

**ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ТА ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ  
УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ  
ВАНТАЖНИХ СУДЕН**

**А.І. Головань**

к.т.н., доцент кафедри судноводіння і морської безпеки,  
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,  
ORCID ID: 0000-0001-6589-4381

**Анотація**

Судноплавство є ключовим сектором економіки України, відіграючи важливу роль у розвитку міжнародної торгівлі та забезпеченні ефективного руху товарів. Однак, галузь судноплавства зіштовхується з рядом викликів, таких як збільшення конкуренції, регуляторних обмежень та високих вимог до безпеки та екологічної сталості. Один з основних аспектів, який впливає на продуктивність вантажних суден, полягає в ефективності систем технічного обслуговування та експлуатації. У статті розглянуто перспективні напрямки вдосконалення управління системою технічного обслуговування вантажних суден з метою підвищення ефективності експлуатації флоту, забезпечення безпеки судноплавства та досягнення сталого розвитку судноплавних компаній. Проведений аналіз вказує на те що однією з ключових і досі невирішених проблем є управління системами технічного обслуговування суден, зокрема вантажних суден. **Метою** статті є огляд досвіду та перспектив у розробці та впровадженні ефективних стратегій управління системами технічного обслуговування вантажних суден, враховуючи особливості галузі та сучасні науково-технічні досягнення. **Результати.** Досліджено загальні методики управління процесами технічного обслуговування та розглянуто інтелектуально консультативні системи, які дозволять судноплавним компаніям оптимізувати свої ресурси та досягти конкурентних переваг на світовому ринку перевезень. **Висновки.** Для успішного розвитку судноплавної галузі в Україні потрібно забезпечити гармонійне співіснування технологій, науки, освіти та державної підтримки. Це сприятиме досягненню сталого розвитку сфери водного транспорту та зміцненню позицій українського судноплавства на світовому ринку перевезень. Застосування науково-обґрунтованих підходів до аналізу систем технічного обслуговування та технічної експлуатації вантажних суден може допомогти виявити причини зниження ефективності флоту, а також розробити ефективні стратегії для їх подолання. Таким чином, інтеграція наукових методів у практику управління системами технічного обслуговування вантажних суден може сприяти підвищенню як рівня безпеки судноплавства так і ефективності морського транспорту та сталому розвитку судноплавних компаній.

**Ключові слова:** технічне обслуговування, вантажні судна, морський транспорт, безпека судноплавства, інтелектуально консультативні системи.

**PROSPECTIVE DIRECTIONS AND INNOVATIVE APPROACHES  
TO MANAGING THE CARGO VESSEL MAINTENANCE SYSTEM**

**A.I. Golovan**

Ph.D (Engineering), Associate Professor of Navigation and Maritime Safety Department,  
Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine,  
ORCID ID: 0000-0001-6589-4381

**Summary**

*Shipping is a key sector of Ukraine's economy, playing an important role in the development of international trade and ensuring the efficient movement of goods. However, the shipping industry is facing a number of challenges, such as increased competition, regulatory restrictions, and high demands on safety and environmental sustainability. One of the main aspects that affects the performance of cargo ships is the efficiency of maintenance and operation systems. The article discusses promising areas for improving the management of the cargo ship maintenance system to increase the efficiency of fleet operation, ensure safety of navigation and achieve sustainable development of shipping companies. The analysis shows that one of the major and still unresolved issues is the management of ship maintenance systems, in particular, cargo ships. **The purpose** of the article is to review the experience and prospects in developing and implementing effective strategies for managing cargo ship maintenance systems, considering the specifics of the industry and modern scientific and technological achievements. **Results.** The general methods of managing maintenance processes are investigated and intelligent advisory systems are considered that will allow shipping companies to optimize their resources and achieve competitive advantages in the global transportation market. **Conclusions.** To ensure the successful development of the shipping industry in Ukraine, it is necessary to ensure the harmonious coexistence of technology, science, education, and government support. This will contribute to the sustainable development of water transport and strengthen the position of Ukrainian shipping in the global transportation market. The application of science-based approaches to the analysis of cargo ship maintenance and technical operation systems can help identify the causes of the decline in fleet efficiency and develop effective strategies to overcome them. Thus, the integration of scientific methods into the practice of managing cargo ship maintenance systems can contribute to the improvement of both the level of shipping safety and maritime transport efficiency and the sustainable development of shipping companies.*

**Key words:** maintenance, cargo ships, maritime transport, navigation safety, intelligent advisory systems.

**Вступ.** Судноплавство є ключовим сектором економіки України, відіграючи важливу роль у розвитку міжнародної торгівлі та забезпеченні ефективного руху товарів. Однак, галузь судноплавства зіштовхується з рядом викликів, таких як збільшення конкуренції, регуляторних обмежень та високих вимог до безпеки та екологічної сталості. Один з основних аспектів, який впливає на продуктивність вантажних суден, полягає в ефективності систем технічного обслуговування та експлуатації. У даній статті розглянуто перспективні напрямки вдосконалення управління системою технічного обслуговування вантажних суден з метою

підвищення ефективності експлуатації флоту, забезпечення безпеки судноплавства та досягнення сталого розвитку судноплавних компаній.

