

Кравченко О.А.

Одеський національний морський університет

Луговой Т.А.

Одеський національний морський університет

ОГЛЯД НОВІТНІХ ДЛЯ УКРАЇНИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СКОРОЧЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЕКОЛОГІЮ ПІД ЧАС МОРСЬКОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВУГЛЕВОДНІВ

У статті розглянуто новітні технології для зменшення екологічного впливу транспортування вуглеводнів в Україні. Проведено огляд і порівняння існуючих і інноваційних транспортних рішень, які можуть суттєво зменшити екологічний слід. Визначено основні фактори, що впливають на навколишнє середовище під час перевезення вуглеводнів морським транспортом. **Метою** даної статті є виявлення сучасних технологій для скорочення екологічного впливу транспортування вуглеводнів. Окреслено три ключові новітні технології: двигуни з системою рециркуляції відпрацьованих газів, удосконалені корпуси суден і альтернативні джерела енергії. Розглянуто переваги і недоліки цих технологій для українських суден, зокрема танкерів. Впровадження таких технологій може зменшити негативний екологічний вплив та забезпечити економічні вигоди, такі як зниження витрат на паливо та експлуатацію суден. Вказані початкові кроки для впровадження інновацій, що можуть стати основою для подальшого розвитку морської інфраструктури в Україні. Крім того, слід звернути увагу на важливість навчання персоналу для ефективної експлуатації новітніх технологій, що дозволить досягти максимальних результатів в їхньому впровадженні та забезпечить безпеку навколишнього середовища. Також не можна забувати про необхідність міжгалузевої співпраці для успішної реалізації таких проектів на національному рівні.

Висновки. Інноваційні технології, такі як двигуни з рециркуляцією відпрацьованих газів, удосконалені корпуси суден і альтернативні джерела енергії, значно знижують екологічний вплив транспортування вуглеводнів. Економічні вигоди ці технології також зменшують витрати на паливо та експлуатацію суден. Для впровадження необхідно адаптувати законодавство, розробити технічні стандарти та залучити інвестиції для початкових кроків. Перспективи розвитку технологій можуть сприяти розвитку морської інфраструктури в Україні та встановленню нових екологічних стандартів. Враховуючи поточні глобальні тенденції до зменшення викидів та сталого розвитку, Україна має всі можливості стати лідером у впровадженні екологічно чистих транспортних технологій, що надасть конкурентні переваги на міжнародному ринку перевезень.

Ключові слова: навколишнє середовище, транспортування вуглеводнів, судновий транспорт, альтернативні джерела енергії, екологічні технології, морська інфраструктура, зменшення викидів.

Постановка проблеми. У суспільстві питання екологічної стійкості та зниження впливу промислових процесів на довкілля стають дедалі насущніми. Одним із значних джерел забруднення є транспортування вуглеводнів, яке залишається ключовим компонентом для багатьох галузей промисловості, включаючи енергетику, хімію та паливну промисловість.

В Україні, як і в багатьох інших країнах, транспортування вуглеводнів супроводжується значним негативним впливом на довкілля. Високий рівень викидів та енергоспоживання транспортних засобів, що використовуються для цього процесу, робить серйозний внесок у формування негативного екологічного сліду країни.

На момент 2023 року, за кількістю викидів в атмосферу, серед країн світу Україна займає 107 місце, маючи середню концентрацію забруднюючих речовин 2,5, що в 1,7 раза вище за рекомендоване ВООЗ середньорічне значення якості повітря. На жаль, статистика не поділяє рівень викидів по секторах забруднення, що однозначно знадобилося б для поліпшення ситуації в цілому [1].

Стаття розглядає новітні технології для зменшення викидів і підвищення ефективності морського транспорту в Україні.

У джерелах [2; 3] Норвезька компанія Ulstein представила новий дизайн корпусу суден, що знижує витрати пального і викиди забруднюючих речовин. Порівнюються традиційні двигуни

з двигунами з системою рециркуляції вихлопних газів (EGR), що зменшує викиди NOx у джерелах [4; 5]. Літературі [6; 7] йдеться про огляд стратегій Міжнародної морської організації для досягнення нульових викидів парникових газів і посилення норм проектування суден. Також у [8] Міжнародні зусилля з регулювання викидів у морському секторі в Європі, Америці та Азії. Джерело [9] значення альтернативних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, [10] глобальні екологічні проблеми транспорту і необхідність впровадження рішень для зменшення викидів. А у літературі [11] було розглянуто системи очищення вихлопних газів (SOx scrubbers) для відповідності екологічним стандартам і покращення якості повітря.

