

УДК 658.589
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2024.1\(494\).5](https://doi.org/10.15589/znp2024.1(494).5)

ABOUT POSSIBILITY OF REDUCTION OF FLIGHT FUEL COSTS BY TRANSPORT VESSELS THROUGH PARTIAL UPGRADING OF THEIR ENERGY INSTALLATIONS

ПРО МОЖЛИВІСТЬ СКОРОЧЕННЯ РЕЙСОВИХ ВИТРАТ ПАЛИВА ТРАНСПОРТНИМИ СУДНАМИ ШЛЯХОМ ЧАСТКОВОГО ОНОВЛЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОУСТАНОВОК

Olexandr P. Voinov

voinova_s@yahoo.com

ORCID: 0000-0001-7548-4212

Bogdan M. Lychko

bogdan.lychko@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3943-9689

Viktor S. Samokhvalov

vsevoloddsamokhvalov@gmail.com

ORCID: 0009-0008-7357-1636

Volodymyr P. Shostak

shostakvolodymyr7@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4745-4734

О. П. Воінов,

д-р техн. наук, професор

Б. М. Личко,

канд. техн. наук, доцент

В. С. Самохвалов,

канд. техн. наук, доцент

В. П. Шостак,

канд. техн. наук, професор

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. Recently, the intensity of sea transportation has increased significantly. Therefore, the harmful impact of ship power plants on the external environment has also increased. The search and use of ways to increase the fuel and environmental efficiency of the functioning of ship propulsion (propulsion) installations is urgent. The purpose of the study is to reveal the potential possibilities of renewing (full or partial) ship power equipment with the aim of reducing fuel consumption and, as a result, harmful emissions into the marine environment. Carrying out redundant and complete renewal is economically and organizationally impossible today. The used research methodology was a system-structural approach to reducing fuel consumption and emissions of oxides with waste gases of transport vessels during their operation. The result of the work was the analysis of the partial renewal of worn out, to a certain extent, ship power equipment, in terms of increasing fuel efficiency and the ecological component of the technological efficiency of the ship power plant. Partial renewal of power equipment is a set of program measures that complement the program of measures for its maintenance. It includes adjusting the operating mode of elements of ship's power plants and their automatic control system, normalizing the condition and correcting the settings of auxiliary equipment units, with the possibility of repairing or replacing extremely worn parts. The scientific novelty consists of a systematic analysis of the renewal of power plants as a means of reducing voyage and specific fuel consumption and emissions of oxides with waste gases during the operation of the ship. The practical significance lies in the need to strengthen, on a directive basis, and formalize the procedures for partial renewal of ship power equipment with the aim of reducing voyage and specific fuel consumption, and therefore also emissions of oxides with diesel waste gases.

Key words: fuel consumption; ship power plant; propulsion complex; environmental efficiency; partial renewal.

Анотація. Останнім часом істотно зросла інтенсивність морських транспортних перевезень. Тому зріс і шкідливий вплив суднових енергоустановок на зовнішнє середовище. Актуальним є пошук та використання шляхів підвищення паливної та екологічної ефективності функціонування суднових пропульсивних (рухових) установок. Метою дослідження є розкриття потенційних можливостей оновлення (повного чи часткового) суднового енергетичного обладнання з метою зниження витрат палива і, як наслідок, шкідливих викидів у морське довкілля. Виконання надлишкового та повного оновлення економічно та організаційно сьогодні неможливе. Використаною методикою дослідження став системно-структурний підхід до зниження витрат палива і вики-

дів оксидів з відхідними газами транспортних суден протягом їх експлуатації. *Результатом* роботи став аналіз часткового оновлення зношеного, в певній мірі, суднового енергетичного обладнання, в аспекті підвищення паливної економічності та екологічної складової технологічної ефективності суднової енергетичної установки. Часткове оновлення енергетичного обладнання є комплексом програмних заходів, що доповнюють програму заходів її технічного обслуговування. До нього входить налагодження режиму роботи елементів суднових енергоустановок та системи автоматичного управління ними, нормалізація стану та корекція налаштування вузлів допоміжного обладнання, з можливістю ремонту або заміни гранично зношених деталей. *Наукова новизна* складається з системного аналізу оновлення енергоустановок як засобу зниження рейсових і питомих витрат палива та викидів оксидів з відхідними газами протягом експлуатації судна. Практична значимість полягає в необхідності підсилити, на директивній основі, та формалізувати процедури часткового оновлення суднового енергетичного обладнання з метою скорочення рейсових й питомих витрат палива, а, значить і викидів оксидів з відхідними газами дизелів.