**Постановка проблеми.** Дослідження стану технічного обслуговування вантажних суден торговельного флоту, оцінка загальних показників ефективності систем технічного обслуговування таких суден, а також аналіз сучасних методів управління цими системами виявили, що у багатьох випадках управління системами технічного обслуговування, як для флоту однотипних суден, так і для окремо взятих суден, здійснюється виключно на основі економічних міркувань у контексті технічної експлуатації морських транспортних засобів. Такий підхід не дозволяє в достатній мірі визначити причини зниження ефективності використання флоту вантажних суден, а також потенціал для підвищення продуктивності в судноплавній компанії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Стаття включає дослідження сучасних тенденцій, методів та технологій, які застосовуються в галузі технічного обслуговування вантажних суден, а також аналіз стану питання з оцінки і управління ефективністю систем технічного обслуговування [1-12]. Узагальнено основні етапи розвитку систем технічного обслуговування та класифікацію показників ефективності, що застосовуються на сучасному етапі, а також розглянуто підходи до узгодження основних показників ефективності та вибору раціональної повноти контролю технічного стану функціональних систем вантажних суден. Проведений аналіз вказує на те що однією з ключових і досі невирішених проблем є управління системами технічного обслуговування суден, зокрема вантажних суден.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є огляд досвіду та перспектив у розробці та впровадженні ефективних стратегій управління системами технічного обслуговування вантажних суден, враховуючи особливості галузі та сучасні науково-технічні досягнення. Особлива увага приділяється пошуку загальної методики управління процесами технічного обслуговування та створенню інтелектуально консультативних систем, які дозволять судноплавним компаніям оптимізувати свої ресурси та досягти конкурентних переваг на світовому ринку перевезень.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Складна економічна ситуація, яка склалася в Україні, а також відсутність відповідних методологій та інструментів для розрахунку та аналізу показників ефективності систем технічного обслуговування, часто призводить до прийняття рішень про поліпшення ситуації в судноплавній компанії на основі невмотивованої зміни параметрів систем технічного обслуговування суден. Цей підхід може бути пояснений, якщо розглянути загальну схему взаємозв'язків завдань, які розв'язуються в судноплавній компанії (рис. 1).

Залежність рішення деяких завдань від даних, отриманих при вирішенні інших завдань, які здаються недостатньо пов'язаними між собою, призводить до того, що на практиці оцінюється та аналізується саме технічна експлуатація морських транспортних засобів, і відповідно до цього формуються показники ефективності саме технічної експлуатації [1, 2]. Однак, аналіз такої важливої складової, як системи технічного обслуговування морських транспортних засобів, часто залишається поза увагою.

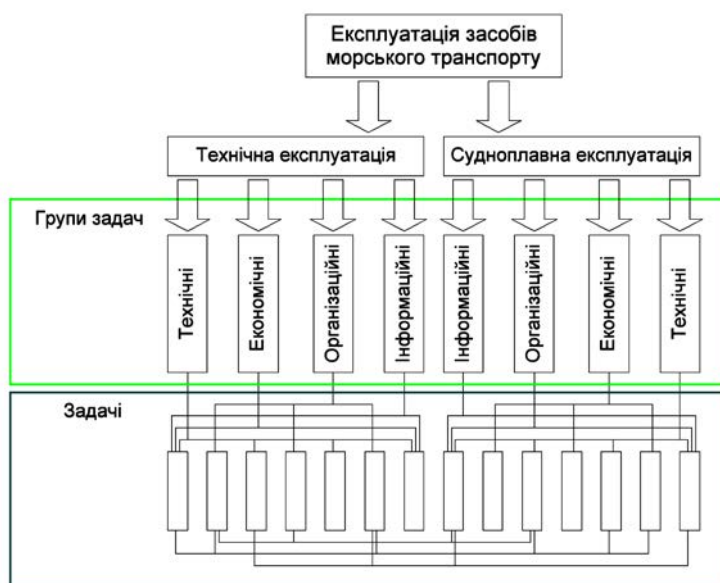


Рис. 1. Схема взаємозв'язків між виробничими задачами, пов'язаними з експлуатацією вантажних суден

Для оптимізації підходів до управління системами технічного обслуговування вантажних суден, необхідно розробити відповідні методики та інструменти, які дозволять проводити комплексний аналіз різних аспектів судноплавної діяльності, зокрема систем технічного обслуговування. Це може сприяти виявленню потенційних проблем та резервів для підвищення ефективності використання флоту вантажних суден та забезпечення сталого розвитку судноплавних компаній [3].

