

В. І. КИРНАЦ

кандидат технічних наук,
доцент кафедри суднових енергетичних установок
і технічної експлуатації
Одеський національний морський університет
ORCID: 0000-0002-8308-7994

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СУДЕН НА ОРГАНІЗАЦІЮ МАШИННОЇ ВАХТИ

У сучасній транспортній системі якість організації машинної вахти безпосередньо впливає на безпеку та ритмічність перевізного процесу, особливо в умовах мультимодальних перевезень, де морський сегмент має бути узгоджений із вимогами портів інфраструктур, логістичних операторів і міжнародних регуляторів. Конструктивні та технологічні особливості різних типів суден (контейнеровозів, балкерів, танкерів і газозовів) формують різні моделі технічного навантаження на екіпаж, що підсилюється потребою дотримання міжнародних екологічних і безпекових норм. Метою статті є формування рекомендацій щодо вдосконалення організації машинної вахти з урахуванням конструктивно-технологічних параметрів морських суден, особливостей їх експлуатації і ролі у мультимодальних ланцюгах постачання. Методологічну основу дослідження становлять порівняльний аналіз технічних характеристик енергетичних установок, структурно-функціональний підхід до оцінювання вахтових процесів, а також критичний огляд нормативних вимог, що регламентують діяльність машинної команди в міжнародному та національному морському праві. Отримані результати демонструють, що конструктивні рішення (тип двигуна, архітектура енергетичної установки, спеціалізовані вантажні системи) безпосередньо визначають інтенсивність контролю та профілактики, яку здійснює машинна вахта, тоді як логістичні умови мультимодальних перевезень формують вимоги до точності виконання процедур, синхронізації із портовими розкладами та підтримання технічної готовності судна. Сформовані рекомендації охоплюють напрями посилення профілактичного контролю, оптимізації взаємодії між машинною вахтою та логістичними службами, а також модернізації процедур відповідно до вимог технічного регулювання. Узагальнення результатів дозволяє стверджувати, що ефективне управління машинною вахтою можливе лише за умови інтеграції технічних, нормативних і логістичних чинників в єдиний механізм організації вахтової діяльності. Перспективи подальших досліджень пов'язані з удосконаленням цифрових інструментів для моніторингу технічних параметрів, оцінюванням ризиків відмов у мультимодальних ланцюгах і розширенням практик інтеграції логістичних і технічних систем управління вахтовою діяльністю.

Ключові слова: транспортна система, машинна вахта, мультимодальні перевезення, нормативно-правове регулювання, конструктивні особливості суден, технічна експлуатація.

V. I. KYRNATS

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Ship Power Plants
and Technical Operation
Odesa National Maritime University
ORCID: 0000-0002-8308-7994

THE INFLUENCE OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF SHIPS ON THE ORGANIZATION OF THE ENGINE WATCH

In the modern transport system, the quality of the engine watch organization directly affects the safety and rhythm of the transportation process, especially in multimodal transportation conditions, where the maritime segment must be coordinated with the requirements of port infrastructures, logistics operators and international regulators. The design and technological features of different types of vessels (container ships, bulk carriers, tankers and gas carriers) form different models of technical load on the crew, which is reinforced by the need to comply with international environmental and safety standards. The aim of the article is to formulate recommendations for improving the engine watch organization, taking into account the design and technological parameters of seagoing vessels, the features of their operation and their role in multimodal supply chains. The methodological basis of the study is a comparative analysis of the technical characteristics of power plants, a structural and functional approach to assessing watch processes, as well as a critical

review of the regulatory requirements that regulate the activities of the engine team in international and national maritime law. The results obtained demonstrate that design solutions (engine type, power plant architecture, specialized cargo systems) directly determine the intensity of control and prevention carried out by the engine watch, while the logistical conditions of multimodal transportation form the requirements for the accuracy of procedures, synchronization with port schedules and maintaining the technical readiness of the vessel. The recommendations formed cover the areas of strengthening preventive control, optimizing interaction between the engine watch and logistics services, as well as modernizing procedures in accordance with the requirements of technical regulation. The generalization of the results allows us to state that effective engine watch management is possible only if technical, regulatory and logistical factors are integrated into a single mechanism for organizing watch activities. Prospects for further research are related to the improvement of digital tools for monitoring technical parameters, assessing the risks of failures in multimodal chains and expanding the practices of integrating logistical and technical systems for managing watch activities.