Ключові слова: витрати палива; суднова енергоустановка; пропульсивний комплекс; шорсткість корпусу судна; екологічна ефективність; часткове оновлення.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У нинішній період морський транспорт розвивається стрімкими темпами. Як відомо, транспортування пасажирів та вантажів морем є найдешевшим. Тому інтенсивність морських перевезень з плином часу зростає.

Суднова енергетика має побічний шкідливий вплив на довкілля з боку транспортних суден. Так, головний двигун, який є, як правило, малооборотним дизелем значної потужності, викидає з відхідними газами в атмосферу значну кількість токсичних речовин, в першу чергу оксидів азоту та сірки, що утворюються при згорянні органічного палива (вуглеводнів) при високій, характерній для сучасних дизелів, температурі. Для збереження, в певній мірі, «проектного» рівня шкідливого впливу на морське довкілля необхідно забезпечувати якомога меншу витрату палива на пропульсивну установку протягом тривалого часу – 25 і більше років, коли погіршується технічний стан обладнання машинного відділення та зовнішньої поверхні підводної частини судна. Тому актуальним є пошук і використання шляхів перманентного відновлення термодинамічної ефективності, тобто питомих витрат палива, в першу чергу головного двигуна та опору руху протягом усієї експлуатації судна.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Відомі різні способи визначення та зниження як загальної, так і питомих витрат палива судновою енергетичною установкою. Так, znana система контролю витрати палива включає витратоміри палива, дані від яких передаються на онлайн термінал моніторингу і далі на комп'ютер диспетчерської служби, яка стежить за місцем розташування судна і витратою палива в режимі реального часу (Офіційний сайт компанії Technoton, 2023). Також відома система моніторингу витрат палива й буксування суден у портах та дослідження можливості їх експлуатації малих швидкостях для досягнення суттєвого зменшення рівня споживання пального

(Главатських, 2021). Як один із шляхів вирішення проблеми боротьби з шкідливими викидами у атмосферу та зниження експлуатаційних витрат запропоновано використання альтернативних видів палива (Пізінцалі та ін., 2023). Одним із засобів зниження витрати палива є попередня його обробка перед використанням на судні. Іноземні дослідники пропонують виконувати планове технічне обслуговування головного двигуна, регулярно змінювати паливні фільтри, своєчасно докувати судно, встановлювати витратоміри палива, планувати витрати палива заздалегідь, зменшувати «зайву вагу» на борту (Balcombe, Paul, Brierley, & Lewis, 2018). З метою раціонального використання палива аналізуються викиди шкідливих речовин з суден і пропонується моніторинг його витрат. Також розглядаються в багатьох дослідженнях перспективи застосування енергоефективних технологій на судах, аналізуються можливості моніторингу витрат природного газу та метанолу в секторі судноплавства, оцінюється можливий потенціал скорочення викидів CO₂ та витрат палива шляхом використання альтернативного. Аналізуються сучасні технології зниження викидів парникових газів з суден та економії палива (Bouman, Lindstad, Riallend, & Stromman, 2017). Майже постійно розглядаються шляхи підвищення енергоефективності (коефіцієнтів корисної дії), аналізується можливе скорочення витрат на судах важкого та дизельного палива за рахунок використання альтернативних видів палива. Зокрема, в науковій роботі (Decarbonising Maritime Transport, 2018) автори розглядають питання декарбонізації морського транспорту аналізують напрямки скорочення викидів CO₂ від міжнародного судноплавства завдяки все більшому застосуванню маломістних по вуглецю палив, наприклад, таких як метан CH₄ і метанол CH₃OH. На миколаївський екологічних читаннях тісно пов'язувались витрати палива з екологічністю судна, на якому застосовується кайт як додаткова до гвинта тяга (Шостак, Кісарова, & Манзюк, 2016).