Відповідно до світового досвіду, успішна експлуатація вантажних суден вимагає ретельного аналізу інформації про стан систем технічного обслуговування та їх складових. На основі такого аналізу можна розробляти обґрунтовані висновки для впровадження відповідних заходів та контролю за їх виконанням у виробництві. Вирішити цю проблему без використання сучасних інформаційних технологій неможливо [4].

Спроби автоматизації збору, обробки та аналізу статистичних даних, накопичених в процесі експлуатації, почалися ще у 1960-х роках ХХ століття. Обчислювальна техніка, методики та алгоритми обробки інформації поступово вдосконалювались та ставали все більш доступними [5].

На початковому етапі використовувалась централізована модель обробки даних на основі мейнфреймів, які переважали до середини 1980-х років ХХ століття. Протягом кількох років ця модель поступила позиціями на користь розподіленої архітектури однорангових мереж персональних комп'ютерів (ПК). Однак, згодом спостерігалася тенденція до знову централізації ресурсів системи, і сьогодні у центрі уваги перебуває технологія клієнт/сервер на базі Інтернет-технологій, які ефективно поєднують переваги своїх попередників. Процес еволюції цих інформаційних систем (ІС) можна розглянути у вигляді послідовності чотирьох етапів [6].

В результаті цих етапів еволюції ІС, сучасні підходи до обробки та аналізу інформації включають інтеграцію великих обсягів даних з різних джерел, застосування штучного інтелекту та машинного навчання для оптимізації процесів, застосування цифрових двійників для оптимізації систем технічного обслуговування, а також розвиток спеціалізованих інформаційних систем для різних галузей, включаючи технічну експлуатацію флоту суден.

Доступність сучасної комп'ютерної техніки, її порівняно низька вартість, виникнення ефективних систем програмування, які дозволяють обмеженим колективам розробників у короткий час розробляти складні прикладні програми, призвели до появи значної кількості продуктів, які здебільшого реалізовані у формі так званих автоматизованих робочих місць, спрямованих на підтримку різноманітних процесів експлуатації засобів водного транспорту [7]. Однак впровадженням подібних систем не вдалося вирішити ключові проблеми технології обміну інформацією як між підрозділами судноплавних компаній, так і між судноплавними компаніями, адміністрацією судноплавства та підприємствами морської промисловості [8]. До них, в першу чергу, слід віднести: відсутність стандартизації; недостатній рівень інтеграції; необхідність постійного оновлення даних; відсутність єдиної методології; обмеження доступу до відповідних джерел інформації; відсутність чіткої системи оцінки ризиків; недостатній рівень координації дій; неадекватне забезпечення конфіденційності даних; низька оперативність; відсутність комплексних даних; відсутність доступу до інформації; непередбачуваність оперативного контролю; використання текстового формату представлення інформації.

У зв'язку з вище наведеними проблемами, є важливим проведення наукових досліджень, спрямованих на розробку нових методів та технологій обробки, передачі та аналізу інформації у сфері водного транспорту, розробка стандартів та протоколів обміну даними, а також вдосконалення системи оцінки ризиків та координації дій між різними суб'єктами судноплавства [9].

Стан розвитку сфери водного транспорту в Україні характеризується складними проблемами та викликами. Однією з перешкод є активне введення в експлуатацію суден іноземного виробництва, що призводить до зниження інтересу національних судноплавних компаній до впровадження наукових розробок українських науково-дослідних центрів. Судноплавні компанії сподіваються, що програмні комплекси, які є складовими частинами сучасних суден, дозволять комплексно вирішити майбутні завдання.

Крім того, керівництво судноплавних компаній не розуміє необхідності постійного фінансування вдосконалення розроблених програмних комплексів. Для цього потрібно було б об'єднання зусиль усіх українських судноплавних компаній. На сучасному етапі розвитку українських судноплавних компаній необхідно впровадження корпоративних інформаційних систем, які включали б декілька інтелектуальних консультативних систем (ІКС) для різних аспектів діяльності, таких як судноплавна експлуатація, технічне обслуговування, маркетинг, менеджмент та інше.

Перехід від назви «автоматизовані системи управління» до «інтелектуальні консультативні системи» не є лише зміною аббревіатури, але відображає досвід, накопичений протягом попередніх років. Це також відображає особливості

виробничих процесів у судноплавних компаніях, методів та підходів до створення інформаційних мереж, баз даних та спеціалізованого програмного забезпечення.

