навігаційні засоби залишаються незамінними та продовжують використовуватися. Використання комбінацій різних навігаційних систем дозволяє підвищити точність інформації, а також безпеку плавання суден і, як наслідок, забезпечити екологічну безпеку. Тому, для задоволення сучасних вимог до безпеки судноплавства, необхідно впроваджувати якісно нові засоби і системи. Але питання забезпечення надійності процесу навігації, в тому числі розробка способів і методів прогнозування відмови обладнання, залишаються серед пріоритетних завдань [310, 311].

Також, на основі експертної оцінки ступеня загроз з урахуванням міжнародного екологічного регулювання судноплавства, необхідно розробляти критерії екологічної відкритості судноплавних компаній. Це дозволить оцінити їхню діяльність щодо зниження екологічних ризиків, а також зміцнення співпраці з усіма зацікавленими сторонами, задля зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Процес об'єднання різних судових автоматизованих систем в комплекс пристроїв, що включає різні конфігурації таких систем, які забезпечують процес навігації та забезпечують інтеграцію процесів навігації, називають навігаційно-інформаційними комплексами (НІК). Такі комплекси служать як системою інформаційної підтримки рішень штурмана, так і системою, що забезпечує злагоджену роботу нижчої ієрархії судових автоматизованих систем. Під навігаційним комплексом слід розуміти сукупність бортових вимірювальних і індикаційних систем, систем зв'язку і безпеки, систем управління рухом судна, управління і маневрування, які дозволяють керувати судном, контролювати його положення і швидкість, а також підтримувати заданий курс. Завдань, які поставлені перед навігаційним комплексом, багато, але одним з найважливіших серед них – забезпечення комплексної безпечної експлуатації судна.

Це багатокomпонентна електронна система, яка призначена для підтримки оптимальних параметрів під час навігації. За точність навігаційних розрахунків відповідає комплекс, до складу якого входять:

- суднові технічні засоби зв'язку та безпеки;
- система індикації параметрів руху та навігації;
- система управління рухом судна.

Безперебійне функціонування відповідного навігаційного комплексу, який складається з трьох основних компонентів, забезпечує навігаційну безпеку запропонованого в даному дослідженні. Таким чином, дослідження навігаційної безпеки та моделювання змін її стану базується на аналізі варіації станів навігаційного комплексу (рис. 5.8).



Рисунок 5.8 - Основні компоненти навігаційного комплексу

Умовно комплекс можна розділити на три основні компоненти: вимірювальна система, система безпеки зв'язку і система управління судном.

У кожній із систем виконуються такі функції:

1. Система індикації параметрів навігації та руху судна – це система отримання оперативної інформації в процесі навігації, яка включає різноманітні інформаційні датчики та пристрої, такі як вимірювачі швидкості та запасу глибини під кілем (лаги, ехолоти), показчики курсу (компаси), радіолокаційне обладнання, системи супутникової навігації та позиціонування. Морські радіолокаційні системи, електронні навігаційні прилади, які дозволяють отримувати інформацію про поточне положення судна, параметри його руху по заданому маршруту.

2. Система зв'язку та безпеки включає суднове обладнання, призначене для отримання необхідної інформації про безпеку для підтримки навігації, запобіжних заходів щодо можливих небезпек і змін умов уздовж маршруту проходу, підтримки карт і публікацій в актуальному стані, передачі повідомлень і ведення радіопереговорів, пов'язаних з безпекою навігації.

3. Система керування рухом та рушійною установкою, яка реалізує функції роботи судна, забезпечуючи зміну його кінематичних параметрів. Вона також включає систему керування курсом судна, систему дистанційного керування енергетичною установкою та дистанційне керування механізмами та системами автоматизації [314].

5.3. Метод оцінки навігаційної безпеки судна в процесі виконання рейсу на основі марківського процесу

Кожен компонент навігаційного комплексу може перебувати в одному з двох станів – нормальному тобто працездатному або неробочому. Неробочий стан кожного технічного компонента комплексу викликаний різними причинами, які в загальному вигляді можна представити наступним чином: небезпечна хитавиця, погодні явища, структурні пошкодження, контакт із ґрунтом, технічні причини, моральний і фізичний знос обладнання і людський фактор.

Врахуємо те, що відмова компонентів навігаційної системи носить постійний характер - фізичні пошкодження, що вимагають ремонту або заміни

тощо. Тому, повернення в робочий стан можливо тільки після певних дій екіпажу. Тим не менш, не завжди є можливість замінити та відремонтувати навігаційне обладнання під час рейсу судна. Через це на цьому етапі дослідження розглядається ситуація, коли ремонт або заміна навігаційного обладнання під час рейсу не передбачена.

Аналіз специфіки навігаційної безпеки судна дозволяє виділити шість його основних станів, значення яких присвоєно на основі експертних оцінок, виходячи з професійного досвіду та логічної послідовності можливих станів судна в тій чи іншій ситуації. Для виділення основних шести станів досліджуваного об'єкта "навігаційний комплекс", що складається з трьох основних систем, запропоновано розкласти зазначений стан на два варіанти (нормальний – проблемний) за трьома складовими: "Система керування і управління рухом", "Система індикації параметрів навігації та руху", "Система суднового зв'язку та безпеки". Такий підхід визначається, по-перше, специфікою експлуатації судна, яка виражається, наприклад, в особливостях обладнання, (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Основні стани безпеки плавання судна згідно складових частин навігаційного комплексу

Стан	Система керування і управління рухом	Система індикації параметрів руху та навігації	Суднова система зв'язку та безпеки	Стан судна з точки зору безпеки плавання
C1	1	1	1	Безпека судна задовільна
C2	1	1	0	Забезпечення параметрів руху без засобів зв'язку та безпеки
C3	1	0	0	Забезпечення характеристик руху та керованості без інформації про його параметри та засоби зв'язку та безпеки
C4	1	0	1	Забезпечення параметрів руху без роботи систем керування рухом
C5	0	1	1	Судно, позбавлене можливості керування із справними системами індикації та зв'язку
	0	0	1	
	0	1	0	
C6	0	0	0	Аварійний стан судна та втрата навігаційної безпеки

Це, відповідно, може призвести до певних порушень під час рейсу судна. Позитивні ("нормальний" - 1) і негативні ("є проблеми" - 0) оцінки кожного компонента формують наступну класифікацію основних станів стану судна, а також результуючий "стан судна з точки зору безпеки судноводіння".

Позначимо 1 - робочий стан компонента навігаційного комплексу, 0 - неробочий стан. Таким чином, зміну станів навігаційного комплексу в цілому можна представити наступним чином (рис.5.9). Компоненти навігаційного комплексу незалежні, і їх перехід у неробочий стан також не залежить від інших компонентів [315].

Перша позиція в комплексі на рис. 5.9 - система вимірювання та індикації, друга - система зв'язку та безпеки, третя - система керування рухом судна. Зміна станів навігаційного комплексу утворює ланцюг Маркова. Дійсно, процес, що розглядається, має "марківську властивість", тобто поточний стан комплексу залежить лише від того, в якому стані він був раніше. Крім того, перехід до наступного стану визначається лише поточним станом комплексу. Цей випадковий процес зміни станів навігаційного комплексу класифікується як однорідний з дискретними станами та дискретним часом.

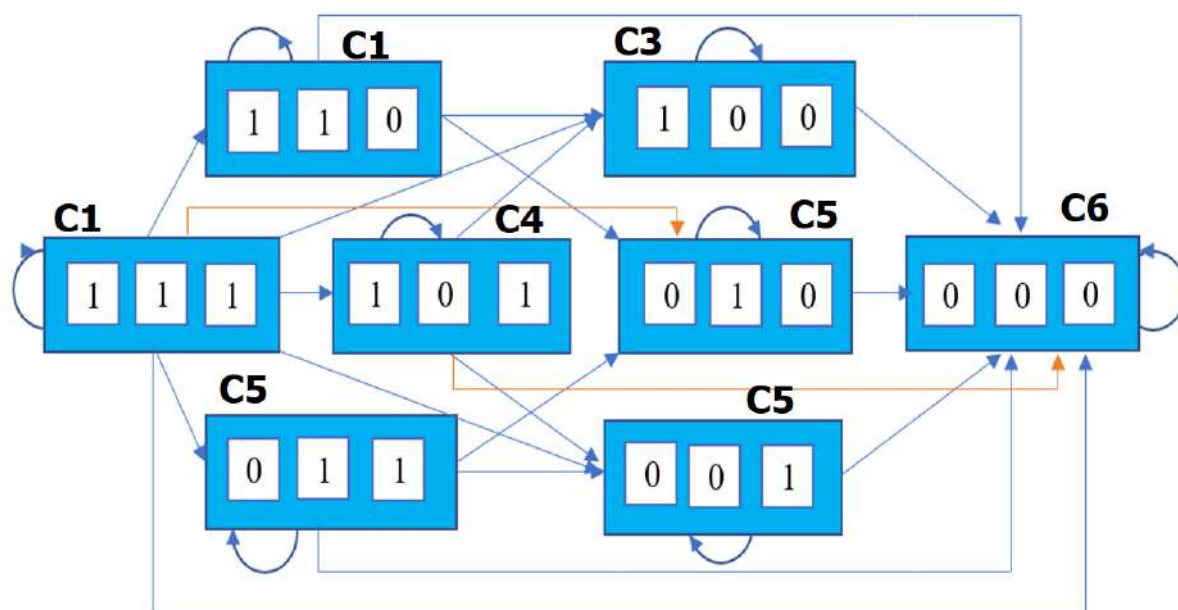


Рисунок 5.9 - Зміна стану навігаційного комплексу

Дискретність часу враховується тим, що процес роботи судна (виконання рейсу) зазвичай розглядається з дискретним часом - годинами, днями. "Крок", протягом якого відбувається перехід від стану до стану, можна прийняти за 24 години (1 день). Природно, вона може бути зменшена в залежності від конкретної інформації про тривалість рейсу. Враховуючи універсальність підходу для торговельних суден різного розміру, в тому числі і для коротких рейсів, доцільним є щоденний "крок". Тому в даному дослідженні прийнято такий облік часу.

Навігаційний комплекс може залишатися в кожному стані досить тривалий час. Стан повної відмови навігаційного комплексу (0,0,0) є поглинаючим, тобто в такому стані навігаційний комплекс залишається до ремонту або заміни окремих частин. Графічна модель марківського процесу (рис.5.9) відображає шляхи переходу від повністю працездатного стану трьох компонентів комплексу до неробочого стану повністю або неробочого навігаційного комплексу (який, слід зазначити, має дуже низьку ймовірність, проте її не можна ігнорувати, коли мова йде про безпеку в будь-якому контексті).

З одного стану в інший стан навігаційний комплекс переходить відповідно до матриці ймовірностей переходу. Значення ймовірності переходу для кожного судна визначаються статистичним або експертним методом з урахуванням конкретного технічного стану елементів навігаційного комплексу. За відсутності необхідної кількості статистичних даних експерти оцінюють ймовірності з урахуванням технічних особливостей обладнання та умов його експлуатації.

Ця модель описує зміну станів навігаційного комплексу морського судна, які визначають стан навігаційної безпеки судна. Таким чином, процес зміни станів навігаційного комплексу визначає процес зміни станів навігаційної безпеки судна. Така декомпозиція процесів необхідна з тієї причини, що не кожен із восьми станів навігаційного комплексу визначає окремий стан навігаційної безпеки.

Зміни цих станів також утворюють марківський процес, оскільки зміни станів безпеки навігації базуються на змінах стану навігаційного комплексу (рис.5.10).

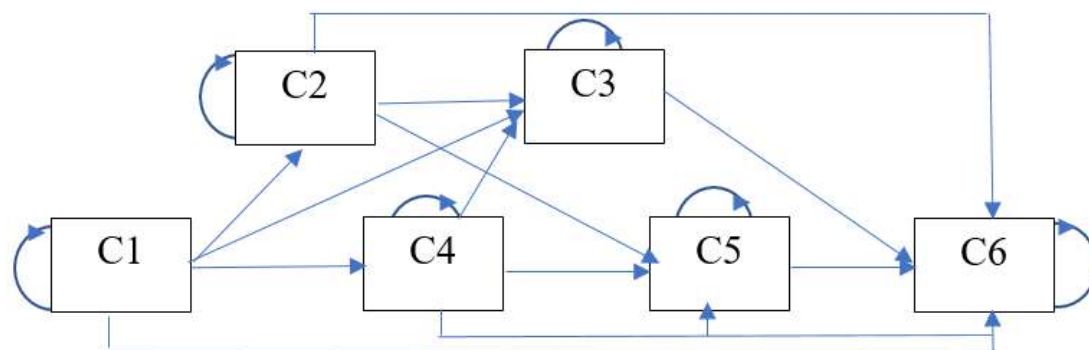


Рисунок 5.10 - Графік зміни стану навігаційної безпеки судна

Матриця перехідних ймовірностей для процесу зміни ступеню безпеки генерується на основі матриці ймовірностей перехідних процесів для процесу зміни безпеки навігації:

$$P = [p_{ij}] = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} & p_{16} \\ 0 & p_{22} & p_{23} & 0 & p_{25} & p_{26} \\ 0 & 0 & p_{33} & 0 & 0 & p_{36} \\ 0 & 0 & p_{43} & p_{44} & p_{45} & p_{46} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{55} & p_{56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5.3)$$

де $0 \leq p_{ij} \leq 1, i = \overline{1,6}, j = \overline{1,6}$, додатково $\sum_{j=1}^6 p_{ij} = 1, i = \overline{1,6}$.

Повний математичний опис цього процесу передбачає вказівку початкових ймовірностей $p_1(0), p_2(0), p_3(0), p_4(0), p_5(0), p_6(0)$, тобто ймовірності стану безпеки плавання в момент часу $t=0$, які задовольняють умову :

$$p_1(0) + p_2(0) + p_3(0) + p_4(0) + p_5(0) + p_6(0) = 1. \quad (5.4)$$

Співвідношення Колмогорова-Чепмана (5.5) дозволяють визначити ймовірності різних станів безпеки плавання судна в наступні моменти часу:

$$p_j(t) = \sum_{i=1}^n p_j(t-1) \cdot p_{ij}, j = \overline{1,n}, t = 1, 2, 3, \dots \quad (5.5)$$

Знаючи тривалість майбутнього плавання $t=T$, можна розрахувати ймовірності станів безпеки плавання на цей момент часу. Природно, що безпека судноводіння є лише однією з складових безпеки судна (див. рис. 5.1). Проте, оцінка навігаційної безпеки дозволить поряд з оцінками інших аспектів безпеки оцінити безпеку конкретного судна в конкретному рейсі.

5.4. Розрахунок оцінки навігаційної безпеки

Щоб проілюструвати запропонований підхід, візьмемо наступну матрицю ймовірності переходу:

$$P = [p_{ij}] = \begin{bmatrix} 0,99 & 0,008094 & 0,001 & 0,0009 & 0,000005 & 0,000001 \\ 0 & 0,99 & 0,0099 & 0 & 0,000095 & 0,000005 \\ 0 & 0 & 0,99991 & 0 & 0 & 0,00009 \\ 0 & 0 & 0,0009 & 0,99 & 0,00909 & 0,0001 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,99 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5.6)$$

Припустимо, ми розглядаємо короткий рейс (коротке плавання) $T = 5$ діб. Початковий стан безпеки рейсу судна оцінюється як: $P_1(0)=1$; $P_2(0)=0$; $P_3(0)=0$; $P_4(0)=0$; $P_5(0)=0$; $P_6(0)=0$,

Ці ймовірності з єдиною ймовірністю відображають працездатний стан усіх компонентів навігаційного комплексу. Для п'ятого "кроку" (тобто в момент закінчення переходу судна з порту в порт) матриця переходу має вигляд:

$$(P)^4 = \begin{bmatrix} 0,9606 & 0,03141 & 0,00442 & 0,00349 & 0,00007 & 0,00001 \\ 0 & 0,96060 & 0,03900 & 0 & 0,00037 & 0,00003 \\ 0 & 0 & 0,99964 & 0 & 0 & 0,00036 \\ 0 & 0 & 0,00355 & 0,96060 & 0,03528 & 0,00058 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,96060 & 0,03940 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5.7)$$

і ймовірності оцінено перехідні стани безпеки рейсу судна як: $P_1(5)=0,9606$; $P_2(5)=0,0314$; $P_3(5)=0,0044$; $P_4(5)=0,0035$; $P_5(5)=0,000072$; $P_6(5)=0,0000054$.

Очевидно, що при єдиній ймовірності працездатності навігаційного комплексу на початку рейсу і на короткому рейсі (5 днів), потенціал відмови одного з компонентів навігаційного комплексу (тобто систем індикації, зв'язку та керування рухом) та перехід «безпеки рейсу» до іншого з абсолютно безпечного стану має незначні можливості. Зокрема, стан С2 можливий з ймовірністю 0,03.

Для більш тривалого плавання тривалістю $T=21$ день і менш оптимістичною оцінкою початковий стан безпеки рейсу судна: $P_1(0)=0,99$; $P_2(0)=0,01$; $P_3(0)=0$; $P_4(0)=0$; $P_5(0)=0$; $P_6(0)=0$, ймовірність стану навігаційної безпеки судна матриця має вигляд:

$$(P)^{20} = \begin{bmatrix} 0,8179 & 0,1337 & 0,01545 & 0,01487 & 0,001501 & 0,000126 \\ 0 & 0,8179 & 0,1801 & 0 & 0,001569 & 0,000267 \\ 0 & 0 & 0,9982 & 0 & 0 & 0,00018 \\ 0 & 0 & 0,01637 & 0,8179 & 0,15019 & 0,015508 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8179 & 0,1821 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5.8)$$

і ймовірності станів судна під час плавання $P_1(21)=0,8097$; $P_2(21)=0,1405$; $P_3(21)=0,017$; $P_4(21)=0,0147$; $P_5(21)=0,0015$; $P_6(21)=0,000127$.

Для такої ж тривалості рейсу $T=21$ день, але з початковими ймовірностями $P_1(0)=0,985$; $P_2(0)=0,01$; $P_3(0)=0,05$; $P_4(0)=0$; $P_5(0)=0$; $P_6(0)=0$, ймовірності станів навігаційної безпеки є: $P_1(21)=0,8056$; $P_2(21)=0,1398$; $P_3(21)=0,022$; $P_4(21)=0,01464$; $P_5(21)=0,001494$; $P_6(21)=0,000127$.

Відповідно до поширеної морської практики, як правило, короткі рейси за тривалістю судна пов'язані з незначним ризиком поломки навігаційного обладнання, на цьому факті було побудовано дослідження. Також мінімізується вплив погодних умов на ступінь справності та надійності судового обладнання, що характеризує ступінь прояву стану судна С1 на малих проходах судна.

Як показують результати розрахунків, навігаційна безпека для коротких рейсів оцінюється як "нормальна" (ймовірність 0,96), але для більш тривалих рейсів і можливості станів С2 і С3 в початковий момент (коли судно відійшло) безпеку судноплавства можна охарактеризувати як "задовільний" (ймовірність 0,8), а стани С2-С4 мають більш значну ймовірність (0,14; 0,022; 0,02 відповідно).

Таким чином, зростає ймовірність станів навігаційної безпеки судна C2 і C3. Графічна ілюстрація ймовірностей станів представлена на рис. 5.11.

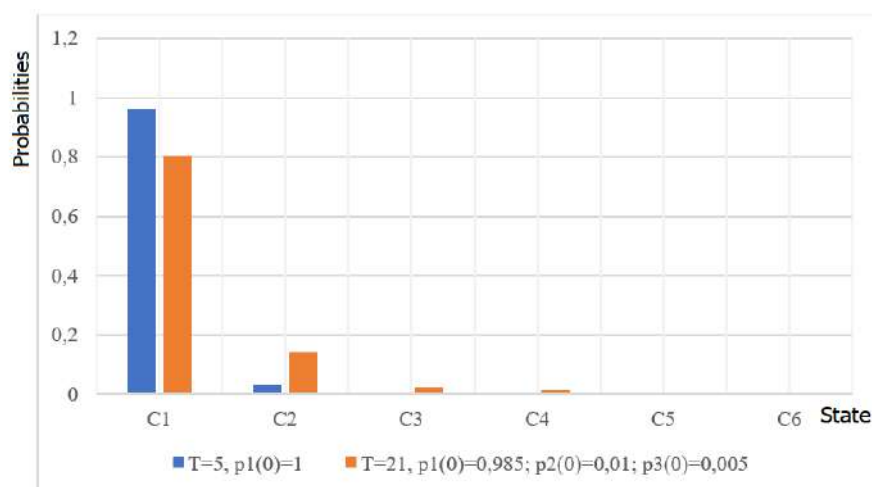


Рисунок 5.11 - Ймовірності станів навігаційної безпеки судна для різної тривалості рейсу та початкові ймовірності

На даний час не існує шкали оцінки безпеки судноводіння в розрізі "нормально", "задовільно", "незадовільно". Тому при формуванні висновків за результатами розрахунків було прийнято підхід, згідно з яким ймовірність вище 0,95 для стану C1 є межею "нормального"; ймовірність станів C2-C6 вище 0,05 вже є "значною" (як прийнято в теорії ризику). Тому залежно від їх поєднання, виходячи зі здорового глузду та логіки оцінки ризику, можна зробити висновки про прогнозований стан навігаційної безпеки в рейсі.

Для визначення можливого виникнення будь-яких негативних ситуацій під час виконання судових операцій необхідно оцінити достовірні та обґрунтовані характеристики ризику по відношенню до наявних можливостей і визначити перелік ефективних заходів щодо зниження ризиків. Наприклад, для підвищення безпеки експлуатації судна під час маневрування як у портових водах, так і у відкритому морі кожна компанія-судновласник розробляє організаційно-технічні заходи, які включають порядок підготовки судна до плавання в різних умовах, за різної видимості, при вході/виході з портів, у штормову погоду, у випадку лоцманського проведення, процедури передачі навігаційної вахти, виконанні

вантажних та швартовних операцій. Це свідчить про те, що ймовірність надзвичайної ситуації з негативними наслідками існує завжди, навіть коли ймовірність її виникнення є значно низькою. Прикладом можуть бути швартовні кінці, які використовуються для кріплення судна біля причалу. Під час вантажних операцій швартовні троси накопичують напругу і зазвичай розриваються непередбачувано, коли не очікується. Це ще раз підкреслює стохастичність процесу та непередбачуваність результатів. Тому найбільша небезпека полягає у використанні цієї системи та зменшенні моніторингу безпеки щоразу, коли результати "нормальні" або "задовільні", і бути обережним лише тоді, коли результати "незадовільні", вказуючи на те, що окремі підходи корисні для розуміння процесу, але не повністю успішно управляти ризиками.

Навігаційна безпека судна формується в результаті стану навігаційного комплексу, який складається з трьох основних компонентів. Як і будь-яка технічна система, компоненти навігаційного комплексу можуть перебувати як у робочому, так і в неробочому стані.

Таким чином в даному дослідженні доведено, що зміна станів навігаційного комплексу є марківським процесом, де отримано графічну модель цього процесу. Зміна станів навігаційного комплексу викликає зміну станів навігаційної безпеки судна, що також є марківським процесом, ідентифіковано шість станів навігаційної безпеки, сформовано графічну модель процесу та матрицю транзитивних ймовірностей у загальному вигляді. Марківський процес зміни навігаційної безпеки судна класифікується як однорідний, з дискретним часом і наявністю поглинаючого стану.

Запропонована модель марківського процесу може бути використана для оцінки навігаційної безпеки конкретного судна в конкретному рейсі. У разі виявлення можливих станів безпеки судноплавства зі значною ймовірністю, які викликають занепокоєння, можуть бути заздалегідь вжиті відповідні заходи, наприклад, забезпечення необхідними запасними частинами для ремонту та заміни компонентів навігаційного комплексу на борту судна.

5.5 Метод визначення ймовірності людської помилки та зменшення впливу на навігаційну безпеку судна

Зіткнення судна - це аварія, яка призвела до пошкодження або втрати судна, поранення або загибелі членів екіпажу, а також до шкоди навколишньому середовищу. Зіткнення суден може статися з багатьох причин, наприклад, навігаційні помилки, механічні несправності, погодні умови або людські помилки. Визнаючи, що наслідки зіткнення судна можуть бути дуже серйозними, залежно від розміру та швидкості судна, окрім прямого збитку та можливої загибелі людей, зіткнення може призвести до розливів нафти, порушення режимів руху на судноплавних шляхів та як результат витратних судових процесів, щоб загалом робить цю тему пріоритетною.

Зіткнення суден може статися в різних водах Світового океану, включаючи річки та озера. Причини зіткнення суден можуть бути різними, але часто включають такі фактори, як людська помилка, несправність обладнання, несприятливі погодні умови або навігаційні небезпеки. Судна можуть зіткнутися одне з одним просто через неправильне спілкування між вахтовими помічниками або через недотримання правил запобігання зіткненню (МПЗЗС).

Навігація в різних водах може бути ускладнена через різноманітні фактори, зокрема несприятливі погодні умови. У закритих водах можуть виникати ситуації зіткнення суден через ті самі погодні чинники, що і на відкритому морі. Це пояснюється тим, що судна, користуючись загальноновизнаними маршрутами, можуть опинитися на невеликій відстані одне від одного, особливо в областях інтенсивного судноплавства.

Навігаційні ризики, такі як мілководдя, скелясті узбережжя чи вузькі канали, також можуть бути присутні в морських водах. На внутрішніх водних шляхах ситуації зіткнення суден можуть виникати через звивистість річок та наявність інших суден, що робить процес навігацію складним через вузькі протоки чи круті повороти річки. Помилки в прийнятті рішень чи недоліки в зв'язку можуть призвести до ситуацій зіткнення. У закритих водах можливі ситуації зіткнення

через щільний рух суден, наявність надводних споруд чи інших навігаційних небезпек. Такі умови роблять процес навігації складним та вимагають від капітанів та екіпажів високого професійного рівня, постійного спостереження та вміння приймати швидкі та ефективні рішення.

Дослідження моделей, методів і алгоритмів запобігання зіткненню суден є важливим для розробки та впровадження ефективних стратегій та інструментів для підвищення безпеки судноводіння. Такі моделі та алгоритми можна використовувати для оцінки ризику зіткнення двох або більше суден у конкретній ситуації. Аналізуючи такі фактори, як швидкість судна, курс і відстань, ці моделі можуть дати уявлення про можливість зіткнення. Їх також можна використовувати для планування безпечних і ефективних переходів суден, беручи до уваги такі фактори, як погодні умови, морські течії та інші небезпеки, щоб уникнути потенційних ризиків. Вони також сприяє розробці систем запобігання зіткненням, які можуть автоматично виявляти потенційні ризики зіткнень і реагувати на них шляхом аналізу даних з різних джерел, навігаційного обладнання, щоб надавати попередження та рекомендації щодо дій і маневрів, а також враховувати такі фактори, як людські помилки та втома, поломок систем зв'язку, а також надати рекомендації щодо мінімізації цих ризиків, тим самим покращуючи безпеку суден та їхніх екіпажів [316].

Людська помилка є суттєвим фактором у більшості зіткнень, причому найпоширенішими причинами є некоректний обмін інформацією, недостатня обізнаність про ситуацію та недотримання правил і норм. Важливо зауважити, що ці статистичні дані представляють лише зареєстровані інциденти, а фактична кількість зіткнень може бути вищою через заниження чи відсутність даних. Крім того, серйозність зіткнень може бути різною: від незначних пошкоджень суден до катастрофічних подій, що призводять до загибелі людей і значної шкоди навколишньому середовищу [317].

Людська помилка є одним із найбільш значущих і поширених факторів, що впливають на виникнення аварій. Кілька досліджень підтверджують цю гіпотезу. Наприклад, згідно з дослідженням, проведеним Міжнародною асоціацією

повітряного транспорту (IATA), людські помилки спричинили 57% усіх авіаційних інцидентів і аварій у всьому світі. Крім того, окреме дослідження, опубліковане в журналі Safety Science, показало, що 64 % авіаційних аварій були спричинені людською помилкою, а 24 відсотки були спричинені поєднанням людської помилки та технічних збоїв [318-320].

Дослідження "Людський фактор як причина аварій та інцидентів у транспортній галузі" було проведено Консультативною радою ООН з безпеки на транспорті та опубліковано в 2019 році та вказує на те, що людські помилки є основною причиною аварій та інцидентів у транспортній галузі. Також наводяться інші статистичні дані, які підтверджують цей факт. Наприклад, в аваріях та інцидентах, які сталися в авіаційній промисловості між 2013 і 2018 роками, людська помилка була причиною 70% випадків. Узагальнюючи практичний досвід, статистичні дані та численні дослідження з цього питання, основні причини представлені в табл.5.3.

Таблиця 5.3 - Найбільш поширені причини зіткнень суден

Причина	Характеристика причини
Людська помилка	Найпоширенішою причиною зіткнення суден є людська помилка, яка може включати помилки в навігації, комунікації, судженні або в дотриманні процедур безпеки
Несправність обладнання	Відмова або несправне обладнання, наприклад двигуни, системи рульового управління або радар, може спричинити зіткнення
Метеорологічні умови	Штормова або туманна погода може ускладнити видимість інших суден і може призвести до втрати контролю та зіткнення суден
Неналежне технічне обслуговування	Неякісне обслуговування судна, відсутність сервісних робіт обладнання, несправності обладнання підвищують ймовірність зіткнень
Висока інтенсивність руху	Водні шляхи з інтенсивним рухом можуть призвести до скупчення суден, ускладнюючи навігацію і процес уникнення зіткнення
Неправильні припущення	Помилкові припущення про рух або наміри інших суден можуть бути неправильними, що призведе до зіткнень
Погане спілкування	Непорозуміння або недомовленість між суднами можуть призвести до зіткнень
Відволікання уваги	Відволікання, як втома, користування мобільним телефоном або інші відволікаючі фактори, можуть призвести до того, що штурмани втрачають увагу тим самим підвищуючи ризик небезпечного зближення
Навмисні дії	У деяких випадках зіткнення суден може бути навмисним, наприклад у випадках піратства чи терористичних атак

Таким чином, на основі багатьох досліджень і статистичних даних можна зробити висновок, що помилка людини є однією з найбільш значущих причин нещасних випадків у різних галузях промисловості.

Людська помилка часто згадується як фактор, що сприяє багатьом морським аваріям. Однак важко точно визначити ймовірність людської помилки в таких нещасних випадках, оскільки існує багато різних факторів, які можуть впливати на ймовірність виникнення нещасного випадку. Тим не менш, було проведено багато досліджень і аналізів на цю тему, які дають певне уявлення про роль людської помилки в морських аваріях. Наприклад, дослідження, яке проведене Міжнародною морською організацією (ІМО), показало, що помилка людини є причиною понад 75% усіх морських аварій. Подібним чином у звіті відділу розслідування морських аварій Великої Британії (МАІВ) зазначено, що людська помилка була причиною 65% аварій, які вони розслідували між 2005 і 2015 роками. Однак варто зазначити, що ці цифри можуть змінюватися залежно від конкретного типу аварії, а також інші фактори, такі як досвід та підготовка екіпажу. Хоча важко назвати точну цифру ймовірності людської помилки в морських аваріях, очевидно, що вона відіграє значну роль у багатьох із них. Тому важливо продовжувати зосередження на вдосконаленні культури безпеки, навчанні та технологіях, щоб зменшити ймовірність людської помилки.

Розрахунок ймовірності людської помилки (HER) — це спосіб оцінки ймовірності або ймовірності того, що людина-оператор зробить помилку під час виконання конкретного завдання. Рівняння HER враховує ряд факторів, які можуть впливати на продуктивність людини, наприклад складність завдання, досвід оператора, робоче навантаження та фактори навколишнього середовища [321]. Існують різні формулювання рівняння HER, але загальноприйнятою є наступна:

$$HER = \frac{G \cdot S}{T \cdot I \cdot R \cdot E \cdot H} \quad (5.9)$$

де T - коефіцієнт складності завдання; I - коефіцієнт досвіду оператора; R - фактор надійності завдання; E - фактор навколишнього середовища; H - фактор

робочого навантаження; G - загальний фактор (загальний рівень людських помилок); S - ситуаційний фактор.

Кожному з цих факторів присвоюється числове значення на основі різних критеріїв і факторів, а результуюче значення НЕР зазвичай виражається у відсотках або десяткових дробах. Важливо зазначити, що рівняння НЕР є лише інструментом для оцінки ймовірності людської помилки, і воно має обмеження та невизначеності. Інші фактори, які можуть впливати на продуктивність людини, такі як мотивація, навчання та індивідуальні відмінності, явно не включені в рівняння.

Визначення ймовірності людської помилки (НЕР - Human Error Probability) є однією з методик в області ризикового аналізу. Цей підхід спрямований на ідентифікацію та квантифікацію ризиків, пов'язаних з людськими помилками, і дозволяє розробникам та інженерам впроваджувати заходи для зменшення ймовірності цих помилок.

Розглянемо ці значення та їх вплив на загальний (НЕР), де умовно приймемо такі дані, що представлені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 - Фактори впливу на ймовірність людської помилки

Фактори впливу	Призначення	Вплив на НЕР
Коефіцієнт складності завдання ($T=10$ годин)	Цей коефіцієнт враховує складність завдання	За умовою, чим більше годин для виконання завдання, тим більше його вплив на НЕР
Коефіцієнт досвіду оператора ($I=5$ років)	Він враховує досвід оператора	Значення 5 років свідчить про те, що оператор має вже певний досвід, що може зменшити ймовірність помилок
Фактор надійності завдання ($R=1.2$)	Вказує на те, наскільки завдання є надійним	Значення більше 1 вказує на покращену надійність завдання
Фактор навколишнього середовища ($E=0.8$)	Враховує вплив навколишнього середовища на виконання завдання	Значення менше 1 може свідчити про менш сприятливі умови
Фактор робочого навантаження ($H=1.5$)	Показує, як робочий навантаження впливає на ймовірність помилок	Значення більше 1 вказує на велике робоче навантаження
Загальний фактор ($G=0.9$)	Це загальний рівень людських помилок	Значення менше 1 вказує на зменшення загального рівня помилок
Ситуаційний фактор ($S=1$)	Враховує вплив ситуації на виконання завдання	Значення 1 означає, що ситуація не впливає на ймовірність помилок

Розрахунок НЕР, є складовою частиною інженерного підходу до аналізу надійності та безпеки систем який використовуються для розробки та вдосконалення систем, щоб забезпечити їх ефективність та безпеку.

Використовуючи рівняння (5.9) з цими значеннями можна обчислити НЕР, адже кожен з цих факторів має свій внесок у загальний рівень ймовірності людських помилок. Графік представлений на рис. 5.12, відображає вплив різних факторів на ймовірність помилок людей у виконанні завдань. Кожен стовпець представляє собою окремих фактор, такий як коефіцієнт складності завдання, досвід оператора, надійність завдання та інші. Висота кожного стовпця відображає відносний внесок цього фактору в розрахунки НЕР.

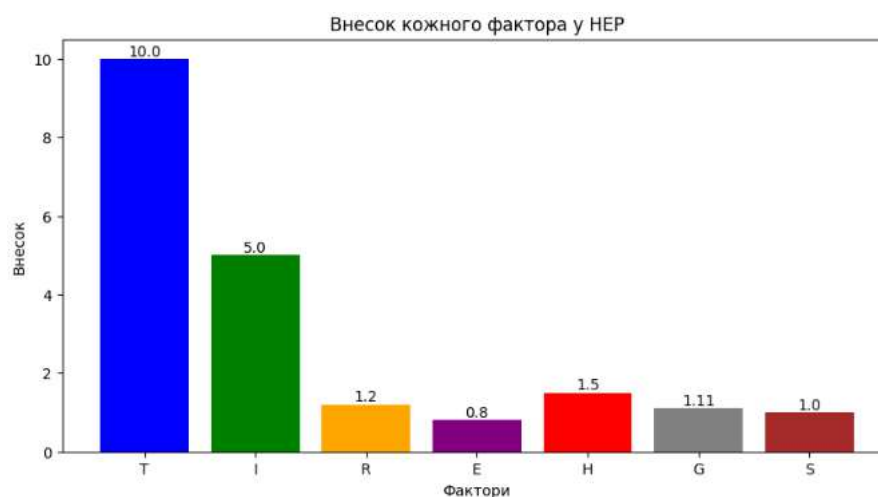


Рисунок 5.12 - Вплив факторів на загальний НЕР

Наприклад, якщо висота стовпця для фактору (T) - 10 годин, це означає, що цей фактор вносить 10 годин у НЕР. Порівняння висот стовпців дозволяє визначити, які фактори мають більший або менший внесок у НЕР. Наприклад, якщо стовпець для фактору (H) вищий, ніж для фактору (E), це означає, що робоче навантаження (H) вносить більший внесок. Графік також дозволяє візуально оцінити взаємодію різних факторів. Наприклад, якщо фактор (G) (загальний рівень людських помилок) є оберненим, то його висота покаже, наскільки низьким є загальний рівень помилок.

Ймовірність людської помилки під час зіткнення судна може залежати від широкого кола факторів, таких як навички та досвід екіпажу, складність судна та

його систем, стан моря та погода, а також присутність інших суден або перешкоди поблизу. Немає точної ймовірності, яку можна приписати людській помилці під час зіткнення судна, оскільки вона змінюється залежно від конкретних обставин кожного інциденту. Однак широко визнається, що людська помилка є значним фактором багатьох зіткнень на морі, і постійно докладаються зусилля для вдосконалення навчання, процедур і технологій, щоб зменшити ймовірність таких інцидентів. Структура людських помилок, які можуть призвести до зіткнення, представлена на рис. 5.13.



Рисунок 5.13 - Структура помилок, які можуть призвести до зіткнення

З метою мінімізації ризику людської помилки та попередження зіткнення суден, вживаються різні заходи, включаючи належне навчання екіпажу, впровадження ефективних протоколів навігації та зв'язку, регулярне технічне обслуговування обладнання та систем судна, а також використання передових технологій у системи радіолокації та автоматичної ідентифікації цілей [322-324].

Технології, які використовуються для зниження ймовірності зіткнення суден, зокрема:

1. Система автоматичної ідентифікації (AIS), система відстеження, яка використовує транспондери на суднах для передачі їх положень, курсу та швидкості іншим суднам і береговим станціям. Це дозволяє на судні спостерігати розташування та рух інших суден поблизу, допомагаючи уникнути зіткнень.

2. Радіолокація, яка використовує енергію електро-магнітних хвиль для виявлення та визначення місцезнаходження об'єктів, у тому числі інших суден. Використання РЛС на судні дозволяє визначити ризик потенційного зіткнення та вжити заходів для його уникнення.

3. Електронна навігаційна інформаційно-картографічна система (ECDIS), комп'ютерна навігаційна система, яка використовує цифрові карти для відображення положення судна та його оточення та надавати сповіщення, якщо існує загроза зіткнення з іншим судном або перешкодою.

4. Система запобігання зіткненням (CAS) — це система, яка використовує датчики для виявлення можливих зіткнень і автоматично коригує курс і швидкість судна, щоб уникнути їх.

5.6. Оцінка ймовірності зіткнення суден для обґрунтування ефективності методів за засобів її зменшення

Ймовірність зіткнення суден може бути зменшена шляхом включення цих технологій і ймовірність зіткнення може бути математично змодельована за допомогою теорії ймовірностей. Рівняння ймовірності зіткнення судна (P_c) можна виразити як:

$$P_c = \frac{(P_i \cdot P_{md}) \cdot (1 - P_s)}{(1 + e^{-k(t-T/2)})} \quad (5.10)$$

де P_i - ймовірність перетину шляхів двох суден; P_{md} - ймовірність того, що одна з систем запобігання зіткненню не зможе виявити інше судно; P_s - ймовірність успішного уникнення зіткнення після виявлення; k - коефіцієнт, що визначає швидкість зменшення ймовірності зіткнення з часом; t - час, пройдений з моменту виявлення ситуації; T - час, за який ймовірність зіткнення зменшується до мінімального рівня.

Уникнення зіткнень суден передбачає використання математичних моделей для прогнозування поведінки суден і визначення оптимального курсу дій

попередження ситуацій небезпечного зближення. Існує кілька типів моделей, які використовуються для запобігання зіткненню суден, включаючи кінематичні моделі, які описують рух судна за допомогою таких параметрів, як швидкість, курс і швидкість повороту. Кінематичні моделі можна використовувати для прогнозування майбутнього положення судна на основі його поточного положення та курсу. Динамічні моделі, які враховують сили, що діють на судно, наприклад вітер, течія та хвилі, щоб передбачити його рух. Такі моделі є складнішими за кінематичні, але вони забезпечують більш точне передбачення поведінки судна. Ймовірнісні моделі, які використовують статистичні методи для оцінки ймовірності зіткнення та враховують такі фактори, як швидкість і курс інших суден у цьому районі, а також фактори навколишнього середовища, такі як видимість і стан моря. Крім того, моделі машинного навчання використовують алгоритми для вивчення закономірностей із історичних даних і прогнозування майбутніх результатів та можна використовувати для прогнозування поведінки інших суден і визначення найкращого курсу дій, щоб уникнути зіткнення. На додаток до цих моделей, процес запобігання зіткненню суден також покладається на різні датчики та комунікаційні технології, щоб виявляти інші судна в цьому районі та підтримувати контакт з ними, щоб уникнути зіткнень.

Крім того, можна використовувати кілька математичних методів, з метою запобігання зіткненню суден, наприклад, алгоритми уникнення зіткнень, які використовують дані в реальному часі від РЛС, GPS та інших пристроїв для розрахунку швидкості, напрямку та близькості інших суден. На основі цієї інформації алгоритм передбачає можливі сценарії зіткнень і надає рекомендації дії, щоб їх уникнути. Наступні методи набули поширення:

- Диференційна глобальна система позиціонування (DGPS), яка використовується для підвищення точності позиціонування GPS, яка передбачає використання наземних опорних станцій, які передають сигнали корекції на GPS-приймачі, встановлені на суднах.

- Використання AIS як системи відстеження, яка використовується суднами для обміну даними між собою та з береговими засобами, яка надає

інформацію в режимі реального часу про положення, курс, швидкість та ідентичність інших суден у цьому районі, надаючи додаткову інформацію суднам.

– Програма оптимізації маршруту, яка використовує математичні моделі для оптимізації маршрутів і уникнення ділянок, де ризик зіткнення є вищим. Ці моделі враховують такі фактори, як вітер, течії та інші умови навколишнього середовища, а також специфіку руху та інші навігаційні обмеження.

– Час до найближчої точки зближення (ТСРА) — це математичний метод, який використовується для розрахунку часу, який знадобиться двом суднам, щоб досягти найближчої точки зближення. Відстежуючи ТСРА, судна можуть завчасно вжити заходів, щоб уникнути зіткнень.