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Як відомо, технологічна ефективність функціонування технічного об'єкту складається з трьох складових: екологічної, економічної та загальнотехнічної. Знос діючого технічного об'єкту зумовлює зниження рівня його технологічної ефективності, що супроводжується, як правило, ростом шкідливого впливу на довкілля. Це в повній мірі відноситься до суднових енергетичних установок.

Головною задачею розвитку світової енергетики нині є зменшення шкідливого впливу на флору і фауну, в основному, оксидів, тобто підвищення рівня її екологічної ефективності. В умовах експлуатації зношених суднових енергоустановок, рівень екологічної та паливної ефективності яких падає з плином експлуатаційного часу, важливим є пошук шляхів і засобів можливого доступного підвищення її рівня. Вважається доцільним у діючих суднових енергоустановках застосувати часткове оновлення їх елементів і певні заходи, які спроможні будуть знизити витрати палива, а значить знизити і ступінь шкідливого впливу на природне середовище.

Огляд літератури в цьому аспекті вказує на недостатню увагу щодо дій, які б визначали та ранжували напрямки по зниженню впливу старіння на вказану ефективність. Ліквідація такої прогалини сприятиме вирішенню загальної проблеми геронтологічної ефективності (паливної й екологічної) енергоустановок.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Розкрити, в певній мірі, потенційні можливості оновлення (повного чи часткового) пропульсивного та іншого обладнання з метою зниження рейсових та питомих витрат палива, а, значить, і шкідливих викидів у морське довкілля.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методами дослідження обрано системно-структурний підхід до визначення та обґрунтування існуючої проблеми, аналіз задач проблеми, пошук та синтез нового підходу до їх розв'язання, методи порівняння, узагальнення, індукції, дедукції. Об'єктом дослідження є рухова (пропульсивна) установка транспортних сучасних суден. Предметом дослідження виступає рівень ефективності її роботи, зокрема рейсові та питома витрати палива головним двигуном.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Технічні об'єкти, зокрема, суднові енергетичні установки, у процесі функціонування безупинно зношуються. Новий технічний об'єкт і зношений, тобто такий, що відпрацював більш як 60–80 % розрахункового ресурсу, – це різні об'єкти. Вони можуть суттєво відрізнятися за станом й основними властивостями:

– за сприйнятливостю і реакцією на дію експлуатаційних, особливо несприятливих факторів;

– за якісними і кількісними показниками технологічного процесу;

– за вимогами і чутливістю до змісту, обсягу і якості технічного (експлуатаційного і ремонтного) обслуговування.

Наукові пошуки в області використання зношених технічних агрегатів є об'єктом наукової дисципліни – технічної геронтології (Воїнова, 2016). Використання основних положень технічної геронтології покликано підвищити технологічну ефективність зношеного устаткування. Зв'язана з цією сферою проблематика є гостро актуальною в Україні, оскільки парк технічних об'єктів у вітчизняній промисловості, зокрема у судновій енергетиці, на 70–80 % складається з агрегатів, що завершують чи завершили витрату ресурсу. Задачі, що формують проблему використання зношеного устаткування, є актуальними (Басок, & Базєєв, 2019).

Основні положення технічної геронтології можна освітити в такий спосіб:

– процес зносу технічного об'єкту є природним, невідворотним;

– стан технічних об'єктів у кожний момент часу залежить від їхнього вихідного стану, тривалості й особливостей режиму роботи до цього моменту;

– швидкість зносу технічного об'єкту в кожний момент часу залежить від його стану й особливостей режиму роботи;

– темп і характер зносу елементів технічних об'єктів є індивідуальними;

– стан технічного об'єкта в кожен момент часу формально визначається станом найбільш зношеного з числа важливих його елементів.