Сприйняття впровадження корпоративних інформаційних систем та ІКС у судноплавних компаніях як інтегральної частини їх діяльності може привести до покращення ефективності, якості управління та координації дій між різними підрозділами і сторонніми організаціями. Окрім того, це допоможе виявити та вирішити проблеми, пов'язані з низькою оперативністю системи, а також забезпечити більш надійну та систематичну обробку інформації для наступного статистичного аналізу.

Суттєвим аспектом корпоративних інформаційних систем для судноплавних компаній є необхідність інтеграції з Глобальною мережею аналізу та інформації (GAIN - Global Analysis and Information Network). Великі та провідні судноплавні компанії, які вже використовують GAIN у своїй діяльності, включають [10]: Maersk Line, MSC, China COSCO Shipping, CMA CGM, Hapag-Lloyd, ONE, Evergreen, HMM, Yang Ming, ZIM.

Ці компанії розуміють важливість взаємодії та обміну інформацією в межах глобальної мережі для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності своїх операцій.

Корпоративні інформаційні системи не можна розглядати як просте об'єднання автоматизованих систем управління виробництвом відокремлених судноплавних компаній. Інформаційні системи такого роду характеризуються значною складністю в організаційному, технічному та програмному забезпеченні. Внаслідок цього, процес розробки та впровадження зазначених систем вимагає спільних зусиль науковців, що працюють над розробкою відповідних методологій та методів, а також активної співпраці провідних спеціалістів у галузях інформаційних технологій, економіки та, вкрай важливо, правових аспектів.

Аналіз існуючих автоматизованих систем управління виробництвом судноплавних компаній України, на базі яких мають бути сформовані корпоративні інформаційні системи, виявив, що однією з ключових і досі нереалізованих задач є управління системами технічного обслуговування суден, зокрема вантажних суден.

Управління системами технічного обслуговування вантажних суден має бути реалізоване у форматі ІКС для технічного обслуговування суден як інтегрованої складової корпоративних інформаційних систем судноплавних компаній. Така система повинна використовувати набутий досвід в цій області [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] для забезпечення оптимального та ефективного управління процесами технічного обслуговування засобів морського транспорту.

Однією з відмінних характеристик ІКС в суднопластві є ієрархічна структура, де централізована обробка та єдине керування ресурсами на верхньому рівні комбінуються з розподіленою обробкою на нижньому рівні. Цей підхід є синтезом перевірених рішень у системах попередніх поколінь.

Така організація ІКС в суднопластві представляє собою компроміс між прагненням використовувати переваги графічного інтерфейсу програмного забезпечення та вимогами щодо максимальної доступності даних для всіх користувачів системи. Водночас, такий підхід сприяє підвищенню швидкості обробки, спрощенню адміністрування та зниженню експлуатаційних витрат.

Цей науково-обґрунтований підхід до розробки та реалізації ІКС в судноплавних компаніях дозволяє досягти оптимального балансу між ефективністю управління ресурсами, доступністю інформації та зручністю використання системи для всіх зацікавлених сторін.

ІКС з технічного обслуговування вантажних суден, яка пропонується і впроваджується, має наступні ключові характеристики: повне використання потенціалу ПК; модульна побудова системи; економія ресурсів системи; наявність ефективних централізованих засобів; об'єднання корпоративних інформаційних систем.

Використання ІКС у сфері технічного обслуговування вантажних суден базується на розв'язанні експлуатаційних задач, які оптимально вирішуються на основі планування економічного експерименту та статистичної обробки обмежених обсягів даних. Це сприяє одержанню оцінок, хоча й неповних, але із чітко визначеними межами похибок. Відповідно, науковий підхід до реалізації ІКС забезпечує більш ефективне управління технічним обслуговуванням вантажних суден.

При розробці методичного забезпечення для ІКС з технічного обслуговування вантажних суден, важливо враховувати їх відмінність від інших технічних об'єктів. Однією з основних особливостей судноплавних транспортних засобів є те, що значна кількість відмов виявляється, але не усувається в процесі експлуатації суден. Ця характеристика морських транспортних засобів суттєво змінює умови рішення задач технічного обслуговування вантажних суден, різко відрізняючи їх від умов рішення аналогічних задач для технічних виробів, що працюють безперебійно.

Класичним прикладом таких виробів є наземні енергетичні комплекси, у яких відпрацьовані рішення багатьох експлуатаційних задач, що вирішуються у рамках загальної теорії надійності складних систем. Відтак, при формулюванні задач експлуатації вантажних суден варто також розглядати ергономічні аспекти. З огляду на численність виконавців робіт та колективів людей, які займаються підготовкою вантажних суден до плавання і технічним обслуговуванням в процесі плавання, організації їхньої роботи слід приділяти особливу увагу. Таким чином, науковий підхід до створення методичного забезпечення для ІКС з технічного обслуговування вантажних суден дозволяє досягти більш оптимальних результатів у галузі судноплавства.