Key words: transport system, engine watch, multimodal transportation, regulatory and legal regulation, design features of vessels, technical operation.

Постановка проблеми

Ефективна організація машинної вахти залишається ключовою умовою безпечної експлуатації сучасних суден різних типів: контейнеровозів, балкерів, танкерів і газовозів. Кожен із цих класів має специфічні конструктивні та технологічні особливості, що по-різному впливають на роботу енергетичних установок і навантажувальні режими механізмів. Наприклад, на контейнеровозах спостерігаються суттєві коливання навантаження під час маневрування, тоді як танкери та газовози працюють у жорстких вимогах до надійності та безперервної роботи допоміжних систем. Такі відмінності визначають потребу в підготовлених фахівцях, здатних адаптувати вахтові процедури до конкретного судна, що підтверджує значущість безперервної професійної освіти механіків [1, с. 21–23].

Технічні системи суден є складними та чутливими до режимів роботи, а відхилення в параметрах мащення здатні знижувати стабільність і ресурс механізмів [2, с. 92–94]. Це вимагає постійного контролю стану вузлів у різних навантажувальних профілях, адже на балкерах пріоритетним є стримування зношування та нагляд за охолодженням, тоді як на контейнеровозах критичною стає змінність навантажень. Точність дій вахтової зміни має вирішальне значення, оскільки організаційні помилки можуть спричинити небезпечні відхилення [3, с. 52–53], що особливо загрозово для танкерів і газовозів, де ризики пов'язані з вибухонебезпечним вантажем.

Удосконалення систем вахтової діяльності є також відповіддю на виклики, сформовані сучасними тенденціями підвищення потужності суднових силових установок і посиленням норм щодо екологічної безпеки. Зростання рівня вібраційних навантажень, що спостерігається в роботі сучасних суднових механізмів, зменшує ресурс обладнання та підвищує потребу в інженерних рішеннях, спрямованих на зниження вібрації [4, с. 129–131]. Враховуючи, що різні типи суден мають різні джерела вібрацій і різну конфігурацію технічних приміщень, оптимізація машинної вахти потребує індивідуального підходу. Саме тому дослідження впливу конструктивних і технологічних характеристик суден на організацію машинної вахти має важливе наукове та практичне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження організації машинної вахти в сучасних умовах функціонування транспортної системи демонструють значне розширення наукових підходів. У свою чергу, В. Сорока, О. Мельник та І. Довгаль детально проаналізували змащувальні властивості палив [5], тоді як В. Свиридов, А. Андреев та А. Андреев дослідили вплив вібрацій на ресурс суднових машин [4].

Значний внесок у розвиток морських транспортних технологій зробили С. Голубєва та О. Гороховська, які побудували динамічну модель дизель-електричної установки з уніполярними машинами [6]. Їхні результати демонструють важливість урахування перехідних процесів під час несення вахти на суднах зі зміною навантаження. Натомість, С. Сагін, Ю. Заблоцький та А. Сагін досліджують можливості підвищення економічності середньооборотних дизелів у контексті сучасної екологічної політики та цифрової модернізації технічного контролю [7].

По напрямку дослідження шумів і вібрацій М. Парк (M. Park) та ін. проаналізували технології зниження шуму в машинних відділеннях, однак їхні рекомендації частково не узгоджені з міжнародними стандартами безпеки [8]. Технічні аспекти роботи насосного обладнання детально розглядають В. Цао (W. Cao), Х. Ванг (H. Wang) та Ц. Танг (J. Tang), застосовуючи CFD–DEM-моделювання для оцінки зношування напрямної апарата відцентрових насосів [9]. У статті Х. Ванг (H. Wang) та ін. викладені результати дослідження матеріалів та покриттів, що підвищують довговічність поршневих насосів і покращують триботехнічні властивості вузлів [10].