У міру зносу рівень мінімально припустимої надійності технічного об'єкта підвищується. Це знижує їхню стійкість проти несприятливого впливу різних факторів. У практичних умовах, особливо при напружених режимах роботи, підвищується ймовірність зниження надійності, виникнення відмовлень та аварій, що небезпечно. Проблема використання зношених технічних об'єктів придбала значне соціальне фарбування. В міру зносу технічних об'єктів вони в усье більшому ступені мають потребу в обслуговуванні, обумовленому положеннями технічної геронтології. При цьому технічна діагностика відіграє істотну роль. Інформаційна продуктивність штатних засобів контролю технічних об'єктів виявляється недостатньою для відображення ступеня їхнього зносу.

Доцільним підходом щодо забезпечення надійного функціонування зношених технічних об'єктів можна вважати оновлення надлишкове, повне або часткове. Однак в нинішніх умовах перші два типи майже неможливі з економічних та організаційних обмежень. Часткове оновлення діючого технічного об'єкта є комплексом (програмою) організаційно-технічних заходів, що здійснюються на ньому, в процесі його застосування, з метою підвищення

рівня технологічної ефективності, зокрема екологічної ефективності його функціонування. Слід зазначити, що заходи часткового оновлення на графік, на режим несення навантаження технічного об'єкта впливу майже не дають (Воїнова, 2016).

Проблема підвищення екологічності світового виробництва зумовила необхідність здійснення програми часткового, в окремих випадках повного, оновлення на діючих технічних об'єктах усіх його галузей (Про основні засади, 2019). Проте, найдоцільніше використовувати його для енергетичних, екологічно найбільш агресивних об'єктів, зокрема для енергоустановок морського і внутрішнього водного транспорту.

У комплекс заходів програми часткового оновлення входить налагодження режиму роботи елементів енергоустановок та системи автоматичного управління ними, нормалізація стану та корекція налаштування вузлів допоміжного обладнання, з можливістю ремонту або заміни гранично зношених деталей.

Здійснення програми часткового оновлення енергоустановок дозволяє отримувати економію палива та позитивний екологічний ефект, а також непрямий позитивний ефект, зумовлений підвищенням рівня їх фінансової економічності та надійності функціонування (Воїнов, & Єлькін, 2021).

При частковому оновленні, тобто при модернізації, при ремонті та/або поновленні окремих елементів, наприклад, суднового пропульсивного комплексу, необхідно виконувати наступні науково-технічні завдання:

- обстеження зношеного обладнання, оцінка його стану, рівня його технологічної ефективності, трьох її складових: екологічної, економічної та загально-технічної;
- прогнозна оцінка умов майбутнього періоду експлуатації оновленого об'єкта;
- аналіз та вибір можливого шляху майбутнього оновлення об'єкта: стратегічного (тобто оновлення елементів технологічного процесу), тактичного (елементів конструкції) та/або оперативного (елементів режиму функціонування об'єкта);
- складання програми часткового оновлення об'єкта;
- організація та здійснення комплексу заходів за програмою часткового оновлення;
- пуск, налагодження, випробування оновленого об'єкта, обробка отриманих даних, їх аналіз, визначення результатів часткового оновлення об'єкта;
- задача оновленого енергетичного об'єкта, як складового суднової пропульсивної установки, в дію.

Будова оновлюваного об'єкта, наприклад, малообертового двигуна, його турбокомпресора, форсунок тощо, визначає масштабність, ступінь складності програми часткового оновлення та обсяг заходів, що в ній містяться. Запорукою, неодмінною умовою успішного виконання програми часткового оновлення

зношеного енергетичного об'єкта є висока якість управління її організацією та виконанням (Воїнов, Коновалов, & Самохвалов, 2022).

На морському транспортному судні витрати палива в основному визначаються опором його руху та термодинамічною, тобто паливною, ефективністю головного двигуна, в якості якого виступає, як правило, малообертовий дизель (МОД).