Однією з ключових передумов для рішення завдань технічного обслуговування вантажних суден є припущення про недостатність початкової інформації, яка не лише обмежує можливість вирішення задачі в детермінованій постановці, але й ускладнює формулювання імовірнісної задачі. В ІКС, пов'язаних з технічним обслуговуванням суден, слід використовувати статистичні оцінки параметрів систем на основі обмеженого обсягу вхідних даних, а також застосовувати цифрові двійники для детального моделювання та аналізу судових систем [14].

Статистичні оцінки параметрів моделей, що використовуються в ІКС, повинні отримуватися з даних про попередню експлуатацію суден. Протягом усього періоду експлуатації параметри моделі мають зазнавати уточнень, оскільки судноплавні об'єкти регулярно модернізуються, а персонал, що експлуатує їх, постійно вдосконалює свої навички. Уточнення параметрів моделей для рішення завдань технічного обслуговування має базуватися на неперервному зборі відповідних даних та їхньому систематичному аналізі, а також на використанні цифрових двійників для детального моделювання та оптимізації судових систем [20].

Такий науковий підхід до розробки та впровадження ІКС для технічного обслуговування вантажних суден забезпечує адекватне оцінювання та контроль стану технічних систем суден, а також підвищує ефективність експлуатації та безпеку плавання.

Алгоритми, реалізовані в ІКС [19], пов'язані з технічним обслуговуванням суден, повинні надавати рекомендації щодо часу наступного технічного обслуговування, його програми, наявних ресурсів судна в цілому та окремих його агрегатів і вузлів, дані для забезпечення суден запасними частинами, інструментами та іншим обладнанням, а також рекомендації (у вигляді, наприклад, технологічних графіків) з організації роботи технічного персоналу на судні.

Сукупність характеристик, які відображають ефективність системи технічного обслуговування суден, як було показано, є ієрархічною системою. Вона включає основні характеристики, що займають вищий ієрархічний рівень, оскільки вони визначають кінцеві результати застосування судна за призначенням, та характеристики підпорядкованих рівнів, що забезпечують основні характеристики.

Оцінку характеристик підпорядкованих рівнів у системі технічного обслуговування суден також проводять за числовими показниками. Їхня номенклатура значно ширша. Зазначені показники оцінки основних характеристик розраховують за показниками характеристик підпорядкованого рівня. Вибір і оцінка показників усіх характеристик, які визначають ефективність систем технічного обслуговування суден, повинна базуватись на аналізі оптимальної моделі системи технічного обслуговування [11, 12]. Тому в науковому дослідженні [17] розглядаються завдання визначення оптимальної множини параметрів ефективності систем технічного обслуговування суден та їх комплектуючих, їхнього аналізу і прогнозування з метою побудови інформаційно-консультативної системи підтримки процесу управління індивідуальними системами технічного обслуговування вантажних суден.

Впровадження в експлуатацію суден із розгалуженою системою бортового контролю, які дозволяють з високою вірогідністю виявляти відмови та пошкодження і тим самим дають змогу в реальному масштабі часу здійснювати формування обсягу чергового виду технічного обслуговування, вимагають розробки методів оперативного управління ходом технологічного графіку технічного обслуговування судна, оцінки показників аналізу ефективності цих технологічних графіків як складових частин ефективності всієї системи технічного обслуговування судна.

З метою контролю за діяльністю судноплавних компаній в галузі технічного обслуговування суден, сертифікації засобів морського транспорту, виявлення впливу різних експлуатаційних факторів на ефективність їхніх систем технічного обслуговування, необхідне постійне накопичення інформації про технічний стан суднової техніки та характеристики виконаних робіт на ній, з метою формування рішень, спрямованих на підтримку заданого рівня технічної придатності суден до технічного використання [20].

Усе це вимагає постійної розробки і впровадження в судноплавних компаніях відповідних заходів з удосконалення як самої суднової техніки, так і їхніх систем технічного обслуговування. З метою оцінки впливу впроваджених заходів потрібен постійний контроль і аналіз їхньої економічної ефективності та економічної ефективності систем технічного обслуговування суден, який би базувався на сучасних методах прийняття рішень у сфері судноплавства.



В результаті виконаних досліджень розроблена структурно-функціональна модель ІКС з технічного обслуговування вантажних суден, яка лягла в основу розробленого і впровадженого комплексу програм і інформаційних систем [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Цей комплекс дозволяє реалізувати: Принцип безперервного відстеження динаміки зміни показників ефективності системи технічного обслуговування конкретного судна; Методи виявлення ранніх стадій погіршення процесу технічного обслуговування вантажних суден; Прогнозування рівня технічної придатності судна до використання за призначенням; Оцінювання ефективності заходів, направлених на підтримку і підвищення рівня ефективності систем технічного обслуговування вантажних суден, зокрема технічної придатності до використання за призначенням; Контроль рівня ефективності системи технічного обслуговування конкретного судна з метою мінімізації витрат на його технічне обслуговування.