Розглянуті в джерелах інноваційні технології використовуються переважно в країнах Європи, Америки та Азії. Таким чином, виявлення, аналіз та практичне застосування цих технологій в майбутньому можуть стати базою для подальшого розвитку морської української інфраструктури. Оскільки вони сприятимуть не тільки зменшенню екологічного впливу від роботи суден, а й дозволять отримати потенційні економічні вигоди, такі як зниження витрат на паливо та експлуатацію суден.

Постановка завдання. У сучасних умовах зростаючих екологічних вимог і глобальних зусиль по зменшенню забруднення навколишнього середовища, питання ефективного скорочення негативного впливу морського транспортування вуглеводнів набуває особливої актуальності. В умовах жорсткої міжнародної екологічної регуляції, розробка та впровадження інноваційних технологій є ключовим чинником для досягнення сталого розвитку морської інфраструктури.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

– Оглянути і описати сучасні інноваційні технології для зменшення негативного впливу морського транспортування вуглеводнів на екологію.

– Аналізувати ефективність впровадження цих технологій у контексті зменшення викидів шкідливих речовин та економії пального.

– Оцінити переваги і недоліки кожної технології, включаючи економічну доцільність та технічну складність.

– Розробити рекомендації для українських морських перевізників і регуляторів щодо вибору і впровадження найбільш ефективних рішень.

Виклад основного матеріалу. В сучасних умовах господарювання, які характеризуються посиленням впливу на навколишнє середовище та збільшенням його забруднення, надзвичайно

актуальним є питання впровадження нових підходів до виробничих процесів. Навантаження на довкілля відбувається на тлі посилення конкурентної боротьби за ринки збуту та залучення все більшої кількості природних ресурсів, що призводить до їх поступового виснаження. Вихід українських товаровиробників на зовнішні ринки супроводжується поглибленням відносин з міжнародними контрагентами, збільшенням кількості міжнародних транспортних перевезень та подальшим навантаженням на навколишнє середовище [11].

Забруднення довкілля є однією з найбільших проблем людства. За даними американського видання «Lancet», збільшення забруднення навколишнього середовища спричиняє більше жертв, ніж війни, насильство, хвороби, голод або стихійні лиха. Зокрема, згідно з дослідженнями, кожна шоста смерть на планеті викликана токсичним впливом на довкілля. Це лише приблизна оцінка, оскільки не всі країни ведуть екологічний моніторинг.

Таким чином, постає необхідність впровадження принципово нових підходів до ведення господарської діяльності, зокрема у сфері виробництва та реалізації продукції на засадах сталого розвитку. Одним з інноваційних інструментів, що може допомогти в цьому, є впровадження зеленої логістики. Цей підхід дозволяє зменшити навантаження на довкілля, знижувати витрати на логістичні операції та підвищувати прибутковість і конкурентоспроможність підприємства.

Згідно з останніми даними, рівень забруднення водних мас і викиди парникових газів від морського транспортування вуглеводнів є серйозною екологічною проблемою. Наприклад, дослідження за 2023 рік показали значні викиди забруднюючих речовин, які потребують термінового вирішення. Однак появу інноваційних транспортних технологій, таких як сучасні судна, альтернативні пального та розробка ефективніших методів управління логістикою, відкривають нові перспективи для скорочення негативного впливу на навколишнє середовище [10].

Проведено детальний аналіз можливих інноваційних транспортних рішень, спрямованих на зменшення екологічного сліду під час морського транспортування вуглеводнів в Україні.

Сучасні технології двигунів суден, оснащені системами рециркуляції вихлопних газів (EGR), можуть суттєво зменшити викиди шкідливих речовин. Зокрема, системи EGR дозволяють зменшити викиди оксидів азоту (NOx) на 50–60%. Принцип роботи EGR полягає в тому, що частина

вихлопних газів повертається до циліндрів двигуна, де змішується з паливом та повітрям, що знижує температуру згоряння і, як наслідок, зменшує утворення NOx [11].

Були виявлені такі переваги, як значне зменшення викидів NOx, покращення якості повітря. Недоліки, можливе збільшення витрат на обслуговування двигунів, необхідність адаптації до нових технологій.

Інноваційні конструкції корпусів суден, що дозволяють знизити опір води, ведуть до економії пального та зменшення викидів шкідливих речовин. Такі технології представлені в джерелах [2] та [3].

Перевага – зменшення витрат на паливо, зниження викидів CO₂, підвищення ефективності перевезень. Недоліки – високі витрати на розробку та впровадження нових корпусів.

Судна, що використовують альтернативні джерела енергії, такі як стислий природний газ (СПГ) або водень, не виробляють шкідливих викидів в атмосферу. Це забезпечує значне зниження екологічного впливу. Переваги, нульові викиди шкідливих речовин, покращення екологічної ситуації в морських портах. Недоліки, висока вартість альтернативних видів пального, потреба в новій інфраструктурі для зберігання та заправки [11].