Опір руху судна залежить, крім низки гідрометорологічних чинників, від технічного стану зовнішньої підводної поверхні корпусу судна, який змінюється з його віком і часом, що минув після чергового докування. Саме шорсткість поверхні, яка зростає в експлуатації, викликає збільшення опору руху. Шорсткість безпосередньо від корозії збільшується з віком судна, а від обростання – по мірі віддалення від докування.

На підставі аналізу експлуатаційної інформації та опублікованих даних частка опору руху від обростання й корозії $\overline{\Delta R}_{o-k}$ є кусково-неперервна індетермінована функція, аргументом якої виступає вік судна. Для середньотоннажних суден з необмеженим районом плавання і помірною швидкістю ходу її значення складають:

вік судна, роки	4	8	12	16	20	24
$\overline{\Delta R}_{o-k}, \%$	0,7...6,4	2,5...9,2	5,7...13,1	7,8...16,3	8,8...17,3	9,2...17,5

Менші значення $\overline{\Delta R}_{o-k}$ відносяться до руху судна безпосередньо після докування, а більші – на кінець дворічного міждокового періоду.

Природне бажання зберігати в експлуатації провозоздатність судна шляхом незмінності середньо-експлуатаційної швидкості ходу при лінійному (а в окремих випадках і при трамповому) судноплаванні робить його більш токсичним завдяки збільшенню витрати палива, а, отже, і викидів оксидів з відхідними газами головного двигуна. При цьому підвищується пропульсивна потужність двигуна, що й компенсує зростання $\overline{\Delta R}_{o-k}$.

З огляду на це неминучі геронтологічні зміни в «житті» судна, а саме шорсткості його корпусу, зумовлюють заходи по обґрунтуванню тривалості міждокового періоду, підводному очищенню обростання, здатності нарощувати пропульсивну потужність головного двигуна тощо. При реалізації таких заходів, як показують розрахунки (Шостак, Гершанік, & Кісарова, 2011) та звітна документація по середньотоннажним транспортним суднам, кожне докування після дворічного міждокового періоду знижує витрати палива (відповідно до наведеного вище значень $\overline{\Delta R}_{o-k}$) на 3...25 %. Оскільки при докуванні шорсткість підводної частини корпусу не повертається до першочергового значення, а обшивка корпусу, як правило, не замінюється, то ця дія класифікується як часткове оновлення. Одак вона дає суттєвий результат

щодо як економії палива, так і екологічного впливу на довкілля. Таким чином, часткове оновлення поверхні корпусу (очищення, нанесення декількох шарів фарби тощо) покращують паливну й екологічну складову загальної ефективності судна.

Питома витрата палива малообертових двигунів (МОД) в експлуатації зростає, в першу чергу, внаслідок зносу паливних насосів високого тиску, форсунок, деталей і вузлів циліндропоршневої групи, що веде до більшої витрати палива (на 3...5 % – залежно від рівня технічного обслуговування) і, як наслідок, до більших шкідливих викидів з відхідними газами. Планові і позачергові ремонти вказаних елементів МОД, що обумовлені нормативною експлуатаційною документацією, забезпечують ситуативно як повне, так і часткове оновлення; домінує часткове.

Згідно з порадами провідної (стосовно МОД) компанії MAN-Diesel-Turbo при зміні району плавання в окремих випадках доцільно встановити новий інший турбокомпресор та переналаштувати МОД з метою мінімізації питомої витрати палива майже до 5 % – як свідчать літературні джерела та наші попередні розрахунки. Така модернізація може розцінюватися, також від ситуації, як надлишкове, повне або часткове оновлення. Однак на практиці вказані поради поки що не реалізовувались, а технічне обслуговування турбокомпресорів зводиться, в основному, до періодичних очищень їх проточних частин. Останнє відноситься до часткового оновлення МОД.

Як відомо, питома витрата палива двигунів дизель-генераторів (ДГ) на ~ 10 г/(кВт·год) вища ніж МОД. Тому при зміні району плавання з більшою довжиною рейсової лінії може бути доцільним додати до суднової електростанції (СЕС) валогенератор (ВГ), який, хоча й вартісний, зберігатиме ресурс ДГ, скорочуватиме рейсові витрати палива і дещо покращуватиме екологічну складову судна. Забезпечення потреб в електроенергії буде і ДГ, і ВГ – залежно від режиму роботи судна (стоянки, малий хід тощо). А тому така модернізація – це часткове оновлення суднової електростанції.