Використання математичних методів сприяє підвищенню безпеки судноводіння та зменшенню ризику зіткнення суден. Важливо врахувати, що ці методи не повинні розглядатися як єдиний засіб в навігації, але як додатковий інструмент для допомоги судноводіям для уникнення зіткнень. Необхідно комбінувати різні підходи з практичними знаннями та досвідом, а також дотримуватися МПЗЗС-72 (Міжнародних правил запобігання зіткненню суден) для забезпечення безпечного та ефективного процесу навігації. Поєднання цих елементів сприяє вдосконаленню процесів прийняття рішень на суднах та забезпечує оптимальний рівень безпеки у морських умовах.

Як приклад, узагальнюючи результати досліджень методів математичного моделювання руху суден, у загальному вигляді можна представити виразом [38]:

$$Mv + C(v)v + D(v)v + G(p) = G_0 + L(m) + L(s) \quad (5.11)$$

де M - матриця інерції системи (з урахуванням приєднаних мас); $C(v)$ - узагальнена матриця Коріоліса (включаючи приєднані маси); $D(v)$ - фрикційна матриця; G - вектор сил і моментів ваги і плавучості; $L(m)$ - результуючий вектор керуючих сил; G_0 - вектор диференціювання (баластний контроль); $L(s)$ -

результуючий вектор зовнішніх сил; v - вектор лінійної та кутової швидкостей судна; $G(p)$ - вектор положення та орієнтації судна.

Таким чином математичне моделювання руху суден відбувається за алгоритмом представленим на рис.5.14.

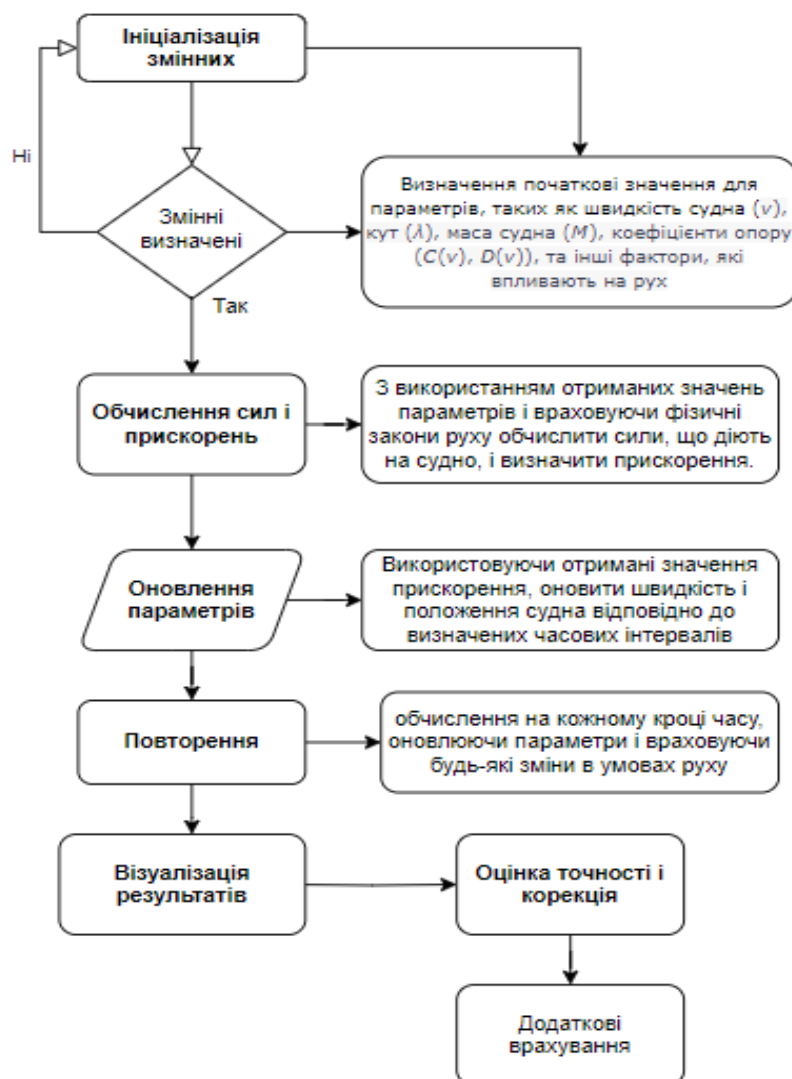


Рисунок 5.14 - Алгоритм математичного моделювання руху суден

Однією з запропонованих моделей для уникнення зіткнення суден може бути так звана модель "відкритого моря", яка заснована на використанні різноманітних сучасних технологій, такі як системи автоматичної ідентифікації (AIS), радіолокаційних, супутникових систем та інших сенсорних систем. Ці технології дозволяють збирати дані про рух суден в реальному часі та використовувати їх для прогнозування та управління рухом суден з метою запобігання зіткненням. В моделі використовується розрахунок очікуваного

положення кожного судна на основі його поточного положення, швидкості та курсу, а також швидкості та курсу інших суден поблизу, обчислюється відстань між кожною парою суден і визначається, чи існує загроза зіткнення. Якщо загроза існує, надаються рекомендації щодо зміни швидкості та напрямку кожного судна, щоб уникнути зіткнення, базові елементи цієї моделі виглядають наступним чином:

1. Розрахунок очікуваного положення судна:

$$\begin{aligned} X_{\text{exp}} &= X_{\text{cur}} + V \cdot \cos(\theta) \cdot \Delta t \\ Y_{\text{exp}} &= Y_{\text{cur}} + V \cdot \sin(\theta) \cdot \Delta t \end{aligned} \quad , \quad (5.12)$$

де X_{cur} і Y_{cur} - поточне положення судна; V – швидкість; θ – курс; Δt - часовий крок.

2. Розрахунок відстані між суднами:

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (5.13)$$

де X_1, Y_1 і X_2, Y_2 - координати двох суден;

3. Рекомендації для уникнення зіткнення:

Якщо визначена загроза зіткнення, рекомендації можуть включати зміну швидкості (V_{new}) або курсу (θ_{new}):

$$\begin{aligned} V_{\text{new}} &= V_{\text{current}} + \Delta V \\ \theta_{\text{new}} &= \theta_{\text{current}} + \Delta \theta \end{aligned} \quad (5.14)$$

Зміни можуть бути розраховані на основі відстані, швидкості і курсу інших суден, а також власної швидкості та курсу.

Одним з методів, які дозволяють точно розрахувати відстань між двома точками на поверхні Землі є формули Вінсента, в яких використовується довжина та азимут геодезичної лінії між суднами. Ці формули більш точні, ніж простіші вирази, які припускають, що Земля є ідеальною кулею і можуть бути виражені в різних формах, але узагальнено має такий вигляд:

Нехай a – велика піввісь Землі, b – мала велика піввісь Землі, $f = 1 - b/a$ (наближене стиснення Землі), $L = \lambda_2 - \lambda_1$ (різниця довгот), $U_1 = \arctan((1 - f) \tan(\varphi_1))$ - (зменшена широта для точки 1), $U_2 = \arctan((1 - f) \cdot \tan(\varphi_2))$ (зменшена широта для точки 2), $\lambda = L$ (початкове наближення для довготи), $\lambda_{i+1} = \lambda + \Delta\lambda$ - (нова довгота, обчислена ітераційно), тоді

$$\sin \sigma = \sqrt{(\cos U_2 \sin \lambda_{i+1})^2 + (\cos U_1 \sin U_2 - \sin U_1 \cos U_2 \cos \lambda_{i+1})^2} \quad (5.15)$$

$$\cos \sigma = \sin U_1 \cdot \sin U_2 + \cos U_1 \cdot \cos U_2 \cdot \cos \lambda_{i+1} \quad (5.16)$$

$$\sin \alpha = \frac{\cos U_1 \cdot \cos U_2 \cdot \sin \lambda_{i+1}}{\sin \sigma} \quad (5.17)$$

$$\cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha \quad (5.18)$$

$$\cos 2\sigma_m = \cos \sigma - \frac{2 \sin U_1 \sin U_2}{\cos^2 \alpha} \quad (5.19)$$

$$C = \frac{f}{16} \cos^2 \alpha (4 + f(4 - 3 \cos^2 \alpha)) \quad (5.20)$$

$$\Delta\lambda = L + (1 - C)f \sin \alpha (\sigma + C \sin \sigma (\cos 2\sigma_m + C \cos \sigma (-1 + 2 \cos^2 2\sigma_m))) \quad (5.21)$$

Відстань між точками буде:

$$s = b \cdot (1 - f) \cdot A \quad (5.22)$$

де φ_1 і λ_1 - широта і довгота першої точки, φ_2 і λ_2 - широта і довгота другої точки, $\Delta\lambda$ - варіація довготи, s - відстань між двома точками, A - азимут (напрямок руху) від першої точки до другої точки, σ - центральний кут між двома точками на поверхні Землі, α - початковий азимут (напрямок).

Щоб обчислити відстань між двома точками на поверхні Землі за формулами Вінсента, потрібно послідовно вирішити систему рівнянь ітераційним методом:

- 1) Обчисліть приведену широту U_1 та U_2 для кожної точки.
- 2) Використовуючи початкове наближення для довготи λ , обчисліть нову довготу λ_{i+1} .
- 3) Обчисліть центральний кут σ , а також початковий азимут α .
- 4) За допомогою σ і α обчисліть відстань s між точками.

Якщо отримане значення s досить близько до бажаної відстані, це вважається кінцевим результатом. Якщо ні, використовується s для обчислення нового наближення для довготи λ і повторюються кроки 2-4, доки не досягається бажана точність.

Використання методу заснованому на формулах Вінсента для точного розрахунку відстані та азимуту між суднами на поверхні Землі має кілька важливих аспектів у контексті процесу уникнення зіткнення суден:

- врахування еліпсоїдальної форми земної кули, що дозволяє більш точно визначати відстань та напрямок між двома суднами, що критично важливо для процесу навігації, особливо на великих відстанях або в складних навігаційних умовах;
- точні розрахунки азимуту (напрямку руху) дозволяє коректно планувати маршрут переходу, уникаючи потенційних зон зіткнення особливо при проходженні через вузькі протоки або підході до портів;
- точне визначення відстані та курсу між суднами допомагає оцінити ризик зіткнення на підставі поточних навігаційних даних;
- при прийнятті рішення щодо маневрів уникнення зіткнення дозволяє здійснити необхідні зміни курсу з мінімальними витратами палива та часу забезпечуючи ефективне та безпечне маневрування;
- інтеграція алгоритму Вінсента в навігаційні системи суден покращує автоматичне управління курсом і роботу систем попередження зіткнень (Collision Avoidance Systems), роблячи їх більш точними та надійними.

5.7. Оцінка ризику, способи та алгоритми уникнення зіткнення суден

Визначення ризику зіткнення суден є складним процесом, який включає різні фактори, такі як інтенсивність руху суден, погодні умови, маневреність судна та правила МПЗЗС. Для моделювання ризику зіткнення суден можна використовувати кілька підходів, включаючи ймовірнісні та детерміновані моделі. Як приклад концептуальна основа визначення ризику, представлена на рис. 5.15.

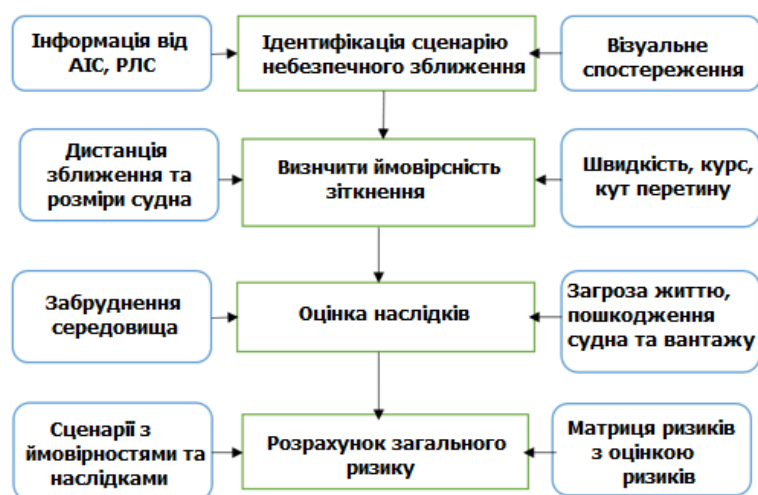


Рисунок 5.15 - Концептуальна основа визначення ризику

Першим кроком даної структури є визначення потенційних сценаріїв зіткнень, таких як загроза зіткнення, небезпечне зближення, перетин курсу. Кожен сценарій має свої специфічні фактори ризику, такі як відносна швидкість, кут перетину курсу, відстань і розміри судна. Для кожного сценарію з оцінкою загрози зіткнення необхідно оцінити таку ймовірність, враховуючи відповідні фактори ризику. Наприклад, час зіткнення в ситуації коли судна йдуть одне на одного можна розрахувати на основі відносної швидкості та відстані між суднами, далі визначити наслідки зіткнення, враховуючи розмір, швидкість і ймовірний вантаж судна. Наприклад, зіткнення великого нафтового танкера та маленького рибальського човна може мати важкі наслідки, тоді як зіткнення двох невеликих човнів може призвести до незначних пошкоджень. Нарешті, обчислити загальний ризик зіткнення, поєднавши ймовірність і наслідки кожного зі сценаріїв зіткнення.

Це можна зробити за допомогою матриці ризиків, яка призначає оцінку ризику кожному сценарію на основі його ймовірності та наслідків.

Цю структуру можна вдосконалити шляхом включення таких факторів, як маневреність судна, погодні умови та щільність руху. Це забезпечить простий, але ефективний підхід до визначення ризику зіткнення суден і може бути використаний для оцінки ефективності заходів безпеки та правил.

Визначення ризику зіткнення використовується при розрахунку ймовірності зіткнення двох об'єктів. Він враховує такі фактори, як відносна швидкість і відстань між двома об'єктами, а також їх розмір і напрямок руху. Загальноприйнятим способом розрахунку ризику зіткнення є формула ризику зіткнення (CRF – collision risk formula) [325-327].

$$R = \frac{E - F}{(A + B) \cdot (C + D)} \quad (5.23)$$

де R - ризик зіткнення; A - площа поперечного перетину об'єкта (тобто його видимий розмір, якщо дивитися з іншого об'єкта); B - відносна швидкість двох об'єктів; C - час, протягом якого об'єкти очікуються залишаються в радіусі дії один одного; D - відстань між двома об'єктами; E, F – може використовуватися для декількох різних цілей, таких як характеристика рухомих об'єктів, визначення певних умов або параметрів, що впливають на ризик зіткнення.

Цей вираз, є звичайним наближенням, яке використовує чотири фактори для оцінки ризику зіткнення:

A - ймовірність зіткнення двох суден, якщо вони збережуть поточні курси та швидкість; B - ймовірність того, що судна не виявлять одне одного вчасно, щоб уникнути зіткнення; C - ймовірність того, що судна не зможуть вчасно вжити заходів ухилення, щоб уникнути зіткнення, навіть якщо вони виявлять один одного; D - час, який знадобиться для зіткнення суден, якщо вони зберігають поточні курси та швидкість.

У розрахунках ризику зіткнення (CRF) враховуються різноманітні фактори, такі як швидкість, курс і відстань між суднами, а також розмір і маневреність

кожного з них аде цей метод є лише одним з можливих підходів до обчислення ризику зіткнення, і в конкретних ситуаціях може бути необхідно враховувати інші фактори. Крім того, це всього лише оцінка, і реальний ризик зіткнення може бути вищим або нижчим, оскільки виникають різні невизначеності та змінні. Ризик зіткнення суден можна представити у вигляді ймовірності зіткнення, помноженої на наслідки такого зіткнення. Для мінімізації ризику потрібно зменшити або ймовірність зіткнення, або наслідки зіткнення, або обидва ці аспекти.

Є кілька факторів, які можуть вплинути на ймовірність зіткнення, наприклад видимість, щільність руху, погодні умови, швидкість судна та людська помилка. Для мінімізації ймовірності зіткнення, можна вжити таких заходів, як вдосконалення навігаційних систем, покращення протоколів зв'язку та впровадження систем запобігання зіткненням. Але наслідки зіткнення також можна зменшити за допомогою таких заходів, як оснащення судна відповідним обладнанням та системами безпеки, забезпечення належної підготовки екіпажу та впровадження планів реагування на надзвичайні ситуації.

Однією з моделей уникнення зіткнення суден на базі МПЗЗС є наступна:

1. Визначення ризику зіткнення. Першим кроком до уникнення зіткнення є визначення ризику зіткнення, що передбачає спостереження за положенням, курсом, швидкістю та відносним рухом іншого судна (візуальне, радіолокаційне, за допомогою AIS, прослуховування звукових сигналів), як чітко зазначено в Правилі 7 (пеленг за компасом), де відстань можна визначити наступним чином:

$$D = 1,852 \times T \times \sqrt{h_1 + h_2} \times V_1 \times V_2 \times M \quad (5.24)$$

де D - відстань між двома суднами, морські милі; T - час до найближчої точки підходу (CPA), год.; h_1 - висота ока спостерігача над рівнем моря, м; h_2 - висота ока спостерігача другого судна над рівнем моря; V_1 - швидкість першого судна, вузли; V_2 - швидкість другого судна, вузли; M - коефіцієнт маневреності судна.

Коефіцієнт маневреності судна - показник, який характеризує здатність судна виконувати різні маневри та змінювати напрямок руху. Він визначається різними факторами, такими як форма корпусу, розміри, наявність підрулюючих пристроїв, потужність двигунів та інші параметри.

Один із способів визначення коефіцієнта маневреності - це використання індексу маневреності (Maneuvering Index - *MI*):

$$MI = \frac{1}{2} \times (A \times L \times \sqrt{C_b}) \quad (5.25)$$

де *MI* - індекс маневреності; *A* - площа поперечного перетину корпусу; *L* - найбільша довжина корпусу; *C_b* - коефіцієнт повноти судна.

2. Послідовність дій для уникнення зіткнення. Якщо ризик зіткнення високий, штурманський склад повинен вжити заходів, задля його уникнення спираючись зокрема на правила 8, 14, 15 – МПЗЗС.

3. Спостереження за ситуацією. Після вжиття заходів для уникнення зіткнення необхідно продовжувати стежити за ситуацією, щоб переконатися, що ризик зіткнення зменшено або усунуто. Це може включати коригування курсу та швидкості судна, а також підтримання радіообміну з іншим судном.

4. У випадку ситуації небезпечного зближення або розходження на критично близької відстані необхідно зафіксувати інцидент у судновий журнал для визначення будь-які тенденцій або областей для вдосконалення процедур запобігання зіткненням судна.

Одним із запропонованих способів може бути інший алгоритм уникнення зіткнення, заснований на основі МПЗЗС-72, який визначає порядок уникнення зіткнень та складається з наступних кроків:

1. Пошук рішень щодо уникнення ситуації небезпечного зближення через системний аналіз параметрів, таких як положення, швидкість та курс власного судна та інших суден у навколишньому оточенні.

2. Врахування визначеного ризику та вжиття відповідних заходів безпеки судноводінн на основні трьох типів дій: зміна курсу, зміна швидкості та виконання будь-яких інших необхідних кроків для запобігання зіткненню.

3. Під час застосування заходів уникнення зіткнення або маневрування слід дотримуватися правил (МППЗС), які регламентують правила руху суден в залежності від їхнього розташування відносно один одного, рис.5.16;

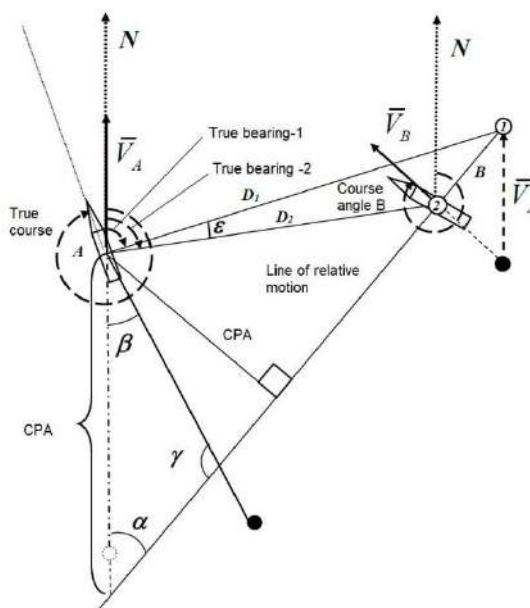


Рисунок 5.16 - Визначення параметрів руху цілі і вибір маневру [328]

Для розроблення стратегій уникнення зіткнення суден можна скористатися низкою рівнянь і алгоритмів. Одним із поширених підходів є обчислення найближчої точки зближення (CPA) між двома суднами, тобто точки, у якій відстань між ними є мінімальною. CPA можна розрахувати за допомогою рівняння (5.26):

$$CPA = D - \frac{X_1 V_1 + X_2 V_2}{V_1^2 + V_2^2} \cdot V_1 \quad (5.26)$$

де D - відстань між двома суднами в даний момент часу; X_1, X_2 - положення двох суден в даний момент часу; V_1, V_2 - швидкості двох суден в даний момент часу.

Дане рівняння можна використовувати для прогнозування CPA та визначення меж небезпечних курсів. Якщо прогнозований CPA нижче певного

порогу, відбувається вжиття заходів для уникнення зіткнення на базі наступного алгоритму:

1. Відстань між двома суднами (D):

$$D = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2} \quad (5.27)$$

де X_1 і Y_1 — координати власного судна, а X_2 і Y_2 — координати іншого судна.

2. Відносний пеленг на інше судно (RB):

$$RB = \text{atan2}(X_2 - X_1, Y_2 - Y_1) - H_{own} \quad (5.28)$$

де H_{own} - курс власного судна.

3. Час до точки ймовірного контакту (Tc):

$$Tc = D / (S_{own} - S_t) \quad (5.29)$$

де S_{own} — швидкість власного судна, S_t — швидкість цілі (швидкість іншого судна).

4. Ризик зіткнення (R):

$$R = CPA / T CPA \quad (5.30)$$

Де CPA - найближча точка зближення, $T CPA$ - час до найближчої точки зближення.

Ідея останнього виразу полягає в тому, що ризик зіткнення зростає, коли CPA та $T CPA$ зменшується, тобто ризик зіткнення пропорційний відношенню CPA до $T CPA$.

Іншим прикладом можуть бути математичні алгоритми, які також можна використовувати для запобігання зіткненню суден, і вони залежать головним чином від деяких факторів відповідно до кожному конкретному алгоритмі, який реалізується, наприклад, алгоритм запобігання зіткненню (САА), який обчислює потенційний час зіткнення ($T CPA$) і відстань (CPA) двох суден, а на базі цього генерує новий курс, для уникнути зіткнення. Формули, які використовуються в цьому алгоритмі, містять відстань (D) між двома суднами (5.27) і відносну швидкість (V) між двома суднами:

$$V = \sqrt{(D_2 - D_1)^2 + (V_2 - V_1)^2} \quad (5.31)$$

У цьому випадку час до найближчої точки зближення (ТСПА):

$$TSPA = -\frac{D_1 \cdot (X_2 - X_1) + V_1 \cdot (Y_2 - Y_1)}{V_2} \quad (5.32)$$

Відстань до найближчій точці зближення (СПА):

$$SPA = \sqrt{(X_2 - X_1 - C_1 \cdot TSPA)^2 + (Y_2 - Y_1 - V_1 \cdot TSPA)^2} \quad (5.33)$$

Новий курс ухилення (NEC):

$$NEC = \text{atan2}(Y_2 - Y_1 - C_1 \cdot TSPA, X_2 - X_1 - V_1 \cdot TSPA) \quad (5.34)$$

Алгоритми штучного потенційного поля (APF - Artificial Potential Field) стають все більш поширеними: вони моделюють середовище навколо судна як потенційне поле, де перешкоди створюють сили відштовхування, а ціль створює сили тяжіння. Потім судно слідує за градієнтом потенційного поля, щоб рухатися заданим курсом, уникаючи перешкод. Іншим прикладом є алгоритм векторної гістограми поля (VFH - Vector Field Histogram), який використовує лазерний далекомір для створення полярної гістограми перешкод навколо судна, а потім створює векторне поле для спрямування судна заданим курсом, уникаючи перешкод. Зрештою, алгоритми, які використовуються для запобігання зіткненню суден, вимагають урахування таких факторів, як тип датчика та доступність даних, розмір і маневреність судна, а також складність і різноманітність середовища.

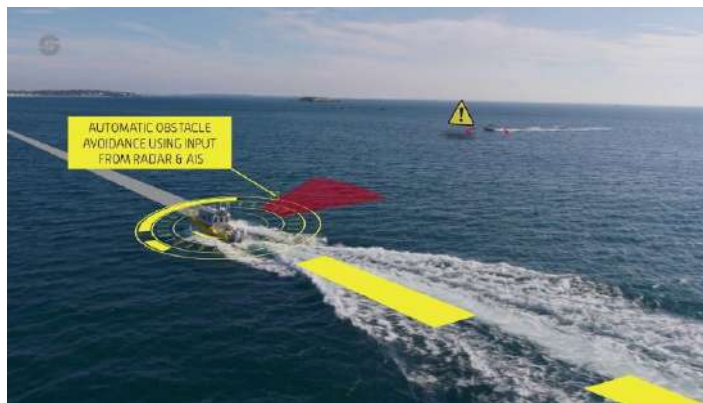


Рисунок 5.17 – Сучасні технології запобігання зіткненню [330]

Штучний інтелект (AI - Artificial Intelligence) має потенціал для значного покращення запобігання зіткненням суден. Насправді системи запобігання зіткненням на основі AI вже активно розробляються та впроваджуються на деяких комерційних суднах. Системи штучного інтелекту можуть використовувати алгоритми машинного навчання для аналізу широкого діапазону даних, у тому числі моделей руху суден, погодних умов і показань датчиків, для прогнозування можливих зіткнень і створення рекомендацій щодо уникнення зіткнень у реальному часі, які базуватися на таких факторах, як швидкість, курс і маневреність судна, а також розмір і траєкторія інших суден у цьому районі. Системи запобігання зіткненням на основі штучного інтелекту також можуть враховувати людські фактори, такі як досвід і підготовка екіпажу судна, щоб надавати індивідуальні рекомендації, які, швидше за все, будуть ефективними для запобігання зіткненням. Однією з ключових переваг систем запобігання зіткнень на основі штучного інтелекту є їх здатність вчитися на минулому досвіді та адаптуватися до нових ситуацій. У міру того, як система обробляє більше даних і стикається з більшою кількістю реальних ситуацій, вона може постійно вдосконалювати свої можливості передбачення зіткнень і уникнення.

Як приклад системи розпізнавання та ідентифікації на основі штучного інтелекту, вона може значно підвищити безпеку навігації суден і є важливим компонентом для автономних систем керування та контролю. Окрім використання вдосконалених алгоритмів штучного інтелекту для аналізу даних із різних джерел, таких як радари та камери, для ідентифікації та відстеження суден у режимі реального часу, є змога класифікувати судна на основі їх типу, розміру та поведінки, що може допомогти судноводіям і автономним системам приймати рішення з точки зору уникнення зіткнень і управління ризиками [330-332].

Зіткнення суден може мати серйозні наслідки залежно від тяжкості зіткнення та типу суден, які беруть участь у ньому. Внаслідок зіткнення суден судна можуть отримати значні пошкодження, починаючи від незначних подряпин і закінчуючи серйозними пошкодженнями корпусу що може призвести до дороговартісного ремонту для судновласників.

Якщо судна перевозять вантаж, у випадку зіткнення існує ризик втрати або пошкодження вантажу. Це може призвести до значних фінансових втрат для вантажовласників і може порушити ланцюги поставок. Зіткнення може спричинити розлив нафти чи інші типи забруднення, що може завдати шкоди морському житті та навколишньому середовищу а зусилля з очищення можуть бути тривалими, дорогими та не зовсім ефективними. Інша проблема це люди, які можуть отримати травми або загинути. Зіткнення суден може призвести до судених суперечок і позовів про відшкодування збитків. Залежно від обставин зіткнення сторони, які беруть участь, можуть бути притягнуті до цивільної або кримінальної відповідальності. Якщо зіткнення відбувається в смузі щільного руху, це може призвести до перебоїв у роботі інших суден у цьому районі, що призведе до затримок і економічних втрат. Нарешті, шкода репутації, яка може завдати шкоди судовласнику або судноплавній компанії, що призведе до втрати бізнесу та потенційно довгострокової шкоди їх бренду.

На практиці найпоширенішим способом уникнення зіткнення судна є постійне візуальне спостереження та за допомогою існуючих засобів, з метою визначення потенційних небезпек чи загроз. Це означає використання всіх доступних засобів, включаючи радіолокаційні системи та системи ідентифікації суден (технологію, яка ідентифікує та відстежує рухи суден у реальному часі), а також використання всіх засобів навігаційного забезпечення, таких як карти, буї та вогні, для безпечного процесу навігації. Також важливо підтримувати зв'язок з іншими суднами, щоб зрозуміти їхні наміри та вжити необхідних заходів, щоб уникнути зіткнення. Безпечна швидкість судна або зниження швидкості руху на інтенсивних ділянках або у вузьких водних шляхах також дозволяє ефективно маневрувати судном згідно правил МППЗС.

Серед ключових факторів, які слід враховувати, є обізнаність про ситуацію, яка має вирішальне значення для уникнення зіткнення. Це включає спостереження за іншими суднами та увагу до будь-яких потенційних небезпек або перешкод, а також відповідну підготовку, яка має вирішальне значення для того, щоб оператори руху та судноводії були обізнані з безпечними навігаційними методами

та протоколами для уникнення зіткнень. Таким чином, мінімізація ризику зіткнення суден вимагає поєднання належної навігації, зв'язку, обізнаності про ситуацію, відповідності та належної підготовки. Враховуючи всі ці фактори, штурманський склад буде у змозі мінімізувати ризик зіткнення та забезпечити навігаційну безпеку.

Як підсумок запропоновані як загальні, так і специфічні характеристики кожного з представлених методів забезпечення безпеки плавання суден, які безсумнівно, сприяють розвитку практичних навичок в частині застосування моделей, методів і алгоритмів запобігання зіткненню суден, що в свою чергу може слугувати основою для розробки та впровадження нових засобів і методів оцінки ризику зіткнення.

Відмінність від існуючих результатів, представлених у цьому дослідженні, полягає в структуруванні та аналізі факторів запобігання зіткненням і методам оцінки ризику для найбільш повного розуміння небезпеки зіткнення та мінімізації потенційних ризиків. Практичне значення цього дослідження може полягати в подальшій розробці та проектуванні автоматичних систем виявлення та реагування на потенційні ризики зіткнення та надання інформації про систему підтримки прийняття рішень без негативного впливу таких факторів, як людський фактор, втома та перешкоди у зв'язку. У порівнянні з раніше дослідженими проблемами забезпечення безпечної експлуатації суден, отримані результати покликані розширити теоретичну базу та систематизувати роботи з даної проблеми в єдиний напрямок досліджень [333].

Незважаючи на численні досягнення в технології та методах, спрямованих на запобігання зіткненням суден, все ще існують деякі проблеми, які не були повністю вирішені. Наприклад, незважаючи на прогрес в автоматизації та навігаційних технологіях, людські помилки залишаються основною причиною зіткнень суден. Погодні умови, обмежена видимість, перевантажені судноплавні шляхи та інтенсивний рух суден, що переміщуються з різною швидкістю та режимом маневрування, труднощі у зв'язку та розумінні також підвищують ризик зіткнення. Складність аспектів морського права та багато різних правил і

положень, що регулюють експлуатацію суден у морі та дотримання цих положень, також сприяють цьому. Незважаючи на численні досягнення в навігаційних технологіях і системах запобігання зіткненням, все ще можуть існувати обмежені або неефективні технології або ситуації за несприятливих погодних умов або коли судна ходять вузькими або обмеженими водними шляхами.

Майбутні тенденції методів запобігання зіткненню суден включають використання дронів і автономних суден для перевірки та моніторингу, щоб зменшити ризик людської помилки, а використання технології блокчейн може бути використано для створення загальної бази даних місцеположення суден, щоб уникнути зіткнень. Віртуальні симулятори та інші передові технології можуть бути ефективними в навчанні екіпажів для різних сценаріїв, і обов'язкове встановлення систем запобігання зіткненням на всіх суднах далеко не повний перелік заходів, які можуть сприяти навігаційній безпеці та зниженню ризику зіткнення.

5.8 Метод визначення маневру розходження судна зміною курсу або швидкості для запобігання зіткненню

Одним із найважливіших завдань сучасного судноплавства є проблема підвищення рівня безпеки на морі та безаварійної експлуатації суден. Аварійність світового флоту безпосередньо впливає на безпеку життя людей на морі та навколишнє середовище. Особливе місце в статистиці аварій, як раніше зазначено, займають зіткнення суден, що зумовлено збільшенням дедевейту суден, зростанням швидкостей і ускладненням умов руху, наявністю навігаційних небезпек, які в комплексі значно ускладнюють процес судноплавства, особливо в прибережних і обмежених водах. Ці фактори сприяють виникненню надзвичайних ситуацій, інцидентів та ситуацій, які, у свою чергу, характеризуються швидкою зміною обставин. Такі особливості процесу навігації вимагають розробки та застосування сучасних методів оперативної та гнучкої оцінки обстановки, а також розробки нових підходів до вибору маневру розходження, у тому числі комп'ютерних та

інформаційних технологій для забезпечення безпеки судноплавства. Таким чином, розробка сучасних методів і способів оперативного визначення маневру розходження для зміни курсу або швидкості судна, якому присвячена дана робота, є важливим напрямком досліджень.

В параграфі даного розділу запропоновано метод оперативного визначення маневру розходження для уникнення зіткнення для зміни курсу судна або зниження його швидкості активним і пасивним гальмуванням. Запропоновано авторський підхід до рекомендацій щодо оптимального маневру розходження та розроблено методику оперативного визначення маневру розходження судна з метою зміни курсу або зниження швидкості за допомогою активного та пасивного гальмування.

Згідно зі звітом Allianz Safety and Shipping Review, представленим у 2019 році, в усьому світі було зареєстровано 41 втрату суден, що на 20% менше, ніж минулого року, і майже на 70% менше, ніж десять років тому. Зросла кількість інцидентів на судноплавстві (2815 випадків). Найпоширенішими причинами аварій на морі є людські помилки та погодні умови, які мають найбільший вплив на виникнення потенційних загроз морській безпеці. Тому якщо не враховувати поломки обладнання, зіткнення в морі залишаються значною загрозою безпеці судноплавства. Аварії внаслідок зіткнення суден є результатом неосвідченості екіпажу, навігаційних помилок, несправності або неправильного використання радіолокаційних систем і, зокрема, відсутності правильних рішень штурманом.

В даний час процес розходження суден в ситуації зближення здійснюється за локально-незалежним принципом управління, тобто кожне із суден стежить за розвитком ситуації, а в разі порушення обмежень компенсація виконується шляхом маневрів обох суден з урахуванням вимог МПЗЗС (COLREG-72). Рівень безпеки процесу розходження судна істотно залежить від способу прийняття рішення щодо вибору безпечного маневру розходження. Це має особливий сенс під час навігації в закритих водах, в умовах, коли необхідні методи швидкого визначення маневру розходження судна, щоб мінімізувати ризик зіткнення.

Безпека процесу розходження значною мірою визначається своєчасним виявленням ситуації зближення, а також оперативним вибором правильного маневру розходження в залежності від реалізованої зустрічної зони взаємних зобов'язань. Якщо є достатній простір, кращим є маневр розходження шляхом зміни курсу судна, але якщо він не може бути здійснений через навігаційні перешкоди, слід застосувати маневр розходження шляхом зміни швидкості судна. У ситуації зближення в замкнутих водах наявність навігаційних небезпек може призвести до неможливості розходитися шляхом зміни курсу та призводить до необхідності маневрування для зменшення швидкості судна. Воно може здійснюватися шляхом активного гальмування, яке забезпечується реверсом головного двигуна, після чого створюється зворотне зусилля гребного гвинта і діє від моменту реверсу до повної зупинки судна або зниження швидкості до певної заданої величини, або пасивним гальмуванням, яке виконується тільки при зупиненому двигуні через опір води. Розглянемо обидва випадки активного гальмування судна для забезпечення безпечного розходження та для розроблення методу оперативного визначення маневру розходження судна з метою зміни курсу або зниження швидкості активним і пасивним гальмуванням.

Як правило, судно на ходу в стандартній ситуації розходження за допомогою маневру змінює один параметр руху: курс або швидкість, залишаючи другий параметр незмінним. Тому для вибору маневру рухомого судна доцільно використовувати одновимірну множину неприпустимих значень параметра маневрування судна з метою розходження.

Таким чином, у випадку маневру ухилення з коригуванням курсу, граничні курси множини неприпустимих значень курсів ухилення M_K визначаються за допомогою виразу, наведеного в [334], враховуючи постійне значення швидкості судна V_1 :

$$K_{yp} = g^{(1)} + \arcsin \frac{V_2 \sin(K_2 - g^{(1)})}{V_1},$$

$$K_{ys} = g^{(2)} + \arcsin \frac{V_2 \sin(K_2 - g^{(2)})}{V_1}, \quad (5.35)$$

де K_{yp}, K_{ys} - граничні значення курсів ухилення, V_1 - постійне значення швидкості судна; K_2 - курс судна; $g^{(1)} = a \cdot \arcsin \frac{d_d}{D}$ і $g^{(2)} = a + \arcsin \frac{d_d}{D}$ - пеленг і відстань між суднами.

Отже, множина $M_K = [K_{yp}, K_{ys}]$, і вибір зміни курсу K_y підлягає умові $K_y \notin M_K$.

У разі застосування маневру розходження шляхом зниження швидкості множина неприпустимих швидкостей M_V обмежена швидкостями V_1 і V_{ly} , і V_{ly} розраховується за виразами, наведеними в [334].

У разі активного гальмування:

$$V_{ly} = \sqrt{\frac{P}{\mu}} \operatorname{tg} \left\{ \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{\mu}{P}} V_1 \right) - \frac{\sqrt{\mu P}}{(1+k)mV_2 \sin K_2} \{ X_1(t) - [\sin(K_{op} + \operatorname{Arcsin} \frac{d_d}{DD_p})] / D_p \} \right\}, \quad (5.36)$$

де

$$X_1(t) = S \sin K_{ly} = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln \left| \frac{V_1^2 + \frac{P}{\mu}}{V_{ly}^2 + \frac{P}{\mu}} \right| \sin K_{ly}, \quad (5.37)$$

$$D_p = \sqrt{(X_1(t) - X_2(t))^2 + (Y_1(t) - Y_2(t))^2}, \quad (5.38)$$

і

$$Y_1(t) = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln \left| \frac{V_1^2 + \frac{P}{\mu}}{V_{ly}^2 + \frac{P}{\mu}} \right| \cos K_{ly}; \quad (5.39)$$

$$X_2(t) = D_0 \sin a_0 + V_2 \sin K_2 \frac{(1+k)m}{\sqrt{\mu P}} \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_1 \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_{ly} \right) \right]; \quad (5.40)$$

$$Y_2(t) = D_0 \cos a_0 + V_2 \cos K_2 \frac{(1+k)m}{\sqrt{\mu P}} \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_1 \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_{ly} \right) \right]. \quad (5.41)$$

У разі пасивного гальмування:

$$V_{ly} = \frac{V_1}{1 + \frac{\mu V_1}{(1+k)mV_2 \sin K_2} \{X_1(t) - [\sin(K_{op} + \text{Arcsin} \frac{d_d}{DD_p})] / D_p \}}, \quad (5.42)$$

де $X_1(t) = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln \left| \frac{V_1^2}{V_{ly}^2} \right| \sin K_{ly}$, D_p визначається виразом (5.37),

$$Y_1(t) = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln \left| \frac{V_1^2}{V_{ly}^2} \right| \cos K_{ly}, \quad (5.43)$$

$$X_2(t) = D_0 \sin a_0 + V_2 \sin K_2 \frac{(1+k)m}{\mu V_o} \left(\frac{V_1}{V_{ly}} - 1 \right),$$

$$Y_2(t) = D_0 \cos a_0 + V_2 \cos K_2 \frac{(1+k)m}{\mu V_o} \left(\frac{V_1}{V_{ly}} - 1 \right). \quad (5.44)$$

У наведених вище виразах використовуються такі позначення: K_{yp} , K_{ys} - граничні значення курсів ухилення, V_1 - постійне значення швидкості судна; K_2 - точки курсу судна P - тяга гвинта; m - маса судна з прикріпленими водними масами; μ - коефіцієнт опору та величина курсу ухилення:

$$K_{op} = \arcsin \frac{V_{ly} \sin K_{ly} - V_2 \sin K_2}{[V_{ly}^2 + V_2^2 - 2V_{ly}V_2 \cos(K_{ly} - K_2)]^{1/2}}. \quad (5.45)$$

Множина $M_V = [V_{ly}, V_1]$, тому вибір швидкості для маневру ухилення здійснюється за вимогою $V_y \notin M_V$. Зазначимо, що оптимальне значення швидкості для маневру ухилення досягається при значенні $V_y = V_{ly}$.

Для вирішення даного питання була розроблена комп'ютерна програма, яка відображає множини M_K і M_V , дозволяє вибрати оптимальний маневр ухилення та перевірити його правильність. Як приклад, ситуація небезпечного зближення, параметри якої $a = 88^\circ$, $K_1 = 45^\circ$, $V_1 = 23$ вуз, $K_2 = 315^\circ$, $V_2 = 20$ вуз.