Розроблено математичне забезпечення ІКС для судноплавства, яке базується на модифікованих методах з метою зниження трудомісткості обчислювальних процедур обробки інформації. Проведені дослідження дозволили обґрунтувати і розробити метод розрахунку показників якості систем технічного обслуговування вантажних суден та їхніх комплектуючих, призначені для оцінки і аналізу динаміки зміни процесу технічного обслуговування в конкретній судноплавній компанії.

Запропонована методика оцінки ефективності заходів, які впроваджуються з метою підтримання або підвищення рівня безпеки і регулярності плавання в галузі технічного обслуговування вантажних суден, дозволяє забезпечити належний рівень якості обслуговування та безпеки пасажирів і екіпажу.

**Висновки.** Враховуючи викладене, можна зробити висновок, що для успішного розвитку судноплавної галузі в Україні потрібно забезпечити гармонійне співіснування технологій, науки, освіти та державної підтримки. Це сприятиме досягненню сталого розвитку сфери водного транспорту та зміцненню позицій українського судноплавства на світовому ринку перевезень.

В статті висвітлено основні етапи розвитку систем технічного обслуговування вантажних суден і надана класифікація показників їхньої ефективності, які зараз застосовують в практиці управління виробничим процесом в судноплавних компаніях.

Розглянута методика узгодження основних показників ефективності систем технічного обслуговування та вдосконалена методика вибору раціональної повноти контролю технічного стану функціональних систем вантажних суден.

Проведений аналіз стану питання з оцінки і управління ефективністю систем технічного обслуговування вантажних суден і їх технічних засобів показав доцільність досліджень в напрямку пошуку розробки загальної методики управління цими процесами з метою побудови підґрунтя для більш детального вивчення процесів, які відбуваються під час технічного обслуговування вантажних суден та створення методології формування в судноплавних компаніях інтелектуально консультативних систем з технічного обслуговування.

Застосування науково-обґрунтованих підходів до аналізу систем технічного обслуговування та технічної експлуатації вантажних суден може допомогти виявити причини зниження ефективності флоту, а також розробити ефективні

стратегії для їх подолання. Таким чином, інтеграція наукових методів у практику управління системами технічного обслуговування вантажних суден може сприяти підвищенню як рівня безпеки судноплавства так і ефективності морського транспорту та сталому розвитку судноплавних компаній.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Lazakis, I., Turan, O., & Aksu, S. (2010). Increasing ship operational reliability through the implementation of a holistic maintenance management strategy. *Ships and Offshore Structures*, 5(4), 337–357. <https://doi.org/10.1080/17445302.2010.480899>
2. Alhouli, Y. (2011). Development of Ship Maintenance Performance Measurement Framework to Assess the Decision Making Process to Optimise in Ship Maintenance Planning. In *[Thesis]. Manchester, UK: The University of Manchester; 2011.* <https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.532215>
3. Golovan, A., Honcharuk, I., Deli, O., Kostenko, O., & Nykyforov, Y. (2021). System of Water Vehicle Power Plant Remote Condition Monitoring. *IOP Conference Series*, 1199(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1199/1/012049>
4. Roccazzella, F., Gambetti, P., & Vrins, F. (2022). Correction to: Optimal and robust combination of forecasts via constrained optimization and shrinkage. *International Journal of Forecasting*. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2022.03.011>
5. Davies, J., Truong-Ba, H., Pardalos, P. M., & Will, G. (2021). Optimal inspections and maintenance planning for anti-corrosion coating failure on ships using non-homogeneous Poisson Processes. *Ocean Engineering*, 238, 109695. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109695>
6. Jeyaraj, A., & Zadeh, A. (2020). Evolution of information systems research: Insights from topic modeling. *Information & Management*, 57(4), 103207. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103207>
7. Bourgeois, D. T. (2014). *Information Systems for Business and Beyond*.
8. Ichimura, Y., Dalaklis, D., Kitada, M., & Christodoulou, A. (2022). Shipping in the era of digitalization: Mapping the future strategic plans of major maritime commercial actors. *Digital Business*, 2(1), 100022. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2022.100022>
9. Golovan, A., Gritsuk, I., Rudenko, S., Saravas, V., Shakhov, A., & Shumylo, O. (2019). Aspects of Forming the Information V2I Model of the Transport Vessel. In *2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. <https://doi.org/10.1109/mees.2019.8896595>
10. Liu, L., Shibasaki, R., Zhang, Y., Kosuge, N., Zhang, M., & Hu, Y. (2023). Data-driven framework for extracting global maritime shipping networks by machine learning. *Ocean Engineering*, 269, 113494. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113494>
11. Lazakis, I., & Ölçer, A. I. (2016). Selection of the best maintenance approach in the maritime industry under fuzzy multiple attributive group