Проблеми, пов'язані з обростанням ґрат морської води, вивчали Б. Сейлан (B. Seylan) та ін., які застосували метод аналізу видів і наслідків відмов (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) та метод оцінювання ризиків (Evaluation and Ranking System, ERS) для визначення ступеня впливу забруднення на роботу систем охолодження [11]. У роботі О. Інал (Ö. İnal) та Г. Кочак (G. Koçak) досліджено застосування приводу змінної частоти (Variable Frequency Drive, VFD) у системах вентиляції машинного відділення й обґрунтовано його

енергоєфективність [12]. Алгоритми машинного навчання для діагностики відмов дизелів розробили Г. Кочак (G. Kosak), В. Гекчек (V. Gokcek) та Й. Генч (Y. Genc), що демонструє важливий напрям у цифровізації технічного обслуговування [13]. Варто відмітити працю дослідників Х. Гаріб (H. Gharib) та Г. Ковач (G. Kovacs), які порівнюють надійність морських і промислових дизелів, підкреслюючи унікальність режимів роботи суднових силових установок [14].

Попри значний прогрес, у дослідженнях все ще відсутня комплексна оцінка впливу конструктивних і технологічних особливостей різних типів суден на організацію машинної вахти в умовах мультимодальних перевезень та гармонізації нормативно-правових вимог. Також недостатньо вивчено інтеграцію технічних характеристик суден у стандарти транспортної політики ЄС і міжнародні регламенти.

Формулювання мети дослідження

Метою статті є встановлення впливу конструктивних і технологічних особливостей різних типів суден на організацію машинної вахти з урахуванням вимог мультимодальних перевезень і нормативно-правового регулювання перевізного процесу. Для досягнення мети визначено наступні завдання: 1) дослідити конструктивні та технологічні характеристики основних типів суден і їх вплив на специфіку машинної вахти; 2) проаналізувати нормативно-правові вимоги і логістичні умови мультимодальних перевезень, що визначають особливості організації вахтової діяльності; 3) сформулювати рекомендації щодо удосконалення організації машинної вахти з урахуванням технічних особливостей суден.

Викладення основного матеріалу дослідження

Різні типи морських транспортних суден (контейнеровози, балкери, танкери, газозови) мають відмінні конструктивні та технологічні параметри, що по-різному впливають на режими роботи енергетичних установок і вимоги до машинної вахти. На контейнеровозах високопотужні низькооборотіві дизелі та часті маневри зумовлюють значні коливання навантаження, тому навіть незначні порушення режимів мащення й охолодження можуть призвести до нестабільної роботи вузлів, особливо під час інтенсивних розворотів судна. Для балкерів характерні тривалі переходи в усталені режими, що посилює значення контролю зношування і теплового стану механізмів, а також залежності ресурсу від властивостей палива та мастильних матеріалів.

Танкери, обладнані подвійним корпусом, інертними газовими системами та потужними насосами, працюють у жорстких умовах безпеки, оскільки будь-яка відмова під час вантажних операцій може перетворитися на аварію, що зумовлює необхідність безперервного контролю і точного дотримання процедур вахтовою зміною. Газозови з криогенними танками та двопаливними або дизель-електричними установками потребують інтегрованого спостереження за енергетичною і вантажною системами, включно з вібраційними навантаженнями, які впливають на залишковий ресурс обладнання. Це підсилює вимоги до спеціалізованої і неперервної підготовки суднових механіків, здатних адаптувати вахтові процедури до конкретного типу судна [1, с. 21–23; 3, с. 51–53]. Узагальнена характеристика конструктивно-технологічних відмінностей основних типів суден та їх впливу на організацію машинної вахти подана в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні конструктивні та технологічні особливості типів суден і їхній вплив на організацію машинної вахти

Тип судна	Ключові конструктивні та технологічні характеристики	Вплив на організацію машинної вахти
Контейнеровоз	Потужні низькооборотіві двигуни, часті маневри, значні коливання навантаження	Швидке реагування на перехідні режими, контроль мастила / температур, моніторинг генераторів
Балкер	Велика вантажопідйомність, довгі усталені переходи, повільні маневри	Профілактика зношування, стабільний контроль охолодження, регулярна діагностика механізмів
Танкер	Подвійний корпус, інертна газова система, потужні насосні комплекси	Суворе дотримання регламентів, безперервна вахта при вантажних операціях, контроль резервних систем
Газовоз	Криогенні танки, двопаливні / електричні установки, системи реліквідації випарів	Інтегрований моніторинг двигунів і криосистем, контроль тиску/температур, висока кваліфікація механіків

Джерело: узагальнено автором на основі даних [1, с. 21–23; 3, с. 51–53; 14; 15; 16].