Після введення параметрів ситуації небезпечного зближення на моніторі відображаються графічні зображення неприйнятних множин M_K і M_V (червоний) у даний момент часу (рис. 5.18), і множина M_K показана горизонтальною червоною лінією на осі курсу судна, в даному випадку від 23° до 76° , тобто

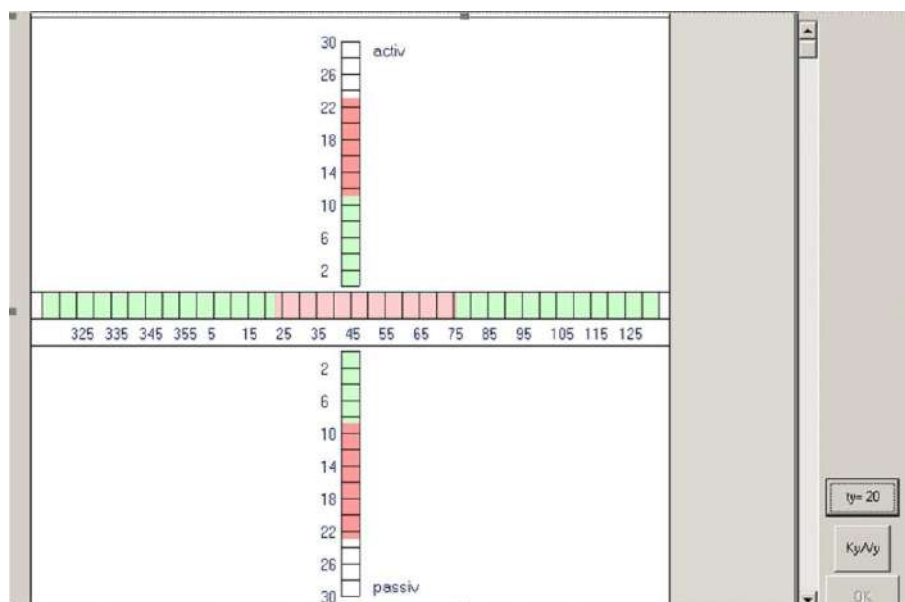


Рисунок 5.18 - Відображення множин M_K і M_V

Решта дозволених курсів ухилення показана зеленим кольором. Множина M_V для активного гальмування відображається вертикальним сегментом червоного кольору у верхній частині монітора. Для розглянутого випадку межі множини M_V 23 і 11 вузлів, таким чином $M_V = [11, 23]$. У нижній частині екрана вертикальна смуга червоного кольору позначає множину M_V у разі пасивного гальмування. Межі множини M_V пасивного гальмування для даного випадку 23 і 9 вузлів, $M_V = [9, 23]$.

На рис. 5.19 маневр розходження вибирається зміною курсу, а за допомогою смуги прокручування, оптимальний курс визначається відхиленням вліво, що знаходиться на лівій межі множини M_K і дорівнює $K_y = 23$ град.

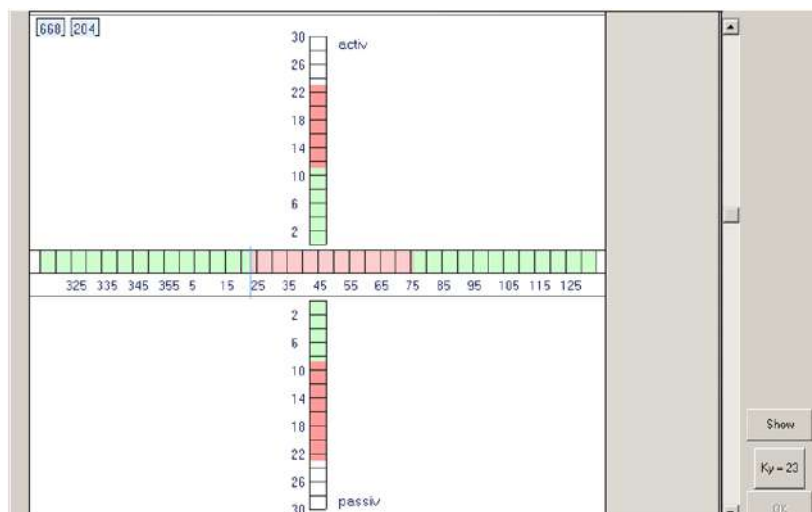


Рисунок 5.19 - Вибір курсу розходження шляхом ухилення вліво

Для заданого курсу уникнення траєкторії справжньої та відносної розходження, червоним і зеленим кольором, відповідно, показані на рисунку 5.20. Траєкторія відносного розходження є дотичною до кругової області, що підтверджує оптимальність вибраного курсу уникнення.

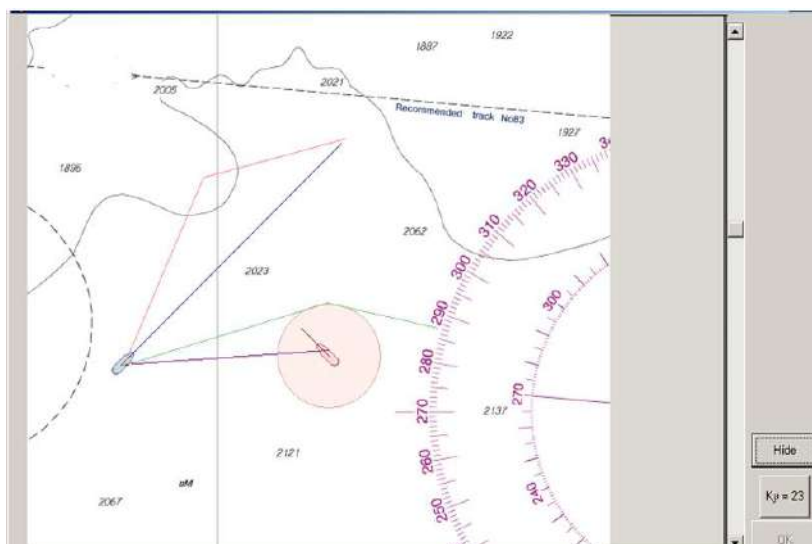


Рисунок 5.20 - Траєкторії розходження шляхом зміни курсу вліво

Вибір маневру розходження шляхом відхилення вправо на оптимальний курс $K_y = 76^\circ$, що знаходиться на правій межі відрізка M_K , показано на рис. 5.21;

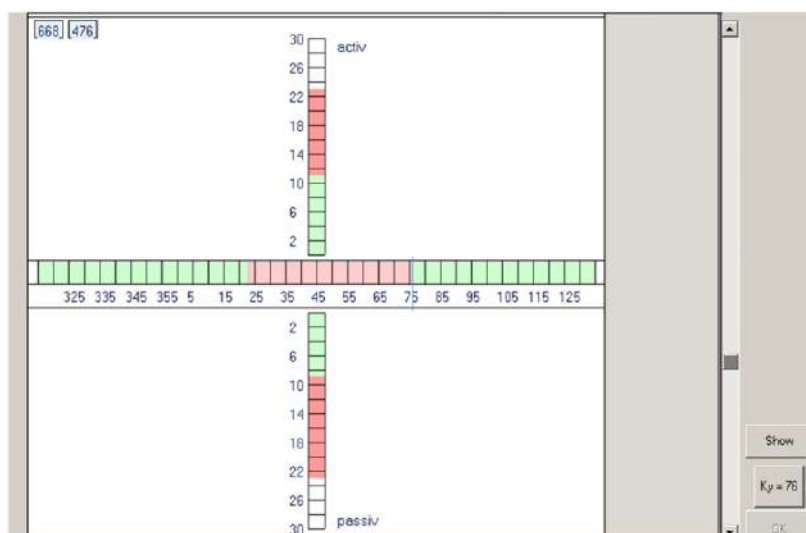


Рисунок 5.21 - Вибір курсу розходження шляхом ухилення вправо

На рисунку 5.22 показано істинну (червоний) і відносну (зелений) траєкторії розходження для вибраного курсу розходження вправо, причому відносна траєкторія розходження є дотичною до кругової області, як видно на тому ж рисунку. Для розходження шляхом гальмування необхідно вибрати маневр зниження швидкості за допомогою активного гальмування і на верхньому вертикальному відрізку зафіксувати оптимальну швидкість активного гальмування рівну $V_y = 11$ вузли.

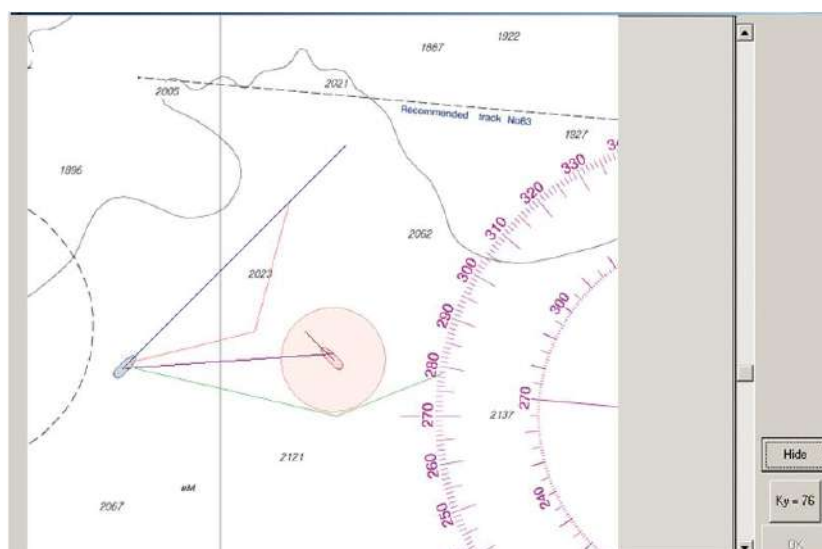


Рисунок 5.22 - Траєкторії розходження шляхом зміни курсу вправо

Для перевірки правильності вибору оптимального значення швидкості на екран монітора виводиться траєкторія відносного розходження, як показано на рис. 5.23. Слід зазначити, що після перехідного процесу гальмування судна траєкторія відносного розходження є дотичною до межі області безпеки судна, що підтверджує оптимальність обраного значення швидкості ухилення.

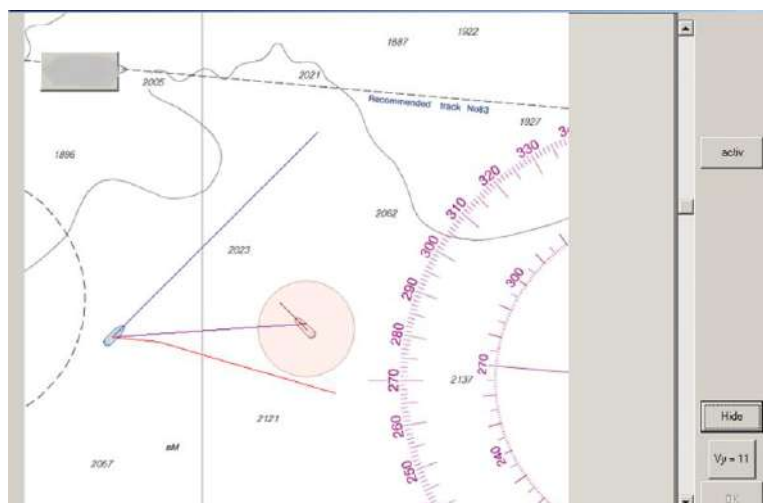


Рисунок 5.23 - Відносна розбіжність траєкторії при активному гальмуванні

У разі вибору маневру розходження шляхом пасивного гальмування значення швидкості для маневру ухилення необхідно вибирати з нижньої вертикальної ділянки, а оптимальна швидкість пасивного гальмування дорівнює $V_y = 9$ вузлів.

Результати перевірки правильності вибору оптимального значення швидкості ухилення судна пасивним гальмуванням наведені на рис. 5.24. На рисунку показано відносну траєкторію розходження, яка є дотичною до кругової області. Це підтверджує, що обране значення швидкості ухилення є оптимальним для уникнення зіткнення з ціллю, забезпечуючи безпечний маневр з врахуванням динамічних характеристик судна.

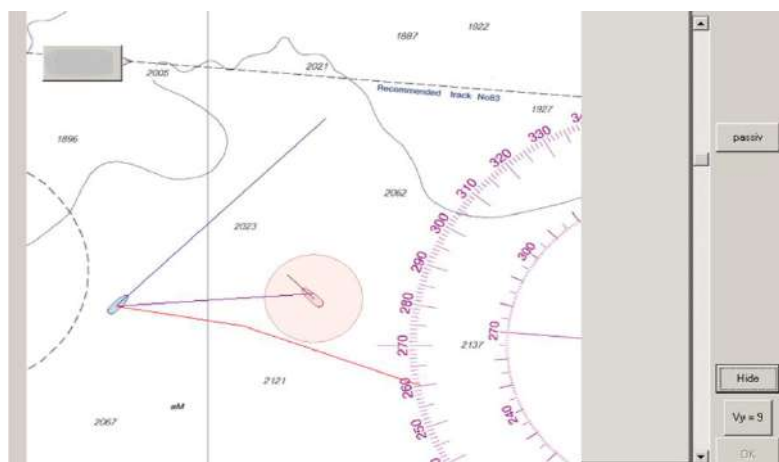


Рисунок 5.24 - Відносна траєкторія при пасивному гальмуванні

Отже, розглянуто залежність оцінки рівня навігаційної безпеки судна в процесі розходження судна від способу прийняття рішення щодо вибору безпечного маневру розходження в ситуації небезпечного зближення пари суден і формування спільної стратегії для обох суден, запобігаючи їх зіткненню [335].

Це стає актуальним в умовах близькості навігаційних небезпек та в умовах інтенсивного руху, що значно ускладнює процес судноводіння та впливає на його безпеку. Особливо актуально в замкнених водах, зонах із заторами або інтенсивним рухом та прибережному плаванні, де існують усі передумови для надзвичайних ситуацій. Запропонована методика забезпечує вибір оптимального маневру розходження за рахунок зміни курсу та зниження швидкості судна. На відміну від існуючих підходів, цей метод враховує межі неприпустимих значень курсів і швидкостей судна і дозволяє приймати рішення про оперативне визначення маневру розходження з ціллю, що мінімізує ризик зіткнення суден в замкнутій акваторії з врахуванням розрахунку меж неприпустимих значень курсів суден і неприпустимих значень їх швидкостей, що дозволяє вибрати оптимальний маневр розходження і перевірити його правильність в умовах плавання, що склалися. Запропоновано використання прикладного програмного забезпечення, яке на основі оцінки параметрів зближення представляє на екрані монітора графічне зображення неприпустимих множин значень курсу і швидкості в заданий момент часу, а також множини допустимих курсів і значень швидкості ухилення для активного та пасивного гальмування. Також наведено приклади вибору

оптимального маневру розходження шляхом зміни курсу та зменшення швидкості судна, що дозволяє реалізувати оптимальний вибір маневру ухилення для запобігання зіткненню судна з ціллю [336].

Висновки до п'ятого розділу

1. Проаналізовано статистичні дані щодо основних причин виникнення навігаційних ризиків. Встановлено, що найпоширенішими причинами зіткнень суден є помилки людини, включаючи недбале спостереження, неправильну оцінку швидкості та відстані до небезпечних суден та недотримання правил. Інші фактори, які також можуть сприяти зіткненням, включають погодні умови, несправність обладнання та помилки зв'язку.

2. Встановлено структуру навігаційного комплексу судна, який складається з трьох підсистем - системи навігації та параметрів руху, систем морського зв'язку та безпеки, системи керування та управління рухом. Кожна підсистема має у складі певні компоненти, для кожної з них встановлено, за статистичними даними щодо суден різної спеціалізації та дедвейту, ймовірності відмови. Ймовірність відмови навігаційної системи, тобто ймовірність відсутності навігаційної безпеки, розглядається як ймовірність відмови усіх підсистем. Тем не менш, відмова тільки окремих підсистем призводить до втрати повної навігаційної безпеки, але ж до наявності певного стану навігаційної безпеки. Встановлено шість таких станів:

- безпека судна задовільна;
- забезпечення параметрів руху без засобів зв'язку та безпеки;
- забезпечення характеристик руху та керованості без інформації про його параметри та засоби зв'язку та безпеки;
- забезпечення параметрів руху без роботи систем керування рухом;
- судно позбавлене можливості керування із справними системами індикації та зв'язку;
- аварійний стан судна та втрата навігаційної безпеки.

3. Обґрунтовано, що зміна станів навігаційного комплексу є марківським процесом, у дослідженні сформовано графічну модель цього процесу. Зміна станів навігаційного комплексу викликає зміну станів навігаційної безпеки судна, що також є марківським процесом. Ідентифіковано шість станів навігаційної безпеки, сформовано графічну модель процесу та матрицю транзитивних ймовірностей у загальному вигляді. Марківський процес зміни навігаційної безпеки судна класифікується як однорідний, з дискретним часом і наявністю поглинаючого стану. Запропонована модель марківського процесу може бути використана для оцінки навігаційної безпеки конкретного судна в конкретному рейсі. У разі виявлення можливих станів безпеки судноводіння зі значною ймовірністю, які викликають занепокоєння, можуть бути заздалегідь вжиті відповідні заходи, наприклад, забезпечення поточного ремонту та заміни компонентів навігаційного комплексу на борту судна.

Використання запропонованої моделі продемонстровано на конкретному прикладі розрахунку для різних періодів рейсу та початкових ймовірностей. Розрахунки показали ефективність і застосовність для даної мети даної моделі, сформульовані висновки є прикладом для оцінки навігаційної безпеки в практиці експлуатації судна.

Слід зазначити, що такий підхід до оцінки навігаційної безпеки запропоновано вперше, і, на відміну від існуючих підходів до оцінки безпеки судна, в даному випадку базується на декомпозиції до рівня конкретного технічного обладнання на судні, навігаційний компонент. Такий підхід можна поширити на інші технічні системи судна для формування остаточної моделі для оцінки загальної безпеки судна.

4. Проаналізовано вплив людського фактору у ризиках навігаційній безпеки. Узагальнено практичний досвід та сформовано комплекс методів та засобів зниження ризику зіткнення суден, який складається з факторів впливу на ймовірність людської помилки. Розроблено формулу оцінки ймовірності зіткнення суден для обґрунтування методів за засобів її зменшення, як інструмент

оцінки ефективності методів та засобів з точки зору зменшення навігаційних ризиків.

5. Розроблено метод оперативного визначення маневру розходження судна зміною курсу або швидкості для запобігання зіткнення, який базується на принципі розходження шляхом зміни курсу або швидкості судна, також запропоновано метод оперативного визначення маневру розходження для уникнення зіткнення шляхом зниження швидкості активним і пасивним гальмуванням. Наведено аналітичні вирази для розрахунку меж неприпустимих значень курсів суден і неприпустимих значень їх швидкостей з урахуванням режиму гальмування. Виконано відповідні експериментальні розрахунки в рамках розробленого програмного забезпечення.

Таким чином, в рамках даного розділу розроблено методи оцінки та забезпечення навігаційної безпеки судна, а також та сформовано комплекс методів та засобів зниження ризику зіткнення в процесі роботи судна в системі морських перевезень, з урахуванням мінімізації впливу людського фактору.

Основні результати розділу розкрити у публікаціях автора [306, 307, 310, 311, 314, 315, 316, 317, 322, 323, 324, 330, 331, 332, 333, 335, 336].

РОЗДІЛ 6

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
РОБОТИ СУДЕН В СИСТЕМІ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

6.1. Основні концепції безпечної обробки та транспортування палубних вантажів

Сучасна морська галузь фокусується на досягненні основної мети - задоволенні першочергової потреби у швидкій, надійній та якісній доставці вантажів. Швидкість, надійність та якість обслуговування є ключовими чинниками, поруч із забезпеченням безпеки вантажу, оптимізації маршрутів та використання новітніх технологій.

У міру зростання обсягів перевезень і розширення логістичної галузі пропорційно зростають ризики, пов'язані з транспортними процесами, і потенційні загрози безпеці вантажу. Слід зазначити, що багато з цих ризиків залежать від таких факторів, як обраний спосіб транспортування, географічна протяжність транспортних маршрутів і унікальні характеристики вантажу, що транспортується. Використання передових розробок та інновацій для забезпечення безпеки суден та їх вантажів під час морських перевезень, враховуючи застосування сучасних технологій для підвищення стійкості, надійності та ефективності перевезень, формує концепцію технологічної безпеки роботи судна в системі морських перевезень.

Технологічна безпека судна - це забезпечення стійкості та безпеки процесу морського перевезення із застосуванням технологій завантаження, розміщення та кріплення вантажів, а також вжиття додаткових заходів у разі ускладнень і загроз, що виникають у зв'язку з несприятливими тенденціями або конкретними подіями протягом рейсу.

Технологічна безпека судна насамперед означає забезпечення безпеки процесу перевезення вантажів та впровадження при цьому ефективних технологій та використання автоматизованих систем управління вантажними операціями і

контроль стану вантажу в рейсі, що надають операторам суден додаткові засоби контролю як за станом судна так і за умовами навколишнього середовища, зокрема погодними умовами та пов'язаним з цим станом вантажу.

Перевезення вантажів на відкритих палубах морських суден обґрунтовується необхідністю максимізації вантажопідйомності та оптимізації робочого простору судна для перевезення різноманітних вантажів. Це сприяє підвищенню загальної ефективності перевезень та розширенню можливостей суден у забезпеченні конкурентоспроможності на ринку та викликає додатковий інтерес для потенційних клієнтів і створює основи до збільшення прибутку судноплавної компанії.

Втім транспортування різноманітних вантажів на верхніх відкритих палубах морських суден зумовлює і унікальні виклики, особливо в умовах несприятливої погоди. Це пов'язано з різноманітністю вантажів, включаючи важкі та габаритні обладнання, машини, модулі, судна та вироби з металу. Важливі аспекти, які потрібно враховувати, включають безпеку вантажу, остійність судна та його адаптацію до погодних умов.

Неналежне розміщення та кріплення палубних вантажів є основними причинами значної кількості нещасних випадків на морі, що призводить не лише до фінансових втрат, але, що найважливіше, до трагічної загибелі людей як у морі, протягом рейсу, так і під час вантажних операцій в порту. Це підкреслює нагальну потребу у вдосконаленні методів і практик, пов'язаних із розміщенням і кріпленням вантажу, що залишається одним із найбільш ризикованих аспектів морських перевезень. Тому дане дослідження має за мету представити комплексну дослідницьку ініціативу, яка стосується комплексних аспектів планування, розміщення та морського транспортування палубних вантажів. Запропоновано розгляд ключових детермінант та факторів, що впливають на безпеку транспортного процесу, і надається ретельний аналіз проблем, з якими стикаються всі залучені партії під час даних вантажних операцій. Незважаючи на те, що перевезення вантажу на палубі здійснюється на ризик вантажовідправника або

фрахтувальника, виключаючи відповідальність судновласника, угода про таке перевезення допускається лише в тому випадку, якщо це обумовлено договором.

Слід зазначити що популярність такого виду перевезень залишається дуже актуальною. Це пов'язано з високим рівнем складності та унікальності вантажних одиниць, які не можуть бути безпечно розміщені у вантажних приміщеннях під палубою.

Термін "палубний вантаж" відноситься до того типу вантажного місця, який прийнято для перевезення на відкритих палубах та/або на кришках трюмів судна і який піддається впливу зовнішнього середовища. Палубний вантаж може протягом тривалого часу піддаватися впливу атмосферних осадів або тиску вітру та хвиль у відкритому морі. Отже, належне розміщення та кріплення палубного вантажу [338] має вирішальне значення для безпеки людського життя в морі, судна та навколишнього середовища. Комбінація сил, створена прискореннями в штормову погоду, діє на судно та вантаж під час транспортування в морі, що створює більшість проблем, пов'язаних із системами кріплення та, як наслідок, з цілісністю конструкцій судна. Тому небезпеки, що виникають внаслідок цих явищ, слід враховувати шляхом розробки та прийняття заходів, які на початковому етапі можуть забезпечити належне розміщення та кріплення вантажу на судні, а також сприятимуть заходам щодо зменшення амплітуди та частоти крену судна [338, 339].

Перевезення палубних вантажів на суднах пов'язане з широким спектром небезпек, які вимагають відповідних заходів для забезпечення безпеки судна та екіпажу, а також збереження вантажу під час навантаження, укладання та кріплення. Крім того, серед важливих аспектів є не тільки сам процес морських перевезень, а й комплекс підготовчих заходів у порту під час вантажних операцій [340].

Аналіз літературних джерел показав що значну увагу приділяється комплексному висвітленню питань безпеки та технологічним аспектам процесу палубних вантажних перевезень, в яких розглядалися конкретні питання їх

безпеки з боку нормативних документів, інструкцій і вказівок, а також запропонованих тлумачень і поправок [341-344].

Під час транспортування палубного вантажу необхідно звертати увагу на місцеві, національні або міжнародні закони та правила, а також будь-які зміни в законах, правилах, адміністративних вимогах, впровадження яких може вплинути на безпеку транспортного процесу [345]. В цьому контексті, не менш важливі питання підвищення безпеки транспортування на основі розвитку технології кріплення палубних вантажів та актуальні питання забезпечення безпеки морських перевезень лісових вантажів [346, 347]. Відповідальність перевізника за перевезення палубного вантажу також має суттєве значення, адже завжди труднощі виникають при спробі визначити відповідальність сторін у разі втрати або пошкодження вантажу під час морського перевезення [348, 349].

Враховуючи те, що велика кількість контейнерів становить палубний вантаж, ряд наукових робіт присвячено розробці правил розміщення контейнерів на палубі, чисельному моделюванню динаміки контейнерних штабелів [350-352].

Суттєвим є вплив розміщення, укладання та розвантаження вантажів на диферент і остійність, аспекти міцності палуб та корпусу судна, посадка та диферент, а також напруги та сили [353, 354]. Окрема увага безпеці вантажу протягом морського переходу з врахуванням погодних умов, маршрутизація та провідка суден в несприятливих погодних умовах, вплив погоди на пошкодження вантажу, ефективності роботи судна за різних погодних умов [355, 356]. Загальні питання безпеки на судні та аспекти, що стосуються перевезення палубних вантажів морем, технічні та експлуатаційні стратегії, спрямовані на підвищення екологічної та енергетичної ефективності суден [357, 358].

Згідно [359], де розглянуто важливий аспект безпеки, увага зосереджена на характеристиках настилу мосту під час удару втраченого з автопоїзду вантажу, що проливає світло на найважливіші аспекти безпеки під час обробки вантажів. Комплексна робота [360] наголошує на запобіганні виробничим та іншим нещасним випадкам під час вантажних операцій на борту суден. Сприяння оцінці безпеки під час поромних перевезень за складних морських умов, забезпечуючи

цінну оцінку руху, пропонуючи інформацію про безпечніші морські перевезення [361].

Проведений огляд літературних джерел продемонстрував існування критичної прогалини в існуючих дослідженнях щодо аспектів безпеки палубних вантажних перевезень. Аналіз свідчить про важливість розробки та впровадження комплексної концептуальної основи з урахуванням необхідності застосування комплексного підходу. Такий підхід має включати глибоке розуміння загальних факторів, що сприяють втраті, пошкодженню та псуванню палубного вантажу. Він також повинен відповідати встановленим правилам, кодексам і найкращим практикам, що регулюють розміщення та кріплення палубного вантажу на судах. Крім того, існує нагальна потреба у вдосконаленні методів планування та обробки вантажів і ретельної оцінки їх впливу на остійність судна та комплексних досліджень у цій галузі, що підкреслює важливість подальших досліджень і розробок.

За даними Всесвітньої ради судноплавства (WSC), у середньому 1382 контейнери втрачаються в морі щороку, і ці цифри не включають генеральні вантажі, які перевозяться морем на палубі неконтейнерних суден, вартість яких може перевищувати сотні тисяч доларів [362].

Звіти страхових співтовариств про основні види претензій щодо пошкодження або втрати вантажів ґрунтуються на тому, що причинами інцидентів стають суворі погодні умови.

Типи претензій, де несприятлива погода є основним фактором спричинили:

- фізичні пошкодження: зміщення вантажу, псування, руйнування, падіння;
- підмокання вантажу або пошкодження внаслідок потраплянням води у вантажні приміщення;
- втрата за борт вантажу (палубний вантаж);
- забруднення внаслідок фізичного пошкодження суміжного вантажу.

Вантажі, що не перевозяться на спеціалізованих судах, можуть бути завантажені на відкритих палубах транспортних суден, їх можна розділити на такі групи:

- небезпечні, до яких належать: вибухові, стиснуті та зріджені гази, легкозаймисті тверді та рідкі речовини, окисні, отруйні, радіоактивні та їдкі речовини;

- вантажі, що виділяють різкі запахи;

- водостійкі вантажі (вироби з заліза, труби);

- великогабаритні та важковагові вантажі: плавзасоби, локомотиви, вагони, машини, котли, автомобілі, літаки, танки тощо;

- лісоматеріали;

- живі вантажі (худоба та птиця, що перевозяться в стійлах, вольєрах, клітках).

Аналіз наукових праць та статистичних даних вказує на те, що проблема зсуву палубних вантажів часто виникає внаслідок порушень технології перевезення вантажів морем. Особливо це стає актуальним під час руху судна в умовах несприятливої погоди, коли на нього діють динамічні навантаження.

Механічна модель переміщення визначає класифікацію всіх видів переміщуваних вантажів на основі їхньої фізичної структури. Таким чином, види вантажів поділяються на:

1. Абсолютно тверді об'єкти, до яких відносяться контейнери, рол-трейлери, великогабаритні та інші вантажні місця.

2. Тверде зв'язнесипуче середовище, що охоплює насипні вантажі та зерно.

3. Дискретна сутність, яка представлена мішками, пакетами, металопрокатом, металобрухтом тощо.

Така класифікація дозволяє систематизувати різні типи вантажів відповідно до їхньої механічної природи зміщення (рис. 6.1).

МЕХАНІЧНА ПРИРОДА ЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ		
<p>Абсолютно тверді об'єкти контейнери, рол-трейлери, інші штучні місця</p>	<p>Тверде зв'язне сипуче середовище зерно та насипні вантажі</p>	<p>Дискретна структура мішки, тюки, пакети, тощо</p>

Рисунок 6.1 - Природа зміщення вантажів за механічною моделлю

Вантажі, а саме рухомий транспорт, залізничні вагони, контейнери, платформи, близькі до стану абсолютно твердого тіла, залишаються на борту під дією сил, які не залежать від властивостей самого вантажу.

При перевезенні збірних вантажів стійкість штабеля забезпечується насамперед надійним кріпленням його поверхні. Закріплення поверхні штабеля може здійснюватися блочно: шляхом щільного укладання вантажу.

Незважаючи на те, що перевізник не несе відповідальності за втрату або пошкодження вантажу, що перевозиться на палубі, адміністрація судна повинна докласти максимум зусиль для забезпечення безпеки перевезення палубного вантажу, оскільки це безпосередньо пов'язано з безпекою судна.

У разі завантаження палубного вантажу, відомості про який відсутні в судовому посібнику з кріплення вантажу або в нормативних документах щодо правил і умов перевезення палубного вантажу, капітан повинен ознайомитися з інформацією про вантаж, наданою з боку вантажовідправника, транспортною декларацією. За відсутності такої інформації або за відсутністю письмових інструкцій капітан має право відмовити у прийнятті вантажу до перевезення або звернутися за допомогою до експертів незалежної сертифікованої сюрвеєрської компанії. Якщо на судні немає умов для розміщення та кріплення вантажу, які забезпечують його безпечне транспортування і, насамперед, забезпечення його нерухомого стану під час рейсу, капітан має право відмовити у перевезенні вантажу [363].

Що стосується змісту інформації про вантаж, який планується до морського перевезення, то вона, як правило, повинна складатися з наступних частин:

1. Відомості про учасників морського перевезення вантажу: вантажовідправника, вантажоодержувача та перевізника із зазначенням їх точних найменувань та реквізитів; назви портів відправлення та призначення.

2. Опис вантажу із зазначенням: повного найменування з обов'язковим зазначенням кількості нормативних документів на продукцію, компанію-виробника; форма, розміри та маса вантажних місць; види та опис упаковки, включаючи наявність та міцність пристроїв, що використовуються для перевантаження та кріплення вантажу; транспортні характеристики вантажів (питомий вантажний об'єм, допустима висота штабелювання, кут статичної стійкості, парні коефіцієнти тертя: хімічні властивості та інші потенційні небезпеки).

3. Вимоги та заходи щодо забезпечення безпеки перевезень, у тому числі вимоги до розміщення та кріплення вантажу, інструкції щодо супроводжувальних вантажних декларацій, сертифікатів та інших документів. Вимоги до розміщення та кріплення - цей розділ повинен містити перелік заходів кріплення вантажу або посилання на документ, що містить такі вимоги, наприклад, інструкції щодо кріплення вантажу.

4. Додаткові документи - цей розділ заповнюється, якщо вантаж перевозиться у вигляді пакетованого вантажу, сформованого із застосуванням вантажопакувальних пристроїв (документ про міцність вантажопакувальних пристроїв), або в транспортні засоби укрупнення під пломбами відправника.

Аналіз нормативних аспектів, що регулюють палубне перевезення генеральних вантажів, є важливим етапом у забезпеченні безпеки та ефективності морських перевезень. Нормативні документи визначають стандарти та правила, які судна повинні виконувати під час палубного перевезення різноманітних генеральних вантажів. Це охоплює такі аспекти, як:

1. Транспортна декларація вантажів, офіційний документ, що містить інформацію про вантаж, його характеристики та кількість, і встановлює умови та деталі його транспортування, контактну інформацію відправника та одержувача а також інші необхідні дані. Використовується для забезпечення правильного та

безпечного транспортування вантажу та вирішення можливих конфліктів під час перевезення.

2. Стандарти кріплення та вимоги до безпеки кріплення вантажів на відкритих палубах суден, зокрема вживання відповідних фіксаційних засобів та кріпильних систем. Сертифікати на кріпильні матеріали надаються після здійснення відповідної експертизи та перевірки відповідності всіх визначених критеріїв, що гарантує належний рівень безпеки та якості морських перевезень палубних вантажів.

3. Маркування та ідентифікація. Нормативи визначають вимоги до маркування та ідентифікації генеральних вантажів для забезпечення їхньої належної обробки протягом вантажних операцій.

4. Обмеження та норми, які враховують конструктивні особливості судна, структуру вантажу та суднового обладнання. Критерії обмеження включають місцеву міцність палуби судна, максимальну вантажопідйомність підйомного обладнання, габаритні розміри палуб та приміщень судна, його остійність та інші технічні параметри. Ці обмеження слід ретельно враховувати при плануванні та виконанні навантаження для забезпечення безпеки та оптимальності процесу перевезення, включаючи врахування погодних умов.

5. Сертифікація є важливими етапами для суден, які виконують палубне перевезення генеральних вантажів та передбачають відповідність судна встановленим нормам та стандартам безпеки. Ці вимоги включають технічні характеристики судна, наявність необхідного обладнання та систем безпеки, кваліфікацію екіпажу та відповідність міжнародним та національним морським стандартам.

Аналіз цих аспектів допомагає забезпечити дотримання правил та стандартів для ефективного та безпечного палубного перевезення різноманітних генеральних вантажів.

Узагальнюючи практичний досвід, стає можливим розроблення концептуальної моделі, що передбачає поетапне планування та організацію вантажних операцій з палубними вантажами, враховуючи масо-геометричні

параметри вантажів та техніко-технологічні аспекти процесу завантаження судна (рис. 6. 2).

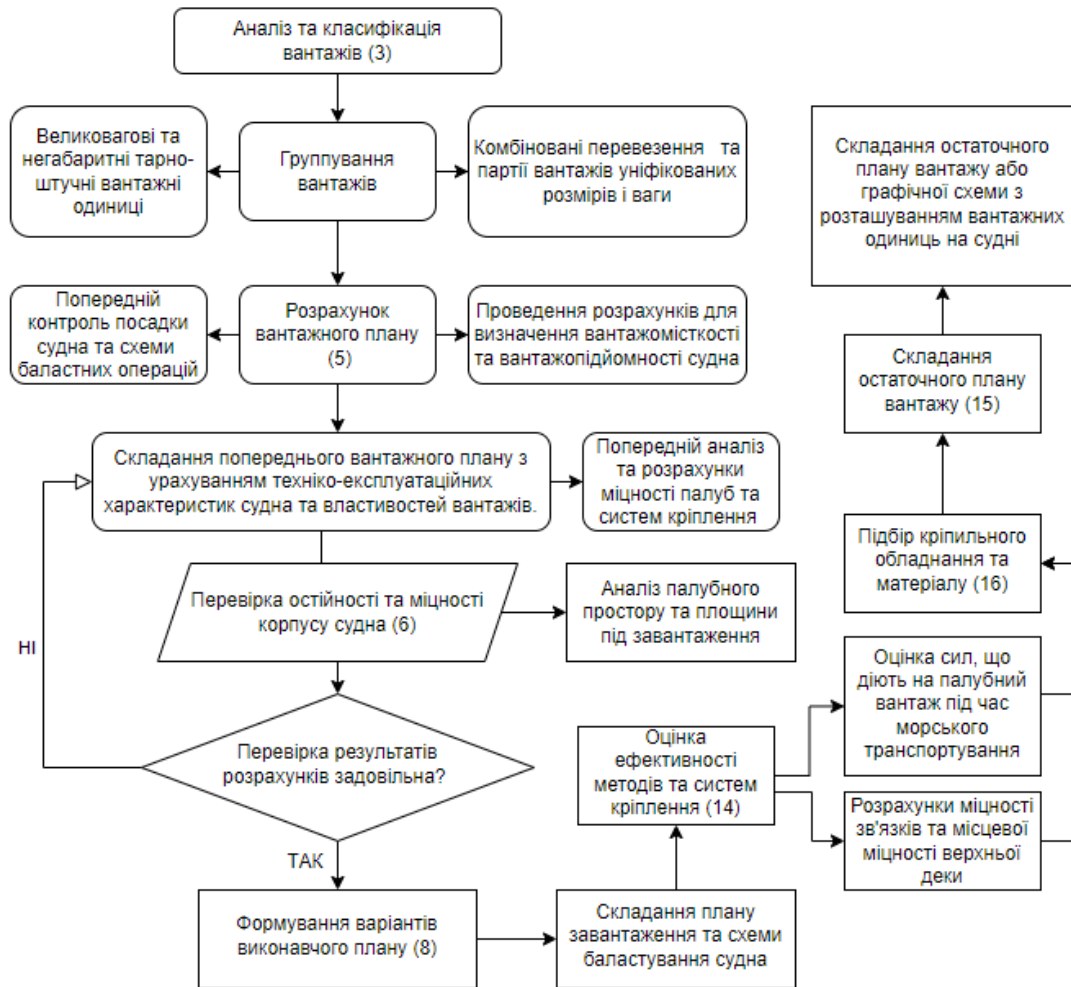


Рисунок 6.2 - Концептуальна модель процесу завантаження палубного вантажу

Враховуючи попередній процес вивчення транспортних та масогабаритних характеристик вантажів призначених для перевезення на відкритій палубі (Крок 2), виникає необхідність розподілу та класифікації цих вантажів на групи (Крок 3). Припускаючи, що вантажі можуть бути негабаритними та мати різну вагу, їх поділяють на тарно-штучні вантажні одиниці, комбіновані перевезення, а також групу, що включає негабаритні та великовагові вантажі, групу партій уніфікованих розмірів і ваги (Крок 3А, 3Б).

Цей підхід дозволяє враховувати обмеження вантажопідйомності суден, зокрема, максимальні вантажопідйомності кранів (за наявності вантажних засобів

на судні або залученням берегових). Така класифікація дозволяє визначити вантажопідйомність для кожної групи вантажів.

Після цього проводиться порівняльний аналіз техніко-експлуатаційних характеристик судна та розрахунок попереднього вантажного плану (Крок 5). Якщо результати розрахунків відповідають критеріям безпеки та остійності (Крок 6), переходять до формування варіантів виконавчого плану завантаження та створення етапів послідовності завантаження та баластування судна (Крок 8).

Вантажний план для великогабаритних і великовагових вантажів розробляється з урахуванням індивідуального підходу до їх розміщення, місцевої та поздовжньої міцності, вимог до навантаження та кріплення (Крок 9, 10). При прийнятті вантажу для перевезення на відкритій палубі проводяться локальні розрахунки на міцність конструкції палуби та люкових кришок (Крок 11), а в разі перевантаження вантажі розподіляються шляхом спорудження платформ, підсилюючих надбудов або інших варіантів з розподілу зосередженої маси вантажу (Крок 12).

Далі, на основі розрахунків сил, що діють на палубний вантаж під час морського транспортування (Крок 13), та оцінки ефективності запропонованих способів кріплення, аналізу схеми кріплення, вибору матеріалу та розрахунків міцності зв'язків та місцевої міцності верхньої деки (Крок 14), обирають кріпильне обладнання та матеріали (Крок 16). Після завершення цього процесу формується остаточний план вантажу або графічна схема з детальним розташуванням вантажних одиниць на судні (Крок 15).

При перевірці стану завантажених палубних вантажів слід звертати увагу на ознаки їх зміщення:

- ослаблення або дефекти систем кріплення; пошкодження або деформація структур упаковки;

- наявність динамічних контактів вантажних одиниць між собою та з конструкціями судна;

- перерозподіл навантажень внаслідок поломки елементів кріплення, стан кріпильних матеріалів, що впливає на міцність суднових конструкцій, вантажу та його кріплення;

- міцність вантажних і суднових конструкцій;

- інші умови та обставини, які можуть негативно вплинути на стан і якість вантажу.

У разі виявлення недоліків необхідно вжити заходів щодо їх усунення, а при необхідності провести додаткове кріплення вантажу. Результати перевірки стану вантажу заносяться до суднового журналу.

6.2 Оцінка впливу сил та факторів, що діють на палубні вантажі під час їх транспортування морем

Під час перевезення вантажів морем на верхню палубу морських суден вони зазнають таких сил як:

- власна вага;
- тертя між вантажем і палубою або кріпленням;
- інерція, внаслідок хвилювання водної поверхні;
- тиск вітру;
- хвильовий вплив;
- плавучість, що виникає внаслідок накочування хвиль на палубу (рис.6.3).



Рисунок 6.3 - Сили, що діють на палубний вантаж під час транспортування.

Під час несприятливих погодних умов, коли судно знаходиться на нерівній поверхні моря, воно відчуває коливання вздовж трьох осей, де відбуваються рухи, відомі як поворот, крен і тангаж. Ці рухи можуть виникати через дію хвиль, вітру та інших факторів. Крім того, під час хвилювання судно бере участь в орбітальному русі разом з частинками води. Відповідно всі три види руху, будучи явищем періодичного характеру, викликають сили інерції, що іноді досягають великих значень, тоді як серед цих видів тангажу і крену вертикальне гойдання викликає незначні сили інерції, якими зазвичай нехтують і не враховують їх сили інерції.

Судно також може зазнавати таких явищ:

- динамічні навантаження на корпус внаслідок сил зсуву, моментів згину та кручення;
- затоплення судна (омивання палуб водою);
- зниження працездатності екіпажу;
- втрата швидкості;
- спливання гвинта;
- оголення (гонка) гвинта.

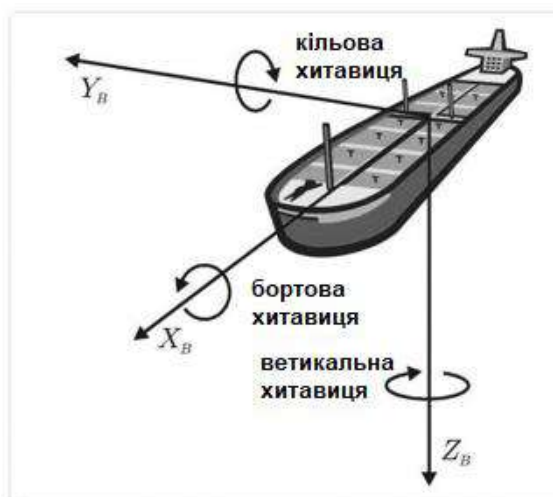


Рисунок 6.4 - Вісі руху судна на хвилюванні
(Semantic scholar)

Незважаючи на те, що всі перераховані вище сили інерції діють на судно і предмети, що знаходяться на ньому, вони також впливають на палубні вантажі.