- decision-making environment. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 230(2), 297–309. <https://doi.org/10.1177/1475090215569819>
12. Vujanovic, D., Momčilović, V., Bojovic, N. J., & Papić, V. (2012). Evaluation of vehicle fleet maintenance management indicators by application of DEMATEL and ANP. *Expert Systems With Applications*, 39(12), 10552–10563. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.159>
  13. Головань, А. (2020). Розробка і дослідження комплексу технічних засобів управління експлуатаційною ефективністю морських транспортних засобів: автоматичний збір і обробка інформації в інтелектуальній системі (0122U200855). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/bcc80ca42569ba921b95b38af1cd260d>
  14. Головань, А. (2020). Розроблення програмного забезпечення інформаційно-аналітичної системи контролю і прогнозування рівня надійності суднових технічних систем і комплексів вантажного судна на основі цифрових двійників (0123U102142). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/8cc95840fc313e7bd53c2ef64e18000a>
  15. Головань, А. (2021). Розроблення автоматизованої системи розпізнавання несправностей та інформаційного забезпечення процесу технічної експлуатації суднових технічних комплексів вантажного судна (0123U102178). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/af9bf74085869b45562e6b17295b2fd8>
  16. Головань, А. (2021). Розробка структури, складових і призначення інформаційно-аналітичної системи оцінювання експлуатаційної ефективності морських транспортних засобів (0122U200854). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/9e73ea40b5915e219761480d26a22af3>
  17. Головань, А. (2021). Розроблення автоматизованої інформаційної системи обґрунтування раціональної програми і управління технічним обслуговуванням вантажних суден (0123U102204). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/abcc2282dd939e459a0a1ea7bed177d8>
  18. Головань, А. (2022). Розроблення комплексної автоматизованої системи контролю і прогнозування показників надійності засобів морського транспорту (0123U102241). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/534c26605e7cb1c98b9aa898e2995d4e>
  19. Головань, А. (2022). Розроблення комплексної системи інформаційного забезпечення процесу технічної експлуатації суднових технічних систем: автоматизований пошук несправностей і підтримка прийняття рішень (0123U102286). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/b531e7a6bfb28fc3204f9bbaa5d14e1f>
  20. Головань, А. (2023). Розроблення систем інформаційного забезпечення підтримки технічної придатності суден торгового флоту України на основі цифрових двійників і аналізу даних в реальному часі (0123U102159). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/d1025734d23e9a0005f89ffa7dc9a215>

## REFERENCES

1. Lazakis, I., Turan, O., & Aksu, S. (2010). Increasing ship operational reliability through the implementation of a holistic maintenance management strategy. *Ships and Offshore Structures*, 5(4), 337–357. <https://doi.org/10.1080/17445302.2010.480899>
2. Alhouli, Y. (2011). Development of Ship Maintenance Performance Measurement Framework to Assess the Decision Making Process to Optimise in Ship Maintenance Planning. In *[Thesis]. Manchester, UK: The University of Manchester; 2011*. <https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.532215>
3. Golovan, A., Honcharuk, I., Deli, O., Kostenko, O., & Nykyforov, Y. (2021). System of Water Vehicle Power Plant Remote Condition Monitoring. *IOP Conference Series*, 1199(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1199/1/012049>
4. Roccazzella, F., Gambetti, P., & Vrins, F. (2022). Correction to: Optimal and robust combination of forecasts via constrained optimization and shrinkage. *International Journal of Forecasting*. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2022.03.011>
5. Davies, J., Truong-Ba, H., Pardalos, P. M., & Will, G. (2021). Optimal inspections and maintenance planning for anti-corrosion coating failure on ships using non-homogeneous Poisson Processes. *Ocean Engineering*, 238, 109695. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109695>
6. Jeyaraj, A., & Zadeh, A. (2020). Evolution of information systems research: Insights from topic modeling. *Information & Management*, 57(4), 103207. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103207>
7. Bourgeois, D. T. (2014). *Information Systems for Business and Beyond*.
8. Ichimura, Y., Dalaklis, D., Kitada, M., & Christodoulou, A. (2022). Shipping in the era of digitalization: Mapping the future strategic plans of major maritime commercial actors. *Digital Business*, 2(1), 100022. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2022.100022>
9. Golovan, A., Gritsuk, I., Rudenko, S., Saravas, V., Shakhov, A., & Shumylo, O. (2019). Aspects of Forming the Information V2I Model of the Transport Vessel. In *2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. <https://doi.org/10.1109/mees.2019.8896595>
10. Liu, L., Shibasaki, R., Zhang, Y., Kosuge, N., Zhang, M., & Hu, Y. (2023). Data-driven framework for extracting global maritime shipping networks by machine learning. *Ocean Engineering*, 269, 113494. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113494>
11. Lazakis, I., & Ölçer, A. I. (2016). Selection of the best maintenance approach in the maritime industry under fuzzy multiple attributive group decision-making environment. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 230(2), 297–309. <https://doi.org/10.1177/1475090215569819>
12. Vujanovic, D., Momčilović, V., Bojovic, N. J., & Papić, V. (2012). Evaluation of vehicle fleet maintenance management indicators by