Нормативно-правові вимоги, екологічні стандарти та логістичні умови мультимодальних перевезень визначають рамки, в яких функціонує машинна вахта, впливаючи на режими роботи силових установок і характер технічного контролю. Міжнародні конвенції, зокрема STCW і MARPOL, встановлюють кваліфікаційні вимоги до персоналу і регламентують режими роботи двигунів, що зумовлює додаткові процедурні дії, включаючи перехід на палива з низьким вмістом сірки та ведення журналів викидів [2, с. 97–99; 7, с. 170–173; 17]. Державне регулювання технічного обслуговування (наприклад, вимога дотримання графіків ремонту) розглядається як інструмент забезпечення безперервності перевізного процесу, що покладає на машинну вахту обов'язок планувати профілактику відповідно до логістичних строків.

У мультимодальних ланцюгах порушення графіку руху судна здатне спричинити збої у перевалці вантажів між видами транспорту, тому вахтові інженери мають забезпечувати пріоритетний моніторинг технічного стану для запобігання простою. Методики оцінки ризиків, такі як FMEA, демонструють можливість кількісного визначення критичних вузлів, відмова яких може зупинити судно, зокрема систем охолодження або морських грат. Застосування таких підходів дозволяє коригувати регламенти вахти, а саме встановлювати підвищену частоту оглядів або вводити додаткові точки контролю.

В умовах цифровізації та інтенсифікації міжнародного співробітництва морські перевізники все частіше взаємодіють із портовими системами у форматі обміну даними (Port Community Systems). Це потребує від машинної вахти завчасної передачі інформації про технічний стан судна, що є необхідною умовою роботи в режимах «Just-In-Time Arrival» (JIT, прибуття «точно та вчасно»), які поширюються в європейських портах [16]. Гармонізація стандартів безпеки й екологічних норм відповідно до вимог ЄС також потребує адаптації національних процедур технічного контролю та оновлення вахтових інструкцій. Узагальнення ключових нормативних і логістичних чинників, що впливають на організацію машинної вахти, подано в таблиці 2.

Таблиця 2

Нормативні та логістичні чинники, що формують вимоги до машинної вахти

Тип судна	Ключові конструктивні та технологічні характеристики	Вплив на організацію машинної вахти
Контейнеровоз	Потужні низькообертові двигуни, часті маневри, значні коливання навантаження	Швидке реагування на перехідні режими, контроль мастила / температур, моніторинг генераторів
Балкер	Велика вантажопідйомність, довгі усталені переходи, повільні маневри	Профілактика зношування, стабільний контроль охолодження, регулярна діагностика механізмів
Танкер	Подвійний корпус, інертна газова система, потужні насосні комплекси	Строге дотримання регламентів, безперервна вахта при вантажних операціях, контроль резервних систем
Газовоз	Кріогенні танки, двопаливні / електричні установки, системи реліквідації випарів	Інтегрований моніторинг двигунів і кріосистем, контроль тиску/температур, висока кваліфікація механіків

Джерело: узагальнено автором на основі даних [2, с. 97–99; 7, с. 170–173; 9; 10; 16].

Вимоги до машинної вахти залежать від типу суден, тому рекомендації мають враховувати різні конструктивні особливості енергетичних установок і логістичні умови мультимодального перевізного процесу. Поєднання технічного контролю з управлінням ризиками та міжнародними стандартами безпеки дозволяє своєчасно виявляти відхилення і підвищувати стійкість механізмів до навантажувальних змін. Для контейнеровозів доцільним є розширення моніторингу температури та тиску в системах охолодження, для балкерів – регулярний аналіз мастил і вібрацій, для танкерів – дублювання насосних агрегатів у небезпечних режимах, а для газовозів – систематичний контроль кріогенних параметрів і компресорних установок.