Основні вимоги до розміщення, укладання та розрахунку засобів кріплення палубних вантажів зводяться до того, що закріплений вантаж і корпус судна складають одну систему, єдине ціле вантажне судно, тому сили інерції, що діють на судно, рівною мірою діють на вантаж [364].

Прискорення, що діють на судно під час морського переходу, складаються з комбінації поздовжніх, вертикальних і переважаючих поперечних рухів. Крім того, поздовжнє і вертикальне прискорення можуть збігатися за своїми максимальними значеннями на судні, оскільки обидва вони є прямими результатами кренових і поздовжніх рухів, що призводить до зміщення і перекидання вантажу. Сили, створені цими прискореннями, створюють більшість проблем, пов'язаних із системами кріплення вантажу. Небезпеки, що виникають від цих сил, повинні бути усунені шляхом належного та вчасного реагування, щоб забезпечити стійке розміщення та закріплення вантажу на борту судна, щоб амплітуда та частота хитами судна була зменшена в майбутньому.

При розрахунку остійності окремої одиниці вантажу, такої як контейнер, інерційні ефекти цього вантажного місця не слід розглядати як частину інерційних ефектів усього судна. Це пояснюється тим, що при аналізі окремих вантажних приміщень необхідно зосередитися на їхній власній інерції та її впливі на остійність судна в цілому.

Однак, при розподілі вантажів по всьому судну та визначенні загальної остійності, інерційні ефекти окремих вантажних приміщень повинні розглядатися в контексті всього судна. Це важливо для забезпечення загальної остійності судна і запобігання небажаних зсувів центру ваги. Таким чином, аналізуючи остійність судна, необхідно розрізняти розрахунки, пов'язані з окремими вантажними приміщеннями, і загальну остійність судна з урахуванням усіх елементів вантажу.

Щоб оцінити окремі компоненти величини повної сили, що діє на вантаж, необхідно виконати розрахунки для визначення кожного компонента цієї сили в такому порядку, табл.6.1.

Таблиця 6.1 - Фактори, що впливають на стійкість палубного вантажу.

Фактори	Аспекти впливу
Складові ваги	- Положення центру ваги
	- Поперечна стійкість
	- Поздовжня стійкість
	- Бічна стійкість
Складові сил інерції	- Перекатний рух
	- Висотний рух
	- Поворотний рух
Сила тиску вітру	- Кут крену при вітровому навантаженні
	- Кочення через силу вітру
	- Креновий рух через силу вітру

На основі методики, запропонованої проф. Благовіщенським, розглянемо сили, що діють на палубні вантажі під час їх транспортування морем. Припустимо найгірший сценарій зіткнення з креном, за якого судно отримує найбільший (максимальний) кут крену та кут диференту у верхній і нижній частині хвилі. Проекції сил інерції, зумовлених орбітальним рухом судна на хвилі, в напрямках, паралельних прийнятим осям координат, будуть дорівнювати при бортовому коченню:

$$F_y = m \frac{4\pi^2}{\tau^2} r \sin\theta \max \quad ; \quad (6.1)$$

$$F_z = m \frac{4\pi^2}{\tau^2} r \cos\theta \max \quad . \quad (6.2)$$

для бортової хитавиці:

$$F_x = m \frac{4\pi^2}{\tau^2} r \sin\phi \max \quad ; \quad (6.3)$$

$$F_z = m \frac{4\pi^2}{\tau^2} r \cos\phi \max \quad . \quad (6.4)$$

Де: m - палубний вантаж, r -орбітальний радіус руху центру ваги судна, що дорівнює половині висоти хвилі, θ – максимальний кут крену, ϕ – максимальний кут диференту, τ – маса розглянутої частини судна;

Для складових сил інерції в напрямку осей OY і OZ вони такі:

$$F_{OY} = F_y = m \frac{4\pi^2}{T_1^2} (\theta \max z + r \sin \theta \max) \quad ; \quad (6.5)$$

$$F_{OZ} = F_z = m \frac{4\pi^2}{T_1^2} (\theta \max y + r \cos \theta \max) . \quad (6.6)$$

Де: T - період вільного руху судна T_1 (кочення) і T_2 (хитавиця) можна визначити із спостережень або за наближеними формулами.

Для складових сил інерції в напрямку осей OX і OZ :

$$F_{OX} = F_x = m \frac{4\pi^2}{T_2^2} (\phi \max z + r \sin \phi \max) ; \quad (6.7)$$

$$F_{OZ} = F_z = m \frac{4\pi^2}{T_2^2} (\phi \max x + r \cos \phi \max) . \quad (6.8)$$

Тиск вітру на вантаж визначається як добуток тиску на квадратний метр на площу поверхні, що піддається вітру. Для того, щоб врахувати дію вітру разом з іншими силами, передбачається, що вітер дме в напрямку, який сприяє спільному зсуву вантажу, перпендикулярно борту для бокової хитавиці і вздовж судна для кочення. Отримані таким чином сили додаються до сил інерції та ваги.

Сили тертя завжди діють проти руху, тому вони зменшують дію інших горизонтальних сил. Тиск вітру можна визначити, враховуючи метеорологічні умови майбутнього плавання, або прийняти рівним 100 кг/см^2 , що відповідає вітру 12 балів за шкалою Бофорта.

Сумарні сили, що діють на осі OY і OZ під час бортової хитавиці, визначаються за такими виразами:

$$F_{OY} = \frac{M4\pi^2}{gT_2^2} (\theta \max z + r \sin \theta \max) + M \sin \theta \max + P_1; \quad (6.9)$$

$$F_{OZ} = \frac{M4\pi^2}{gT_2^2} (\theta \max y + r \cos \theta \max) + M \cos \theta \max. \quad (6.10)$$

Сумарні сили, що діють на осі OX і OZ під час руху кочення, будуть рівні:

$$F_{OX} = \frac{M4\pi^2}{gT_2^2} (\phi \max z + r \sin \phi \max) + M \sin \phi \max + P_2; \quad (6.11)$$

$$F_{OZ} = \frac{M4\pi^2}{gT_2^2} (\phi \max y + r \cos \phi \max) + M \cos \phi \max. \quad (6.12)$$

де M – маса палубного вантажу; g – прискорення сили тяжіння; P_1 і P_2 - тиск вітру, спрямований відповідно перпендикулярно до діаметральної площини і вздовж неї;

У цих формулах член у дужках означає сили інерції, другий член — вагу вантажу, а третій — тиск вітру. Сили тертя не враховуються через складність визначення їх дії. Нехтування силами тертя дає похибку в безпечному напрямку. Як видно з наведених вище формул, сили, що діють на палубний вантаж, змінні за знаком і величиною. Крім того, у всіх випадках перпендикулярно до настилу діють сили, які чинять на нього тиск, викликаючи певні напруги в елементах конструкції настилу.

Графік на рисунку 6.5 показує залежність між силою вітру та кутом крену для 20-тонного палубного вантажу в стані чистого крену. Як видно з графіка, кут крену помітно збільшується зі збільшенням сили вітру. Цей графік наочно демонструє вплив вітру на остійність судна. Тенденція демонструє нелінійну залежність, яка вказує на те, що збільшення сили вітру призводить до непропорційно великих кутів крену.

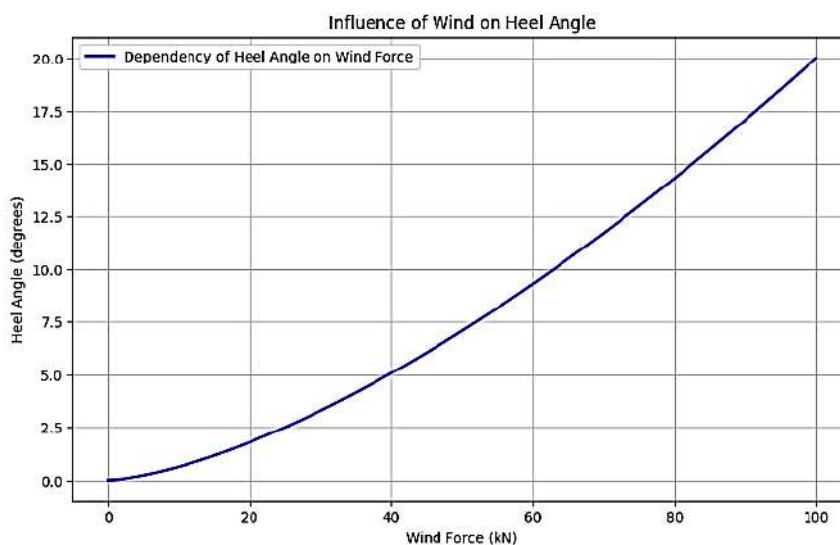


Рисунок 6.5 - Вплив сили вітру на кут крену

Як відомо, прийняття вантажу на борт судна вище ватерлінії знижує його початкову остійність. Тобто здатність судна протистояти зовнішнім силам, які змушують його кренитися та качатися під малими кутами нахилу. Якщо центр ваги вантажу розміщений точно над центром ваги ватерлінії, розміщення такого вантажу не створює крен або диферент. Однак, коли вантаж підхоплюється ближче до кінцівок або асиметрично вздовж боків, виникатимуть моменти крену та випрямлення.

На практиці, при завантаженні вантажу значної маси, для того, щоб легко і швидко визначити значення поперечного метацентричного переміщення Zm , приросту осадки, нового центру ваги G (після прийому вантажу масою P) і поперечної метацентричної висоти h_1 при будь-якій осадці і водотоннажності судна, може бути побудована спеціальна метацентрична діаграма. При побудові цієї діаграми необхідно використовувати значення апроксимацій центру ваги судна, які були розраховані для декількох значень осадки судна. Враховуючи вплив важкого вантажу на початкову остійність судна, за допомогою графоаналітичного методу можна визначити нове значення амплітуди центру ваги та значення поперечної метацентричної амплітуди. Поперечний метацентричний радіус визначається як різниця аплікат, тобто Zm і D (рис.6.6).

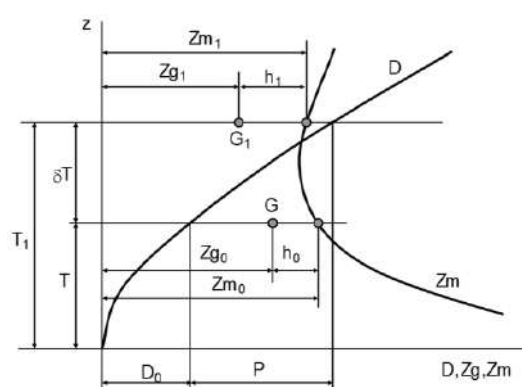


Рисунок 6.6 - Метацентрична діаграма

Щоб забезпечити належну остійність, перед початком завантаження палубного вантажу значної ваги, судно слід забаластувати, бажано в нижніх

цистернах, і, якщо необхідно, перекачати паливо та опресувати інші баластні цистерні.

Особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню диференту та остійності судна на завершальній стадії завантаження палубного вантажу. Максимально допустима висота палубного вантажу повинна бути вказана в відомостях про остійність судна. Момент закінчення завантаження можна визначити також практичним способом, який полягає в наступному: одночасно з одного боку піднімають вантаж, маса якого на кожному з кранів повинна бути однаковою. Якщо під час підйому судно отримує крен на 3-4°, подальше навантаження слід припинити. Поки судно здійснює перехід з будь-яким палубним вантажем, необхідно постійно контролювати системи кріплення, а виниклу слабину в зв'язках негайно усувати. У разі будь-яких ознак переміщення вантажу екіпаж викликається по тривозі, щоб забезпечити додаткове кріплення, використовуючи відповідні кріпильні матеріали та вживаючи всіх запобіжних заходів, щоб заклинити зміщені одиниці вантажу в тому положенні, в якому вони опинилися.

Відповідно до принципів гарної морської практики та рекомендацій класифікаційного товариства, розроблених для кожного судна, 10% кріпильних матеріалів відкладається для екстреного використання екіпажем у порту завантаження після завершення операцій кріплення. Цей резерв слугує для посилення палубних вантажних одиниць під час морського переходу та має стратегічне розташування для зручності доступу. Однак слід зазначити, що точна кількість додаткових кріплень може змінюватися в залежності від обставин і характеру вантажу - змінних, які мають значний вплив на безпеку транспортування.

Перевезення палубних вантажів на морських суднах передбачає вирішення низки завдань та аналіз деяких принципів. До них відносяться вивчення природи зсуву вантажів, розробка плану завантаження та схеми розміщення вантажів за допомогою узагальненої концептуальної моделі організації процесу обробки палубних вантажів, врахування сил інерції та розрахунок схем і систем кріплення, які значною мірою залежать від багатьох факторів, як про тип і технічні

характеристики судна, призначеного для перевезення такого вантажу. Однак деякі проблеми є загальними для всіх типів суден. В першу чергу це стосується планування та розробки рейсу, визначення технології навантаження та розвантаження палубних вантажів, розрахунку міцності суднових конструкцій, спорудження опор та платформи під вантажем, але основним і ключовим моментом є контроль за остійністю судна і посадкою судна під час протягом вантажних операцій як власними вантажними засобами, так і береговими [365].

Надана стовпчаста діаграма на рисунку 6.7 ілюструє порівняльний аналіз різних заходів безпеки, пов'язаних з управлінням безпекою палубного вантажу. Оцінюються чотири ключові заходи безпеки: "Методи укладання", "Методи кріплення", "Протоколи в надзвичайних ситуаціях" і "Розподіл навантаження". Оцінки ефективності, оцінені за шкалою від 0 до 5, призначаються кожному заходу. Діаграма яскраво відображає відносну ефективність цих заходів безпеки, пропонуючи цінну інформацію для оптимізації протоколів безпеки палубних вантажів. Відповідно чим вище значення, тим ефективнішим вважається відповідний захід. Це візуальне представлення допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо впровадження стратегій безпеки вантажних операцій.

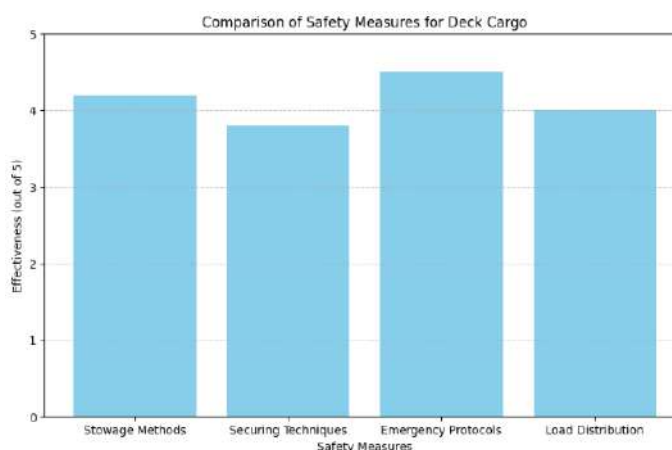


Рисунок 6.7 - Порівняльна таблиця заходів безпеки

Підсумовуючи вищезазначені фактори та на основі узагальненої статистики аварій з палубними вантажами можна визначити домінуючі чинники, що впливають на безпеку обробки та перевезення палубних вантажів, врахування

яких допоможе мінімізувати показники пошкоджень та втрат палубних вантажів у майбутньому (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Система факторів впливу на безпеку обробки та транспортування палубних вантажів

Процес завантаження палубного вантажу	Процес транспортування палубний вантаж
<ol style="list-style-type: none"> 1. Пошкодження елементів конструкцій судна та перевищення меж міцності конструкцій судна. 2. Створення аварійного стану суднового вантажно-розвантажувального обладнання внаслідок неадекватного завантаження; 3. Порушення процедур і технології навантаження, а також правил і правил розміщення та безпеки палубного вантажу. 4. Недостатній рівень кількісних та якісних характеристик кріпильних та кріпильних матеріалів. 5. Неналежний рівень планування рейсу, методів контролю за безпекою судноплавства та планування необхідних заходів для забезпечення збереження палубного вантажу, його кріплення, міцності та остійності судна протягом усього рейсу; 6. Нехтування прогнозами погоди при плануванні подорожі. 7. Відсутність періодичного заміру баластних цистерн і невиконання герметизації донних цистерн перед початком завантаження палубного вантажу. 8. Завантаження палубного вантажу зі значною надмірною висотою, відповідно до Кодексу безпечної практики для суден, при транспортуванні палубних вантажів. 9. Недотримання техніки кріплення палубних вантажів у зв'язку з неврахуванням їх масо-габаритних характеристик, що призводить до подорожчання процесу кріплення та збільшення кількості працівників, а також збільшення часу виконання вантажних операцій. 10. Відсутність сертифікатів відповідності стандартам якості матеріалів для кріплення, кріплення та кріплення вантажів. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостатній рівень професійної підготовки та кваліфікації екіпажу; 2. Людський фактор через неправильну оцінку погодних умов. 3. Невміле обслуговування судна в штормових погодних умовах, що призвело до пошкодження та руйнування судна, пошкодження або втрати палубного вантажу. 4. Відсутність належного систематичного нагляду за станом кріпильних засобів під час рейсу. 5. Відсутність гідрометеорологічного забезпечення під час рейсу. 6. Зміщення палубного вантажу внаслідок порушення порядку розміщення та кріплення палубного вантажу, порушення технології перевезення вантажу під дією динамічних навантажень при русі судна в штормових умовах. 7. Неврахування вимог чинних нормативних документів щодо укладання та кріплення вантажу та методики їх розрахунку. 8. Неврахування в повному обсязі транспортних характеристик і властивостей вантажів, які істотно впливають на безпеку їх перевезення. 9. Підвищення ризику пошкодження та загибелі судна через вік і технічний стан судна та якість його технічної експлуатації. 10. Неадекватний розрахунок остійності при відході та прибутті судна та відсутність верифікації метацентричної висоти різними методами. 11. Здійснення кріплення з відхиленням від стандартних вимог Правил, відсутність контролю за остійністю судна під час рейсу та контролю за витратними матеріалами.

Фактори, наведені в табл. 6.2, тісно пов'язані з елементами, переліченими в табл. 6.1, які разом впливають на остійність судна і безпеку процесу завантаження та транспортування палубного вантажу. Приведемо декомпозицію того, як вони взаємопов'язані:

1. Компоненти ваги (табл. 6.1);

- *Положення центру ваги*: Положення центру ваги безпосередньо впливає на остійність судна. Якщо центр ваги розподілений неправильно, це може призвести до втрати остійності під час завантаження та транспортування.

- *Поперечна, поздовжня, бічна остійність*: На ці аспекти значною мірою впливає розподіл ваги на судні. Неправильне розміщення вантажу може призвести до нерівномірного розподілу, що може призвести до проблем зі остійністю.

1. Складові сил інерції (табл. 6.1):

- *Крен, тангаж, поворот*: На ці рухи переважно впливають сили інерції. Неправильне навантаження може змінити ці сили, потенційно призводячи до нестабільного руху під час рейсу.

2. Сила тиску вітру (табл. 6.1):

- *Кут нахилу при вітровому навантаженні*: це безпосередньо пов'язано з силою тиску вітру. Якщо вантаж не закріплений або завантажений неналежним чином, тиск вітру може призвести до небезпечного крену судна.

- *Кочення та крен через силу вітру*: ці рухи відбуваються через силу вітру. Якщо вантаж розміщено ненадійно, він може зсунутись, посилюючи хитання та кочення.

Щодо потенційних проблем і ризиків:

- Неправильне завантаження та укладання може призвести до нерівномірного розподілу ваги та сил, збільшуючи ризик нещасних випадків або втрати вантажу під час транспортування;

- Неадекватне кріплення та фіксація може призвести до переміщення вантажу, потенційно спричиняючи небезпечні рухи судна;

- Неврахування нормативних вимог для укладання та кріплення може призвести до невідповідності стандартам безпеки, піддаючи судно ризику;

- Нехтування погодними умовами під час планування рейсу може призвести до несподіваних проблем і потенційної небезпеки для вантажу через непередбачені погодні явища;

- Недостатня підготовка та компетентність екіпажу може призвести до помилок під час процесу завантаження, що призведе до загрози безпеці.

Таким чином, описані вище фактори безпосередньо пов'язані з компонентами в таблиці 6.1 і разом впливають на остійність судна і загальну безпеку палубних вантажних операцій. Належне врахування та дотримання протоколів безпеки мають першочергове значення для зменшення потенційних ризиків і забезпечення безпечної подорожі.

Триває дискусія щодо відповідальності у випадку такого перевезення. Якщо перевізник погоджується перевозити вантаж на палубі без спеціальної угоди в договорі перевезення або чіткої вказівки в коносаменті, він бере на себе відповідальність за будь-які пошкодження палубного вантажу. І навпаки, за відсутності спеціальної угоди або вказівки в коносаменті щодо перевезення вантажу на палубі, вантажоодержувачі та власники коносамента керуються Конвенцією про перевезення вантажів морем (Hague Rules) або її модифікацій, таких як Угода Гаагських правил або Монреальська конвенція 1979 року. Ці міжнародні конвенції встановлюють правила та обов'язки сторін у справі перевезення вантажів морем, включаючи відповідальність за пошкодження чи втрату вантажу під час перевезення, покладаючи всі відповідні зобов'язання на судновласника. Важливо зазначити, що розпливчате посилення на можливість палубного або непалубного перевезення не може тлумачитися як основа для припущення, що вантаж призначений для палубного перевезення.

Комплексний аналіз поширених причин втрати, пошкодження та псування палубних вантажів, а також вивчення нормативної бази, чинних документів і кодексів, що регламентують розміщення та кріплення вантажів на борту суден, виявив суттєве упущення. Виявилось, що капітани та екіпажі не в повній мірі враховують транспортні характеристики та властивості сучасних генеральних вантажів, як індивідуальних, так і збірних вантажних партій. Це упущення істотно

впливає на безпеку їх транспортування. Існуюча методика укладання та кріплення палубних вантажів не дозволяє повною мірою врахувати сучасну складність та багатокомпонентність цих вантажів, що інколи ускладнює доступність та зручність способів кріплення. Це, у свою чергу, призводить до збільшення вартості процесу кріплення, матеріалів і трудомістких вузлів кріплення, що в кінцевому підсумку затримує вантажно-розвантажувальні роботи. У зв'язку з цим виникає нагальна потреба удосконалення способів і техніки кріплення палубних вантажів для забезпечення їх безпечного морського транспортування, а також оцінки їх впливу на остійність судна. Найближчими завданнями є удосконалення технологій обробки суден, удосконалення методів розміщення та кріплення вантажів. Це має базуватися на моделях, які враховують можливі ризики та їх наслідки, що в кінцевому рахунку гарантує безпеку навігації та оптимізує використання кріплень, особливо за несприятливих погодних умов. Результати дослідження дозволяють запровадити надійні заходи безпеки для захисту вантажу та судна в цьому секторі морської логістики.

6.3 Забезпечення безпеки морського перевезення навалочних вантажів із високою щільністю

Забезпечення безпеки морського перевезення навалочних вантажів з високою щільністю є критичним аспектом організації та технології морського перевезення вантажів. Це вимагає розробки та впровадження сукупності заходів, необхідних для забезпечення безпеки таких перевезень. Розгляд проблеми розрідження вантажів на судні протягом рейсу та його впливу на остійність і безпеку плавання ґрунтується на аналізі статистичних даних, фізико-хімічних властивостей вантажів, конструкційних особливостей судна та впливу зовнішнього середовища. Особливості процедури прийняття вантажу, контролю за його станом під час транспортування та ознаки вразливості, наприклад, вантажів з нікелевої, алюмінієвої та залізної руди до розрідження, вимагають ретельної перевірки вологості вантажу перед завантаженням.

У даному параграфі проведено дослідження небезпек розрідження вантажу під час перевезення, що є процесом, під час якого вантаж стає менш щільним і здатним до руху та зсуву. Це може призвести до небажаних наслідків, включаючи зміщення центру тяжіння судна, зниження метацентричної висоти та погіршення його остійності. Основною метою цього параграфа є розуміння проблеми розрідження вантажів під час морського перевезення та розробка і впровадження відповідних заходів безпеки для забезпечення безпеки таких перевезень.

Пропонується спрощена математична модель, яка враховує геометрію корпусу судна, параметри хвилювання моря, швидкість вітру та інші чинники для передбачення зсуву розрідженого вантажу. Розрахунки та моделювання дозволяють оцінити ймовірність розрідження вантажів і вжити відповідних заходів безпеки. Підкреслюється важливість контролю умов вантажу, застосування запобіжних заходів і забезпечення безпеки екіпажу для запобігання розрідженню вантажу на судні. [366].

Зрідження вантажів залишається найбільшим фактором, що спричиняє людські жертви і викликає занепокоєння у сегменті суховантажних перевезень. Дослідження, присвячені забезпеченню процесу морського перевезення навалочних вантажів, особливо схильних до розрідження, отримали значну увагу в наукових колах і характеризуються великим обсягом наукових праць.

Зокрема, у звіті [367], підготовленому Міжнародною асоціацією власників суховантажів (Intercargo), містяться статистичні дані про втрати балкерів та людські жертви протягом десятирічного періоду. Аспекти безпеки морських перевезень навалочних вантажів, включаючи проблему розрідження вантажів та його вплив на остійність судна представлено в [368]. У [369] досліджуються питання остійності суден і аналізу ризиків, пов'язаних з розрідженням вантажів та його впливом на безпеку плавання. Рекомендації щодо правильного укладання та закріплення вантажів на судах, включаючи розділи, присвячені безпеці перевезення навалочних вантажів та уникненню їх розрідження [370].

В підсумку опрацьовані літературні джерела вказують на важливість системного контролю з метою дотримання безпечних умов перевезення вантажів з високою щільністю і забезпечення безпеки екіпажу протягом рейсу.

Статистика пригод, які трапляються при перевезенні навалочних вантажів, свідчить про серйозні наслідки розрідження вантажу на суднах протягом переходу у відкритому морі. Зазначена кількість загиблих моряків і затонулих суден є тривожним показником. Втрата остійності та аварія судна, спричинені розрідженням вантажу, створюють критичну ситуацію, в якій екіпаж не зміг впоратися зі складними обставинами, не встиг покинути судно або навіть повідомити про небезпеку та отримати допомогу.

Тільки впродовж десятиріччя з 2008 по 2017 роки, світовий флот втратив 53 балкери дедвейтом понад 10 тис. т. Загальні людські втрати на суднах балкерах за цей період склали 202 людини, або в середньому близько 20 членів екіпажу на рік. Такі дані звіту Bulk Carrier Casualty Report, надані Міжнародною асоціацією власників суховантажів (Intercargo) (рис. 6.8).

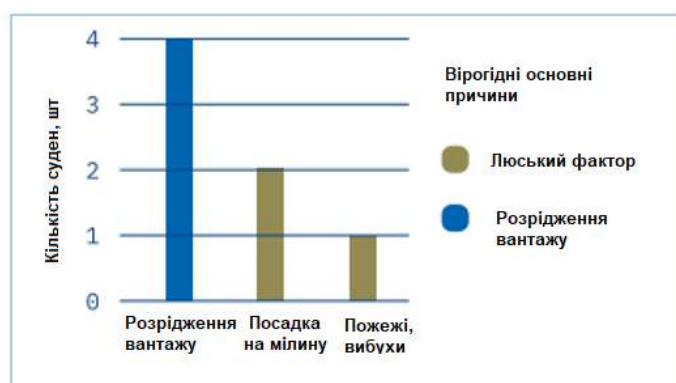


Рисунок 6.8 – Втрати суден балкерів дедвейтом від 50 до 60 тис. тонн спричинені зрідженням вантажу [367]

Події, пов'язані з розрідженням вантажу, є серйозним викликом для безпеки морського перевезення, і морська індустрія має й надалі працювати над удосконаленням процедур і стандартів для запобігання таким інцидентам і захисту життя та безпеки моряків. Розрідження навалочного вантажу може відбуватися через різні чинники, такі як стиснення вантажу, вібрація двигуна, маневрування

судна, бортова хитавиця і зіткнення з хвилями. Ці фактори можуть викликати струс вантажу і призводити до його розрідження.

Декілька провідних країн найбільшими країнами-виробниками первинного нікелю. Наприклад з боку КНР (Китайська народна республіка) зроблено значний ривок у виробництві нікелю за останні роки. Китайський ринок нікелю став одним із тих, що найдинамічніше розвиваються у світі. Сприятливі умови для виробництва нікелю, такі як доступ до сировини, низькі витрати на працю і переваги місцевих виробників, сприяли зростанню виробництва в Китаї. Китайські компанії активно інвестують у розвиток нових родовищ і модернізацію виробничих потужностей, щоб задовольнити зростаючий попит на нікель. Японія, Австралія і Канада також відіграють важливу роль у виробництві первинного нікелю. У цих країн є значні резерви нікелевих родовищ і розвинена інфраструктура для видобутку і переробки нікелю. Компанії з цих країн активно працюють на світовому ринку нікелю і постачають значні обсяги продукції. Втім слід зазначити, що світовий ринок нікелю постійно змінюється, і частки виробництва можуть змінюватися залежно від різних чинників, включно з ціною на метал, інвестиціями в розвиток родовищ і зміною попиту на нікель у різних галузях промисловості.

Головними первинними споживачами нікелю є виробники сталі. Нержавіюча сталь широко використовується в різних галузях, таких як будівництво, автомобільна промисловість, енергетика, хімічна промисловість та інші. Вона має високу корозійну стійкість і міцність, і нікель є важливим компонентом, що надає цим властивостям нержавіючої сталі. Крім виробництва нержавіючої сталі, нікель також використовується у виробництві спеціальних сталей і сплавів. Вони застосовуються в різних галузях, включно з авіацією, оборонною промисловістю, енергетикою, машинобудуванням та іншими сферами, де потрібні високоміцні та спеціалізовані матеріали.

Кінцеві споживачі нікелю включають такі галузі, як транспорт (автомобілі, судна, літаки), машинобудування, будівництво (включно з інфраструктурою і будівлями), хімічна промисловість, виробництво посуду та інші вироби побуту. У

цих галузях нікель використовують у різних формах і сплавах для надання особливих властивостей матеріалам, поліпшення корозійної стійкості, механічної міцності та інших характеристик.

Вантажі з сировини, особливо з високою щільністю, а це нікелева, алюмінієва і залізна руда належать до тих, які схильні до розрідження під час морського перевезення. Це пов'язано, як зазначено, з їхньою підвищеною плинністю під впливом вібрації та руху судна та процесом розрядження (рис.6.9).



Рисунок 6.9 – Вантаж нікелевої руди до та після вивантаження

Для забезпечення безпечного перевезення треба вивчити фізико-хімічні та транспортні властивості навалочних вантажів і їхній вплив на судно та екіпаж у процесі морського перевезення. Фізичний склад будь-якого навалочного вантажу можна розглядати як склад фракцій твердих частинок, води і повітря. В залежності від їхнього співвідношення можна визначити основні фізико-механічні властивості навалочного вантажу: щільність і питомий навантажувальний об'єм. Залежно від густини вантажі поділяють на важкі - менш як $0,56 \text{ м}^3/\text{т}$; середні - від $0,56$ до $1,0 \text{ м}^3/\text{т}$ і легкі - понад $1,0 \text{ м}^3/\text{т}$.

Нікелева руда - це суміш мінералів, що містить нікель у різних сполуках. Фізичні властивості нікелевої руди можуть варіювати залежно від її складу та структури. Однак, у загальному випадку, нікелева руда має такі фізичні властивості (таб.6.3).

Таблиця 6.3 - Фізичні властивості вантажу з нікелевої руди

Характеристика	Опис	Значення
Щільність	Щільність нікелевої руди може варіюватися залежно від її складу і структури.	У середньому, щільність нікелевої руди становить близько 2,7-3,0 г/см ³ .
В'язкість	Нікелева руда зазвичай не є рідиною або пастою, тому в'язкість не є її характеристикою.	-
Кут внутрішнього тертя	Кут внутрішнього тертя нікелевої руди може варіюватися залежно від її складу і структури.	У середньому, він становить близько 30-35 градусів.
Кут природного укосу	Кут природного укосу нікелевої руди може варіюватися залежно від її складу і структури.	У середньому, він становить близько 25-30 градусів.
Вологість	Вологість нікелевої руди може варіюватися залежно від умов її видобутку і транспортування.	Зазвичай, вологість нікелевої руди становить близько 5-10%.
Фракція частинок	Фракція частинок нікелевої руди може варіюватися залежно від її складу і структури.	Зазвичай, розміри частинок нікелевої руди варіюються від декількох мікрометрів до декількох міліметрів.

Крім того, нікелева руда може містити домішки інших мінералів, які можуть впливати на її фізичні властивості. Наприклад, якщо в нікелевій руді міститься сірка, то вона може мати характерний запах сірководню і може бути вибухонебезпечною за деяких умов.

Для розрахунку площі контакту вантажу з судновими трюмами необхідно знати форму вантажу і його висоту в трюмі. Однак, приблизно можна оцінити площу контакту, використовуючи припущення про те, що вантаж розподілений рівномірно по всьому трюму. Для оцінки площі контакту вантажу з поверхнею трюмів можна використовувати формулу:

$$S = \frac{m}{\rho \cdot h}, \quad (6.13)$$

де S - площа контакту (м²); m - маса вантажу (т); ρ - щільність вантажу (т/м³); h - висота вантажу в трюмі (м).

За умови, що вантаж розподілений рівномірно по трюму, можна прийняти висоту вантажу рівною висоті трюму, тобто:

$$h = \frac{V}{S}, \quad (6.14)$$

де V - об'єм трюму (м^3).

Таким чином, площа контакту вантажу з поверхнею трюму дорівнюватиме:

$$S = \frac{m}{\rho \cdot h} = \frac{m}{\rho \cdot \left(\frac{V}{S}\right)} = \frac{m \cdot S}{\rho \cdot V}, \quad (6.15)$$

$$S = \frac{m \cdot V}{\rho \cdot V} = \frac{m}{\rho}. \quad (6.16)$$

Розрідження призводить до розвитку плинності вантажу, що означає, що вантаж може ковзати і зміщуватися в одному напрямку. Це створює ефект вільної поверхні вантажу і може знижувати метацентричну висоту (GM) судна. Зниження GM може призвести до погіршення остійності судна, що є вкрай небажаним.

Однією з простих моделей зсуву розрідженого вантажу є модель ковзання по поверхні вантажу під впливом крену судна. Припустимо, що вантаж розріджений і зісковзує в одному напрямку під впливом гравітації. У цій моделі ми можемо використовувати закон Ньютона для руху похилою площиною. Рівняння для зсуву розрідженого вантажу на похилій площині може бути записано як:

$$S_s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \cdot \sin(\theta) \quad (6.17)$$

де S_s - зсув вантажу (м^2), g - прискорення вільного падіння (м/сек^2), t - час, що минув від початку зсуву (год.), θ - кут крену судна (град.).

Також для розрахунку умовної моделі зсуву розрідженого вантажу на судні можна використовувати метод, заснований на балансі сил. Одним із таких методів є метод капілярно-когезійної моделі (Capillary-Coherent Model), розподілу рідини в пористих середовищах, зокрема вологості ґрунту або пористих матеріалів. Цей

метод базується на сполученні капілярних та когезійних сил, які впливають на розподіл рідини в порах матеріалу.

У методі капілярно-когезійної моделі враховується взаємодія між рідиною та поверхнями пор, а також сили когезії між рідиною та поверхнею пор. Ці сили впливають на капілярний тиск та розподіл рідини у порах. В рамках цього методу використовуються математичні моделі, що описують ці процеси та дозволяють розрахувати розподіл вологості в пористих середовищах.

Формула для розрахунку зсуву розрідженого вантажу на судні може мати такий вигляд:

$$h = \frac{W \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\beta)}{\rho \cdot g \cdot (B - L \cdot \sin(\beta))} \quad (6.18)$$

де h - зсув вантажу (висота рівня вантажу, м); W - вага вантажу (т); θ - кут руху судна відносно фронту хвиль (курс судна, град.); β - кут крену судна (град.); ρ - щільність вантажу (т/м³); g - прискорення вільного падіння (м/сек²); B - ширина судна (м); L - довжина судна (м).

Однак, слід зазначити, що даний приклад не враховує безліч інших чинників, таких як вплив морського хвилювання, неоднорідність вантажу, взаємодія з елементами конструкції на судні тощо. Тому для побудови моделі зсуву розрідженого вантажу на конкретному судні можна використовувати на наступну послідовність:

1. Розрахунок сили зчеплення між вантажем і судном:

$$F_f = \mu \cdot N \cdot \cos(\alpha) + \eta \cdot \sqrt{N \cdot \sin(\alpha)} \quad (6.19)$$

де F_f - сила зчеплення (Н); μ - коефіцієнт тертя (можна розрахувати як $tg(\theta)$); де θ - кут внутрішнього тертя (град.); N - нормальна реакція (у цьому випадку дорівнює вазі вантажу, Н); α - кут нахилу поверхні; η - коефіцієнт внутрішнього тертя.

2. Розрахунок моменту, викликаного креном судна:

$$M_h = \rho \cdot g \cdot V_h \cdot S_k \cdot \sin(\theta_h) \quad (6.20)$$

де M_h - момент, викликаний креном судна (кН · м); ρ - густина води (г/см³); g - прискорення вільного падіння; V_h – об'єм судна, занурений унаслідок хитавиці (м³); S_k - площа кіля (м²); θ_h - кут крену (град.).

3. Рівняння рівноваги для визначення зсуву вантажу:

$$m \cdot \Delta h \cdot g = F_f - M_h \quad (6.21)$$

де m - маса розрідженого вантажу (т); Δh - зсув вантажу по вертикалі; g - прискорення вільного падіння.

4. Рівняння для визначення зсуву вантажу в горизонтальній площині:

$$\Delta x = \frac{F_1 + F_2}{m \cdot g} \quad (6.22)$$

де m - маса розрідженого вантажу; g - прискорення вільного падіння; Δx - зсув вантажу по горизонталі; F_1 - сила, викликана хвилюванням моря (Н); F_2 - сила, викликана вітром (Н).

$$F_1 = 0.5 \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot A \cdot \cos(\alpha) \quad (6.23)$$

де F_1 - сила, спричинена хвилюванням моря; ρ - густина води; g - прискорення вільного падіння; H - висота хвилі; A - амплітуда хитавиці судна α - різниця фаз між хвилею і хитавицею судна.

Формула для розрахунку сили, спричиненої вітром:

$$F_2 = 0.5 \cdot \rho \cdot A_w \cdot V_w^2 \cdot C_w \quad (6.24)$$

де F_2 - сила, викликана вітром; ρ - густина повітря; A_w - площа поверхні, що зазнає впливу вітру (m^2); V_w - швидкість вітру (м/сек); C_w - коефіцієнт опору повітря.

Проведені розрахунки ілюструють як зміна вологості вантажу впливає на його щільність, що може призводити до розрідження вантажу і погіршення морехідних якостей судна і потенційно підвищувати ризик інциденту на борту. Залежність рівня розрідження вантажу від вологовмісту, дає змогу наочно уявити, як змінюється рівень розрідження вантажу за різних ступенів вологості (рис.6.10), та дає змогу аналізувати ситуацію. Він може бути корисним для ухвалення рішень про контроль і управління вологістю вантажу, а також для оцінки впливу вологості на безпеку і остійність судна під час перевезення вантажу [371].

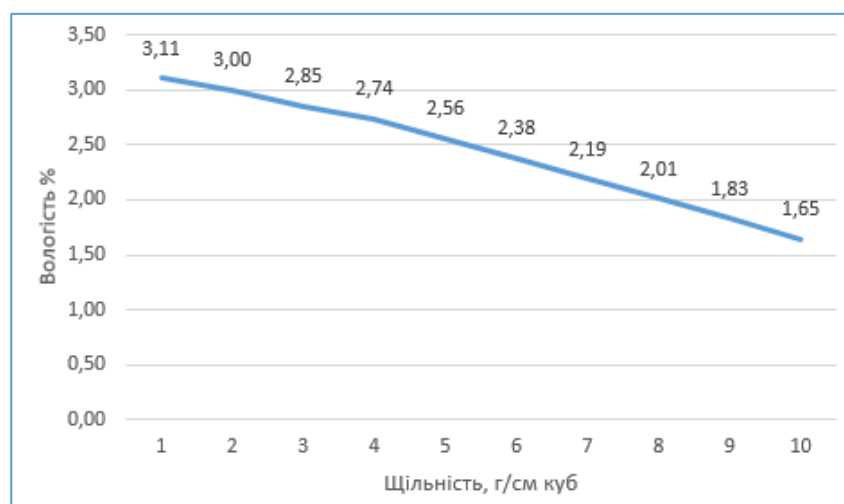


Рисунок 6.10 - Залежність між рівнем вологості і рівнем щільності вантажу

Для балкерних вантажів, таких як нікелева руда, існує деяка шкала або класифікація рівнів розрядження вологовмісті. Основні рівні розрядження вологовмісті можуть включати наступні:

1. Сухий вантаж (0% вологовмісту), цей рівень вказує, що вантаж не містить води або розчинених речовин тобто вантаж є повністю сухим;

2. Легковологий (до 10% вологовмісту) означає що вантаж містить невелику кількість води, але вона не є значною часткою маси вантажу;
3. Середньовологий вантаж (10-15% вологовмісту), містить помірну кількість води але може бути значною, проте все ще допустимою для безпечного перевезення;
4. Високовологий вантаж (понад 15% вологовмісту), містить велику кількість води. Цей рівень вказує на значну вологовміст вантажу, що може впливати на остійність судна та безпеку перевезення.