- application of DEMATEL and ANP. *Expert Systems With Applications*, 39(12), 10552–10563. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.159>
13. Golovan, A. (2020). Development and research of the technical means complex of sea-going vessels operational efficiency managing: automatic collection and processing of information in an intelligent system [Rozrobka i doslidzhennia kompleksu tekhnichnykh zasobiv upravlinnia ekspluatatsiinoiu efektyvnistiu morskykh transportnykh zasobiv: avtomatychnyi zbir i obrobka informatsii v intelektualnii systemi] (0122U200855). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/bcc80ca42569ba921b95b38af1cd260d> [in Ukrainian]
  14. Golovan, A. (2020). Development of software for an information-analytical system for monitoring and forecasting the level of reliability of shipboard technical systems and cargo ship complexes based on digital twins [Rozroblennia prohramnoho zabezpechennia informatsiino-analitychnoi systemy kontrolia i prohnozuvannia rivnia nadiinosti sudnovykh tekhnichnykh system i kompleksiv vantazhnoho sudna na osnovi tsyfrovyykh dviinykiv] (0123U102142). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/8cc95840fc313e7bd53c2ef64e18000a> [in Ukrainian]
  15. Golovan, A. (2021). Development of an automated system for fault detection and information support of the process of technical operation of shipboard technical complexes of a cargo ship [Rozroblennia avtomatyzovanoi systemy rozpoznavannia nespravnosti ta informatsiinoho zabezpechennia protsesu tekhnichnoi ekspluatatsii sudnovykh tekhnichnykh kompleksiv vantazhnoho sudna] (0123U102178). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/af9bf74085869b45562e6b17295b2fd8> [in Ukrainian]
  16. Golovan, A. (2021). Development of the structure, components, and purpose of the information-analytical system for evaluating the operational efficiency of sea-going vessels [Rozrobka struktury, skladovykh i pryznachennia informatsiino-analitychnoi systemy otsiniuvannia ekspluatatsiinoi efektyvnosti morskykh transportnykh zasobiv] (0122U200854). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/9e73ea40b5915e219761480d26a22af3> [in Ukrainian]
  17. Golovan, A. (2021). Development of an automated information system for justification of a rational program and management of cargo ship maintenance [Rozroblennia avtomatyzovanoi informatsiinoi systemy obgruntuvannia ratsionalnoi prohramy i upravlinnia tekhnichnym obsluhovuvanniam vantazhnykh suden] (0123U102204). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/abcc2282dd939e459a0a1ea7bed177d8> [in Ukrainian]
  18. Golovan, A. (2022). Development of a comprehensive automated system for monitoring and forecasting the reliability of maritime transport [Rozroblennia kompleksnoi avtomatyzovanoi systemy kontrolia i prohnozuvannia pokaznykiv nadiinosti zasobiv morskoho transportu] (0123U102241). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/534c26605e7cb1c98b9aa898e2995d4e> [in Ukrainian]

19. Golovan, A. (2022). Development of a comprehensive system of information support for the process of technical operation of shipboard technical systems: automated fault detection and decision support [Rozroblennia kompleksnoi systemy informatsiinoho zabezpechennia protsesu tekhnichnoi ekspluatatsii sudnovykh tekhnichnykh system: avtomatyzovanyi poshuk nespravnostei i pidtrymka pryiniattia rishen] (0123U102286). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/b531e7a6bfb28fc3204f9bbaa5d14e1f> [in Ukrainian]
20. Golovan, A. (2023). Development of information support systems for maintaining the technical serviceability of Ukrainian merchant ships based on digital twins and real-time data analysis [Rozroblennia system informatsiinoho zabezpechennia pidtrymky tekhnichnoi prydatnosti suden torhovoho flotu Ukrainy na osnovi tsyfrovyykh dviinykiv i analizu danykh v realnomu chasi] (0123U102159). <https://nddkr.ukrintei.ua/view/rk/d1025734d23e9a0005f89ffa7dc9a215> [in Ukrainian]