Наведені приклади оновлення енергоустановок реалізуються в тій чи іншій мірі на сучасних транспортних судах. Проте, враховуючи позитивний вплив оновлення на екологію морського довкілля, варто підсилити директивно заходи щодо модернізації, ремонту та технічного обслуговування на судах, наприклад, вимогам Міжнародної морської організації (ІМО).

Обговорення отриманих результатів. Проведений аналіз сучасного оновлення технічних об'єктів взагалі та енергетичних установок транспортних суден зокрема безумовно є актуальним, оскільки воно позитивно впливає на витрати палива й знижує шкідливий вплив на довкілля.

Майже усюди в техніці, в тому числі в потужних суднових головних двигунах (15...50 тис. кВт) має місце неминуче використання частково зношеного устаткування, вузлів, деталей тощо. Отже доречним є їх часткове оновлення, а відповідна економічна політика, наприклад ІМО, повинна зробити його доцільним і, безумовно, рентабельним.

У сучасній, нерідко критичній, екологічній обстановці за відсутності можливості повного оновлення зношеного, в певній мірі, енергетичного обладнання, часткове оновлення, на наш погляд, є реально доступним додатковим засобом вирішення екологічної проблеми та скорочення рейсових й питомих витрат палива.

В Україні держава та громадськість приділяють належну увагу екологічній проблемі. Так, у 2019 році прийнято Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2039 року. Це створює сприятливу основу широкого впровадження часткового оновлення суднового енергетичного устаткування.

ВИСНОВКИ

1. Критична екологічна обстановка, що склалася в технічно розвинутих регіонах і загалом у світі, загострила проблему шкідливого впливу виробництва й транспорту на природне середовище, зокрема на морське довкілля.

2. Серед іншого найбільш сильний шкідливий вплив на навколишнє середовище має енергетика, в тому числі суднова.

3. Витрата палива енергетичною установкою, в розрахунку на транспортну роботу судна, з плином експлуатаційного часу зростає, що супроводжується відповідним збільшенням викидів оксидів (CO_2 , SO_3 , NO_x тощо) з відхідними газами, тобто підсилюється шкідливий вплив на морське довкілля. Реальним шляхом послаблення цієї небажаної тенденції є часткове оновлення елементів установки, яке скорочує рейсові і питомі витрати палива.

4. У концепції оновлення зношеного суднового енергетичного обладнання часткове оновлення здатне стати важливим стартовим, відносно маловитратним етапом, що спрощує початковий етап майбутнього здійснення програми повного оновлення.

REFERENCES

- [1] Basok, B.I., Vazyeyev, YE.T. (2019). Enerhetychna stratehiya v realiyakh suchasnoho svitu (ohlyad) [Energy strategy in the realities of the modern world (review)]. *Teplofizyka ta teploenerhetyka. T. 41. № 1*. S. 34-42. [in Ukrainian].
- [2] Voinov, O.P., El'kin, YU.H. (2021) Chastkove onovlennya – instrument pidvyshchennya ekolohichnoyi efektyvnosti znoshenykh enerhetychnykh ob'yektiv [Partial renewal is a tool for increasing the environmental efficiency of worn-out energy facilities]. *Visnyk NTU «KHP»*. Seriya: Enerhetychni ta teplotekhnichni protsesy y ustatkuvannya. № 4 (8). S. 47-51. Rezhym dostupu: <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.04.07>. [in Ukrainian].