Узгодження організації вахти з нормативними та логістичними вимогами включає використання цифрових платформ для синхронізації технічного стану судна з графіками портів і впровадження уніфікованих протоколів, що відповідають нормам Міжнародної морської організації (ММО) та директивам ЄС. Підвищення кваліфікації персоналу, зокрема у сфері автоматизованої діагностики та роботи з оновленими інструкціями, є ключовим елементом ефективної вахти, особливо з огляду на специфіку різних типів суден. Сформовані рекомендації представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

Рекомендації щодо удосконалення організації машинної вахти

Напрямок удосконалення	Зміст рекомендацій	Зв'язок із технічними особливостями суден
Профілактичний контроль	Додаткові датчики температури/тиску, аналіз мастил та вібрацій, моніторинг кріосистем	Враховує змінні режими контейнеровозів, тривалі переходи балкерів, високі ризики танкерів та кріогенні системи газовозів
Нормативно-логістична узгодженість	Уніфіковані протоколи вахти; інтеграція з портовими системами JIT, дотримання екологічних вимог	Підтримує точність графіку в мультимодальних перевезеннях та відповідність стандартам ММО/ЄС
Підготовка персоналу	Спеціалізовані курси, робота з автоматизованими діагностичними системами, оновлення вахтових інструкцій	Забезпечує коректне реагування механіків на специфіку кожного типу суден

Джерело: власна розробка автора.

Висновки

Морський транспорт дедалі глибше інтегрується у мультимодальні ланцюги постачання, тому організація машинної вахти перестає бути суто технічною процедурою та набуває рис комплексного управлінського процесу,

що враховує конструктивні особливості суден, нормативно-правові обмеження та логістику перевізного процесу. Поєднання цих чинників формує нове бачення експлуатації енергетичних установок, в якому технічна надійність стає невіддільною від вимог міжнародної безпеки та транспортної політики.

У дослідженні встановлено, що конструктивно-технологічні характеристики контейнеровозів, балкерів, танкерів і газозовів суттєво диференціюють зміст і пріоритети машинної вахти від управління перехідними режимами на швидкохідних суднах до контролю криогенних систем і насосних комплексів на спеціалізованих танкерах та газозовах. Проаналізовано, що нормативно-правові вимоги міжнародних конвенцій і державних регламентів, а також логістичні умови мультимодальних перевезень визначають рамки, в яких функціонує вахтовий персонал, впливають на вибір експлуатаційних режимів і структуру профілактичного контролю. Сформовані рекомендації демонструють можливість удосконалення вахтової діяльності шляхом інтеграції ризик-орієнтованого моніторингу, уніфікованих процедур, цифрових систем обміну даними та спеціалізованої підготовки механіків з огляду на конструктивні відмінності суден.

Отримані результати можуть бути застосовані під час розроблення національних керівних документів з організації машинної вахти, оновлення програм підготовки морських інженерів, а також при адаптації судноплавних компаній до стандартів ЄС у сфері мультимодальних перевезень і цифрової логістики. Практична цінність дослідження полягає в поєднанні технічних і нормативно-логістичних аспектів, що дозволяє використовувати ці висновки як основу для оптимізації експлуатаційної діяльності флоту. Подальші дослідження доцільно зосередити на кількісному оцінюванні ефекту запропонованих рекомендацій, розробленні моделей прогнозування технічного стану двигунів у мультимодальних перевізних мережах, а також на аналізі того, як нові вимоги екологічної політики та цифровізації впливатимуть на структуру машинної вахти в найближчі роки.