Представлений графік на рис. 6.11, який дає змогу візуалізувати зміну рівня розрідження вантажу впродовж зазначеного часового інтервалу (у цьому випадку 12 годин), продемонстровано, як рівень розрідження вантажу поступово зростає з часом за умови високого рівня розрідження в розмірі 20-25%, та зростання рівня розрідження для вантажу з середнім рівнем вологості на тому ж часовому інтервалі;

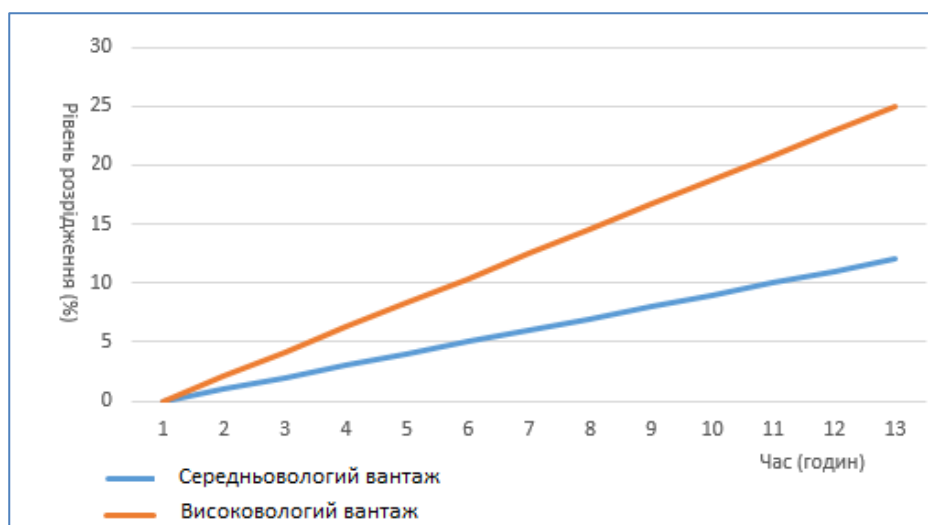


Рисунок 6.11 – Залежність рівня розрідження вантажу від часу

З графіка можна зробити спостереження що рівень розрідження вантажу починається з нульового значення на початку періоду (0 годин) і поступово зростає до 25% до кінця періоду (12 годин). Графік демонструє лінійну залежність між часом і рівнем розрідження вантажу. Рівень розрідження збільшується рівномірно з плином часу. Після 12 годин рівень розрідження досягає максимального значення в розмірі 25% та 12,5% відповідно.

Таким чином, даний графік дає змогу наочно уявити зміну рівня розрідження вантажу в заданому часовому інтервалі та допомагає візуалізувати процес розрідження вантажу на основі заданих умов.

Представлені способи дають змогу врахувати вплив хвилювання моря і вітру на судно і відповідно на розріджений вантаж. Вони можуть бути включені в загальну модель зсуву вантажу на основі балансу сил. Важливо зазначити, що точність розрахунків зсуву вантажу залежить від безлічі чинників, включно зі складністю геометрії корпусу судна або конструкції його трюмів, умовами хвилювання і вітру, а також взаємодією різних сил. Для більш точних результатів рекомендується використовувати спеціалізовані програми для гідродинамічного моделювання і експертні оцінки.

Для запобігання розрідженню вантажу під час рейсу дуже важливо, щоб старший помічник капітана, як особа відповідальна за вантажні операції ретельно перевіряв декларацію вантажовідправника перед завантаженням навалочного вантажу. Це дає змогу переконатися, що вологовміст вантажу не перевищує граничних значень для безпечного транспортування та уникнення розрідження. Помилки в деклараціях вантажовідправників дійсно можуть виникати, тому на судні можуть проводитися вибіркові перевірки вологовмісту вантажу для підтвердження інформації. Це важливий запобіжний захід, щоб забезпечити безпеку морського перевезення навалочних вантажів з високою щільністю. Конкретні процедури і вимоги можуть відрізнятися залежно від національних правил, Міжнародного кодексу з безпечного перевезення навалочних вантажів (IMSBC Code: International Maritime Solid Bulk Cargoes Code) та інших регулювальних документів, які застосовуються в морській галузі.

Ці дані наголошують на важливості суворого дотримання міжнародних стандартів безпеки, включно з рекомендаціями Кодексу IMSBC і правилами Конвенції СОЛАС (Міжнародна конвенція про безпеку життя на морі), під час перевезення навалочних вантажів із високою щільністю. Належна оцінка та управління ризиками, правильний розподіл вантажу, регулярні перевірки та

дотримання запобіжних заходів допоможуть знизити можливість розрідження вантажу і пов'язаних з ним небезпек.

Перевезення навалочних вантажів з високою щільністю може становити певні небезпеки, пов'язані з ушкодженнями корпусу судна, втратою остійності та хімічними реакціями:

1. Пошкодження корпусу судна. Неправильний розподіл навалочних вантажів може призвести до нерівномірного навантаження на корпус судна. Це може викликати деформації або пошкодження структури судна, особливо в районі трюму або верхнього палубного настилу що призведе до потрапляння води та втрати остійності.

2. Втрата остійності судна. Деякі навалочні вантажі з високою щільністю можуть мати високий центр ваги або бути нестійкими. Під час рейсу судно може піддаватися хитами і крену, і якщо вантажі неправильно розподілені або неправильно закріплені, вони можуть призвести до втрати остійності судна, часткового занурення або перекидання судна.

3. Хімічні реакції вантажів. Деякі навалочні вантажі можуть бути хімічно активними або реагувати між собою за певних умов, таких як вологість, температура або контакт із водою. Такі хімічні реакції можуть призвести до утворення небезпечних газів, пожежі або навіть вибуху. Тому важливо ретельно вивчати характеристики вантажів і вживати відповідних запобіжних заходів.

Мінімізація цих небезпек досягається дотриманням міжнародних стандартів і керівництв з безпечного перевезення навалочних вантажів. Це охоплює правильний розподіл і закріплення вантажів, проведення інспекцій і контролю якості, а також навчання і сертифікацію персоналу, зайнятого в перевезенні та обробці таких вантажів. Міжнародний кодекс з безпечного перевезення навалочних вантажів, затверджений резолюцією MSC.268(85), є керівним документом, призначеним для забезпечення безпеки перевезення навалочних вантажів морем. Він являє собою міжнародний стандарт, який рекомендується урядам для використання як основи для національних правил і нормативів відповідно до Конвенції СОЛАС.

Як і багато інших дрібнодисперсних мінералів, включаючи мінеральні рудні концентрати, нікелева руда може розріджуватися і зміщуватися, якщо рівень її вологості занадто високий. Через цей ризик зрідження нікелева руда підпадає під дію положень руда підпадає під дію положень СОЛАС і Кодексу IMSBC щодо випробувань і сертифікації вантажів, які можуть зріджуватися і відносяться до групи небезпеки "А". Тому перевізникам, які планують перевезення нікелевої руди, рекомендується вивчити SOLAS Ch.VI, Reg.2 а також розділи 4, 7 і 8 Кодексу IMSBC.

Додатково для контролю стану вантажу нікелевої руди під час рейсу рекомендується вживати таких заходів:

- здійснення регулярних інспекцій вантажних трюмів, з тим щоб перевірити стан і розподіл вантажу, виявлення ознак розрідження, утворення вільної поверхні, скупчення пилу або збивання вантажу;

- використання датчиків, які можуть вимірювати параметри, такі як температура, вологість, тиск або рівень вантажу. Це дасть вам змогу контролювати і моніторити стан вантажу в режимі реального часу;

- регулярний відбір проб вантажу для визначення вмісту вологості, для аналізу гранулометричного складу та інші параметри, які можуть бути важливими для контролю якості вантажу;

- дотримання інструкцій вантажовідправника або експлуатаційних посібників з обробки та зберігання нікелевої руди. Це включає захист від вологи та інших шкідливих впливів, а також дотримання правил безпеки при поводженні з вантажем.

Зміни та поправки, що постійно вносяться до IMSBC кодексу, можуть зачіпати його структуру і зміст, а також вносити нові рекомендації та вимоги для забезпечення безпеки і захисту довкілля в перевезенні навалочних вантажів. Це дає змогу сфері морського перевезення вантажів і відповідним сторонам ефективно застосовувати новітні стандарти і процедури, забезпечуючи безпеку і знижуючи ризики. Ці дані наголошують на важливості суворого дотримання міжнародних стандартів безпеки, включно з рекомендаціями кодексу і правилами

Конвенції СОЛАС, під час перевезення навалочних вантажів із високою щільністю. Належна оцінка та управління ризиками, правильний розподіл вантажу, регулярні перевірки та дотримання запобіжних заходів допоможуть знизити можливість розрідження вантажу і пов'язаних з ним небезпек.

Вантажі з високою щільністю, такі як нікелева, алюмінієва і залізна руда, особливо схильні до розрідження, що підкреслює необхідність проведення ретельного контролю і перевірки вологості вантажу перед завантаженням для запобігання його розрідженню під час рейсу. Це призводить до зсуву вантажу в одному напрямку, створення ефекту вільної поверхні, зниження метацентричної висоти судна, що у сукупності критично знижує остійність судна. Моделювання процесу зсуву розрідженого вантажу потребує враховування безлічі чинників, таких як форма корпусу судна, параметри хвилювання моря, швидкість вітру та інші фізичні характеристики навколишнього середовища, втім його результати дають змогу оцінити ймовірність зсуву розрідженого вантажу і визначити необхідні запобіжні заходи для забезпечення безпеки судна та екіпажу. Тому розробка та застосування адекватних заходів безпеки для запобігання розрідженню вантажу та підтримання остійності судна протягом рейсу має велике значення для подальших досліджень.

6.4 Вплив людини на ергатичні системи управління на морському транспорті

Термін "ергатичні системи" походить від грецького слова "ergon", що означає "праця" або "діяльність". Ергатичні системи відносяться до автоматизованих систем та технологій, які призначених для полегшення праці, підвищення продуктивності та оптимізації виробничих процесів.

У контексті морського транспорту та портової інфраструктури, ергатичні системи можуть включати в себе автоматизовані прилади та системи для завантаження та розвантаження суден, системи контролю за рухом суден, автоматизовані системи безпеки, системи ідентифікації та відстеження вантажів, а

також інші технології, які спрямовані на підвищення ефективності та безпеки транспортних операцій [372, 373].

В даній параграфі досліджується процес взаємодії роль та ступінь впливу фактору людини на ергатичні системи управління на транспорті. Проводиться аналіз людського фактору, його складових в процесі управління у водних транспортних системах та вплив технічних систем на діяльність людей. Основна увага зосереджується на вивченні ролі та взаємозв'язку між людським фактором і ергатичними системами управління, такими як автоматизовані системи, інтелектуальні транспортні системи та інші технологічні рішення, що застосовуються у водному транспорті. В дослідженні використані метод аналізу та синтезу на основі літературного сюрвею, квалітативний метод, збір та аналіз даних, що дозволяє оцінити і якісно описати вплив людського фактору на ергатичні системи управління, зокрема досліджується, як ці системи впливають на взаємодію людей та ергатичних систем в процесі виконання рутинних операцій на судні, процесах прийняття рішень, роботу операторів і користувачів транспортних послуг. Дослідження базується на аналізі наукових досліджень, включаючи психологічні, соціологічні та інженерні аспекти взаємодії між людиною і ергатичними системами управління, виявленні та оцінки основних факторів впливу фактору людини на ергатичні системи. Проведений аналіз дає можливість зрозуміти також як впливають технічні інновації на роль людського фактору у транспортному секторі. Новизна даного дослідження полягає у комбінації дослідження впливу людського фактору на ергатичні системи управління на транспорті та аналізі різних аспектів цієї взаємодії та має значний практичний внесок, оскільки надає важливі рекомендації щодо покращення процесу взаємодії між фактором людини і ергатичними системами управління на транспорті.

В останні десятиліття людство досягло значних проривів у галузях енергетики та інформаційних ресурсів, що вплинуло на здатність людей адаптуватися до сучасного середовища. Технологічний прогрес і доступ до величезних енергетичних ресурсів дозволив поліпшити умови життя, збільшити продуктивність і скоротити фізичну працю. Розроблено безліч технічних засобів,

які значно полегшують роботу і покращують ефективність. Однак, хоча технологічні інновації та ресурси мають важливе значення для адаптації людини до сучасного середовища, генетичні аспекти також залишаються важливими. Людське тіло і мозок все ще залишаються результатом еволюції, і їхні генетичні схильності та фізіологія впливають на здатність адаптуватися до навколишнього середовища. Це дає змогу констатувати, що сучасне суспільство прагне досягати адаптації до середовища за допомогою комбінації генетичних і технічних засобів. Технології та ресурси надають інструменти для подолання обмежень, але ефективна адаптація потребує гармонійної взаємодії та врахування як генетичних, так і технічних чинників.

Таким чином проведені дослідження підкреслюють необхідність враховувати фактор людини в ергатичних системах управління при розробці стратегій, процедур та систем безпеки мореплавства з метою покращення безпеки та ефективності морських перевезень та запобігання можливим інцидентам [374].

Автоматизовані системи, інтелектуальні транспортні системи та інші технологічні рішення, що застосовуються у транспорті, представляють собою сучасні інноваційні розробки, які впроваджуються з метою покращення ефективності, безпеки та комфорту виконання виробничих завдань в транспортній галузі.

Автоматизовані системи включають автоматичні контрольні та управлінські системи, які виконують функції без участі людини, забезпечуючи автоматичне керування рухом транспортних засобів, розподіл ресурсів, моніторинг систем безпеки та інше. Наприклад, інтелектуальні транспортні системи (ІТС) базуються на застосуванні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій та аналізу даних для покращення організації транспортних послуг. ІТС можуть включати системи моніторингу руху, навігації, управління операціями, електронного обліку, інформаційні системи для пасажирів та багато іншого [375].

Технологічні рішення включають в себе різноманітні інноваційні технології, які використовуються для покращення ефективності та функціональності транспортних систем. Це можуть бути електромобілі, системи автоматичного

керування рухом судна, сенсорні технології, системи енергоефективності та інші. Застосування таких автоматизованих систем, інтелектуальних транспортних систем та інших технологічних рішень сприяє покращенню безпеки, зменшенню транспортних заторів, оптимізації використання ресурсів та забезпеченню більш комфортного та сталого транспортного середовища [376].

Процес забезпечення належної взаємодії між людиною та системою управління має на меті досягнення безпеки та ефективності в процесі експлуатації судна. Цей процес включає в себе розуміння та врахування потреб, здібностей та обмежень людей, а також вплив ергатичних систем на їх стан та поведінку. Для досягнення належного ступеня взаємодії, можуть використовуватись різні підходи, такі як розробка програмних інтерфейсів, навчання та спеціальна підготовка, а головне це врахування людського фактору при проектуванні ергатичних систем, включаючи забезпечення ефективної комунікації та співпраці між учасниками всього процесу управління [377].

Ергатичні системи управління - це системи, в яких людина виконує фізичні дії, наприклад, користування приладами, натискання на кнопки, рухи руками, тощо. Ці системи можуть бути використані в будь-якій області, де людина взаємодіє з технікою і має виконувати роботу, пов'язану з фізичними діями. Наприклад в контексті процесу організації праці на борту сучасного судна, ергатичні системи управління включають у себе, палубні механізми, рульові пристрої, лебідки, крани, системи, тощо. Тобто ергатичний аспект у рутинних операціях судна охоплює всі процеси, пов'язані з фізичними навантаженнями на екіпаж та робоче середовище на судні включаючи такі компоненти, як вантажні операції, підтримання робочого стану обладнання на борту, робота з апаратами, пристроями, приладами тощо та пов'язана з фізичним, психологічним та ергономічним аспектами праці екіпажу та впливом цих аспектів на безпеку судна, (рис. 6.12).

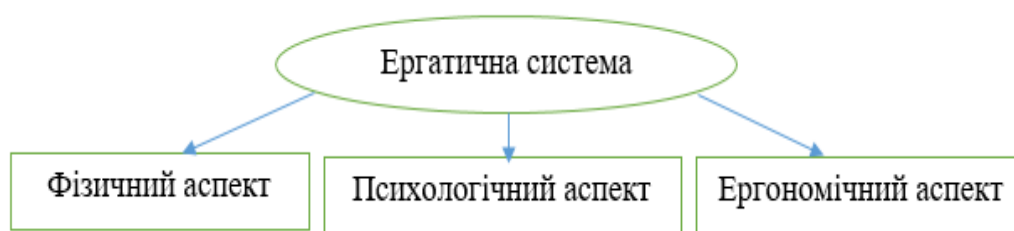


Рисунок 6.12 - Аспекти ергатичної системи управління

Фізичний аспект ергатичної системи включає в себе аспекти безпеки, пов'язані з розташуванням та розподілом систем, обладнання, пристроїв, механізмів та матеріалів на судні, виконанням вантажних операцій, контролем за судном і маневруванням, моніторинг систем та робочих параметрів та іншими фізичними аспектами, які можуть вплинути на здоров'я та безпеку екіпажу, судна та вантажу. Наприклад, неправильне завантаження судна або розташування вантажу може призвести до виникнення небезпечного крену або перекидання судна, а некоректне використання обладнання - до аварійних ситуацій, травм або навіть загибелі члену екіпажу [378].

Психологічний аспект ергатичної системи відповідно пов'язаний з психологічними аспектами праці екіпажу, такими як стрес, втома, депресія, соціальна ізоляція та інші фактори, які можуть вплинути на роботу та процес прийняття рішень з боку екіпажу. Наприклад, підвищена втома екіпажу може призвести до неправильних рішень, що в свою чергу може стати причиною аварій та інцидентів. Тому з метою зменшення ризику негативних факторів впливу на безпеку судна, судновласники та оператори флоту проводять аналіз факторів ризику та розробляють стратегії та процедури з метою покращення умов праці екіпажу. До таких стратегій можуть входити розробка програм забезпечення відпочинку екіпажу, правильної організації робочих місць та обладнання, проведення психологічних тренінгів та навчань для екіпажу.

Крім того особливе місце займає ергономічний аспект який пов'язаний з адаптацією працівників до умов роботи на судні та забезпеченням їхньої безпеки під час виконання робіт. Це включає організацію робочих місць, використання ергономічних засобів захисту, раціональне розміщення обладнання на борту, а

також навчання членів екіпажу правильному використанню обладнання, запобігання надмірному фізичному перевантаженню та травмам в процесі виконання робіт через використання безпечних методів роботи, належне навчання та тренування персоналу, застосування захисних засобів та організацію регулярного медичного обстеження. Наприклад, на судні створюються ергономічні робочу атмосферу, зручності для членів команди навігаційного містка, щоб забезпечити зручність та безпеку під час тривалої роботи при постійно змінних умовах. Також можуть використовуватися ергономічні засоби захисту, такі як рукавиці або наколінники, для захисту від травм та інших небезпек.

Загальний показник ергатичності системи може мати вигляд:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^3 \omega_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^3 \omega_i} \quad (6.25)$$

де ω_i - ваговий коефіцієнт для кожного аспекту; A_i - значення кожного аспекту (фізичне навантаження, психологічний аспект, ергономічний аспект).

Так фізичне навантаження (*PFN*) на екіпаж бути мати вигляд:

$$PFN = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot I_i) \quad (6.26)$$

де W_i - інтенсивність фізичної роботи для конкретного виду діяльності; I_i - тривалість роботи в годинах.

Ефективність робочих процесів або загальний час їх виконання (*TPT*) можна виразити як:

$$TPT = \sum_{j=1}^m T_j \quad (6.27)$$

де T_j - час виконання кожного окремого процесу.

Індекс психологічного комфорту (PCI) можна виразити на основі вагових коефіцієнтів W_i , показників впливу I_i та технічних параметрів T_j .

$$PCI = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \cdot I_i)}{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m T_j}} \quad (6.28)$$

де PCI - показник клімату організаційного середовища, вираз в чисельнику, враховує зважену суму факторів стресу (вага, що відповідає різним видам стресу, помножена на інтенсивність цих стресорів), вираз в знаменнику, враховує добробут (задоволеність роботою) в середовищі. Отже, цей показник враховує баланс між стресом і добробутом в організаційному середовищі.

Забезпечення ергономічної безпеки на судні важливо не лише для збереження здоров'я та безпеки моряків, але й для забезпечення ефективності їх роботи. Недостатня увага до ергономічної безпеки може призвести до зниження продуктивності, збільшення витрат на лікування працівників та компенсації шкоди, заподіяної через травми або захворювання, а також до зниження якості та безпеки роботи на судні в цілому.

Слід додати що ергономіка включає в себе проектування інтерфейсу між людиною та технічним пристроєм, що дозволяє забезпечити ефективність та комфортність такої взаємодії а ергатика включає в себе вивчення фізичних та психологічних процесів, що відбуваються в організмі людини під час виконання різних фізичних робіт, з метою забезпечення безпеки та здоров'я людини в процесі роботи.

Аналіз ролі людського фактору та ступеня його впливу на процес управління на транспорті підкреслює важливість управління людськими ресурсами та врахування факторів які впливають на процес прийняття рішень, рівень співпраці між членами екіпажу та загальну ефективність роботи на судні:

- Когнітивні фактори, які включають когнітивні процеси, такі як сприйняття, увага, пам'ять, мислення та прийняття рішень. Індивідуальні

відмінності у когнітивних здібностях можуть впливати на здатність людини адаптуватися до нових ситуацій, аналізувати інформацію та приймати швидкі та точні рішення.

- Соціальні фактори які характеризуються взаємодією та співпрацею між членами екіпажу можуть бути під впливом соціальних факторів, таких як комунікація, лідерство, конфлікти та довіра. Ефективна комунікація та співпраця можуть покращити координацію дій, забезпечити взаємопідтримку та зменшити можливі помилки.

- Стресові фактори, адже робота на суднах може бути пов'язана зі стресом, особливо в ситуаціях віддаленості від берегу, великого обсягу роботи, підвищеної небезпеки або в умовах високої відповідальності. Стрес може впливати на увагу, прийняття рішень та здатність до виконання завдань.

- Технічні фактори впливають на взаємодію між людиною та ергатичними системами управління на транспорті і мають значний вплив на процес управління судном. Серед технічних факторів можуть бути дизайн інтерфейсу, доступність інформації, надійність систем та рівень їх оснащення.

Аналіз ролі людського фактора та його впливу на процеси управління на транспорті включає широкий спектр аспектів, які враховуються в цьому дослідженні Зокрема, розглядаються професійна підготовка та кваліфікація персоналу, психофізіологічні особливості працівників, організація та умови праці тощо (табл. 6.4).

Таблиця 6.4 - Аналіз ролі та ступеня впливу людського фактору на процеси управління

Компетентність та навички членів екіпажу	Кваліфікація, досвід та навички моряків мають прямий вплив на безпеку та ефективність морських перевезень. Недостатня підготовка членів екіпажу може призвести до помилок у маневруванні судна, неправильного використання навігаційних приладів або неправильної реакції на надзвичайні ситуації. Тому важливо мати ефективну систему набуття і підтримки навичок моряків, включаючи навчання, тренування та сертифікацію.
Рішення капітана та посадових осіб	Рішення, прийняті капітаном та членами екіпажу судна, мають великий вплив на безпеку та результативність усіх операцій на борту. Вони повинні ґрунтуватись на аналізі інформацію про стан погоди, трафік, навігаційні небезпеки та інші фактори, що можуть впливати на безпеку експлуатації судна, маршруту переходу, швидкості, режиму руху та безпекових заходів.

Продовження табл. 6.4

Співробітництво та комунікація	Ефективне співробітництво та комунікація між різними учасниками процесу морського транспортування вантажів, є необхідними для координації дій та інформаційного обміну. Обмежене спілкування або непорозуміння в комунікації можуть призвести до помилок, збоїв та затримок в транспортних процесах.
Вплив фізичних та психологічних факторів	Фізичний та психологічний стан членів екіпажу може впливати на їхню працездатність та прийняття рішень. Недостатня фізична підготовка, втома, стрес або недостатня концентрація уваги можуть знизити ефективність та безпеку морських перевезень. Тому важливо забезпечувати оптимальні умови праці та відпочинку для членів екіпажу, а також проводити відповідний медичний контроль.
Законодавство та регуляторні вимоги	Законодавство та регуляторні вимоги визначають стандарти та правила, яких необхідно дотримуватися на морському транспорті. Вони включають вимоги до кваліфікації моряків, безпекові стандарти, процедури навігації та комунікації, а також правила взаємодії з іншими суднами та водними об'єктами.

Врахування закономірностей впливу фактору людини на водні транспортні процеси сприяє покращенню безпеки та ефективності морських перевезень. Додатково навчання та тренування моряків, забезпечення фізичного та психологічного благополуччя екіпажу, розробка ефективних систем зв'язку та комунікації, а також виконання вимог законодавства та регуляторних стандартів є важливими напрямками розвитку морського транспорту.

Людський фактор і ергатичні системи управління взаємопов'язані у багатьох аспектах. Ергономіка та психологія праці є ключовими факторами, які впливають на використання ергатичних систем управління. Наприклад, недостатнє знання або розуміння роботи системи може призвести до неправильного використання або неправильної інтерпретації даних, що може призвести до небезпеки для судна і екіпажу. Деякі приклади включають неправильне розташування інтерфейсів, невідповідність між системою та користувачем, складність використання та недостатню чіткість та доступність інформації. З іншого боку, добре спроектована та пристосована до потреб користувача система може зменшити ризики виникнення помилок та збільшити продуктивність екіпажу.

Дослідження принципів взаємодії та впливу людського фактору на ергатичні системи управління на транспорті продемонструвало значну роль цього фактору в підвищенні ефективності, забезпеченні безпеки та оптимізації роботи судна. Результати досліджень підкреслюють ключові аспекти, які слід враховувати в

контексті взаємодії між людиною та ергатичними системами управління що дають змогу визначити три складові а саме вивчення взаємодії між людським фактором та ергатичними системами (1), виявлення сильних та слабких сторін людського фактору та ергатичних систем (2), та розробка оптимальних рішень для покращення процесів роботи та ефективного використання технологій (3), як представлено у табл.6.5.

Таблиця 6.5 - Оптимізація взаємодії людського фактору та ергатичних систем управління

1	2	3
Оптимізація роботи	Вивчення взаємодії допомагає виявити сильні та слабкі сторони людського фактору та ергатичних систем	На основі цих даних можна розробити оптимальні рішення, щоб покращити процеси роботи та забезпечити більш ефективне використання технологій
Покращення ефективності	Розуміння, як люди взаємодіють з технологіями, дозволяє виявити можливості для покращення продуктивності	Наприклад, розробка інтерфейсів та систем, що враховують людські особливості, може сприяти більш ефективному використанню технологій та скороченню часу на виконання завдань
Забезпечення безпеки	Врахування взаємодії між людьми і технологіями допомагає виявити потенційні ризики та проблеми, пов'язані з безпекою мореплавства	Це дає змогу розробити заходи та системи, що забезпечують безпеку членів екіпажу, уникнення аварій та помилок
Прийняття технологій	Розуміння взаємодії між людьми і технологіями допомагає створити більш зручні та ергономічні системи	Це означає, що технології можуть бути розроблені з урахуванням індивідуальних потреб, навичок і можливостей операторів
Удосконалення дизайну інтерфейсу	Розуміння потреб та характеристик операторів дозволяє розробити інтуїтивно зрозумілі та легкі у використанні інтерфейси	Це сприяє покращенню комунікації між операторами та технологіями, зниженню помилок та підвищенню ефективності використання
Розвиток спеціалізованих навичок	Вивчення взаємодії допомагає ідентифікувати необхідні навички для ефективного використання ергатичних систем	Це може включати навчання персоналу, розвиток спеціалізованих компетенцій та забезпечення доступу до навчальних ресурсів

Продовження табл. 6.5

Врахування службових та етичних аспектів	Вивчення взаємодії допомагає зрозуміти службові та етичні вимоги щодо використання ергатичних систем	Це включає питання конфіденційності даних, розподілу повноважень та відповідальності, а також впливу технологій на судноплавство
Підтримка сталого розвитку	Вивчення принципів взаємодії може допомогти виявити можливості для впровадження сталих практик у використання технологій	Це може включати зменшення енергоспоживання, оптимізацію маршрутів, покращення екологічної ефективності водного транспорту та інші заходи

Крім того, постійне вдосконалення технологій, які полегшують роботу екіпажів морських суден та підвищують безпеку, також має велике значення. Наприклад, впровадження автоматизованих систем управління судном, використання сучасних навігаційних та комунікаційних технологій, застосування систем відеоспостереження та дистанційного моніторингу можуть покращити контроль над судном і допомогти уникнути непередбачуваних ситуацій.

Взаємодія між людським фактором і ергатичними системами відіграє важливу роль у різних аспектах життя, включаючи транспорт, медицину, інформаційні технології та інші галузі адже використання ергатичних систем призводить до полегшення роботи, підвищення продуктивності, забезпечення безпеки та виконання складних завдань. Ергатичні системи включають в себе різноманітні технічні рішення, автоматизовані системи, інтелектуальні системи, робототехніку та інші технології. Проте важливо зберігати баланс між ергатичними системами і людським фактором адже як відомо він включає в себе здібності, навички, знання, мотивацію, сприйняття та інші аспекти поведінки людини тому тотальна автоматизація може призвести до втрати контролю, помилок та інших негативних наслідків, оскільки технології не завжди здатні повністю замінити людське рішення та інтуїцію в ситуаціях, які вимагають складного аналізу або взаємодії з непередбачуваними обставинами. Потрібно забезпечувати адекватну взаємодію, враховуючи особливості і потреби людей, а також гармонійно інтегрувати технологічні рішення в людські дії та процеси.

Оскільки системи управління на судах безпосередньо пов'язані з взаємодією людини з технікою та виконанням фізичної роботи, ергономічні та ергатичні аспекти є важливими для забезпечення безпеки та ефективності роботи на судні.

Поглиблене дослідження та впровадження ергатичних систем на морському транспорті визначає не лише його технологічну ефективність, але й забезпечення високого рівня безпеки а ергатичні рішення, можуть значно зменшити ризики експлуатаційних проблем, вирішити питання управління ресурсами та підвищити реагування на непередбачені ситуації, сприяючи тим самим загальній безпеці морського транспорту.

Технологічні інновації у сфері ергатичних систем можуть допомогти оптимізувати логістичні процеси, підвищити точність маршрутизації та навігації суден, що сприяє уникненню аварій та забезпеченню безпеки перевезень що є ключовим для створення єдиної системи безпеки та підтримки ефективної експлуатації морського транспорту. Забезпечення безпеки вимагає системного підходу, включаючи технічні інновації, стратегії логістики та відповідне регулювання. Впровадження сучасних технологій, таких як системи моніторингу та автономні транспортні засоби, також може покращити рівень безпеки, рис.6.13.



Рисунок 6.13 – Складові ефективної роботи транспортного комплексу

Забезпечення необхідних фінансових ресурсів є ключовим елементом успішної стратегії безпеки, а глобальна співпраця важлива для застосування безпечних практик у всьому світі. Узагальнюючи, саме безпека транспорту визначає його діяльність і відіграє ключову роль у створенні стійкого та конкурентоспроможного середовища. Інвестування в дослідження та інновації є важливим для подальшого вдосконалення стандартів безпеки для всіх учасників транспортного процесу.

Висновки до шостого розділу

1. Технологічна безпека судна означає безпеку процесу перевезення вантажів та впровадження при цьому ефективних технологій та використання автоматизованих систем управління вантажними операціями і контроль стану вантажу в рейсі, що надають операторам суден додаткові засоби контролю як за станом судна так і за умовами навколишнього середовища, зокрема погодними умовами та станом вантажу.

2. Перевезення вантажів на відкритих палубах морських суден обґрунтовується необхідністю максимізації вантажопідйомності та оптимізації робочого простору судна для різноманітних вантажів. Це сприяє підвищенню загальної ефективності перевезень та розширенню можливостей суден у забезпеченні конкурентоспроможності на ринку та викликає додатковий інтерес від потенційних клієнтів і створює основи до збільшення прибутку судноплавної компанії.

3. Розроблено концептуальну модель процесу завантаження палубного вантажу на базі узагальнення практичного досвіду, яка передбачає поетапне планування та організацію вантажних операцій з палубними вантажами, враховуючи масо-геометричні параметри вантажів та техніко-технологічні аспекти процесу завантаження судна.

4. Розроблено модель зсуву вантажу та алгоритм забезпечення безпеки морського перевезення вантажів із високою щільністю. Представлені підходи дозволяють враховувати вплив хвилювання моря і вітру на судно і відповідно на розріджений вантаж. Розроблені заходи базуються на принципах гідродинаміки, механіки матеріалів, що дозволяє точно визначити параметри безпеки та умов перевезення навалочних вантажів.

5. Транспортування вантажів морем передбачає значний вплив людського фактору, що формує відповідну ергатичну систему. Оптимізація цієї системи включає в себе впровадження технологічних інновацій та автоматизованих засобів управління судном, спрямованих на забезпечення безпеки та ефективності перевезень. Такі інновації включають системи автоматичного управління, дистанційного моніторингу та діагностики, які підвищують точність реагування на зміни у стані вантажу, метеорологічні умови та інші фактори, зменшуючи при цьому вплив людського чинника на безпеку морського перевезення.

Основні результати розділу розкриті у публікаціях автора [362, 363, 364, 365, 366, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378].

ВИСНОВКИ

В результаті виконаного дослідження вирішено проблему забезпечення безпеки роботи суден в системі морських перевезень. Отримані результати – концепція, моделі, методи та засоби - формують нову методологію управління безпекою роботи суден в системі морських перевезень, що розвиває сучасну теоретичну базу організації та управління роботою суден при виконанні вантажних перевезень. Практична ефективність визначених теоретичних положень підтверджена результатами їх впровадження в діяльність українських та закордонних компаній. Основні висновки за результатами дослідження:

1. На основі аналізу сучасної теоретичної бази встановлено, що використання методів комплексного забезпечення безпеки експлуатації морського транспорту є ефективним при реалізації безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень. Обґрунтовано необхідність розвитку методів інтегрованого забезпечення безпеки, які здатні реалізовувати переваги в межах сучасних систем безпеки суден під час перевезення вантажів.

Встановлено, що існуючі розробки, як правило, стосуються виключно роботи судових систем та спрямовані на забезпечення безпечної технічної експлуатації суден. Робота суден є об'єктом іншого рівня та пов'язана з рухом суден з вантажем, виконанням цілої множини операцій, у тому числі, з вантажем, та наявністю впливу інших учасників транспортного процесу. Тому управління безпекою роботи суден в системі морських перевезень передбачає розгляд відповідної системи компонент та факторів впливу, розробку методів та заходів організаційно-технічної та управлінської спрямованості, які спрямовано на оцінку безпеки, її забезпечення та підвищення.

Це обґрунтовує наявність проблеми формування методології та відповідних методів управління безпекою роботи суден, яка потребує вирішення для усунення протиріччя між існуючими вимогами сучасного судноплавства та морських перевезень з одного боку, та відсутністю відповідної теоретичної бази з іншого.

2. Розроблено концепцію безпеко-орієнтованої роботи суден, згідно якої безпека в процесі роботи судна означає безпеку для людини, середовища, судна і

вантажу відповідно до чотирьохкомпонентної моделі, яку розглянуто з різним ступенем декомпозиції. З урахуванням специфіки виробничого процесу роботи судна, визначені чотири види безпеки: технічна, технологічна, навігаційна, екологічна. Ці чотири види безпеки під час роботи суден, з одного боку, пов'язані зі специфікою різних виробничих операцій у процесі морського перевезення, з іншого боку, з різними аспектами розгляду судна. Сукупність цих видів безпеки забезпечує безпечну роботу судна. Встановлено ланцюг формування причинно-наслідкових зав'язків у системі безпеки роботи суден та розроблено формули для поетапної оцінки ймовірності безпеки роботи суден з урахуванням факторів впливу, їх вагомості та розподілу, операцій за етапами виробничого процесу та їх вагомості для кожного виду (компоненти) безпеки роботи судна.

3. Розроблено динамічну модель зміни стану безпеки судна у процесі роботи, яка відображає системний погляд як на структуру безпеки, так й на систему факторів впливу різної спрямованості з точки зору зменшення чи збільшення рівня безпеки. Модель дозволяє досліджувати системно безпеку роботи судна та оцінювати її зміни під впливом прогнозованих факторів чи подій. Ідентифіковано структуру системи факторів впливу на безпеку роботи судна, яка у повній мірі охоплює основні впливи на безпеку різної природи.

4. Розроблено систему заходів та засобів забезпечення безпеки роботи морських суден як протидія можливим ризикам порушення безпеки. Дана система передбачає технічні, операційні та організаційні аспекти забезпечення безпеки роботи суден. Для кожного аспекту сформовано відповідні множини заходів та засобів, охарактеризовано їх практичне використання, а також нормативне підґрунтя для тих, які це передбачають.

5. Встановлено схему процесу обміну інформацією судна. На базі циклу інформаційного обміну в режимі судно-берег для обміну інформацією для забезпечення безпеки та ефективності операцій запропоновано заходи які враховують вразливість систем судна під час процесу обміну інформацією для захисту судна від потенційних кібератак. Встановлено ключові аспекти забезпечення технічної безпеки суден, визначено, що системи автоматичного

управління та моніторингу є ключовими для підвищення ефективності та забезпечення безпеки суднових операцій. Запропоновано концептуальну модель охорони судна, яка враховує актуальні тенденції та визначає напрями для захисту від сучасних загроз.

Для інтегрованого управління кібербезпекою судна пропонується метод оцінки кібербезпеки, який базується на ланцюгу ймовірнісних оцінок:

- 1) порушення кібербезпеки судна ;
- 2) наслідків порушення кібербезпеки судна;
- 3) матеріальних збитків внаслідок порушення кібербезпеки судна.

6. Систематизовано міжнародні конвенції та нормативи, такі як Конвенція MARPOL, які охоплюють аспекти запобігання забрудненню води нафтопродуктами, контролю за забрудненням атмосферного повітря та управління баластними водами.

Запропоновано комплекс заходів щодо вдосконалення екологічної безпеки в процесі експлуатації суден, включно з впровадженням передових технологій та обладнання, таких як системи очищення баластних вод, шкідливих викидів, а також необхідність модернізації обладнання.

Розроблено модель зміни енергоефективності судна, яка враховує різноманітні умови та вимоги щодо енергоспоживання, сприяючи оптимізації використання енергії. Цей підхід дозволяє систематично враховувати фактори, що впливають на споживання енергії судном, включаючи різні умови експлуатації та сценарії та визначає оптимальні шляхи зменшення витрат енергії та підвищення енергоефективності судна, що сприяє зменшенню екологічного впливу від роботи суден на середовище.

7. Встановлено структуру навігаційного комплексу судна, який складається з трьох підсистем - системи навігації та параметрів руху, систем морського зв'язку та безпеки, системи керування та управління рухом. Кожна підсистема має у складі певні компоненти, для кожної з них встановлено за статистичними даними щодо суден різної спеціалізації та дедвейту ймовірності відмови. Ймовірність відмови навігаційної системи, тобто ймовірність відсутності навігаційної безпеки,

розглядається як ймовірність відмови усіх підсистем. Тем не менш, відмова тільки окремих підсистем призводить до втрати повної навігаційної безпеки, але ж до наявності певного стану навігаційної безпеки. Встановлено шість таких станів:

- безпека судна задовільна,
- забезпечення параметрів руху без засобів зв'язку та безпеки,
- забезпечення характеристик руху та керованості без інформації про його параметри та засоби зв'язку та безпеки,
- забезпечення параметрів руху без роботи систем керування рухом,
- судно не під контролем із справними системами індикації та зв'язку,
- аварійний стан судна та втрата навігаційної безпеки.

3. Обґрунтовано, що зміна станів навігаційного комплексу є марківським процесом, у дослідженні сформовано графічну модель цього процесу. Зміна станів навігаційного комплексу викликає зміну станів навігаційної безпеки судна, що також є марківським процесом. Ідентифіковано шість станів навігаційної безпеки. Використання запропонованої моделі продемонстровано на конкретному прикладі розрахунку для різних періодів рейсу та початкових ймовірностей.

Проаналізовано вплив людського фактору у ризиках навігаційній безпеки. Узагальнено практичний досвід та сформовано комплекс методів та засобів зниження ризику зіткнення суден, який складається з факторів впливу на ймовірність людської помилки. Розроблено формулу оцінки ймовірності зіткнення суден для обґрунтування методів за засобів її зменшення, як інструмент оцінки ефективності методів та засобів з точки зору зменшення навігаційних ризиків.

Розроблено метод оперативного визначення маневру розходження судна зміною курсу або швидкості для запобігання зіткнення, який базується на принципі розходження шляхом зміни курсу або швидкості судна, також запропоновано метод оперативного визначення маневру розходження для уникнення зіткнення шляхом зниження швидкості активним і пасивним гальмуванням. Наведено аналітичні вирази для розрахунку меж неприпустимих значень курсів суден і неприпустимих значень їх швидкостей з урахуванням

режиму гальмування. Виконано відповідні експериментальні розрахунки в рамках розробленого програмного забезпечення.