- [3] Voinov, O.P., Konovalov, D.V., Samokhvalov, V.S. (2022). Enerhetychni ob'ekty mors'koyi infrastruktury v formuvanni ekolohichnoyi obstanovky [Energy objects of the marine infrastructure in the formation of the ecological situation]. *Enerhiya. Biznes. Komfort: materialy rehional'noyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi, 16 hrudnya 2021 r.* Odesa: ONAKHT. S. 4-8. [in Ukrainian].
- [4] Voinova, S.O. (2006). Tekhnichna herontologiya i yakist' roboty znoshenoho ustatkuvannya [Technical gerontology and quality of work of worn equipment]. *Yakist'. Standartyzatsiya. Kontrol': Teoriya i praktyka: Materialy VI Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi 26-28 veresnya 2006 r. m. Yalta.* Kyiv: ATM Ukrayiny. S. 14-16. [in Ukrainian].
- [5] Voinova, S.O. (2016). Chastkove onovlennya – innovatsiynyy instrument upravlinnya efektyvnistyu funktsionuvannya ustatkuvannya, shcho vidrobylo resurs [Partial renewal is an innovative tool for managing the efficiency of the equipment that has exhausted the resource]. *Avtomatyzatsiya tekhnolohichnykh i biznes-protsesiv. №1.* S.71-76. [in Ukrainian].
- [6] Hlavat's'kykh, V.I. (2021). Efektyvnist' roboty suden zalezno vid shvydkisnoho rezhymu [The efficiency of the vessels depending on the speed regime]. *Transport development.* 4-11 Rezhym dostupu: https://www.researchgate.net/publication/357835345_efektivnist_roboti_suden_zalezno_vid_svidkisnogo_rezimu. [in Ukrainian].
- [7] Pro Osnovni zasady (strategiyu) derzhavnoyi ekonomichnoyi polityky Ukrayiny na period do 2030 roku [About the Basic principles (strategy) of the state economic policy of Ukraine for the period up to 2030.]. №2697 – VIII. (2019). Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>. [in Ukrainian].
- [8] Ofitsiynyy sayt kompaniyi Technoton, Czech Republic [Official site of the company Technoton, Czech Republic]. (2023). – Rezhym dostupu: <https://jv-technoton.com/>. [in Ukrainian].
- [9] Pizintsali, L., Rossomakha, O., Shumylo, O., Aleksandrovs'ka, N., Rossomakha, O., Rabocha, T., Malyshekin, O. (2023). Analiz vplyvu al'ternatyvnykh vydiv palyva na vartist' zhyttyevoho tsykladu sudna [Analysis of the influence of alternative types of fuel on the cost of the ship's life cycle]. *Scientific Collection «InterConf».* 142. S. 457–460. – Rezhym dostupu: <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/2408>. [in Ukrainian].
- [10] Shostak, V.P., Hershanik, V.I., Kisarova, A.I. (2011). Modelyuvannya znyzhennya shvydkosti khodu transportnoho sudna protyahom yoho stroku sluzhby [Modeling the decrease in speed of a transport vessel during its service life]. *Elektronnyy visnyk NUK, № 2.* [in Ukrainian].
- [11] Shostak, V.P., Kisarova, A.I., Manzyuk, A.YU. (2016). Ekolohiya i sudnova enerhetyka [Ecology and ship power]. *Zberezhemo dlya nashchadkiv: Materialy IX Mykolayivs'kykh mis'kykh ekolohichnykh chytan'.* Mykolayiv. 100 s. [in Ukrainian].
- [12] Balcombe, P., Paul, Brierley, J., Lewis, Ch. (2018). How to decarbonise international shipping: Options for fuels, technologies and policies. *Energy Conversion and Management, 12.080.* Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/330308528_How_to_decarbonise_international_shipping_Options_for_fuels_technologies_and_policies#pf22.
- [13] Bouman, E.A., Lindstad, E., Rialland, A.I., Stromman, A.H. (2017). State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping. *A review. Transportation Research Part D: Transport and Environment.* 52.408-21. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920916307015>.
- [14] Pathways to zerocarbon shipping by 2035 (2018). Decarbonising Maritime Transport: Case-specific policy analysis. *International Transport Forum.* PP. 1-86. Retrieved from https://www.jotun.com/ww-en/industries/shipping?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign={{campaign.name}}&utm_term={{paid.keyword}}&gclid=Cj0KCQJw0vWnBhC6ARiAJpJM6e_a1SPR1hH361yRR3l_kVedUefJSoOZJ77AX9RiMRuDLfw5AkDJNEaArgfEALw_wcB