Список використаної літератури

1. Кононенко А., Слабко В. Реалізація неперервної освіти в процесі формування професійної компетентності майбутніх суднових механіків. *Науковий часопис. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*. 2024. № 101. С. 20–25. DOI: <https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2024.101.04> (дата звернення: 19.11.2025).
2. Столярик Т. Забезпечення режимів мащення суднових чотиритактних дизелів. *Автоматизація суднових технічних засобів*. 2023. № 28. С. 90–105. DOI: <https://doi.org/10.31653/1819-3293-2023-1-28-90-105> (дата звернення: 19.11.2025).
3. Nugraha I., Luthfiani F., Was Y. Improvement of engine room watchkeeping activity on Zada Hela Liveaboard. *Jurnal Ergonomi Indonesia*. 2023. Vol. 9. No. 1. P. 50–55. URL: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jei/article/view/90830/51035> (дата звернення: 19.11.2025).
4. Свиридов В., Андреев А., Андреев А. Аналіз впливу граничних рівнів вібрації на залишковий ресурс суднових машин і механізмів. *Розвиток транспорту*. 2023. № 4 (19). С. 125–139. DOI: <https://doi.org/10.33082/td.2023.4-19.10> (дата звернення: 19.11.2025).
5. Сорока В., Мельник О., Довгаль І. Математична модель оцінювання змащувальної здатності суднових дизелятих палив. *Водний транспорт*. 2023. № 2 (36). С. 120–134. URL: <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.36.10> (дата звернення: 19.11.2025).
6. Голубєва С., Гороховська О. Динамічна модель гребної дизель-електричної установки з уніполярними машинами. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2024. Т. 2. № 49. С. 148–158. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.49.2.2024.321378> (дата звернення: 19.11.2025).
7. Сагін С., Заблоцький Ю., Сагін А. Підвищення економічності роботи суднових середньооборотових дизелів. *Водний транспорт*. 2025. № 1 (42). С. 166–179. DOI: <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2025.1.42.20> (дата звернення: 19.11.2025).
8. Park M., Yeo S., Choi J., Lee W. Review of noise and vibration reduction technologies in marine machinery: Operational insights and engineering experience. *Applied Ocean Research*. 2024. Vol. 152. Article 104195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apor.2024.104195> (дата звернення: 19.11.2025).
9. Cao W., Wang H., Tang J. Study on wear characteristics of a guide vane centrifugal pump based on CFD–DEM. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2024. Vol. 12. No. 4. Article 593. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse12040593> (дата звернення: 19.11.2025).
10. Structural improvement, material selection and surface treatment for improved tribological performance of friction pairs in axial piston pumps: A review / H. Wang et al. *Tribology International*. 2024. Vol. 198. Article 109838. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2024.109838> (дата звернення: 19.11.2025).
11. Risk assessment of sea chest fouling on the ship machinery systems by using both FMEA method and ERS process / B. Ceylan et al. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*. 2023. Vol. 15. No. 4. P. 414–433. DOI: <https://doi.org/10.1080/18366503.2022.2104494> (дата звернення: 19.11.2025).
12. İnal Ö., Koçak G. A case study on the variable frequency drive for ship engine room ventilation. *Marine Science and Technology Bulletin*. 2023. Vol. 12. No. 3. P. 252–258. DOI: <https://doi.org/10.33714/masteb.1299692> (дата звернення: 19.11.2025).

13. Kocak G., Gokcek V., Genc Y. Condition monitoring and fault diagnosis of a marine diesel engine with machine learning techniques. *Pomorstvo*. 2023. Vol. 37. No. 1. P. 32–46. DOI: <https://doi.org/10.31217/p.37.1.4> (дата звернення: 19.11.2025).
14. Gharib H., Kovacs G. Reliability analysis of marine diesel engines vs. industrial diesel engines: a comparative approach. *Acta Logistica*. 2024. Vol. 11. No. 2. P. 325–337. DOI: <https://doi.org/10.22306/al.v11i2.516> (дата звернення: 19.11.2025).
15. Shen W., Hu J., Liu L., Chen H. Operability analysis and line failure risk assessment for a tanker moored at berth. *Ocean Engineering*. 2024. Vol. 300. Article 117439. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117439> (дата звернення: 19.11.2025).
16. ICS maritime barometer report 2023–2024. London: ICS, 2024. 48 p. URL: <https://www.ics-shipping.org/wp-content/uploads/2024/09/ICS-Barometer-2023-2024-Full-report.pdf> (дата звернення: 19.11.2025).