8. Запропоновано концептуальну модель послідовності завантаження палубного вантажу та модель зсуву вантажу які узгоджують масо-геометричні параметри та техніко-технологічні аспекти для досягнення ефективного планування та забезпечення безпеки вантажних операцій. Ці моделі враховують різноманітні характеристики вантажів, їх розміри та вагу, а також особливості технічних процесів завантаження та розвантаження. Застосування цих моделей дозволяє оптимізувати розташування та контролювати стан вантажів на палубі, мінімізуючи ризик зсуву вантажу та забезпечуючи ефективні та безпечні операції з обробки та перевезення вантажів за допомогою морського транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Логінов, О.В., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О. (2021). Актуальні проблеми морської безпеки та сучасні шляхи забезпечення охорони судна. *Комунальне господарство міст*, 6(166), 204-210. [DOI: 10.33042/2522-1809-2021-6-166-204-210](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-6-166-204-210)
2. Melnyk, O., Onyshchenko, S., & Koryakin, K. (2021). Nature and Origin of Major Security Concerns and Potential Threats to the Shipping Industry. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 113, 145-153. ISSN: 0209-3324. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2021.113.11> (Scopus Q3);
3. Melnyk, O., Okulov, V., Pulyayev, I., & Koryakin, K. (2021). Crew change problems under global pandemic conditions of COVID-19. *The scientific heritage*, 61(1), 54–57. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-61-1-54-57>.
4. Yuhao, C., Xinjian, W., Zaili, Y., Jin W., Huanxin, W., Zhengjiang, L. (2023). Research in marine accidents: A bibliometric analysis, systematic review and future directions. *Ocean Engineering*, 284, 115048. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115048>.
5. Akyuz, E. (2017). A marine accident analysing model to evaluate potential operational causes in cargo ships. *Safety science*, 92, 17-25.
6. Allianz Global Corporate & Specialty. (2020). Safety and Shipping Review 2021. Munich, Germany. Отримано з URL. <https://commercial.allianz.com/news-and-insights/news/safety-shipping-review-2021-press.html>
7. Allianz Global Corporate & Specialty. (2021). Safety and Shipping Review 2022. Munich, Germany Отримано з URL: <https://www.iims.org.uk/wp-content/uploads/2020/07/AGCS-Safety-Shipping-Review-2022.pdf>.
8. Casualty Statistics i Lloyds Casualty Week Publication. (2023). Online source. Отримано з URL: <https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/sectors/casualty>
9. European Maritime Safety Agency. (2021). Annual overview of marine casualties and incidents. Lisbon: EMSA. Отримано з URL:

<https://www.emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/item/4867-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2021.html>

10. Review of maritime transport. (2022). UNCTAD. Отримано з URL:https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2022_en.pdf
11. European Maritime Safety Agency. (2022). Annual overview of marine casualties and incidents. Lisbon: EMSA. Отримано з URL: <https://www.emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/item/4867-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2022.html>
12. SAFETY FOR SEA. (2023). Maritime casualties and incidents. Отримано з URL:<https://safety4sea.com/23073-maritime-casualties-and-incidents-reported-in-2022>
13. Chen, C., Chiang, Z., Liu, Y., & Zeng, X. (2018). Critical Success Factors in Marine Safety Management in Shipping Industry. *Journal of Coastal Research*, 83, 846-850. <https://doi.org/10.2112/SI83-139.1>.
14. Choi, J., Lim, S., Park, S., Roh, H., Jin, H., & Lee, C. (2022). The Serious Accidents Punishment Act of South Korea and Its Impact on the Shipping Industry: Toward Sustainability. *Sustainability*, 14, 8936. <https://doi.org/10.3390/su14148936>.
15. Nwokedi, T., Ndikom, O., Nnadi, K., Onyemечи, C. (2022). Modeling shipping accidents economic loss and the compensation in Nigeria. *Maritime Technology and Research*, 5, 260960. <https://doi.org/10.33175/mtr.2023.260960>.
16. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Волошин, А.О., Корякін, К.С., Бурлаченко, Д.А. (2021). Аналіз показників аварійності світового флоту та шляхи їх зниження. У Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень: матеріали II міжнародної наукової конференції, м. Одеса, 10 вересня 2021 р., 115-117. <https://doi.org/10.36074/mcnd-10.09.2021>.
17. Fan, S., Yang, Z., Blanco-Davis, E., Zhang, J., & Yan, X. (2020). Analysis of maritime transport accidents using Bayesian networks. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: *Journal of Risk and Reliability*, 234(3), 439-454. <https://doi.org/10.1177/1748006X1990085>
18. Statista Search Department. (2022) *Кількість втрачених суден у світі в*

період з 2013 по 2022 рік, за типами суден. Statista. Отримано з [URL:https://www.statista.com](https://www.statista.com)

19. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В., Ломановський, В.В. (2022). Якість виконання оцінки ризику на суднах щодо аналізу аварійності суден з 2012 року по 2022 рік. «Modern innovations and promising ways of development of culture and science», proceedings of the XXXI International Scientific and Practical Conference (August 09 – 12, 2022, Boston, USA) 121-127. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.31>

20. Мельник, О.М., Котенко, О.В., Корбан, В.Х., Васильченко, О.Є., Чеча, О.П. (2023) Організація і управління боротьбою з пожежами на морських суднах. Наука і техніка сьогодні, №4 (18), 309-320. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-4\(18\)-309-320](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-4(18)-309-320).

21. Baker, D. (2013). Cruise passengers' perceptions of safety and security while cruising the Western Caribbean. *Revista Rosa dos Ventos*, 5(1), 140-154.

22. Butler, A. B. (2012). *Unsinkable: The Full Story of RSM Titanic*. Cambridge, MA: Da Capo Press, 336 p.

23. Nordfjeld, A., Liwång, H., & Dimitrios, D. (2023). Implications of Technological Innovation and Respective Regulations to Strengthen Port and Maritime Security: An International Agenda to Reduce Illegal Drug Traffic and Countering Terrorism at Sea. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25296-9_7.

24. Zukova, O. (2015). *Morskaya politika i bezopasnost' evropejskogo soyuza*. [Maritime Policy and Security of the European Union]. Bachelor thesis, Tallinna tehnikaülikool, Tallin, 46 p.

25. Pandey, S. (2023). *The Maritime Anti-Piracy Act 2022: A Critical Analysis*. *Multidisciplinary Approaches in Social Sciences, Education & Languages* (Vol-8). <https://doi.org/10.5281/zenodo.8280798>.

26. Talha, A., Mustafa, M., & Mukhtar, S. (2023). The Snags of Maritime Piracy Facing the Maritime Trade: Implications for the Blue Economy and Maritime Laws. *Journal of Social and Development Sciences*, 4, 1-13. [https://doi.org/10.47205/jdss.2023\(4-III\)01](https://doi.org/10.47205/jdss.2023(4-III)01).

27. Dalaklis, D. (2022). Summary of Contemporary Maritime Security Threats.

European Youth Parliament (EYP) Czech Republic Regional Selection Conference, Hradec Kralove – Czech Republic (hybrid event).
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14431.33449>.

28. Amirell, S., Hägerdal, H., Buchan, B., Gaynor, J., Antony, R., White, J., Benton, L. (2021). Piracy in World History.
https://doi.org/10.5117/9789463729215_ch01.

29. Nor, N., Ali, N., Ahmad Apandi, L. S., & Ahmad Apandi, A. A. (2016). Securing maritime supply chain: threats and challenges of piracy and armed robbery in Southeast Asian waters. In International Conference on International Studies 2016, Kuala Lumpur (Vol. 1).

30. Prashanthi, K., & Pandey, S. (2023). Defining 'Maritime Security', 04, 123-129. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8275038>.

31. Hamad, Hamad. (2016). The Roles of Flag States in Maritime Security Governance: A Case Study of the East African Community. *Research on Humanities and Social Science*, 6. 2225-484.

32. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В., Волошин, А.О. (2021). Analysis of the stress components and its impact on seafarers. «Наука - основа розвитку сучасного світу», міжнародна інтернет-конференція, м. Запоріжжя, 30 липня 2021 р., збірник наукових матеріалів, 5-8.

33. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В. (2021). Stress factors' impact on navigational safety. «Прогресивні технології засобів транспорту», перша міжнародна науково-технічна конференція, м. Миргород, 23-24 вересня 2021 р., збірник матеріалів конференції, 43-44.

34. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Shumylo, O., Volyanskyu, S., Bondar, A., Cheredarchuk, N. (2023) Application of Fuzzy Controllers in Automatic Ship Motion Control Systems. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13 (4), 3958-3968. <http://doi.org/10.11591/ijece.v13i4.pp3948-3957>

35. van Nunen, K., Reniers, G., Ponnet, K. (2022). Measuring Safety Culture Using an Integrative Approach: The Development of a Comprehensive Conceptual Framework and an Applied Safety Culture Assessment Instrument. *International*

<http://doi.org/10.3390/ijerph192013602>

36. Aven, T. (2022). A risk science perspective on the discussion concerning Safety I, Safety II and Safety III. *Reliability Engineering and System Safety*, 217, art. no. 108077. <http://doi.org/10.1016/j.res.2021.108077>

37. Le Coze, J.C. (2023). Ideas for the future of safety science. *Safety Science*, 132, art. no. 104966. <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104966>

38. Li, J., Goerlandt, F., Van Nunen, K., Ponnet, K., Reniers, G. (2022). Conceptualizing the Contextual Dynamics of Safety Climate and Safety Culture Research: A Comparative Scientometric Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 813. <http://doi.org/10.3390/ijerph19020813>

39. Aven, T., Ylönen, M. (2021). How the risk science can help us establish a good safety culture. *Journal of Risk Research*, 24(11), 1349 - 1367. <http://doi.org/10.1080/13669877.2020.1871056>

40. Wu, C., Wang, B. (2019). Safety science research: Global research trends and China's recent theoretical progress. *Chemical Engineering Transactions*, 77, 1015 - 1020. <http://doi.org/10.3303/CET1977170>

41. Ndori, A., Sutajaya, F., & Widiatmaja, A. (2023). Implementation of ISM Code (International Safety Management) Code for the Safety of Crew and Passenger on Km Sinabung. *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, 3, 88-96. <http://doi.org/10.31098/cset.v3i1.738>.

42. Hasanah, U., Jumriani, & Rosliawati. (2023). Analysis of ISM code implementation on ship crew performance at Surf Marine Holding, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2675, 030002. <https://doi.org/10.1063/5.0118955>.

43. Burciu, Z. (2011). Safety in Maritime Transport and Management in the Rescue Operation (in Polish): Bezpieczeństwo w transporcie morskim i zarządzanie w akcji ratowniczej. Gdynia: Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni. ISBN: 978-83-7421-161-1.

44. Xu, M., Ma, X., Zhao, Y., & Qiao, W. (2023). A Systematic Literature

Review of Maritime Transportation Safety Management. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(12), 2311. <https://doi.org/10.3390/jmse11122311>.

45. Formela, K., Neumann, T., & Weintrit, A. (2019). Overview of Definitions of Maritime Safety, Safety at Sea, Navigational Safety and Safety in General. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 13, 285-290. <https://doi.org/10.12716/1001.13.02.03>.

46. Pietrzykowski, Z., & Uriasz, J. (2009). The Ship Domain – A Criterion of Navigational Safety Assessment in an Open Sea Area. *The Journal of Navigation*, 62(1), 93-108. <https://doi.org/10.1017/S0373463308005018>

47. Fulconis, F., Lissillour, R. (2021). Toward a behavioral approach of international shipping: a study of the inter-organisational dynamics of maritime safety. *J. shipp. Trd*, 6, 10. <https://doi.org/10.1186/s41072-021-00092-4>

48. Wielgosz, M., Pietrzykowski, Z. (2022) The ship domain in navigational safety assessment. *PLoS ONE*, 17(4):e0265681. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265681>

49. Xiuxia, Z., Qingnian, Z., Jie, Y., Zhe, C., Jing, L., Huanwan, C. (2019). Safety Risk Analysis of Unmanned Ships in Inland Rivers Based on a Fuzzy Bayesian Network. *Journal of Advanced Transportation*, 4057195. <https://doi.org/10.1155/2019/4057195>

50. Sotiralis, P, Louzis, K, Ventikos, NP. (2019). The role of ship inspections in maritime accidents: An analysis of risk using the bow-tie approach. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: *Journal of Risk and Reliability*, 233(1), 58-70. <https://doi.org/10.1177/1748006X18776078>

51. Febriansyah, F., Febriani, M., & Agustini, E. (2020). Maritime Safety and Security Policies to Support Marine Transportation Systems. *IWJ : Inland Waterways Journal*, 2. <https://doi.org/10.54249/iwj.v2i1.29>.

52. Wang, H., Liu, Z., Wang, X., Graham, T., & Wang, J. (2021). An analysis of factors affecting the severity of marine accidents. *Reliability Engineering & System Safety*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107513>.

53. Bashir, A., Rawat, D., Wu, J., & Imran, M. (2023). Guest Editorial Security,

Reliability, and Safety in IoT-Enabled Maritime Transportation Systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24, 2275-2281. <https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3238266>.

54. Lun, Y.H., Lai, K-H., Cheng, T. & Yang, D. (2023). Shipping Security and Safety. *In book: Shipping and Logistics Management*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26090-2_19.

55. Paulauskas, V., Filina-Dawidowicz, L., & Paulauskas, D. (2023). Navigation Safety on Shipping Routes during Construction. *Applied Sciences*, 13, 8593. <https://doi.org/10.3390/app13158593>.

56. Якусевич, Ю.Г., Тришин, В.В., Дорофєєва, З.Я., Колесник, В.В., & Дакі, О.А. (2021). Моделі автоматизації елементів судна. *Водний транспорт*, 69-76. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2021.2.33.08>.

57. Issa, M., Pınca, A., Ibrahim, H., & Rizk, P. (2022). Maritime Autonomous Surface Ships: Problems and Challenges Facing the Regulatory Process. *Sustainability*, 14(23), 15630. <https://doi.org/10.3390/su142315630>

58. Олексин, І., Демчук, С., & Качур, С. (2023). Сучасні підходи, моделі та інструментарій впровадження інновацій та високих технологій у торгівлі України. *Herald of Lviv University of Trade and Economics Economic Sciences*, 123-131. <https://doi.org/10.36477/2522-1205-2022-69-16>

59. Федулова, С., Дубницький, В., М'ячин, В., Юдіна, О., & Холод, О. (2021). Оцінка впливу водних ресурсів на економічне зростання країн. *Agricultural and Resource Economics*, 7, 200-217.

60. Hasanspahić, N., Vujicic, S., Čampara, L., & Piekarska, K. (2020). Sustainability and Environmental Challenges of Modern Shipping Industry. *Istrazivanja i Projektovanja za Privredu*, 19. <https://doi.org/10.5937/jaes0-28681>

61. Rayhan, A. (2023). The Role of AI in Sustainable Development: Opportunities and Challenges. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20993.02407>

62. Ivanov, M. (2022). Challenges and Problems for the Economy and Environmental Management. <https://doi.org/10.5593/sgem2022/5.1/s21.067>

63. Федунов, В., Трофименко, І., Пліта, Л., & Дакі, О. (2023). Особливості

та вимоги щодо навігаційного забезпечення безпеки судноводіння на внутрішніх судноплавних шляхах. *Водний транспорт*, 184-193. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.36.15>.

64. Chymshyr, V. I. (2023). Концептуальні засади підвищення безпеки та надійності автономних технічних систем на прикладі судна. *Transport development*, 79-88. <https://doi.org/10.33082/td.2023.1-16.07>.

65. Lysyi, A. O., O. Y. Nesterov, & Perepechaev, S. M. (2022). Дослідження умов безпеки плавання як фактору безаварійності судноводіння. *Transport development*, 65-71. <https://doi.org/10.33082/td.2021.4-11.06>.

66. Chaal, M., Ren, X., Bahootoroody, A., Basnet, S., Bolbot, V., Valdez Banda, O., & Gelder, P. H. A. J. M. (2023). Research on risk, safety, and reliability of autonomous ships: A bibliometric review. *Safety Science*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106256>.

67. Osterman, C., Hult, C., & Praetorius, G. (2019). Occupational safety and health for service crew on passenger ships. *Safety Science*, 121, 413. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.024>.

68. Ricardianto, P., Sakti, R., Sembiring, H., & Abidin, Z. (2021). Safety study on state ships and commercial ships according to the requirements of SOLAS 1974. « *Journal of Economics, Management, Entrepreneurship, and Business (JEMEB)*, 1, 1-11. <https://doi.org/10.52909/jemeb.v1i1.2>.

69. Gilliam, L. (2023). Shipping and the Ocean. *The Ocean and Us*, 123–135. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10812-9_12.

70. James, L. P., Talpey, S. W., Young, W. B., Geneau, M. C., Newton, R. U., & Gastin, P. B. (2023). Strength Classification and Diagnosis: Not All Strength Is Created Equal. *Strength and Conditioning Journal*, 45(3), 333-341. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000744>.

71. Zhao, N., Gu, X.-K., Li, Z.-J. (2021). Research Development of Ultimate Strength of Very Large Floating Structures. *Chuan Bo Li Xue/Journal of Ship Mechanics*, 25(10), 1412-1426. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-7294.2021.10.013>.

72. Tekgoz, M., Garbatov, Y. (2021). Collapse strength of intact ship structures.

Journal of Marine Science and Engineering, 9(10), art. no. 1079.
<https://doi.org/10.3390/jmse9101079>.

73. Byrnes, Troy A., and Ryan J. K. Dunn. (2020). Boating- and Shipping-Related Environmental Impacts and Example Management Measures: A Review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8, no. 11: 908.
<https://doi.org/10.3390/jmse8110908>

74. James, L. P., Talpey, S. W., Young, W. B., Geneau, M. C., Newton, R. U., & Gastin, P. B. (2023). Strength Classification and Diagnosis: Not All Strength Is Created Equal. *Strength and Conditioning Journal*, 45(3), 333-341.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000744>.

75. Liu, B., Wu, X., Liu, X., Gong, M. (2021). Assessment of ecological stress caused by maritime vessels based on a comprehensive model using AIS data: Case study of the Bohai Sea, China. *Ecological Indicators*, 126, 107592.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107592>.

76. Bouyssou, A., Baumler, R., Öhrwall Rönnbäck, A. (2023). Complex systems design: sustainability challenges for shipbuilding. *Proceedings of the Design Society*, 3, 1027-1036. <https://doi.org/10.1017/pds.2023.103>.

77. Janssen, W., Jensen, H.-J., Harth, V., Oldenburg, M. (2024). Systematic Review: Measurement Methods and Concept of Resilience Among Seafarers. *Inquiry (United States)*, 61. <https://doi.org/10.1177/00469580231221288>.

78. Скринник, О. М. (2012). Правовий та змістовний аналіз понять «Судно» та «Військовий корабель» стосовно забезпечення транспортної (морської) безпеки. *Північно-Кавказький юридичний вісник*, (1), 38-48.

79. Xing, W., Zhu, L. (2021). A functional approach to reassessing the legal status and navigational rights of ships and ship-shaped structures. *Transport Policy*, 106, 120-130. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.03.025>.

80. Допілко, В.О., Щегольська, К.О. (2021). Визначення поняття «судно» відповідно до міжнародних та національних нормативно-правових актів. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право*, №67.
<https://doi.org/10.24144/2307-3322.2021.67.58>.

81. Zhan, X., & Zhang, P. (2023). *Merchant Ships' Seaworthiness: Law and Practice* (pp. 1-269). <https://doi.org/10.4324/9781003279938>
82. Zhang, P., & Tang, L. (2022). *Ship Management: Theory and Practice* (pp. 1-179). <https://doi.org/10.4324/9781003081241>
83. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Lohinov, O., Ocheretna, V., & Dovidenko, Y. (2022). Basic aspects ensuring shipping safety. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 117, 139-149. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.117.10>
84. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Парменова, Д.Г. (2023) Методика організації самооцінки ефективності системи управління безпекою судноплавної компанії. *Водний транспорт*, 1(37), 154-160. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.17>
85. Georgiadis Filikas, K., Bakas, I., & Kontoleon, K. (2022). Statistical Analysis and Review of Fire Incidents Data of Greece, with Special Focus on Residential Cases 2000–2019. *Fire Technology*, 58. <https://doi.org/10.1007/s10694-022-01308-0>
86. Ercegovic, P., Stojić, G., Tanackov, I., & Sremac, S. (2022). Application of Statistical Analysis for Risk Estimate of Railway Accidents and Traffic Incidents at Level Crossings. *ENTRENOVA - ENTERprise REsearch InNOVAtion*, 8. <https://doi.org/10.54820/entrenova-2022-0021>
87. Wu, D., Tian, W., Lang, X., Mao, W., & Zhang, J. (2023). Statistical Modeling of Arctic Sea Ice Concentrations for Northern Sea Route Shipping. *Applied Sciences*, 13, 4374. <https://doi.org/10.3390/app13074374>
88. Mainey, C. (2020). Statistical methods for NHS incident reporting data. Doctoral thesis (Ph.D), UCL (University College London), 323 с.
89. Ban, B., & Bonato, J. (2023). Application of the Polynomial Function in the Analysis of Statistical Indicators of Risk and Safety in Shipping. *Pomorstvo*, 37, 16-22. <https://doi.org/10.31217/p.37.1.2>
90. Allianz. (2022, May). Impact of Ukraine war on Global shipping. *Safety and Shipping Review 2022*. Отримано з [URL:https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/expert-risk-articles/shipping-safety-22-ukraine-war.html](https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/expert-risk-articles/shipping-safety-22-ukraine-war.html)

91. Lun, Y. H., Lai, K. H., Cheng, T., & Yang, D. (2023). Shipping Security and Safety. In: *Shipping and Logistics Management*, 289-308 https://doi.org/10.1007/978-3-031-26090-2_19
92. Paulauskas, V., Filina-Dawidowicz, L., & Paulauskas, D. (2023). Navigation Safety on Shipping Routes during Construction. *Applied Sciences*, 13, 8593. <https://doi.org/10.3390/app13158593>
93. Kontaxaki, K., & Alexandropoulou, V. (2023). Safety and Seaworthiness Challenges of MASS in the Shipping and Port Sector. *Autonomous Vessels in Maritime Affairs*, 7. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24740-8_7
94. Конвенція про Міжнародні правила запобігання зіткненню суден на морі від 20.10.1972 р. URL:http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_137.
95. Конвенція про уніфікацію деяких правил щодо відповідальності, що виникає з зіткнення суден внутрішнього плавання від 15.03.1960 р. // URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_217#Text.
96. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі від 01.11.1974 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_238#Text.
97. Конвенція Організації Об'єднаних Націй з морського права від 10.12.1982 р. URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995_057.
98. Міжнародна конвенція з уніфікації деяких правил щодо накладення арешту на морські судна від 10.05.1952 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_g89#Text.
99. United Nations Office on Drugs and Crime. (2011). Smuggling of Migrants: A Global Review and Annotated Bibliography of Recent Publications. Отримано з URL:https://www.unodc.org/documents/human-trafficking/Migrant-Smuggling/Smuggling_of_Migrants_A_Global_Review.pdf
100. Rosenberg, D. (2009). The Political Economy of Piracy in the South China Sea. *Naval War College Review*, 62(3), Article 5. Retrieved from <https://digital-commons.usnwc.edu/nwc-review/vol62/iss3/5>
101. Bueger, C., & Edmunds, T. (2020). Blue crime: Conceptualising transnational organised crime at sea. *Marine Policy*, 119, 104067.

<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104067>

102. Chapsos, I., & Norman, E. (2023). Is maritime security gender-blind? *Marine Policy*, 147, 105399. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105399>

103. Shobirin, O., Wiranto, S., Sarjito, A., Suseto, B., & Prakoso, L. (2023). Maritime diplomacy to maintain regional security stability. *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(6), 2705-2714.

104. Okafor-Yarwood, I., & Onuoha, F. (2023). Whose security is it? Elitism and the global approach to maritime security in Africa. *Third World Quarterly*, 44, 1-21. <https://doi.org/10.1080/01436597.2023.2167706>

105. Enevoldsen, T., Blanke, M., & Galeazzi, R. (2022). Sampling-based collision and grounding avoidance for marine crafts. *Ocean Engineering*, 261, 112078. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112078>

106. Enevoldsen, T. T., & Galeazzi, R. (2021). Grounding-aware RRT* for Path Planning and Safe Navigation of Marine Crafts in Confined Waters. *IFAC-PapersOnLine*, 54(16), 195-201. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.093>

107. Papageorgiou, D., Hansen, P., Dittmann, K., & Blanke, M. (2022). Anticipation of ship behaviors in multi-vessel scenarios. *Ocean Engineering*, 266, 112777. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112777>

108. Hansen, P., Papageorgiou, D., Blanke, M., Galeazzi, R., Lützen, M., Mogensen, J., Bennedsen, M., Hansen, D. (2020). COLREGs-based situation awareness for marine vessels - a discrete event systems approach. *IFAC-PapersOnLine*, 53, 14501-14508. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1453>

109. Baelen, S., Peeters, G., Bruyninckx, H., Piloizzi, P., & Slaets, P. (2022). Dynamic Semantic World Models and Increased Situational Awareness for Highly Automated Inland Waterway Transport. *Frontiers in Robotics and AI*, 8. <https://doi.org/10.3389/frobt.2021.739062>

110. SAFETY4SEA. (2020, April 24). 2010s characterized by overcapacity and low demand growth. Отримано з [URL:https://safety4sea.com/2010s-characterized-by-overcapacity-and-low-demand-growth/](https://safety4sea.com/2010s-characterized-by-overcapacity-and-low-demand-growth/)

111. IHRB, SSI, RSFTO. (2021). Delivering on seafarers' rights. Code of

Conduct. Отримано з URL: https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2021/10/Seafarers-rights-Code-of-Conduct-2021_10.pdf.

112. Melnyk, O., Okulov, V., Pulyayev, I., & Koryakin, K. (2021). Crew change problems under global pandemic conditions of COVID-19. *The scientific heritage*, 61(1), 54–57. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-61-1-54-57>.

113. Yanchenko, A. (2022). Technological innovations to ensure the safe operation of shipboard equipment. *Transportation Research Procedia*, 63, 1991-1998. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.221>.

114. Buchynskiy, A., Romanyshyn, T., Buchynskiy, M., Romanyshyn, L., & Bembenek, M. (2023). Ensuring efficiency of technical operation of equipment for workover operation. *Production Engineering Archives*, 29, 337-347. <https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.39>.

115. Bakalov, I. (2019). Engine room simulators - Ways and tactics for achieving safety in the marine boiler room. *Knowledge International Journal*, 31, 741-746. <https://doi.org/10.35120/kij3103741b>.

116. Cwilewicz, R., & Tomczak, L. (2012). The latest developments in 3D visualization engine room simulators for emergency procedure training, 427-436. <https://doi.org/10.2495/RISK120361>.

117. Schweighofer, J. (2007). Environmental performance of inland navigation. *European Inland Waterway Navigation Conference*, 2007, Visegrad, Hungary.

118. Solanki, I. (2022). Manoeuvrability of vessels in inland waterways and safety of navigation. *Maritime Affairs: Journal of the National Maritime Foundation of India*, 17, 1-15. <https://doi.org/10.1080/09733159.2022.2026496>.

119. Heiberg, S., Emond, E., Allen, C., Raya, D., Venkataramana, G., Dhiman, S., Ravilla, A., & Celik, I. (2023). Environmental impact assessment of autonomous transportation systems. *Energies*, 16. <https://doi.org/10.3390/en16135009>.

120. Friis-Hansen, P., & Ditlevsen, O. (2003). Nature preservation acceptance model applied to tanker oil spill simulations. *Structural Safety*, 25, 1-34. [https://doi.org/10.1016/S0167-4730\(02\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0167-4730(02)00037-1).

121. Anuar, C., Mohd Dahalan, W., & Yahaya, A. (2022). Analysis of Safety of

Navigation Compliance among Flag of Convenience's Ships that Factors of Ship Collision and Grounding: A Review. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92964-0_9.

122. Antão, P. (2011). Human Factors in the Safety of Maritime Transport. PhD thesis, Instituto Superior Técnico, Technical University of Lisbon, Portugal. Advisor: Carlos Guedes Soares.

123. Heij, C., & Knapp, S. (2018). Predictive power of inspection outcomes for future shipping accidents – an empirical appraisal with special attention to human factor aspects. *Maritime Policy & Management*, 45, 1-18. <https://doi.org/10.1080/03088839.2018.1440441>.

124. Fan, L., Wang, M., & Yin, J. (2020). The impacts of risk level based on PSC inspection deficiencies on ship accident consequences. *Research in Transportation Business & Management*, 33, 100464. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100464>.

125. Demirci, S., Canımoğlu, R., & Elçiçek, H. (2022). An evaluation of the effects of human factors on potential ship accidents under pilotage. *Marine Science and Technology Bulletin*, 11, 76-87. <https://doi.org/10.33714/masteb.1064311>.

126. Dou, X. (2023). Risk Management in Shipping Industry. *In Proceedings of the 6th International Conference on Economic Management and Green Development*. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7826-5_98.

127. Bastug, S., Haralambides, H., Akan, E., & Kiracı, K. (2023). Risk mitigation in service industries: A research agenda on container shipping. *Transport Policy*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.07.011>.

128. Cheung, T. (2022). Evaluation of the maritime security threats and issues to the future of the shipping industry – Maritime Autonomous Surface Ships. *International Journal of Maritime Crime and Security*, 02. <https://doi.org/10.24052/IJMCS/V02IS02/ART-1>.

129. Sharma, A. (2023). Potential of technology supported competence development for Maritime Education and Training (PhD Thesis). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14565.17124>.

130. Hasanov, N., & Alsulaiman, M. (2021). Evaluating the implementation framework of the International Ship and Port Facility Security Code in the Republic of

Azerbaijan. *Maritime Technology and Research*, 3, 185-201. <https://doi.org/10.33175/mtr.2021.247419>.

131. Melnyk, O., Bychkovsky, Y., & Voloshyn, A. (2022). Maritime Situational Awareness as a Key Measure for Safe Ship Operation. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 114, 91-101. ISSN: 0209-3324. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.114.8>

132. Про приєднання України до Міжнародної конвенції з уніфікації деяких правил щодо накладення арешту на морські судна: Закон України від 07.09.2011 р. №3702-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3702-17#Text>.

133. Про транспорт: Закон України від 10.11.1994 р. №232/94-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80#Text>.

134. Кодекс торговельного мореплавства України: Закон України від 23.05.1995 р. №176/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/176/95-%D0%B2%D1%80#Text>.

135. Bergström, M., Li, F., Suominen, M., & Kujala, P. (2022). A goal-based approach for selecting a ship's polar class. *Marine Structures*, 81, 103123. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2021.103123>.

136. Youssef, S., Faisal, M., Seo, J., Kim, B. J., Ha, Y., Ceng Mrina Msname, D. K., Paik, J., Cheng, F., & Kim, M. (2015). Assessing the risk of ship hull collapse due to collision. *Ships and Offshore Structures*, 11, 1-16. <https://doi.org/10.1080/17445302.2014.993110>.

137. Bolbot, V., Kulkarni, K., Brunou, P., Valdez Banda, O., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2022.100571>.

138. Karaca, I., & Soner, O. (2023). An evaluation of students' cybersecurity awareness in the maritime industry. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 7. <https://doi.org/10.46519/ij3dptdi.1236264>.

139. Farah, M., Ukwandu, E., Hindy, H., Brosset, D., Bures, M., Andonovic, I., & Bellekens, X. (2022). Cyber Security in the Maritime Industry: A Systematic Survey

of Recent Advances and Future Trends. *Information*, 13, 22.
<https://doi.org/10.3390/info13010022>.

140. Implications, Committee & Board, Computer & Sciences, Division & Council, National. (2005). Signposts in cyberspace: The domain name system and internet navigation. <https://doi.org/10.17226/11258>.

141. Basker, S., Ward, N., Timpson, I., & Fairbanks, M. (2008). E-Navigation: From concept to reality. Conference: Global Visions of Organizing and Communicative Practices.

142. Korcz, K. (2019). Main Aspects of a Maritime E-Navigation Project. *Journal of KONES*, 26, 83-90. <https://doi.org/10.2478/kones-2019-0061>.

143. Cherniavskiy, V., Nosov, P., Sokol, I., Koretsky, O., & Solovey, O. (2023). Modeling of the risks due to stress based on a formal analysis of the navigator's work with ECDIS. Conference: *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2023)*.

144. Karetnikov, V., Prokhorenkov, A., Efimov, K., & Butsanets, A. (2020). The improvement of navigational simulator training performance for inland waterways navigators. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 918, 012091. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/918/1/012091>.

145. Sharma, A. (2023). Potential of technology-supported competence development for Maritime Education and Training. DOI: 10.13140/RG.2.2.14565.17124.

146. Tewari, M., & Pandey, S. (2023). Enhancing maritime security through advanced E-navigation systems: A comprehensive analysis and implementation framework. 83, 1783-1785. DOI: 10.5281/zenodo.8191357.

147. Conceição, V., Sousa, B., Água, P., & Dahlman, J. (2023). Decision-making while interacting with unmanned vessels. *10th International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies (IHJET 2023)*. DOI: 10.54941/ahfe1004065.

148. Kale, S. (2023). Developments in Unmanned Surface Vehicles (USVs): A Review. *International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences*, 1, 596-

600. DOI: 10.59287/icaens.1064.

149. Мельник, О.М. (2023). Безекіпажне судноплавство як розвиток технологічних інновацій в морських перевезеннях. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 34 (73), 152-157. DOI: 10.32782/2663-5941/2023.2.2/26

150. Yuan, Y., Wang, X., Tong, L., Yuan, C., Shen, B., & Long, T. (2023). Enhancement method of series hybrid ship energy efficiency for speed and energy collaborative optimization. *IET Electrical Systems in Transportation*, 13. DOI: 10.1049/els2.12085.

151. Dewan, M. H., & Godina, R. (2023). Roles and challenges of seafarers for the implementation of energy efficiency operational measures onboard ships. *Marine Policy*, 155, 105746. DOI: 10.1016/j.marpol.2023.105746.

152. Jon, M. H., & Yu, C. (2023). Optimization of Ship Energy Efficiency Considering Navigational Environment and Safety. DOI: 10.1007/978-981-99-0373-3_1.

153. Vassalos, D. (2014). Damage stability and survivability – ‘nailing’ passenger ship safety problems. *Ships and Offshore Structures*, 9, 10.1080/17445302.2013.780397.

154. Niotis, A., Vassalos, D., Boulougouris, E., Cichowicz, J., Atzampos, G., & Paterson, D. (2019). Verification of damage ship survivability with computational fluid dynamics. In *Proceedings of the 17th International Ship Stability Workshop (ISSW2019)*, 319-331.

155. Rhee, S. (2012). Preliminary Tests of a Damaged Ship for CFD Validation. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 4, 172-181. DOI: 10.2478/IJNAOE-2013-0088

156. Apine, I., & Kirikova, M. (2023). Towards Agile Requirements Engineering in Maritime Freight Transportation. DOI: 10.1007/978-3-031-43126-5_2

157. Ben Ahmed, M., Molland, E., & Tomasgard, T. (2023). Challenges and Opportunities for Adopting Green Technologies in Maritime Transportation Planning. DOI: 10.1007/978-3-031-43688-8_43

158. Gogo, V., & Kobylyansky, B. (2020). Analysis of ergatic system factors of occupational miners safety of Ukraine. *Journal of Donetsk Mining Institute*, 194-205. DOI: 10.31474/1999-981x-2020-2-194-205
159. Bachkalo, B., & Zolotykh, V. (2020). The ergatic system personal factor formalizing method. *Civil Aviation High Technologies*, 23, 8-18. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-1-8-18
160. Kurdel, P., Češkovič, M., Nyulászi, L., & Adamčík, F. (2015). Selected Method of Diagnosing Aviation Ergatic Systems. *Naše more*, 62, 233-236. DOI: 10.17818/NM/2015/SI27
161. Deruzhinskiy, G. V., & Kondratyev, S. I. (2022). Comparative Analysis Of Approaches To Personnel Fatigue Management In Transport Ergatic Systems. In I. Savchenko (Ed.), *Freedom and Responsibility in Pivotal Times, European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 125, 512-525. DOI: 10.15405/epsbs.2022.03.62
162. Coon, J., Massam, D., & Travis, L. D. (Eds.). (2017). The Oxford Handbook of Ergativity. *Oxford Handbooks*. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780198739371.001.0001
163. Pil'a, J., & Kozuba, J. (2019). Safety of complex aircraft ergatic systems. *Transport Problems*, 14, 101-110. DOI: 10.20858/tp.2019.14.2.9
164. Onyshchenko, S., Shibaev, O., Melnyk, O. (2021) Assessment of Potential Negative Impact of the System of Factors on the Ship's Operational Condition During Transportation of Oversized and Heavy Cargoes. *Transactions on Maritime Science. Split, Croatia*, 10 (1). <https://doi.org/10.7225/toms.v10.n01.009>.
165. Onyshchenko, S., & Melnyk, O. (2021). Probabilistic Assessment Method of Hydrometeorological Conditions and their Impact on the Efficiency of Ship Operation. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 14(6), 132-136. <https://doi.org/10.25103/jestr.146.15>
166. Onyshchenko, S., & Melnyk, O. (2022). Efficiency of Ship Operation in Transportation of Oversized and Heavy Cargo by Optimizing the Speed Mode Considering the Impact of Weather Conditions. *Transport and Telecommunication Journal*, 23(1), 73-80. <https://doi.org/10.2478/ttj-2022-0007>.

167. Zampeta, V., & Chondrokoukis, G. (2023). Maritime Transportation Accidents: A Bibliometric Analysis. *International Journal of Business and Economic Sciences Applied Research*, 16, 19-26. <https://doi.org/10.25103/ijbesar.161.02>.
168. Hasanspahić, N., Frančić, V., Vujicic, S., & Mandušić, M. (2021). Safety Leadership as a Means for Safe and Sustainable Shipping. *Sustainability*, 13, 7841. <https://doi.org/10.3390/su13147841>.
169. Rosal, I. (2023). Trade Effects of Liner Shipping Across World Regions. *Maritime Business Review*. <https://doi.org/10.1108/MABR-06-2023-0040>.
170. Yang, Z., Yang, Y., & Xin, X. (2023). Review on Research of Global Major Disaster Event Related Port and Shipping Operation and Management. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 23, 1-18. <https://doi.org/10.19818/j.cnki.1671-1637.2023.05.001>.
171. Wang, S., & Liang, X. (2023). The Market Effectiveness of China's Shipping Derivatives Under the Background of Financial Support for Shipping Logistics. In *Advances in Green Energy and Environment Research*, 37. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2625-1_37.
172. Sahoo, S., Jiang, L., & Song, D.-W. (2023). Review of bargaining and transaction prices: future avenues for shipping studies. *Maritime Business Review*, 8. <https://doi.org/10.1108/MABR-02-2023-0016>.
173. Yue, Z., & Mangan, J. (2023). A framework for understanding reliability in container shipping networks. *Maritime Economics & Logistics*. <https://doi.org/10.1057/s41278-023-00269-7>.
174. Hein, C., Luning, S., Meyer, H., Ramos, S., & van de Laar, P. (2023). Shipping Canals in Transition. *Urban Planning*, 8, 259-262. <https://doi.org/10.17645/up.v8i3.7619>.
175. Issarathipya, P., & Amornpetchkul, T. (2023). Discount or Speed?: An Analysis of Reward Offer in Exchange for No-Rush Shipping. *Journal of Industrial Integration and Management*. <https://doi.org/10.1142/S2424862223500252>.
176. Zhao, C., Guo, Q., Dong, K., & Mo, L. (2024). Multi-scenario analyses for antitrust immunity policies on shipping alliances: A dynamic tripartite evolutionary

game perspective. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 179, 103895. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103895>.

177. Lu, C.-W. (2023). A study of liner shipping network optimization considering sustainability and resilience. MSc Thesis, The University of Sheffield. Advisor: A. Sgalambro.

178. Melnyk, O., & Bychkovsky, Y. (2021). Research of the Role and Importance of Maritime Safety Leadership. *Innovative Science, Education, Production and Transport*, 4(2), 179-191. <https://doi.org/10.30888/2707-1685.2021-04-02>

179. Коскіна, Ю.А. (2021). Розвиток теоретичних основ організації і управління змішаними перевезеннями масових вантажів за участю флоту. (Докторська дисертація). Харків.

180. Чимшир, В. І. (2017). Методологія проектно-орієнтованого управління процесами соціотехнічних систем. (Докторська дисертація, Одеський національний морський університет).

181. Шахов, А. В., & Чимшир, В. І. (2012). Проекти, що визначають життєвий цикл соціотехнічної системи. *Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць*, 211-217.

182. Melnyk, O. M., Ocheretna, V. V., & Shakhov, A. I. (2023). Intellectual Capital Is the Foundation of Innovative Development: Conceptual Principles of Ensuring Organizational and Technological Aspects of Ship Safety. Monographic Series «European Science, « 18(1). <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-18-01>

183. Huss, M. (2007). Status at IMO: Where Are We Heading with Goal-Based Standards? Swedish Maritime Safety Inspectorate, Sweden.

184. Melnyk, O., Bychkovsky, Y., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., & Volianska, Y. (2023). Development of the Method of Shipboard Operations Risk Assessment Quality Evaluation Based on Experts Review. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 695-710. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_40

185. Мельник, О.М. і Бичковський, Ю.В. (2021). Врахування фактору стресу у системі забезпечення безпеки мореплавства. *Вчені записки ТНУ ім Вернадського. Технічні науки*, 32(71) № 4, 260-264. <https://doi.org/10.32838/2663->

[5941/2021.4/39](#)

186. Chimeremeze, O. (2023). Adherence to the Journalism Ethical Code of Conduct by Reporters in Imo State. (Doctoral dissertation). DOI: 10.13140/RG.2.2.28896.87044

187. Мельник, О.М. (2023). Аспекти забезпечення безпеко-орієнтованого функціонування морського транспорту. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 86, 44-52. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.3.6>

188. Melnyk, O., Shcherbina, O., Mykhailova, I., Obnyavko, T., & Korobko, T. (2023). Focused research on technological innovations in shipping industry: review and prospects. *Transport Development*, 1(16), 164-174. <https://doi.org/10.33082/td.2023.1-16.13>

189. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В. (2021). Сучасна методика оцінки рівня безпеки судна та шляхи його підвищення. *Розвиток транспорту*, 2(9), 37-46. <https://doi.org/10.33082/td.2021.2-9.03>

190. Мельник, О.М., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В. (2021). Забезпечення контролю безпеки судна. *Trends in the development of science and practice. Abstracts of XV International Scientific and Practical Conference*, 391-392.

191. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Щенявський Г.С. (2022). Підвищення ефективності заходів, спрямованих на охорону і безпеку морських суден. *Здобутки та досягнення прикладних та фундаментальних наук XXI століття, матеріали III Міжнародної наукової конференції*, (м. Черкаси, 29 липня, 2022 р.) 167-169.

192. Мельник, О., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Shcherbina, O., & Vasalatii, N. (2023). Simulation-Based Method for Predicting Changes in the Ship's Seaworthy Condition Under Impact of Various Factors. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 653-664. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_37

193. Мельник, О.М. (2023). Управління подіями та інцидентами в практиці безпеко-орієнтованої експлуатації судна. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 2(85), 58-64. <https://doi.org/10.35546/kntu2078->

[4481.2023.2](#)

194. Бичковський, Ю.В., Мельник, О.М., Чередарчук, Н.І., Ломановський, В.В. (2022). Впровадження вимог щодо управління безпекою на суднах. *Formation of innovative potential of world science: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference* (Tel Aviv, August 19, 2022), 141-143. <https://doi.org/10.36074/scientia-19.08.2022>

195. Мельник, О.М. (2023). Обґрунтування концепції безпеко-орієнтованої роботи морських суден при перевезеннях вантажів. *Транспортні системи та технології перевезень*, 26, 68-75. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293356>

196. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Щенявський, Г.С (2022). Підвищення ефективності заходів спрямованих на охорону і безпеку морських суден. *Здобутки та досягнення прикладних та фундаментальних наук XXI століття, матеріали III Міжнародної наукової конференції* (м. Черкаси, 29 липня, 2022 р.), 167-169.