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Басок, Б.І., Вазєєв, Є.Т. (2019). Енергетична стратегія в реаліях сучасного світу (огляд). *Теплофізика та теплоенергетика. Т.41.№1.* С. 34–42.
- [2] Воїнов, О.П., Елькін, Ю.Г. (2021) Часткове оновлення – інструмент підвищення екологічної ефективності зношених енергетичних об'єктів. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. №4 (8).* С. 47–51. Режим доступу: <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.04.07>.
- [3] Воїнов, О.П., Коновалов, Д.В., Самохвалов, В.С. (2022). Енергетичні об'єкти морської інфраструктури в формуванні екологічної обстановки. *Енергія. Бізнес. Комфорт: матеріали регіональної науково-практичної конференції, 16 грудня 2021 р.* Одеса: ОНАХТ. С. 4–8.
- [4] Воїнова, С.О. (2006). Технічна геронтологія і якість роботи зношеного устаткування. *Якість. Стандартизація. Контроль: Теорія і практика: Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції 26-28 вересня 2006 р. м. Ялта.* Київ: АТМ України. С. 14–16.
- [5] Воїнова, С.О. (2016). Часткове оновлення – інноваційний інструмент управління ефективністю функціонування устаткування, що відновило ресурс. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. № 1.* С. 71–76.
- [6] Главатських, В.І. (2021). Ефективність роботи суден залежно від швидкісного режиму. *Transport development.* 4-11. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/357835345_efektivnist_roboti_suden_zalezno_vid_svidkisnogo_rezimu.
- [7] Про Основні засади (стратегію) державної економічної політики України на період до 2030 року. №2697 – VIII. (2019). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>.
- [8] Офіційний сайт компанії Technoton, Czech Republic. (2023). – Режим доступу: <https://jv-technoton.com/>.
- [9] Пізінцалі, Л., Россомеха, О., Шумило, О., Александровська, Н., Россомеха, О., Рабоча, Т., Малишкін, О. (2023). Аналіз впливу альтернативних видів палива на вартість життєвого циклу судна. *Scientific Collection «InterConf».* 142. – С. 457–460. – Режим доступу: <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/2408>.

- [10] Шостак, В.П., Гершанік, В.І., Кісарова, А.І. (2011). Моделювання зниження швидкості ходу транспортного судна протягом його строку служби. *Електроний вісник НУК*, № 2.
- [11] Шостак, В.П., Кісарова, А.І., Манзюк, А.Ю. (2016). Екологія і суднова енергетика. *Збережемо для нащадків: Матеріали ІХ Миколаївських міських екологічних читань*. Миколаїв. 100 с.
- [12] Balcombe, P., Paul, Brierley, J., Lewis, Ch. (2018). How to decarbonise international shipping: Options for fuels, technologies and policies. *Energy Conversion and Management*, 12.080. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/330308528_How_to_decarbonise_international_shipping_Options_for_fuels_technologies_and_policies#pf22.
- [13] Bouman, E.A., Lindstad, E., Rialland, A.I., Stromman, A.H. (2017). State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping. *A review. Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 52.408-21. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920916307015>.
- [14] Pathways to zerocarbon shipping by 2035. (2018). Decarbonising Maritime Transport: Case-specific policy analysis. *International Transport Forum*. PP. 1-86. Retrieved from https://www.jotun.com/ww-en/industries/shipping?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign={{campaign.name}}&utm_term={{paid.keyword}}&gclid=Cj0KCQjw0vWnBhC6ARIsAjpJM6e_a1SPR1hH361yRR3l_kVedUefJSOZJ77AX9RiMRuDLfw5AkDJNEaArgfEALw_wcB.

© Воїнов О. П., Личко Б. М., Самохвалов В. С., Шостак В. П.

Дата надходження статті до редакції: 12.02.2024

Дата затвердження статті до друку: 20.02.2024