References

1. Kononenko, A., & Slabko, V. (2024). Implementation of continuous education in forming professional competence of future marine engineers. *Scientific Journal. Series 5. Pedagogical Sciences: Realities and Prospects*, (101), 20–25. <https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2024.101.04> [in Ukrainian].
2. Stolyaryk, T. (2023). Ensuring lubrication regimes of marine four-stroke diesel engines. *Automation of Ship Technical Equipment*, (28), 90–105. <https://doi.org/10.31653/1819-3293-2023-1-28-90-105> [in Ukrainian].
3. Nugraha, I., Luthfiani, F., & Was, Y. (2023). Improvement of engine room watchkeeping activity on Zada Hela Liveaboard. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, 9(1), 50–55. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jei/article/view/90830/51035> [in Ukrainian].
4. Svyrydov, V., Andreev, A., & Andriiev, A. (2023). Analysis of the impact of limit vibration levels on the residual life of ship machinery and mechanisms. *Transport Development*, 4(19), 125–139. <https://doi.org/10.33082/td.2023.4-19.10> [in Ukrainian].
5. Soroka, V., Melnyk, O., & Dovhal, I. (2023). Mathematical model for assessing the lubricating ability of marine distillate fuels. *Water Transport*, 2(36), 120–134. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.36.10> [in Ukrainian].
6. Holubeva, S., & Horokhovska, O. (2024). Dynamic model of a propulsion diesel-electric plant with unipolar machines. *Bulletin of the Pryazovskyi State Technical University. Series: Technical Sciences*, 2(49), 148–158. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.49.2.2024.321378> [in Ukrainian].
7. Sagin, S., Zablotskyi, Yu., & Sagin, A. (2025). Improving the efficiency of marine medium-speed diesel engines. *Water Transport*, 1(42), 166–179. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2025.1.42.20> [in Ukrainian].
8. Park, M., Yeo, S., Choi, J., & Lee, W. (2024). Review of noise and vibration reduction technologies in marine machinery: Operational insights and engineering experience. *Applied Ocean Research*, 152, Article 104195. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2024.104195>
9. Cao, W., Wang, H., & Tang, J. (2024). Study on wear characteristics of a guide vane centrifugal pump based on CFD–DEM. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(4), Article 593. <https://doi.org/10.3390/jmse12040593>
10. Wang, H., Lin, N., Yuan, S., Liu, Z., Yu, Y., Zeng, Q., Fan, J., Li, D., & Wu, Y. (2024). Structural improvement, material selection and surface treatment for enhanced tribological performance of friction pairs in axial piston pumps: A review. *Tribology International*, 198, Article 109838. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2024.109838>
11. Ceylan, B., Karatug, C., Ejder, E., Uyanik, T., & Arslanoğlu, Y. (2023). Risk assessment of sea chest fouling on ship machinery systems using both FMEA and ERS processes. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 15(4), 414–433. <https://doi.org/10.1080/18366503.2022.2104494>
12. İnal, Ö., & Koçak, G. (2023). A case study on the variable-frequency drive for ship engine room ventilation. *Marine Science and Technology Bulletin*, 12(3), 252–258. <https://doi.org/10.33714/masteb.1299692>
13. Kocak, G., Gokcek, V., & Genc, Y. (2023). Condition monitoring and fault diagnosis of a marine diesel engine using machine learning techniques. *Pomorstvo*, 37(1), 32–46. <https://doi.org/10.31217/p.37.1.4>
14. Gharib, H., & Kovacs, G. (2024). Reliability analysis of marine diesel engines versus industrial diesel engines: A comparative approach. *Acta Logistica*, 11(2), 325–337. <https://doi.org/10.22306/al.v11i2.516>
15. Shen, W., Hu, J., Liu, L., & Chen, H. (2024). Operability analysis and line failure risk assessment for a tanker moored at berth. *Ocean Engineering*, 300, Article 117439. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117439>
16. International Chamber of Shipping. (2024). *ICS maritime barometer report 2023–2024*. <https://www.ics-shipping.org/wp-content/uploads/2024/09/ICS-Barometer-2023-2024-Full-report.pdf>

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 18.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025