197. Melnyk, O., Onishchenko, O., & Onyshchenko, S. (2023). Renewable Energy Concept Development and Application in Shipping Industry. *Lex Portus*, 9(6), 15–24. <https://doi.org/10.26886/2524-101X.9.6.2023.2>

198. Melnyk, O.M., Volianska, Y.B., Kalinichenko, Y.V., Loginov, O.V., Koryakin, K.S., Burlachenko, D.A., & Shchyniavskyi, H.S. (2022). Use of Information Technologies in Maritime Transport and Prospects for Their Development. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University. Technical Sciences*, 33(72) № 3, 99–105. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.3/16>

199. Weaver, G., Feddersen, B., Marla, L., Wei, D., Rose, A., & Moer, M. (2022). Estimating economic losses from cyber-attacks on shipping ports: An optimization-based approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 137, 103423. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103423>

200. Roberts, F. (2019). From Football to Oil Rigs: Risk Assessment for Combined Cyber and Physical Attacks. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 10, 251-273. <https://doi.org/10.1017/bca.2019.15>

201. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Васалатій, Н.В., Корякін, К.С., Пуляєв, І.О., & Щенявський, Г.С. (2022). Технології інформаційної взаємодії у

процесі підвищення безпеки мореплавства. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33(72), № 4, 260–265. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/39>

202. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Онищенко, О.А., Щербина, О.В., Васалатій, Н.В., & Никитюк, П.В. (2022). Організація забезпечення інформаційної безпеки морського судна. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, 201, 69–78. DOI: [10.18664/1994-7852.201.2022.267758](https://doi.org/10.18664/1994-7852.201.2022.267758)

203. Мельник, О. М., Волошин, А. О., Пуляєв, І. О., Бурлаченко, Д. А., & Щенявський, Г. С. (2022). Огляд міжнародної практики забезпечення кібербезпеки в морській галузі. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, (10). DOI: [10.25313/2520-2057-2022-10](https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-10)

204. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Васалатій, Н.В., Никитюк, П.В., Корякін, К.С., Варлан Т.Є. (2022). Розвиток цифрових морських інформаційних систем для забезпечення безпеки мореплавства. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 22(1), 135–140. DOI: [10.30890/2567-5273.2022-22-01-022](https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-22-01-022)

205. Chan, S., Yehuda, E., Schaefer, R., Schneuwly, A., Zicherman, S., Deutscher, S., & Klier, O. (2021). *Navigating Rising Cyber Risks in Transportation and Logistics*. Boston Consulting Group.

206. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Pavlova, N., Kravchenko O., & Borovyk, S. (2022). Integrated Ship Cybersecurity Management as a Part of Maritime Safety and Security System. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 22(03), 135-140. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.3.18>

207. Melnyk, O., Bychkovsky, Yu., Shumylo, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Voloshyn, A., Cheredarchuk, N. (2022). Study of the risk assessment quality dependence on the ships accidents analysis. *Scientific Bulletin of Naval Academy*, XXV, 136-146. <https://doi.org/10.21279/1454-864X-22-11-015>

208. Cyprus Shipping News. (2021). *SMM Maritime Industry Report 2021: Outlook on the future of the maritime sector*. Отримано з URL: <https://cyprusshippingnews.com/wp-content/uploads/2021/09/SMM-Maritime-Industry-Report-2021.pdf>

209. Melnyk, O., Volianska, Ya., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Bondar, A., Golovan, A., Cheredarchuk, N., Honcharuk, I., Obnyavko, T. (2023). Marine incidents management and information exchange technologies in the process of safe ship operation. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 23(01), 64-70. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2023.23.1.9>
210. The Guidelines on Cyber Security Onboard Ships (BIMCO). The Guidelines on Cyber Security onboard Ships, Version 4. Отримано з URL: <https://www.bimco.org/about-us-and-our-members/publications/the-guidelines-on-cyber-security-onboard-ships>
211. Standardinform. (2006). Information technology. Methods of ensuring security. *Information security management systems. Requirements ISO/IEC 27001*.
212. National Institute of Standards and Technology. (2002). Risk management guide for information technology systems. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology, NIST 800-30.
213. British Standards Institution. (2005). *Information security standard BS ISO/IEC 27001:2005 (BS 7799-2:2005) Information security management*.
214. Legchekova, E., & Titov, O. (2017). The method of information security risk calculation. Gomel, BTEU.
215. Мельник, О., Корякін, К., Пастернак, О., Чеча, О., Никитюк, П. (2023). Огляд нормативного регулювання кібербезпеки у морській галузі. *Collection of scientific papers «SCIENTIA»*, 167-171. <https://doi.org/10.36074/scientia-24.02.2023>
216. Мельник, О.М., Корякін, К.С., Окулов В.І., Бурлаченко, Д.А., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В. (2021). Мінімізація ризиків відмови або порушення працездатності судна за критерієм безпеки. *Зимові наукові читання - 2021: матеріали LXXVII Міжнародної інтернет-конференції* (м. Чернівці, 30 грудня 2021 р.), 120-123.
217. Melnyk O., Onyshchenko, S. (2022) Ship Cybersecurity Assurance Measures. In: Innovations Technologies in Science and Practice. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference, (Haifa, Israel) 489-452.
218. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Shumylo, O., Voloshyn, A., Koskina, Y., & Volianska, Y. (2022). Review of Ship Information Security Risks

and Safety of Maritime Transportation Issues. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16, 4, 717-722. <https://doi.org/10.12716/1001.16.04.13>

219. Weaver, G., & Marla, L. (2018). Cyber-Physical Simulation and Optimal Mitigation for Shipping Port Operations. In *Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference (WSC)*, 2747-2758. <https://doi.org/10.1109/WSC.2018.8632551>

220. APWG. (2022). Phishing Activity Trends Report 2022: Unifying the Global Response to Cybercrime. Отримано з URL: https://docs.apwg.org/reports/apw_g_trends_report_q1_2022.pdf

221. Huang, X., Kuo, S., & Chen, L. (2023). An IoT-based Smart Ship System for Driving Ship Safety. In *Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 1044-1045. <https://doi.org/10.1109/GCCE59613.2023.10315438>

222. China Classification Society. (2018). Practice of Cyber Security Management System on Cargo Ship. IMO: Guidelines On Maritime Cyber Risk Management (MSC-FAL.1-Circ.3).

223. Lagouvardou, S. (2018). Maritime Cyber Security: concepts, problems and models (Master's thesis). Technical University of Denmark. Отримано з URL: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/156025857/Lagouvardou_MScThesis_FINAL.pdf

224. Kala, N., & Balakrishnan, M. (2019). Cyber Preparedness in Maritime Industry. *International Journal of Scientific and Technical Advancements*, 5(2), 19-28.

225. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Lohinov, O., & Ocheretna, V. (2023) Integral Approach to Vulnerability Assessment of Ship's Critical Equipment and Systems. *Transactions on Maritime Science*, 12(1). <https://doi.org/10.7225/toms.v12.n01.002>

226. Simpanu, K. (2018). Ships Infected with Ransomware, USB Malware, Worms. Отримано з URL: <https://www.zdnet.com/article/ships-infected-with-ransomware-usb-malware-worms>

227. Hyra, B. (2019). Analyzing the Attack Surface of Ships. DTU Compute Department of Applied Mathematics and Computer Science. Master's Thesis, Technical

University of Denmark. Отримано з URL: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/218483747/190401_Analyzing_the_Attack_Surface_of_Ships.pdf

228. Pongpiachan, S., Thumanu, K., Chantharakhon, C., Phoomalee, C., Tharasawatpipat, C., Apiratikul, R., & Poshyachinda, S. (2022). Applying synchrotron radiation-based attenuated total reflection-Fourier transform infrared to evaluate the effects of shipping emissions on fluctuations of PM10-bound organic functional groups and ionic species. *Atmospheric Pollution Research*, 13, 101517. DOI: 10.1016/j.apr.2022.101517.

229. Hüffmeier, J., & Johanson, M. (2021). State-of-the-Art Methods to Improve Energy Efficiency of Ships. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9, 447. <https://doi.org/10.3390/jmse9040447>.

230. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Корякін, К.С., Щенявський, Г.С. (2022). Проблеми забруднення атмосферного повітря морським транспортом. *The current state of development of world science: characteristics and features, collection of scientific papers «SCIENTIA « with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference*, (August 5, 2022. Lisbon) 89-91. <https://doi.org/10.36074/scientia-05.08.2022>.

231. Walker, T., Adebambo, O., Del Monica, Feijoo Aguila, Elhaimer, E., Hossain, T., Johnston Edwards, S., Morrison, C., Romo, J., Sharma, N., Taylor, S., Zomorodi, S. (2018). Environmental Effects of Marine Transportation. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00030-9>. 1.00030-9.

232. Wainwright, B., & Theodore, L. (2022). Pollution Prevention Overview. In *Pollution Prevention*. eBook ISBN 978100321086. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003210863-1>.

233. Gil, M., Giarratano, E., & Andrade, C. (2022). Challenges in Marine Pollution Diagnosis. *Frontiers in Marine Science*, 9, 949864. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.949864>.

234. Мельник, О., Пастернак, О., Чеча, О., Никитюк, П., Варлан, Т. (2023). Проблеми забруднення навколишнього середовища та шляхи їх вирішення. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень, матеріали IV*

міжнародної спеціалізованої наукової конференції, (10 лютого 2023 р., Житомир) 149-150. <https://doi.org/10.36074/mcnd-10.02.2023>

235. Strain, E., Lai, R., White, C., Piarulli, S., Leung, K., Airoidi, L., & O'Brien, A. (2022). Marine Pollution - Emerging Issues and Challenges. *Frontiers in Marine Science*, 9, 918984. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.918984>

236. UNEP. (2014). Progress report on addressing impacts of underwater noise and marine debris on marine and coastal biodiversity. *Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice*. 18th meeting. Montreal. Отримано з URL: <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-18/official/sbstta-18-05-en.pdf>

237. Kirchner, S. (2020). Marine Pollution: B. Vessel Source Pollution. *Yearbook of International Environmental Law*, 31(1), 89-91. <https://doi.org/10.1093/yiel/yvab004>

238. Al Fartoosi, F. M. (2013). The impact of maritime oil pollution in the marine environment: Case study of maritime oil pollution in the navigational channel of Shatt Al-Arab (Publication No. 3). World Maritime University Dissertations.

239. Khalikov, S., Altynbek, S., & Nukuyeva, K. (2020). How can environmental pollution by ships be minimized at the new terminal of cargo offloading facility of the Caspian Sea? *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 8, 28-45. <https://doi.org/10.4236/gep.2020.81003>.

240. Grdovic Gnip, A., & Velkavrh, Ž. (2022). To pollute or not to pollute? Exploring MARPOL efficiency in the Adriatic Sea. *Transactions on Maritime Science*, 11, 219-236.

241. Strain, E. M. A., Lai, R. W. S., White, C. A., Piarulli, S., Leung, K. M. Y., Airoidi, L., & O'Brien, A. (2022). Marine pollution - Emerging issues and challenges. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.918984>

242. Viana, M., Amato, F., Alastuey, A., Querol, X., Moreno, T., Garcia Dos Santos, S., & Fernández-Patier, R. (2009). Chemical tracers of particulate emissions from commercial shipping. *Environmental Science & Technology*, 43(19), 7472-7477.

243. Gokce, C. (2014). The impact of shipping accidents on the marine environment: A study of Turkish seas. *European Scientific Journal*, 10(23), 10-23.

244. Schachter, O., & Serwer, D. (1971). Marine pollution problems and remedies. *The American Journal of International Law*, 65(1), 84–111. <https://doi.org/10.2307/2199296>
245. Singh, A., & Shanthakumar, S. (2022). Economic and legal impact of 2020 sulfur limit under Annex VI, MARPOL. *European Energy and Environmental Law Review*, 31, 241.
246. Dalezios, N. (2017). Environmental hazards methodologies for risk assessment and management. *Water Intelligence Online*. <https://doi.org/10.2166/9781780407135>
247. Zis, T., & Psaraftis, H. (2018). Operational measures to mitigate and reverse the potential modal shifts due to environmental legislation. *Maritime Policy & Management*, 46, 1-16. <https://doi.org/10.1080/03088839.2018.1468938>
248. Schoeman, R., Patterson-Abrolat, C., & Plön, S. (2020). A global review of vessel collisions with marine animals. *Frontiers in Marine Science*, 7, 292. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00292>
249. Willis, K., Serra Gonçalves, C., Richardson, K., Schuyler, Q., Pedersen, H., Anderson, K., Stark, J., Vince, J., Hardesty, B., Wilcox, C., Nowak, B. F., Lavers, J., Semmens, J., Greeno, D., Macleod, C., Frederiksen, N., Puskic, P. (2022). Cleaner seas: reducing marine pollution. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32, 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09674-8>
250. Odeku, K. O. (2017). Prohibition of pollution of marine environments: challenges and prospects. *Environmental Economics*, 8, 127-136. DOI: [https://doi.org/10.21511/ee.08\(3-1\).2017.05](https://doi.org/10.21511/ee.08(3-1).2017.05)
251. Мельник, О.М. (2023). Моделювання взаємозв'язку енергоефективності та безпеки судна на основі множинної лінійної регресії. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, 204, 92–101. doi.org/10.18664/1994-7852.204.2023.284042
252. Yuan, Y., Li, Zh., Malekian, R., & Yan, X. (2017). Analysis of the operational ship energy efficiency considering navigation environmental impacts. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 16(3), 150-159. DOI:

10.1080/20464177.2017.1307716.

253. Wright, D. A., Gensemer, R. W., Mitchelmore, C. L., Stubblefield, W. A., van Genderen, E., & Cooper, W. J. (2010). Shipboard trials of an ozone-based ballast water treatment system. *Marine Pollution Bulletin*, 60(9), 1571–1583. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.04.010.

254. MARPOL Chapter 4 – Prospective amendments to MARPOL Annex VI (Resolution MEPC.203(62)), 15 July 2011.

255. Haiku Deck. (2015). Water pollution by Franklin and Caleb. Отримано з URL:<https://www.haikudeck.com/water-pollution-education-presentation-pfX5ltAQ8B#deck-outline>

256. Yan, S. (2012). Study on ship pollution prevention measures. *In 7th International Conference on System of Systems Engineering (SoSE)*. 283-285. DOI: 10.1109/SYSoSE.2012.6333622.

257. Fu, Q., Shen, Y., & Zhang, J. (2012). On the ship pollutant emission inventory in Shanghai port. *Journal of Safety and Environment*, 12, 57-64.

258. Tian, Y., Ren, L., Wang, H., Li, T., Yuan, Y., & Zhang, Y. (2022). Impact of AIS Data Thinning on Ship Air Pollutant Emissions Inventories. *Atmosphere*, 13, 1135.

259. Perkins, D., Chen, W., Jacobson, A., Stone, Z., White, M., Christensen, B., Ghebremichael, L., & Brain, R. (2021). Development of a mixed-source, single pesticide database for use in ecological risk assessment: quality control and data standardization practices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09596-9>.

260. Cantasano, N. (2022). Marine Pollution by Microplastics in the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10, 858. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse10070858>.

261. Duncan, E., Broderick, A., Fuller, W., Galloway, T., Godfrey, M., Hamann, M., Godley, B. (2019). Microplastic ingestion ubiquitous in marine turtles. *Global Change Biology*, 25(2), 744-752. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14519>.

262. Willis, K., Maureaud, C., Wilcox, C., & Hardesty, B. (2017). How

successful are waste abatement campaigns and government policies at reducing plastic waste into the marine environment? *Marine Policy*, 96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.037>.

263. Vince, J. Z., & Hardesty, B. D. (2016). Plastic pollution challenges in marine and coastal environments: From local to global governance. *Restoration Ecology*, 25. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12388>.

264. Onishchenko, O., Golikov, V., Melnyk, O., Onyshchenko, S., & Obertiur, K. (2022). Technical and operational measures to reduce greenhouse gas emissions and improve the environmental and energy efficiency of ships. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 116, 223-235. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.116.14>

265. Petković, M., Zubčić, M., Krcum, M., & Vujović, I. (2020). Maritime Green Solution for Traffic Congestion. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 14, 97-103. DOI: <https://doi.org/10.12716/1001.14.01.11>.

266. Melnyk, O., Onyshchenko, S., & Onishchenko, O. (2023). Development measures to enhance the ecological safety of ships and reduce operational pollution to the environment. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 118, 195-206. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.13>

267. Rayhan, F. (2021). Ship pollution and emission: A recent fact. DOI: <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.21959.62886>

268. Melnyk, O., Sagaydak, O., Shumylo, O., Lohinov, O. (2023). Modern Aspects of Ship Ballast Water Management and Measures to Enhance the Ecological Safety of Shipping. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 681-694. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_39

269. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Voloshyn, A., & Ocheretna, V. (2023). Comprehensive Study and Evaluation of Ship Energy Efficiency and Environmental Safety Management Measures. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 665-679. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_38

270. Comer, B., & Osipova, L. (2021). Accounting for well-to-wake carbon

dioxide equivalent emissions in maritime transportation climate policies, March 29, 2021. Отримано з URL: <https://theicct.org/publication/accounting-for-well-to-wake-carbon-dioxide-equivalent-emissions-in-maritime-transportation-climate-policies>.

271. Zisi, V., Psaraftis, H., & Zis, T. (2021). The impact of the 2020 global sulfur cap on maritime CO₂ emissions. *Maritime Business Review*. DOI: <https://doi.org/10.1108/MABR-12-2020-0069>.

272. МЕРС.1/Circ.684. (2009, August 17). Guidelines for voluntary use of the ship EEOI. Отримано з URL: https://www.lisrc.com/sites/default/files/lisrc_imo_resolutions/MEPC.1-Circ.684%20-%20Guidelines%20For%20Voluntary%20Use%20Of%20The%20Ship%20Energy%20EfficiencyOperational%20Indicator%20%28EeoI%29.pdf

273. МЕРС.1/Circ.815. (2013). Guidance on treatment of innovative energy efficiency technologies for calculation and verification of the attained EEDI for ships in adverse conditions.

274. Poulsen, R., Viktorelius, M., Varvne, H., Rasmussen, H. B., & Knorring, H. V. (2022). Energy efficiency in ship operations - Exploring voyage decisions and decision-makers. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102, 103120. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103120>

275. International Maritime Organization (IMO). (n.d.). Energy Efficiency Measures. Отримано з URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>

276. Yuan, Y., Li, Z., Malekian, R., & Yan, X. (2017). Analysis of the operational ship energy efficiency considering navigation environmental impacts. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 16(3), 150-159. <https://doi.org/10.1080/20464177.2017>

277. Golikov, V. (2009). New trends in environmental friendliness of ship power plants. *Ship Power Plants: Scientific-Technical Collection*, 27, 45-51.

278. Karpenko, A., Koptseva, E. (2017). Prospects of conversion of ships of sea and river transport to alternative fuels. *Transport Business*, (3) 63-66.

279. Zheng, X., Huang, G., Li, J., Liu, L., Zhai, M., & Pan, X. (2023). A sector-

disaggregated cross-regional emission analysis for carbon mitigation policies from production and consumption perspectives. *Science of the Total Environment*, 895, art. no. 164973. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164973>

280. Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2020). Emissions by sector. Published online at OurWorldInData.org. Отримано з URL: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>

281. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Волошин, А.О., Калініченко, Є.В., Заяц С.В. (2021). Огляд основних механізмів управління енергоефективністю та контролю за викидами з морських суден. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, 197, 121–129. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.197.2021.248314>

282. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Волошин, А.О., Кауров, М.Ю. (2021). Аналіз основних інструментів управління енергоефективністю судна. *The process and dynamics of the scientific path: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the II International Scientific and Theoretical Conference* (September 17, 2021. Athens), 1, 105-107. <https://doi.org/10.36074/scientia-17.09.2021>

283. Indian Register of Shipping. Implementing Energy Efficiency Design Index (EEDI). Отримано з URL: <https://www.irclass.org/media/1393/energy-efficiency-design-index.pdf>

284. EEDI regulation. NIPPON KAIJI KYOKAI. EEDI Section of Marine GHG Certification Department. Отримано з URL: <https://www.classnk.com/hp/en/index.html>

285. Energy efficiency in shipping - why it matters! (2018). Maritime Cyprus. Отримано з URL: <https://maritimecyprus.com/2018/04/03/energy-efficiency-in-shipping-why-it-matters>

286. Energy efficiency technologies information portal. TECHNOLOGY GROUPS – GloMEEP. Отримано з URL: <https://glomeep.imo.org/resources/energy-efficiency-techologies-information-portal>

287. Hannes, J., & Styhre, L. (2015). Increased energy efficiency in short sea shipping through decreased time in port. *Transportation Research Part A: Policy and*

Practice, 71, 167-178.

288. Sargam, S. (2019). Ship energy efficiency. *The Marine Express*. Отримано з URL:<http://themarineexpress.com/ship-energy-efficiency/>

289. Hüffmeier, J., & Johanson, M. (2021). State-of-the-Art Methods to Improve Energy Efficiency of Ships. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9, 447. <https://doi.org/10.3390/jmse9040447>.

290. Satir, T. (2008). Ship's Ballast Water And Marine Pollution. In Integration of Information for Environmental Security. *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security*. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6575-0_30.

291. Volyanskaya, Y., Volyanskiy, S., Volkov, A., Onishchenko O. (2017). Determining energy-efficient operation modes of the propulsion electrical motor of an autonomous swimming apparatus. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(8-90), 11–16.

292. Volyanskaya, Ya., Volyanskiy, S., Onishchenko, O., Nykul, S. (2018). Analysis of Possibilities for Improving Energy Indicators of Induction Electric Motors for Propulsion Complexes of Autonomous Floating Vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(8), 25-32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126144>.

293. Onishchenko, O., Bukaros, A., Melnyk, O., Yarovenko, V., Voloshyn, A., Lohinov, O. (2023). Ship Refrigeration System Operating Cycle Efficiency Assessment and Identification of Ways to Reduce Energy Consumption of Maritime Transport. *Studies in Systems Decision and Control*, 481, 641-652. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_36

294. Radelyuk, I., Tussupova, K., Klemeš, J., & Persson, K. (2021). Oil refinery and water pollution in the context of sustainable development: Developing and developed countries. *Journal of Cleaner Production*, 302, 126987. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126987>.

295. Maljutenko, I., Hassellöv, I.-M., Eriksson, K., Ytreberg, E., Yngsell, D., Johansson, L., Raudsepp, U. (2021). Modelling spatial dispersion of contaminants from shipping lanes in the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 173, Part A.

296. Werschkun, B., Höfer, T., & Greiner, M. (Eds.). (2012). Emerging risks from ballast water treatment. Federal Institute for Risk Assessment. Отримано з URL:<https://www.bfr.bund.de/cm/350/emerging-risks-from-ballast-water-treatment.pdf>
297. Batista, W. R., Fernandes, F. C., Lopes, C. C., Lopes, R. S., Miller, W., & Ruiz, G. (2017). Which ballast water management system will you put aboard? *Remn Anxieties Mini-Rev Environ*, 4(3), 54. <https://doi.org/10.3390/environments4030054>
298. Yongming, S., & Shuhong, S. (2012). The study of ships ballast water replacement monitoring at sea based on MCU. *Procedia Environmental Science*, 12, 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.266>
299. Danilyan, A. G., Bykovets, N. P., & Tiron-Vorobyova, N. P. (2018). New approach in localization of invasive aliens in ballast water of sea vessels. *In Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, International Trends in Science and Technology*, 2, 10–15.
300. International Maritime Organization. (2004). International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments. Отримано з URL: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)
301. Мельник, О.М. (2023). Оцінка впливу енергоефективності на безпеку експлуатації судна. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, 2 (39), 76-81. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.11>
302. Liu, Xiaolei & Lu, Zheng. (2022). Simulation and Optimization of the Combined High-Gradient Magnetic Separation-Ultraviolet Photocatalysis (HGMS-UV/TiO₂) System for Ballast Water Treatment. *Science of Advanced Materials*, 14, 710-717. <https://doi.org/10.1166/sam.2022.4259>.
303. Lu, Z., Liu, X., Zhang, K., & Shi, Y. (2018). Simulation of optimization and experimental research on ultraviolet sterilizer for ballast water system. *Harbin Gongcheng Daxue Xuebao/Journal of Harbin Engineering University*, 39, 1956-1962. <https://doi.org/10.11990/jheu.201801059>
304. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Онищенко, О.А., Логінов, О.В.,

Щербина, О.В. (2022). Огляд процесу модернізації та оснащення суден системами очищення баластних вод. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33 (72) № 5, 299-304. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/46>

305. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Golikov, V., Sapiha, V., Shcherbina, O., Andrievska, V. (2022). Study of Environmental Efficiency of Ship Operation in Terms of Freight Transportation Effectiveness Provision. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16 (4), 723-722. <http://doi.org/10.12716/1001.16.04.14>

306. Melnyk, O., & Onyshchenko S. (2022). Ensuring Safety of Navigation in the Aspect of Reducing Environmental Impact. *Lecture Notes in Network and Systems*, 463, 1–9. https://doi.org/10.1007/978-3-031-03877-8_9

307. Мельник, О.М. (2023). Аналіз впливу параметрів руху та маневрування судна на безпеку його експлуатації. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 34 (73) 3, Ч.2, 143-149. DOI: 10.32782/2663-5941/2023.3.2/25

308. Transportation Safety Board of Canada. (2021). Statistical summary: marine transportation occurrences in 2020. (19 p.). Отримано з URL:<https://www.tsb.gc.ca/eng/stats/marine/2021/ssem-ssmo-2021.html>

309. Publications Office of the European Union. (2022). European Maritime Safety Report. Luxembourg. Отримано з URL:<http://emsa.europa.eu/emsafe>

310. Мельник, О.М., Корякін, К.С. (2021). Сучасні шляхи підвищення стандартів точності та надійності супутникових навігаційних систем. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 32(71) № 6, 225-230. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/36>

311. Мельник, О.М., Корякін, К.С., & Логінов, О.В. (2022). Супутникові компаси у системі забезпечення безпеки навігації суден. *Розвиток транспорту*, 1(12), 54–63. <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.05>

312. Weintrit A. (2011). International recent issues about ECDIS, e-navigation and safety at sea: Marine navigation and safety of sea transportation. *International Recent Issues about ECDIS, e-Navigation and Safety at Sea: Marine Navigation and*

Safety of Sea Transportation, pp. 1 - 190. <https://doi.org/10.1201/b11342>

313. Weinrit, A. (2009). The Electronic Chart Display and Information System (ECDIS): An Operational Handbook, 1095 p. <https://doi.org/10.1201/9781439847640>

314. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Волошин, А.О., Васалатій, Н.В., Логінов, О.В., Корякін К.С. (2022). Розвиток дистанційних технологій керування судном як фактор забезпечення безпеки судноплавства. *Розвиток транспорту*, 3 (14), 179- 191. <https://doi.org/10.33082/td.2022.3-14.13>.

315. Melnyk, O., & Onyshchenko, S. (2022). Navigational safety assessment based on Markov-model approach. *Scientific Journal of Maritime Research*, 36 (2), 328-337. <https://doi.org/10.31217/p.36.2.16>

316. Мельник, О.М., Щербина, О.В., Корякін, К.С., Бурлаченко, Д.А. (2021). Огляд та перспективи використання сучасних систем курсовказання на морських суднах для забезпечення навігаційної безпеки. *Наукові вісті Дніпровського університету*, 21. <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21>

317. Бичковський, Ю.В., Мельник, О.М. (2022). Роль та місце людського елемента у ситуації навалу або зіткнення судна з причалом. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33(72) № 1, 270–276. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.1/41>

318. Mathavara, K., & Ramachandran, G. (2022). Role of Human Factors in Preventing Aviation Accidents: An Insight. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106899>

319. Kim, J., Yu, M., & Hyun, S. S. (2022). Study on Factors That Influence Human Errors: Focused on Cabin Crew. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5696. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095696>

320. Kontogiannis, T., Malakis, S. (2009). A proactive approach to human error detection and identification in aviation and air traffic control. *Safety Science*, 47(5), 693-706. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.09.007>

321. Khan, F., Amyotte, P., & Di Mattia, G. (2006). HEPI: A new tool for human error probability calculation for offshore operation. *Safety Science*, 44(4), 313-334. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.10.008>

322. Melnyk, O., Onishchenko, O., Vasalatii, N., Varlan, T. (2022) Introduction of modern marine technologies in ship navigation process. *International scientific journal Grail of Science*, 18-19, 181-185. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.26.08.2022.33>

323. Мельник, О.М., Пастернак, О.Я., Чеча, О.П. (2021). Визначення параметрів морських суден для ефективного прогнозування руху. *Інноваційні технології в сучасному інженерному просторі, матеріали міжнародної науково-практичної конференції*, тези доповідей, 47-49. <https://doi.org/10.36074/20-03-01-047>

324. Melnyk, O., Onishchenko, O., Vasalatii, N., Varlan, T. (2022). Introduction of modern marine technologies in ship navigation process. *An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinary, proceedings of the IV Correspondence International Scientific and Practical Conference* (August, 26, 2022). <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.26.08.2022>

325. International Maritime Organization (IMO). (2001). Guidelines for the development of shipboard risk assessment and risk management processes. MSC-MEPC.2/Circ.12.

326. International Electrotechnical Commission (IEC). (2013). IEC 62388:2013, Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Shipborne radar - Performance requirements, methods of testing and required test results.

327. Barrios, A., Rehman, M. Z., & Mousas, C. (2019). A comparative study of collision avoidance algorithms for autonomous ships. *Ocean Engineering*, 186, 106042.

328. Пипченко, О.Д. (2021). Розвиток теорії та практики управління ризиками при вирішенні комплексних навігаційних задач. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктор наук. Національний університет «Одеська морська академія

«. Отримано з [URL:http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2016/09/aref_Pipch_70_80ka_48str_zhelty1.pdf](http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2016/09/aref_Pipch_70_80ka_48str_zhelty1.pdf)

329. Collision and Obstacle Avoidance. (2023). Sea Machines. Отримано з URL:<https://sea-machines.com/collision-avoidance/>

330. Melnyk, O., Volianska, Ya., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Kononova, O., & Vasalatii, N. (2022). Development of Computer-based Remote Technologies and Course Control Systems for Autonomous Surface Ships. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 22(09), 183-188. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.27>
331. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Voloshyn, A., Kalinichenko, Y., Rossomakha, O., Naleva, G., & Rossomakha, O. (2022). Autonomous Ships Concept and Mathematical Models Application in their Steering Process Control. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16(3), 553-559. <https://doi.org/10.12716/1001.16.03.18>.
332. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Shumylo, O., Volyanskyy, S., Bondar, A., & Cheredarchuk, N. (2023). Application of Fuzzy Controllers in Automatic Ship Motion Control Systems. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(4), 3958-3968.
333. Мельник, О.М. (2023) Автоматизація процесів судноводіння, її роль у забезпеченні безпеки та підвищенні ефективності морських перевезень. *Наука і техніка сьогодні*, 5(19), 8-18. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-5\(19\)-8-18](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-5(19)-8-18).
334. Burmaka, I., Pyatakov, E., Bulgakov, A. (2016). Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement. Saarbryukken: Lap Lambert Academic Publishing, 585 p.
335. Мельник, О.М., Калініченко, Є.В., Бурлаченко, Д.А., Никитюк, П.В., & Колесник, О.В. (2023). Забезпечення безпеки судноводіння шляхом розроблення стратегій попередження зіткнення на базі «моделі відкритого моря». *Водний транспорт*, 1(37), 71-79. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.07
336. Burmaka, I., Vorokhobin I., Melnyk, O., Burmaka, O., & Sagin, S. (2022). Method of Prompt Evasive Maneuver Selection to alter Ship's Course or Speed. *Transactions on Maritime Science*, 11(1). <https://doi.org/10.7225/toms.v11.n01.w01>
337. Shigunov, V., Moctar, O., & Rathje, H. (2010). Operational Guidance for Prevention of Cargo Loss and Damage on Container Ships. *Ship Technology Research*, 57(6).

338. Ghamari, I., Greco, M., Faltinsen, O., & Lugni, C. (2020). Numerical and experimental study on the parametric roll resonance for a fishing vessel with and without forward speed. *Applied Ocean Research*, 101, 102272.

339. Peşman, E., & Taylan, M. (2012). Influence of varying restoring moment curve on parametric roll motion of ships in regular longitudinal waves. *Journal of Marine Science and Technology*, 17. DOI: 10.1007/s00773-012-0179-9

340. UK P&I Club. (2006). *Stowage of Breakbulk (General Cargo)*. Отримано з URL:<https://eclass.unipi.gr/modules/document/file.php/NAS-SHM116/UNIPI%20CARGO%20CLAIMS%20Bad%20Stowage%202019.pdf>

341. International Maritime Organization. (1991). Resolution A.715(17). Code of Safe Practice for Ships Carrying Timber Deck Cargoes (Adopted on 6 November 1991).

342. International Maritime Organization. (1991). Resolution A.714(17). Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (Adopted on 6 November 1991).

343. International Maritime Organization. (1993). Resolution A.749(18). Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments (Adopted on 4 November 1993).

344. Kaps, H., & Andersson, P. (2017). Proposed interpretations and amendments to the Annex 13 of the IMO Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing. Отримано з URL: https://www.tis-gdv.de/wp-content/uploads/tis_e/ls/annex13/Annex13en.pdf

345. Hjalmarsson, J. (2012). Deck cargo? *Shipping & Trade Law*, 12.

346. Anosov, N. (2013). Improving the safety of navigation of ships on the basis of the development of technology for securing packaged timber cargo (Doctoral dissertation).

347. Clark, L. (2019). Carrying Deck Cargo - at whose risk? UK P&I Club.

348. Djadjev, I. (2017). The Carrier's Obligations over Deck Cargo. In: *The Obligations of the Carrier Regarding the Cargo*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62440-2_4

349. Glass, D., Hodges, S. (2010) Deck Cargo: Safely stowed at last or still at

sea? In: *Informa, The Carriage of Goods By Sea Under The Rotterdam Rules*, 12.

350. Wolf, V., Darie, I., & Rathje, H. (2011). Rule development for container stowage on deck. In H. Rathje (Ed.), *Advances in Marine Structures*. CRC Press.

<https://doi.org/10.1201/b10771-87>

351. Li, C., Wang, D., & Liu, J. (2019). Numerical simulation of container stacks dynamics under typical motion excitation. In Proceedings from ASME 2019 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, Glasgow, Scotland, UK.

352. Kahl, A., Rathje, H., & Schellin, T. (2008). New rules for breakwaters on containerships. In *Proceedings of the International Conference on Design and Operations of Container Ships*, 3-4 July 2008, London.

353. Tsurenko, Y. (2019). The Influence of Moving, Receiving and Removing the Load on Trim and Stability. Department of Shipbuilding and Welding, *Maritime Education & Training*.

354. Barrass, B., Derrett, D. (2012). Ship Stability for Masters and Mates, 543 p.

355. Rodrigues, N., Roaf, A., Hunter, S., & Ostrowicki, S. (2021). Heavy Weather and Cargo Damage. The Britannia Steam Ship Insurance Association Limited.

356. Rathje, H., Köhlmoos, A., Bäker, H-J. (2018). Bulky Sea Transport Based on Ship Response Weather Routing. *Marine Heavy Transport & Lift II - Proceedings from The Royal Institution of Naval Architects*, 27-28 February 2008, London.

357. Turoń, K., Czech, P., Tóth, J. (2019). Safety and security aspects in shared mobility systems. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 104, 169-175.

358. Uchacz, W., & Galor, W. (2013). Some problems of ship under keel clearance optimization in the transport of cargo. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 80, 145-153.

359. Zhou, X., Ma, R., & Chen, A. (2018). Safety Performance of a Bridge Deck Under Impact of a Massive Falling Cargo from Passing Truck. *Huanan Ligong Daxue Xuebao/Journal of South China University of Technology*, 46, 137-145.

360. Sankaranarayana, S. (2022). Prevention of Occupational and Other Accidents During Cargo Related Operations Onboard. CINEC Campus, 96 p.

361. Sasa, K., Lee, S. W., Shimada, R., Takagaki, T., & Terada, D. (2023). Safety evaluation of lashed trailer motions in ferry operations under rough sea conditions. *Ocean Engineering*, 275.

362. Мельник, О.М., Бурлаченко, Д.А., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В. (2021). Інноваційні підходи до забезпечення безпеки морського перевезення генеральних вантажів. *Теорія і практика сучасної науки та освіти, матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції*, (м. Львів, 30-31 грудня 2021 р.) 4, 55-57.

363. Мельник, О. М., Бурлаченко, Д. А., Пастернак, О. Я., Чеча, О. П., Никитюк, П. В. (2023). Особливості складання вантажного плану судна та розміщення вантажів на борту. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, 3. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-3-8618>

364. Мельник, О.М. (2023). Основні концепції безпечної обробки та транспортування палубних вантажів. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 34 (73) № 6.

365. Мельник, О.М. (2023). Актуальні проблеми безпеки морського транспорту. Тенденції, ризики та стратегії врегулювання. *Водний транспорт*, 1(37), 116-126. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.13

366. Мельник, О. (2023). Забезпечення безпеки морського перевезення навалочних вантажів із високою щільністю. *Розвиток транспорту*, 2(17), 143-154. <https://doi.org/10.33082/td.2023.2-17.12>

367. InterCargo. (2022). Bulk Carrier Casualty Report 2012-2021. Отримано з URL:<https://www.intercargo.org/wp-content/uploads/2022/04/INTERCARGO-Bulk-Carrier-Casualty-Report-2021-1.pdf>

368. Dry Cargo International. (2012). Bulk carrier safety. Отримано з URL: <https://www.drycargomag.com/newsdetails.aspx?ref=1148>

369. Obyliński, L. (2007). System and risk approach to ship safety, with special emphasis on stability. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 7, 97–106.

[https://doi.org/10.1016/S1644-9665\(12\)60228-3](https://doi.org/10.1016/S1644-9665(12)60228-3)

370. Bliault, C., & North of England P&I Association. (2003). Cargo stowage and securing: A guide to good practice (2nd ed.). Отримано з URL:<https://maritimesafetyinnovationlab.org/wp-content/uploads/2021/05/00-cargo-stowage-and-securing-north-of-england.pdf>

371. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Корякін, К.С. (2020). Ступень морехідності судна. *«Наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку»*, матеріали міжнародної науково-практичної конференції, тези доповідей, 31-34.

372. Мельник, О.М., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В., Щенявський, Г.С. (2021). Заходи щодо зниження ризиків проникнення на судно під час перебування в порту. *Наукові тренди постіндустріального суспільства, матеріали II Міжнар. наук. конф.*, м. Запоріжжя, 3 грудня, 2021 р. (Т.2), 103-105.

373. Онищенко, С.П., & Мельник, О.М. (2021). Сучасні технічні системи забезпечення безпеки морських портів. *Морська безпека Балто-Чорноморського регіону: виклики та загрози: матеріали міжнар. наук. конф.*, м.Одеса, 23 грудня, 2021 р. (Т.1) С.400-402.

374. Мельник, О.М. (2023). Дослідження впливу фактору людини на ергатичні системи управління на транспорті. *Транспортні системи та технології перевезень*, 25, 10-15. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/284487>

375. Мельник, О.М. (2023). Сучасні шляхи забезпечення кібербезпеки морського перевезення вантажів. *Наука і техніка сьогодні*, 6 (20), 38-50. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6\(20\)-38-50](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6(20)-38-50)

376. Мельник, О.М., Корякін, К.С., Саф'ян, О.С., Заяц, С.В., & Щенявський, Г.С. (2021). Актуальні питання кібербезпеки морських портів. *Modern scientific researches*, 18(1), 81-87. <https://doi.org/10.30889/2523-4692.2021-18-01-019>

377. Мельник, О.М. (2023). Strategies for the development of maritime transportation and methods for efficient operation. *Наука і техніка сьогодні*, 8 (20), 324-335. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8\(22\)-324-335](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8(22)-324-335)

378. Мельник, О., Волошин, А., Бичковський, Ю., & Щенявський, Г. (2022). Судно в процесі експлуатації як елемент ергатичної транспортної системи. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, 119–121. <https://doi.org/10.36074/logos>

Додаток А Список публікацій здобувача за темою дисертації

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Монографії:

1. Melnyk, O., & Bychkovsky, Y. (2021). Research of the Role and Importance of Maritime Safety Leadership. *Innovative Science, Education, Production and Transport*, 4(2), 179-191. <https://doi.org/10.30888/2707-1685.2021-04-02>

Автором досліджено аналіз ролі лідерства в контексті морської безпеки та запропоновано концепцію покращення практики лідерства на судах.

2. Melnyk, O.M., Ocheretna, V.V., & Shakhov, A.I. (2023). Intellectual Capital Is the Foundation of Innovative Development: Conceptual Principles of Ensuring Organizational and Technological Aspects of Ship Safety. *Monographic Series «European Science»*, 18, (1). <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-18-01>

Автором запропоновано концептуальні засади, які лежать в основі ідентифікації та подальшого забезпечення організаційних та технологічних аспектів безпеки суден.

Статті в міжнародних наукометричних виданнях:

3. Melnyk, O., Onyshchenko, S., & Koryakin, K. (2021). Nature and Origin of Major Security Concerns and Potential Threats to the Shipping Industry. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 113, 145-153. ISSN: 0209-3324. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2021.113.11> (Scopus Q3)

Автором проведено аналіз та ідентифікацію потенційних загроз безпеці судноплавства.

4. Melnyk, O., Bychkovsky, Y., & Voloshyn, A. (2022). Maritime Situational Awareness as a Key Measure for Safe Ship Operation. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 114, 91-101. ISSN: 0209-3324. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.114.8> (Scopus Q3)

Автором розроблено підходи до розуміння та моделювання ситуаційної обізнаності як ключового фактору експлуатаційної безпеки судна.

5. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Pavlova, N., Kravchenko, O., & Borovyk, S. (2022). Integrated Ship Cybersecurity Management as a Part of Maritime Safety and Security System. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 22(03), 135-140. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.3.18> **(WOS)**

Автором запропоновано розробку інтегрованих стратегій та методик ефективного управління кібербезпекою на суднах, з урахуванням особливостей умов та потенційних кіберзагроз.

6. Melnyk, O., Onishchenko, O., & Onyshchenko, S. (2023). Renewable Energy Concept Development and Application in Shipping Industry. *Lex Portus*, 9(6), 15–24. <https://doi.org/10.26886/2524-101X.9.6.2023.2> **(Scopus Q2)**

Автором розроблено концепцію впровадження та застосування відновлюваних джерел на морському транспорті.

7. Burmaka, I., Vorokhobin I., Melnyk, O., Burmaka, O., & Sagin, S. (2022). Method of Prompt Evasive Maneuver Selection to alter Ship's Course or Speed. *Transactions on Maritime Science*, 11(1). <https://doi.org/10.7225/toms.v11.n01.w01> **(Scopus Q2)**

Автором запропоновано метод визначення маневру розходження судна зміною курсу або швидкості для запобігання зіткненню.

8. Onishchenko, O., Golikov, V., Melnyk, O., Onyshchenko, S., & Obertiur, K. (2022). Technical and operational measures to reduce greenhouse gas emissions and improve the environmental and energy efficiency of ships. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 116, 223-235. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.116.14> **(Scopus Q3)**

Автором запропоновано технічні та експлуатаційні заходи для зменшення викидів парникових газів від суден та встановлено взаємозв'язок між технічними рішеннями та їх впливом на екологічну безпеку суден.

9. Melnyk, O., & Onyshchenko, S. (2022). Navigational safety assessment based on Markov-model approach. *Scientific Journal of Maritime Research*, 36 (2), 328-337. <https://doi.org/10.31217/p.36.2.16> (**Scopus Q2**)

Автором запропоновано модель марківського процесу зміни станів навігаційної безпеки судна.

10. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Lohinov, O., Ocheretna, V., & Dovidenko, Y. (2022). Basic aspects ensuring shipping safety. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 117, 139-149. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2022.117.10> (**Scopus Q3**)

Автором представлено концепцію та принципи основних аспектів, які забезпечення безпеки судноплавства, та запропонувати свої підходи до їх розв'язання проблем та викликів.

11. Melnyk O., Onyshchenko S., Onishchenko O., Shumylo O., Voloshyn A., Koskina Y., & Volianska Y. (2022). Review of Ship Information Security Risks and Safety of Maritime Transportation Issues. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16, 4, 717-722. <https://doi.org/10.12716/1001.16.04.13> (**Scopus Q3**)

Автором запропоновано методи та стратегії забезпечення інформаційної безпеки судна під час морського транспортування.

12. Melnyk, O., Onyshchenko, S., & Onishchenko, O. (2023). Development measures to enhance the ecological safety of ships and reduce operational pollution to the environment. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 118, 195-206. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.13> (**Scopus Q3**)

Автором представлені заходи та ініціативи, спрямовані на забезпечення екологічної безпеки суден, запропоновано методи та технології для зменшення забруднення внаслідок операцій судна.

13. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Lohinov, O., & Ocheretna, V. (2023) Integral Approach to Vulnerability Assessment of Ship's Critical Equipment and Systems. *Transactions on Maritime Science*, 12(1). <https://doi.org/10.7225/toms.v12.n01.002> (**Scopus Q2**)

Автором запропоновано модель оцінки вразливості судна.

14. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Voloshyn, A., & Ocheretna, V. (2023). Comprehensive Study and Evaluation of Ship Energy Efficiency and Environmental Safety Management Measures. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 665-679. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_38 (Scopus Q4)

Автором проведено комплексну оцінку заходів управління енергоефективністю та екологічною безпекою суден.

Статті у наукових фахових виданнях України:

15. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В. (2021). Сучасна методика оцінки рівня безпеки судна та шляхи його підвищення. *Розвиток транспорту*, 2(9), 37-46. <https://doi.org/10.33082/td.2021.2-9.03>

Автором запропоновано методичний підхід до оцінки рівня безпеки судна.

16. Мельник, О.М., Щербина, О.В., Корякін, К.С., Бурлаченко, Д.А. (2021). Огляд та перспективи використання сучасних систем курсовказання на морських суднах для забезпечення навігаційної безпеки. *Наукові вісті Дніпровського університету*, 21. <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21>

Автором проведено порівняльний аналіз систем курсовказання та запроваджено перспективи їх розвитку.

17. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Логінов, О.В., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О. (2021). Актуальні проблеми морської безпеки та сучасні шляхи забезпечення охорони судна. *Комунальне господарство міст*, 6(166), 204-210. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-6-166-204-210>

Автором ідентифіковано сучасні проблеми морської безпеки та запропоновано способи організації безпеки судна.

18. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Волошин, А.О., Калініченко, Є.В., Заяц С.В. (2021). Огляд основних механізмів управління енергоефективністю та контролю за викидами з морських суден. *Збірник наукових праць Українського*

державного університету залізничного транспорту, 197, 121–129.
<https://doi.org/10.18664/1994-7852.197.2021.248314>

Автором наведено основні механізми управління енергоефективністю та оцінено їх ефективність.

19. Бичковський, Ю.В., Мельник, О.М. (2022). Роль та місце людського елемента у ситуації навалу або зіткнення судна з причалом. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33(72) № 1, 270–276. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.1/41>

Автором досліджено ступінь впливу людського фактору у ситуаціях навалу або зіткнення судна з причалом та методика визначення оптимальних стратегій управління судном у екстремальних ситуаціях.

20. Мельник, О.М., Волянська, Я.Б., Калініченко, Є.В., Логінов, О.В., Корякін, К.С., Бурлаченко, Д.А., Щенявський, Г.С. (2022). Використання інформаційних технологій на водному транспорті та перспективи їх розвитку. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33(72) № 3, 99–105. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.3/16>

Автором проведено аналіз та прогнозування тенденцій вдосконалення технологічних рішень для підвищення ефективності та безпеки водного транспорту.

21. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Васалатій, Н.В., Корякін, К.С., Пуляєв, І.О., & Щенявський, Г.С. (2022). Технології інформаційної взаємодії у процесі підвищення безпеки мореплавства. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33(72), № 4, 260–265. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/39>

Автором запропонована методика та принципи інформаційного обміну.

22. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Онищенко, О.А., Логінов, О.В., Щербина, О.В. (2022). Огляд процесу модернізації та оснащення суден системами очищення баластних вод. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 33 (72) № 5, 299–304. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/46>

Автором проведено аналіз останніх розробок, технологій та сучасних тенденцій у модернізації та впровадженні систем очищення баластних вод на суднах.

23. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Онищенко, О.А., Щербина, О.В., Васалатій, Н.В., & Никитюк, П.В. (2022). Організація забезпечення інформаційної безпеки морського судна. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, 201, 69–78. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.201.2022.267758>

Автором запропоновано методуку організації інформаційної безпеки судна.

24. Мельник, О.М., Калініченко, Є.В., Бурлаченко, Д.А., Никитюк, П.В., & Колесник, О.В. (2023). Забезпечення безпеки судноводіння шляхом розроблення стратегій попередження зіткнення на базі «моделі відкритого моря». *Водний транспорт*, 1(37), 71-79. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.07

Автором проведено аналіз стратегій забезпечення безпеки судноводіння та розроблено модель попередження зіткнення.

25. Мельник, О.М. (2023). Моделювання взаємозв'язку енергоефективності та безпеки судна на основі множинної лінійної регресії. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*, 204, 92–101. doi.org/10.18664/1994-7852.204.2023.284042

26. Мельник, О. (2023). Забезпечення безпеки морського перевезення навалочних вантажів із високою щільністю. *Розвиток транспорту*, 2(17), 143-154. <https://doi.org/10.33082/td.2023.2-17.12>

27. Мельник, О.М. (2023). Безекіпажне судноплавство як розвиток технологічних інновацій в морських перевезеннях. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 34 (73), 152-157. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/26>

28. Мельник, О.М. (2023). Сучасні шляхи забезпечення кібербезпеки морського перевезення вантажів. *Наука і техніка сьогодні*, 6 (20), 38-50. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6\(20\)-38-50](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6(20)-38-50)

29. Мельник, О.М. (2023). Strategies for the development of maritime transportation and methods for efficient operation. *Наука і техніка сьогодні*, 8 (20), 324-335. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8\(22\)-324-335](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-8(22)-324-335)
30. Мельник, О.М. (2023). Дослідження впливу фактору людини на ергатичні системи управління на транспорті. *Транспортні системи та технології перевезень*, 25, 10-15. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/284487>
31. Мельник, О.М. (2023). Аналіз впливу параметрів руху та маневрування судна на безпеку його експлуатації. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки.* - 34 (73) № 3, Ч.2, 143-149. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.3.2/25>
32. Мельник, О.М. (2023). Аналіз та оцінка рівня безпеки судна на прикладі багатопарової моделі. *Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць*, 3(70), 34-46. <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2023-3-34-46>
33. Мельник, О.М. (2023). Оцінка впливу енергоефективності на безпеку експлуатації судна. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, 2 (39), 76-81. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.11>
34. Мельник, О.М. (2023). Актуальні проблеми безпеки морського транспорту. Тенденції, ризики та стратегії врегулювання. *Водний транспорт*, 1(37), 116-126. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.13>
35. Мельник, О.М. (2023). Управління подіями та інцидентами в практиці безпеко-орієнтованої експлуатації судна. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 2(85), 58-64. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.2>
36. Мельник, О.М. (2023). Аспекти забезпечення безпеко-орієнтованого функціонування морського транспорту. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 86, 44-52. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.3.6>

37. Мельник, О.М. (2023). Обґрунтування концепції безпеко-орієнтованої роботи морських суден при перевезеннях вантажів. *Транспортні системи та технології перевезень*, 26, 68-75. <https://doi.org/10.15802/tsst2023/293356>

38. Мельник, О.М. (2023). Основні концепції безпечної обробки та транспортування палубних вантажів. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки*, 34 (73) № 6, 271-257. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.6/37>

Наукові праці які засвідчують апробацію матеріалів та додатково відображають наукові результати дисертації.

39. Melnyk, O., Volianska, Ya., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Kononova, O., & Vasalatii, N. (2022). Development of Computer-based Remote Technologies and Course Control Systems for Autonomous Surface Ships. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 22 (09), 183-188. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.27> (**Web of Science**)

Автором запропоновано метод дистанційного керування судном та стабілізації курсу з використанням комп'ютерних технологій.

40. Melnyk, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Shcherbina, O., & Vasalatii, N. (2023). Simulation-Based Method for Predicting Changes in the Ship's Seaworthy Condition Under Impact of Various Factors. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 653-664. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_37 (**Scopus Q4**)

Автором розроблено імітаційний метод, що дозволяє прогнозувати зміни у морехідному стані судна при впливі різноманітних факторів.

41. Melnyk, O., Bychkovsky, Y., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., & Volianska, Y. (2023). Development the Method of Shipboard Operations Risk Assessment Quality Evaluation Based on Experts Review. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 695-710. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_40 (**Scopus Q4**)

Автором розроблено метод оцінювання якості оцінки ризиків судових операцій на основі експертного огляду.

42. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Voloshyn, A., Kalinichenko, Y., Rossomakha, O., Naleva, G., Rossomakha, O. (2022). Autonomous Ships Concept and Mathematical Models Application in their Steering Process Control. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16 (3), 553-559. <https://doi.org/10.12716/1001.16.03.18>. **(Scopus Q3)**

Автором розроблено концепцію застосування математичних моделей у процесі керування рухом безекіпажних суден.

43. Onyshchenko, S., Shibaev, O., Melnyk, O. (2021). Assessment of Potential Negative Impact of the System of Factors on the Ship's Operational Condition During Transportation of Oversized and Heavy Cargoes, *Transactions on Maritime Science*, 10 (1). <https://doi.org/10.7225/toms.v10.n01.009> **(Scopus Q2)**

Автором запропоновано метод оцінки потенційно негативного впливу системи факторів на експлуатаційний стан судна.

44. Onyshchenko, S., Melnyk, O. (2021). Probabilistic Assessment Method of Hydrometeorological Conditions and their Impact on the Efficiency of Ship Operation. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 14 (6), 132 - 136. <https://doi.org/10.25103/jestr.146.15> **(Scopus Q3)**

Автором представлено і обґрунтовано ймовірнісний метод оцінки гідрометеорологічних умов та їх впливу на ефективність операцій суден.

45. Onyshchenko, S., Melnyk, O. (2022). Efficiency of Ship Operation in Transportation of Oversized and Heavy Cargo by Optimizing the Speed Mode Considering the Impact of Weather Conditions. *Transport and Telecommunication Journal*, 23 (1), 73-80. <https://doi.org/10.2478/ttj-2022-0007> **(Scopus Q3)**

Автором проведено аналіз ефективності операцій суден при транспортуванні вантажів та запропоновано метод оптимізації швидкісного режиму з урахуванням впливу погодних умов.

46. Melnyk, O., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Golikov, V., Sapiha, V., Shcherbina, O., Andrievska, V. (2022). Study of Environmental Efficiency of Ship Operation in Terms of Freight Transportation Effectiveness Provision. *TransNav, the*

International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 16 (4), 723-722. <http://doi.org/10.12716/1001.16.04.14> (**Scopus Q3**)

Автором представлено метод оцінки ефективності операцій суден з урахуванням екологічних аспектів.

47. Melnyk O., Onishchenko O., Onyshchenko S., Shumylo O., Volyansky S., Bondar A., Cheredarchuk N. (2023). Application of Fuzzy Controllers in Automatic Ship Motion Control Systems. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13 (4), 3958-3968. <http://doi.org/10.11591/ijece.v13i4.pp3948-3957> (**Scopus Q2**)

Автором проведено аналіз можливостей та переваг застосування нечіткої логіки для оптимізації систем автоматичного керування курсом суден.

48. Onishchenko, O., Bukaros, A., Melnyk, O., Yarovenko, V., Voloshyn, A., Lohinov, O. (2023). Ship Refrigeration System Operating Cycle Efficiency Assessment and Identification of Ways to Reduce Energy Consumption of Maritime Transport. *Studies in Systems Decision and Control*, 481, 641-652. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_36 (**Scopus Q4**)

Автором запропоновано оцінку ефективності роботи холодильної системи судна та ідентифікацію способів зменшення енергоспоживання на морському транспорті.

49. Melnyk, O., Sagaydak, O., Shumylo, O., Lohinov, O. (2023). Modern Aspects of Ship Ballast Water Management and Measures to Enhance the Ecological Safety of Shipping. *Studies in Systems, Decision and Control*, 481, 681-694. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_39 (**Scopus Q4**)

Автором проведено аналіз сучасних аспектів управління баластними водами на судах та розроблено заходи, спрямовані на зменшення впливу баластних вод на морське довкілля.

50. Melnyk, O., & Onyshchenko S. (2022). Ensuring Safety of Navigation in the Aspect of Reducing Environmental Impact. *Lecture Notes in Network and Systems* 463, 1–9. https://doi.org/10.1007/978-3-031-03877-8_9 (**Scopus Q4**)

Автором проведено аналіз зв'язків між безпекою процесу навігації та заходами, спрямованими на зменшення екологічного впливу суден на навколишнє середовище.

51. Мельник, О.М. Бичковський, Ю.В. (2021). Врахування фактору стресу у системі забезпечення безпеки мореплавства. *Вчені записки ТНУ ім Вернадського. Технічні науки*, 32(71) № 4, 260-264. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.4/39>

Автором проведено аналіз та вплив психологічного аспекту управління безпекою на морі та запропоновано заходи для підвищення рівня безпеки в умовах стресових ситуацій.

52. Мельник, О.М. (2023). Автоматизація процесів судноводіння, її роль у забезпеченні безпеки та підвищенні ефективності морських перевезень. *Наука і техніка сьогодні*, 5(19), 8-18. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-5\(19\)-8-18](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-5(19)-8-18).

53. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Волошин, А.О., Васалатій, Н.В., Логінов, О.В., Корякін К.С. (2022). Розвиток дистанційних технологій керування судном як фактор забезпечення безпеки судноплавства. *Розвиток транспорту*, 3 (14), 179- 191. <https://doi.org/10.33082/td.2022.3-14.13>

Автором запропоновано підходи та стратегії для підвищення ефективності морських перевезень.

54. Melnyk, O., Shcherbina, O., Mykhailova, I., Obnyavko, T., & Korobko, T. (2023). Focused research on technological innovations in shipping industry: review and prospects. *Transport Development*, (1(16), 164-174. <https://doi.org/10.33082/td.2023.1-16.13>

Автором проведено систематичний огляд та окреслено перспективні напрями в технологічних інновацій у галузі морського транспорту.

55. Мельник, О.М., Корякін, К.С. (2021). Сучасні шляхи підвищення стандартів точності та надійності супутникових навігаційних систем. *Вчені записки ТНУ ім Вернадського. Технічні науки*, 32(71) № 6, 225-230. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/36>

Автором надано тенденції у вдосконаленні супутникових навігаційних систем, спрямованих на поліпшення точності та надійності курсовказання.

56. Мельник, О.М., Корякін, К.С., & Логінов, О.В. (2022). Супутникові компаси у системі забезпечення безпеки навігації суден. *Розвиток транспорту*, 1(12), 54–63. <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.05>

Автором виконано аналіз характеристик супутникових компасів та їхню ефективність у порівнянні з іншими методами орієнтування.

57. Мельник, О.М., Котенко, О.В., Корбан, В.Х., Васильченко, О.Є., Чеча, О.П. (2023). Організація і управління боротьбою з пожежами на морських суднах. *Наука і техніка сьогодні*, №4 (18), 309-320. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-4\(18\)-309-320](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-4(18)-309-320)

Автором проаналізовано методи організації протипожежних заходів на суднах і удосконалено сучасні підходи до боротьби з пожежами.

58. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Парменова, Д.Г. (2023). Методика організації самооцінки ефективності системи управління безпекою судноплавної компанії. *Водний транспорт*, 1(37), 154-160. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.17>

Автором розроблено методику організації самооцінки ефективності системи управління безпекою судноплавної компанії.

59. Melnyk, O., Okulov, V., Pulyayev, I., & Koryakin, K. (2021). Crew change problems under global pandemic conditions of COVID-19. *The scientific heritage*, 61(1), 54–57. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-61-1-54-57>

Автором досліджено проблематику зміни екіпажів суден під час глобальної пандемії та проаналізовано вплив карантинних обмежень на безпеку експлуатації суден.

60. Мельник, О.М., Корякін, К.С., Саф'ян, О.С., Заяц, С.В., & Щенявський, Г.С. (2021). Актуальні питання кібербезпеки морських портів. *Modern scientific researches*, 18(1), 81-87. <https://doi.org/10.30889/2523-4692.2021-18-01-019>

Автором розглянуто актуальні аспекти кібербезпеки морських портів, надано огляд сучасних досліджень у цій галузі.

61. Melnyk, O., Onishchenko, O., Vasalatii, N., Varlan, T. (2022) Introduction of modern marine technologies in ship navigation process. *International scientific*

journal Grail of Science, 18-19, 181-185. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.26.08.2022.33>

Автором розроблено алгоритм впровадження сучасних морських технологій у процес навігації суден.

62. Мельник, О. М., Волошин, А. О., Пуляєв, І. О., Бурлаченко, Д. А., & Щенявський, Г. С. (2022). Огляд міжнародної практики забезпечення кібербезпеки в морській галузі. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, (10). <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-10>

Автором досліджено методи та підходи, які використовуються в системі кіберзахисту судна, представлено аналіз існуючих технологій та практик.

63. Мельник, О.М., Онищенко, О.А., Васалатій, Н.В., Никитюк, П.В., Корякін, К.С., Варлан, Т.Є. (2022). Розвиток цифрових морських інформаційних систем для забезпечення безпеки мореплавства. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 22(1), 135–140. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-22-01-022>

Автором проведено аналіз інноваційних технологій та тенденцій в галузі, розглянуто можливості вдосконалення існуючих систем.

64. Melnyk, O., Bychkovsky, Yu., Shumylo, O., Onyshchenko, S., Onishchenko, O., Voloshyn, A., Cheredarchuk, N. (2022). Study of the risk assessment quality dependence on the ships accidents analysis. *Scientific Bulletin of Naval Academy*, XXV, 136-146. <https://doi.org/10.21279/1454-864X-22-I1-015>

Автором запропоновано метод оцінювання якості оцінки ризиків на базі аналізу аварійності суден.

65. Мельник, О., Волошин, А., Бичковський, Ю., & Щенявський, Г. (2022). Судно в процесі експлуатації як елемент ергатичної транспортної системи. *Collection of Scientific Papers «ЛОГОΣ»*, 119–121. <https://doi.org/10.36074/logos-12.08.2022.35>

Автором досліджено принципи та роль взаємодії судна у функціонуванні ергатичної транспортної системи.

66. Melnyk, O., Volianska, Ya., Onishchenko, O., Onyshchenko, S., Bondar, A., Golovan, A., Cheredarchuk, N., Honcharuk, I., Obnyavko, T. (2023). Marine

incidents management and information exchange technologies in the process of safe ship operation. *International journal of computer science and network security*, 23 (01), 64-70. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2023.23.1.9>

Автором розроблено алгоритми управління морськими інцидентами та обміну інформацією в процесі безпечної експлуатації суден.

67. Мельник, О., Корякін, К., Пастернак, О., Чеча, О., Никитюк, П. (2023). Огляд нормативного регулювання кібербезпеки у морській галузі. *Collection of scientific papers «SCIENTIA»*, 167-171. <https://doi.org/10.36074/scientia-24.02.2023>

Автором проведено аналіз аспектів регулювання та окреслено ключові вимоги та стандарти забезпечення безпеки інформаційного простору в галузі.

68. Мельник, О. М., Бурлаченко, Д. А., Пастернак, О. Я., Чеча, О. П., Никитюк, П. В. (2023). Особливості складання вантажного плану судна та розміщення вантажів на борту. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, 3. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-3-8618>

Автором запропоновано методику планування та координацію ключових етапів оптимального розподілу вантажів для забезпечення ефективності та безпеки морських перевезень.

69. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Корякін, К.С. (2020). Ступень морехідності судна. «Наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку», матеріали міжнародної науково-практичної конференції, тези доповідей, 31-34.

Автором розглянуто та систематизовано аспекти, пов'язані із ступенем морехідності судна.

70. Мельник, О.М., Пастернак, О.Я., Чеча, О.П. (2021). Визначення параметрів морських суден для ефективного прогнозування руху. «Інноваційні технології в сучасному інженерному просторі», матеріали міжнародної науково-практичної конференції, тези доповідей, 47-49. <https://doi.org/10.36074/20-03-01-047>

Автором запропоновано методику визначення параметрів для прогнозування руху суден.

71. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В. (2021). Дослідження ролі і значення лідерства в забезпеченні безпеки мореплавства. «Innovative science, education, production and transport '2021», 29-30 липня, міжнародний науковий симпозиум, тези доповідей.

Автором визначено роль та значення лідерства у забезпеченні цілісності та ефективності морських операцій.

72. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В., Волошин, А.О. (2021). Analysis of the stress components and its impact on seafarers. «Наука - основа розвитку сучасного світу», міжнародна інтернет-конференція, м. Запоріжжя, 30 липня 2021 р., збірник наукових матеріалів, 5-8.

Автором проведено аналіз факторів стресу та їх наслідки для морських працівників.

73. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В. (2021). Stress factors' impact on navigational safety. «Прогресивні технології засобів транспорту», перша міжнародна науково-технічна конференція, м. Миргород, 23-24 вересня 2021 р., збірник матеріалів конференції, 43-44.

Автором представлено аналіз впливу факторів стресу людини на навігаційну безпеку судна.

74. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Волошин, А.О., Корякін, К.С., Бурлаченко, Д.А. (2021). Аналіз показників аварійності світового флоту та шляхи їх зниження. У Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень: матеріали II міжнародної наукової конференції, м. Одеса, 10 вересня 2021 р., 115-117. <https://doi.org/10.36074/mcnd-10.09.2021>.

Автором досліджено показники аварійності світового флоту та запропоновано шляхи їх зниження.

75. Мельник, О.М., Онищенко, С.П., Волошин, А.О., Кауров, М.Ю. (2021). Аналіз основних інструментів управління енергоефективністю судна. The process and dynamics of the scientific path: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the II International Scientific and Theoretical Conference (September 17, 2021. Athens), 1, 105-107. <https://doi.org/10.36074/scientia-17.09.2021>

Автором представлено аналіз ефективності основних інструментів управління енергоефективністю судна.

76. Мельник, О.М., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В., Щенявський, Г.С. (2021). Заходи щодо зниження ризиків проникнення на судно під час перебування в порту. Наукові тренди постіндустріального суспільства, матеріали II Міжнар. наук. конф., м. Запоріжжя, 3 грудня, 2021 р. (Т.2), 103-105.

Автором розроблено заходи щодо зниження ризиків проникнення на судно під час перебування в порту.

77. Мельник, О.М., Корякін, К.С., Окулов, В. І., Пуляєв, І.О., Щенявський, Г.С. (2021). Морський тероризм як загроза судноплавству. Морська безпека Балто-Чорноморського регіону: виклики та загрози, матеріали міжнародної наукової конференції, 1, 259-261.

Автором досліджено причини виникнення та представлено методика протидії морському тероризму.

78. Мельник, О.М. (2021). Сучасні технічні системи забезпечення безпеки морських портів. Морська безпека Балто-Чорноморського регіону: виклики та загрози: матеріали міжнар. наук. конф., м.Одеса, 23 грудня, 2021 р. (Т.1) С.400-402.

79. Мельник, О.М., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В. (2021). Забезпечення контролю безпеки судна. Trends in the development of science and practice. Abstracts of XV International Scientific and Practical Conference, 391-392.

Автором проведено аналіз проблеми, систематизацію існуючих та розробку нових заходів забезпечення контролю безпеки судна.

80. Мельник, О.М., Бурлаченко, Д.А., Окулов, В.І., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В. (2021). Інноваційні підходи до забезпечення безпеки морського перевезення генеральних вантажів. Теорія і практика сучасної науки та освіти, матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, (м. Львів, 30-31 грудня 2021 р.) 4, 55-57.

Автором проведено аналіз проблем безпеки морського перевезення генеральних вантажів, систематизовано інноваційні підходи та розроблено заходи для забезпечення безпеки.

81. Мельник, О.М., Корякін, К.С., Окулов В.І., Бурлаченко, Д.А., Пуляєв, І.О., Заяц, С.В. (2021). Мінімізація ризиків відмови або порушення працездатності судна за критерієм безпеки. Зимові наукові читання - 2021: матеріали LXXVII Міжнародної інтернет-конференції, (м. Чернівці, 30 грудня 2021 р.) 120-123.

Автором проведено комплексний аналіз можливих ризиків відмови або порушення працездатності судна та визначено критерії безпеки для мінімізації ризиків.

82. Melnyk, O., Onyshchenko, S. (2022). Ship Cybersecurity Assurance Measures. In: Innovations Technologies in Science and Practice. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference, (Haifa, Israel) 489-452.

Автором запропоновано заходи забезпечення кібербезпеки суден.

83. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Щенявський, Г.С (2022). Підвищення ефективності заходів спрямованих на охорону і безпеку морських суден. Здобутки та досягнення прикладних та фундаментальних наук XXI століття, матеріали III Міжнародної наукової конференції, (м. Черкаси, 29 липня, 2022 р.) 167-169.

Автором запропоновано перелік заходів, спрямованих на підвищення ефективності охорони та безпеки морських суден.

84. Мельник, О.М., Волошин, А.О., Корякін, К.С., Щенявський, Г.С. (2022). Проблеми забруднення атмосферного повітря морським транспортом. The current state of development of world science: characteristics and features, collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, (August 5, 2022. Lisbon) 89-91.
<https://doi.org/10.36074/scientia-05.08.2022>

Автором систематизовано характеристики та особливості проблем екології морського транспорту та запропоновано шляхи їх вирішення.

85. Бичковський, Ю.В., Мельник, О.М., Чередарчук, Н.І., Ломановський, В.В. (2022). Впровадження вимог щодо управління безпекою на суднах. Formation

of innovative potential of world science: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, (Tel Aviv, August 19, 2022) 141-143. <https://doi.org/10.36074/scientia-19.08.2022>

Автором запропоновано формування та впровадження вимог, які покликані підвищити рівень безпеки на морських суднах.

86. Мельник, О.М., Бичковський, Ю.В., Ломановський, В.В. (2022). Якість виконання оцінки ризику на суднах щодо аналізу аварійності суден з 2012 року по 2022 рік. «Modern innovations and promising ways of development of culture and science», proceedings of the XXXI International Scientific and Practical Conference (August 09 – 12, 2022, Boston, USA) 121-127. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.1.31>

Автором виявлено фактори впливу на якість оцінки ризику, а також запропонувати способи покращення цього процесу.

87. Melnyk, O., Onishchenko, O., Vasalatii, N., Varlan, T. (2022). Introduction of modern marine technologies in ship navigation process. An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinary, proceedings of the IV Correspondence International Scientific and Practical Conference (August, 26, 2022). <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.26.08.2022>

Автором виконано аналіз сучасних технологій, що використовуються у навігації, оцінку їхнього впливу на безпеку та ефективність судноплавства.

88. Мельник, О., Пастернак, О., Чеча, О., Никитюк, П., Варлан, Т. (2023). Інформаційна безпека судна та її надійність. Sectoral research XXI: characteristics and features, V International Multidisciplinary Scientific and Theoretical Conference (February 3, Chicago, USA) 133-135. <https://doi.org/10.36074/scientia-03.02.2023>

Автором проаналізовано методи та заходи забезпечення інформаційної безпеки на суднах, вивчення проблем та викликів, пов'язаних із забезпеченням надійності судноплавства.

89. Мельник О., Пастернак О., Чеча О., Никитюк П., Варлан Т. (2023). Проблеми забруднення навколишнього середовища та шляхи їх вирішення. Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень, матеріали IV

міжнародної спеціалізованої наукової конференції, (10 лютого 2023 р., Житомир)
149-150. <https://doi.org/10.36074/mcnd-10.02.2023>

Автором розроблено низку пропозицій щодо зменшення негативного впливу від експлуатації суден.

90. Мельник, О., Корякін, К., Пастернак, О., Чеча, О., Никитюк, П. (2023). Огляд нормативного регулювання кібербезпеки у морській галузі. Modernization of today's science: experience and trends, proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, (February 24, 2023. Singapore) 167-171. <https://doi.org/10.36074/scientia-24.02.2023>

Автором проведено огляд нормативного регулювання кібербезпеки в морській галузі та надано пропозиції щодо вдосконалення цих нормативів.

Додаток Б Акти впровадження результатів дисертаційного дослідження

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД,
ТЕРИТОРІЙ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ
УКРАЇНИ

КАЗЕННЕ ПІДПРИЄМСТВО
«МОРСЬКА ПОШУКОВО-
РЯТУВАЛЬНА СЛУЖБА»

Україна, 65114 м. Одеса,
вул. Листодорожна дорога, 140 а
Тел.: +380 48 785 07 17
Факс: +380 48 785 07 18
e-mail: potsrg@sar.gov.ua

MINISTRY FOR COMMUNITIES,
TERRITORIES AND INFRASTRUCTURE
DEVELOPMENT OF UKRAINE

STATE ENTERPRISE
"MARITIME SEARCH AND
RESCUE SERVICE"

140 a, Lystdorfska Doroha Str., Odessa
65114, Ukraine
Tel: +380 48 785 07 17
Fax: +380 48 785 07 18
e-mail: potsrg@sar.gov.ua

АКТ

про впровадження результатів науково-дослідницької роботи
«Методологія забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських
перевезень»

В ході наукового дослідження, яке стало основою для дисертації Мельника Олексія Миколайовича на тему "Методологія забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень", були розроблені стратегії та підходи, які спрямовані на підвищення рівня безпеки та надійності процесів організації безпеки операцій на судах, особливостей їх функціонування та враховуючи сучасні технологічні та галузеві стандарти.

Основні аспекти розробленої методології, такі як забезпечення комплексної безпеки на етапах морського транспортування, використання стратегій для підвищення безпеки судноводіння та системний підхід до ідентифікації та управління ризиками, мають ключове значення для забезпечення навігаційної безпеки. Методологія акцентується на постійному вдосконаленні процесів безпеки з метою не лише уникнення можливих аварій та інцидентів на морі, але й оптимізації ефективності та економічності морських операцій.

Отримані результати дослідження були успішно впроваджені в практику організації безпеки операцій на судах нашого підприємства та в процесі експлуатації суден, що сприяє постійному вдосконаленню процесів організації безпеки, забезпечуючи максимальну надійність та безпеку у всіх аспектах нашої діяльності.

Т.п.о директора

Дмитрій БУРДАЧЕНКО
+38 (048) 774-42-15



Руслан МІКРУХ



ТОВ «ЛЕМА КАРГО СЕРВІС»
 67510, Україна, м.Маріуполь,
 пр-т Луїна, 21-7
 +38 096 0 53 00 50
 +38 096 0 53 00 49
 info@lemalcs.com

LEMA CARGO SERVICE LLC
 67510, Ukraine, Mariupol,
 Lunin ave., 21-7
 +38 096 0 53 00 50
 +38 096 0 53 00 49
 info@lemalcs.com



Исх. № 66477858
 От 20.11.2021

**Акт про впровадження науково-дослідницької роботи
 «Методологія забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден в системі
 морських перевезень»**

В рамках дисертаційного дослідження Олексія Миколайовича Мельника "Методологія забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень" визначено стратегії та підходи для забезпечення високого рівня безпеки та надійності експлуатації суден у системі морських перевезень. Ці принципи ґрунтуються на глибокому розумінні особливостей та умов функціонування суден, враховуючи сучасні технологічні та галузеві стандарти.

Основні аспекти, включені до розробленої методології, такі як аналіз ризиків на різних етапах транспортування, впровадження стратегій для підвищення безпеки судноводіння та системний підхід до ідентифікації та управління ризиками, є ключовими для забезпечення навігаційної безпеки. Методологія акцентує на постійному вдосконаленні процесів безпеки, сприяючи не лише уникненню потенційних аварій та інцидентів на морі, а й оптимізації ефективності та економічності морського транспорту.

Отримані результати дослідження були успішно впроваджені в практику обробки суден нашого підприємства. Методи та моделі процесів управління безпекою запропоновані в дослідженні під час вантажооброки суден та морського переходу сприяють ефективній ідентифікації та керуванню ризиками на кожному етапі опрацювання суден. Такий підхід сприяє постійному вдосконаленню процесів, забезпечуючи максимальну надійність та безпеку у всіх аспектах нашої діяльності.

З повагою,
 Директор ТОВ «Лема Карго Сервіс»



Косарев Ф.В.



ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ЧОРНОМОРСЬКИЙ РИБНИЙ ПОРТ»

LIMITED LIABILITY COMPANY
CHORNOMORSK FISHING PORT

УКРАЇНА, 68094, Одеська область, м. Чорноморськ, с. Б. Балка, вул. Центральна, 1
тел.: (048) 7170511, факс: (048) 7170512; ЄДРПОУ 24544710
www.imrp.com.ua e-mail: reception@imrp.com.ua

Ukraine, 68094, Odessa region, Chernomosk city, Burlacha Balka village, Sentyralnaya
str., 1, tel.: (38048) 7170511, fax: (38048) 7170512
www.imrp.com.ua e-mail: reception@imrp.com.ua

**Акт про впровадження науково-дослідницької роботи «Методологія забезпечення
безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень»**

В дисертаційному дослідженні к.т.н. Мельника Олексія "Методологія забезпечення безпеко-орієнтованої роботи суден в системі морських перевезень" визначено стратегії та підходи для забезпечення високого рівня безпеки та надійності роботи суден в системі морських перевезень, ґрунтуючись на глибокому розумінні особливостей та специфіки експлуатації суден враховуючи сучасні технологічні та галузеві стандарти.

Основні принципи, включені в запропоновану методологію, такі як аналіз ризиків на різних етапах транспортування, впровадження стратегій забезпечення безпеки судноводіння для підвищення навігаційної безпеки, передбачає системний підхід до ідентифікації та управління ризиками, а також акцентує увагу на постійному вдосконаленні процесів безпеки. Застосування цієї методології сприяє не лише запобіганню можливим аваріям та інцидентам на морі, а й оптимізації ефективності та економічності морського транспорту.

Розроблена методологія дозволила ефективно ідентифікувати та керувати ризиками на кожному етапі опрацювання суден, а також сприяє постійному вдосконаленню процесів для забезпечення максимальної надійності та безпеки усіх аспектів нашої діяльності.

З повагою,

Виконавчий Директор ЧРП



Мельниць В.В.

Операційний менеджер КТ

Костенко Р.М.

SHANGHAI FUHAI YONGJING SHIPPING SERVICE CO.,LTD.

Address: No.19 Zhabei Road, Liuhe Town, Shanghai City, P.R.China
Telephone: +86- (0)512 - 5360 8945 Fax: +86- (0)512 - 5361 3190
E-mail: ks_wzdm5881@126.com (Mob-phone) : +86- 15806229559

Oleksiy Melnyk
Navigation and Maritime Safety Dept.,
Odesa National Maritime University
34, Mechnikova str., Odesa, 65034, Ukraine

To: Whom It May Concern.

Re: Acknowledgment of Impactful Contributions to Company Safety Standards.

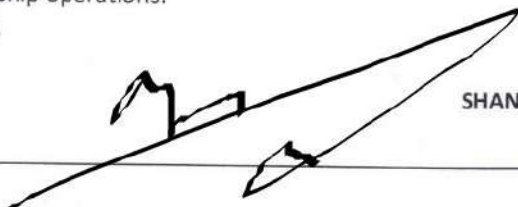
Hereby, we confirm the seamless integration of the findings from the scientific research entitled "Methodology for ensuring safety-oriented operation of ships in the maritime transportation system," led by Dr. Oleksiy Melnyk, into the day-to-day operations of our company.

The practical application of Dr. Melnyk's methodologies has demonstrated their effectiveness in promoting a safety-oriented culture throughout our operational activities. The incorporation of these methodologies into our decision-making processes has not only fortified our commitment to safety but has also contributed to the overall resilience and reliability of our maritime operations.

The developed models facilitate precise estimations of potential risks associated with ship operations, allowing for proactive measures to mitigate these risks effectively. The methodologies provide a structured approach to enhance safety protocols, ensuring that our vessels operate in compliance with the highest safety standards. By considering a range of operational scenarios, the methodologies support informed decision-making, particularly in dynamic and challenging maritime environments. The integration of these methodologies has contributed to the optimization of emergency response procedures, enhancing our ability to handle unforeseen situations with efficiency and effectiveness.

The successful implementation of Dr. Melnyk's research outcomes has not only elevated our safety standards but has also contributed to its overall effectiveness and reliability. We remain committed to the ongoing utilization and refinement of these methodologies to ensure the continuous improvement of safety-oriented ship operations.

Sincerely,



SHANGHAI FUHAI YONGJING SHIPPING SERVICE CO.,LTD.



DATE:2023-12-11

Oleksiy Melnyk
 Navigation and Maritime Safety Dept.,
 Odesa National Maritime University
 34, Mechnikova str., Odesa, 65034, Ukraine

Hereby, we confirm the seamless integration of the findings from the scientific research entitled "Methodology for ensuring safety-oriented operation of ships in the maritime transportation system," led by Dr. Oleksiy Melnyk, into the day-to-day operations of our company.

The practical application of Dr. Melnyk's methodologies has demonstrated their effectiveness in promoting a safety-oriented culture throughout our operational activities. The incorporation of these methodologies into our decision-making processes has not only fortified our commitment to safety but has also contributed to the overall resilience and reliability of our maritime operations.

The developed models facilitate precise estimations of potential risks associated with ship operations, allowing for proactive measures to mitigate these risks effectively. The methodologies provide a structured approach to enhance safety protocols, ensuring that our vessels operate in compliance with the highest safety standards. By considering a range of operational scenarios, the methodologies support informed decision-making, particularly in dynamic and challenging maritime environments. The integration of these methodologies has contributed to the optimization of emergency response procedures, enhancing our ability to handle unforeseen situations with efficiency and effectiveness.

The successful implementation of Dr. Melnyk's research outcomes has not only elevated our safety standards but has also contributed to its overall effectiveness and reliability. We remain committed to the ongoing utilization and refinement of these methodologies to ensure the continuous improvement of safety-oriented ship operations.

[Signature and Name of Company Representative]
 [Company Seal]


 SHANGHAI JINNAO SHIPPING CO., LTD

天津市海达船务工程有限公司

TIANJIN HAIDA SHIPPING CONSTRUCTION CO., LTD.

Address: No. 899 Yantai Road, Binhai district, Tianjin, P.R. China

Tel:0086-22-25885717 E.mail:haidashpg@163.com Mob-phone: +86-13920815145

To Whom It May Concern:

Re: Acknowledgment of Impactful Contributions to Company Safety Standards

I am pleased to formally acknowledge the noteworthy contributions made by Oleksiy Melnyk, as detailed in his thesis titled "Methodology of safety-oriented operation of ships in the system of maritime transportation." The insights and strategies presented in this thesis have been successfully integrated into our company's safety standards, resulting in tangible enhancements to our maritime operations.

Mr. Melnyk's methodology, rooted in a profound understanding of maritime intricacies and aligned with contemporary technological and industrial standards, has played a pivotal role in shaping and elevating our safety protocols. The fundamental principles outlined in his work, including comprehensive risk analysis at various transportation stages, integration of advanced monitoring and automation systems, and a focus on continuous education and training for ship crews, have significantly contributed to the overall safety landscape within our company.

Through the systematic implementation of this methodology, we have not only effectively mitigated potential risks and prevented incidents but have also witnessed improved efficiency and cost-effectiveness in our maritime transportation endeavors. The commitment to ongoing safety process improvement has become a hallmark of our operations, fostering a secure environment for all participants in maritime transportation.

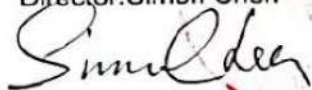
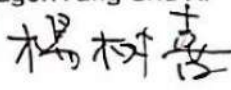
Oleksiy Melnyk's extensive experience in maritime transportation and safety has undeniably left an indelible mark on our safety standards. His dedication to advancing modern and innovative safety approaches has been instrumental in upholding the highest standards of safety and security across our entire maritime fleet.

Sincerely,

Director: Simon Chen

manager: Yang Shu Xi

Date: 2023.12.25

TIANJIN HAIDA SHIPPING CONSTRUCTION CO., LTD.

Stamp



天津市滨海新区塘沽万利合船舶服务有限公司

TIANJIN BINHAIXINQUTANGGU WANLIHE SHIPPING SERVICE CO., LTD

Address: ROOM309 No. 2429 XINGANG ROAD, TANGGU DISTRICT, TIANJIN, CHINA

Tel: 0086-22-25790546 E. mail: tjwanlihe@163.com Mob-phone: +86-13752661730

To Whom It May Concern:

Re: Acknowledgment of Impactful Contributions to Company Safety Standards
I am pleased to formally acknowledge the noteworthy contributions made by Oleksiy Melnyk, as detailed in his thesis titled "Methodology of safety-oriented Operation of ships in the system of maritime transportation." The insights and Strategies presented in this thesis have been successfully integrated into our company's safety standards, resulting in tangible enhancements to our Maritime operations.

Mr. Melnyk's methodology, rooted in a profound understanding of maritime intricacies and aligned with contemporary technological and industrial standards, has played a pivotal role in shaping and elevating our safety protocols. The fundamental principles outlined in his work, including Comprehensive risk analysis at various transportation stages, integration of Advanced monitoring and automation systems, and a focus on continuous Education and training for ship crews, have significantly contributed to the Overall safety landscape within our company.

Through the systematic implementation of this methodology, we have not only effectively mitigated potential risks and prevented incidents but have also Witnessed improved efficiency and cost-effectiveness in our maritime Transportation endeavors. The commitment to ongoing safety process Improvement has become a hallmark of our operations, fostering a secure Environment for all participants in maritime transportation.

Oleksiy Melnyk's extensive experience in maritime transportation and safety Has undeniably left an indelible mark on our safety standards. His dedication to Advancing modern and innovative safety approaches has been instrumental in Upholding the highest standards of safety and security across our entire Maritime fleet.

Sincerely,

Director: liang ming Wang

manager: bo Wang

Date: 2023.12.29

TIANJIN BINHAIXINQUTANGGU WANLIHE SHIPPING SERVICE CO., LTD Stamp