В умовах посилення екологічних вимог і збільшення міжнародних стандартів, інноваційні технології стають ключовими для зменшення негативного впливу морського транспорту на довкілля. В Україні, як і в інших країнах, важливо впроваджувати ці технології для покращення екологічної ситуації та відповідності міжнародним стандартам.

Системи рециркуляції вихлопних газів (EGR) є важливою частиною сучасних технологій, що дозволяють зменшити викиди оксидів азоту (NOx) до 50–60%. EGR працює шляхом повернення частини вихлопних газів до циліндрів двигуна, де вони змішуються з новим паливом та повітрям. Це знижує температуру згоряння, що в свою чергу зменшує утворення NOx. Однак, впровадження EGR може супроводжуватись підвищенням витрат на обслуговування двигунів і потребою в адаптації нових технологій. Оцінка ефективності EGR також може варіюватися в залежності від конкретних умов експлуатації та конструкції двигуна.

Інноваційні конструкції корпусів суден знижують опір води і, як наслідок, зменшують витрати пального і викиди забруднюючих речовин. Такі технології включають покращення аеродинамічних характеристик корпусів, що дозволяє знижувати споживання пального та зменшувати викиди

CO₂. Основні переваги таких конструкцій – зменшення витрат на паливо та підвищення ефективності перевезень. Проте, розробка та впровадження нових корпусів суден потребують значних фінансових вкладень та часу на реалізацію [11].

Судна, що використовують альтернативні джерела енергії, такі як стислий природний газ (СПГ) або водень, демонструють нульові викиди шкідливих речовин. СПГ і водень є екологічно чистими видами пального, які суттєво зменшують вплив на атмосферу і покращують екологічну ситуацію в морських портах. Важливими перевагами є зменшення викидів CO₂ та поліпшення якості повітря. Однак, висока вартість альтернативних видів пального і потреба в новій інфраструктурі для зберігання та заправки залишаються значними викликами для їх широкого впровадження.

Системи очищення вихлопних газів від SOx, або SOx scrubbers, є ефективним способом зменшення викидів оксидів сірки, особливо коли використовується паливо з високим вмістом сірки. SOx scrubbers очищують вихлопні гази, що дозволяє суднам відповідати стандартам SOx ECA навіть при використанні не відповідного пального. Переваги таких систем включають покращення якості повітря і відповідність міжнародним екологічним стандартам. Недоліками можуть бути високі витрати на установку і експлуатацію систем.

Впровадження нових методів управління логістикою, таких як оптимізація маршрутів, удосконалення систем моніторингу і контролю за викидами, також сприяє зменшенню екологічного впливу. Використання сучасних аналітичних інструментів і технологій може допомогти в зменшенні витрат на паливо та підвищенні загальної ефективності перевезень [8].

Альтернативні джерела енергії для суден пропонують ряд переваг, порівняно з традиційними джерелами енергії, такими як нафтове паливо. До цих переваг відносяться [6, 9]:

– альтернативні джерела енергії, такі як енергія вітру, сонця та водню, не виробляють викидів шкідливих речовин, таких як оксиди азоту (NOx), оксиди сірки (SOx) та тверді частинки. Саме ці викиди можуть завдати шкоди довкіллю і здоров'ю людини;

– нафтове паливо є основним джерелом енергії для суден. Однак запаси нафти обмежені і ціни на нафту можуть бути нестабільними. Альтернативні джерела енергії, такі як енергія вітру та сонця, не залежать від імпорту нафти;

– відновлювані джерела енергії, такі як енергія вітру та сонця, постійно відновлюються. Це озна-

час, що вони можуть бути використані протягом тривалого часу без виснаження.

Однак альтернативні джерела енергії також мають ряд недоліків, які необхідно враховувати [9]:

– вартість палива для альтернативних джерел енергії може бути вищою, ніж вартість палива для традиційних джерел енергії. Наприклад, вартість електроенергії нині вища, ніж вартість нафтового палива;

– ефективність використання альтернативних джерел енергії може бути нижчою, ніж ефективність використання традиційних джерел енергії. Наприклад, двигуни внутрішнього згоряння на нафтовому паливі ефективніші, ніж електродвигуни;

– для використання альтернативних джерел енергії може знадобитися розвиток інфраструктури, такої як мережі електростанцій, станції заправки воднем тощо. Це може вимагати значних інвестицій.

Альтернативні джерела енергії для суден пропонують низку переваг, порівняно з традиційними джерелами енергії. Однак вони також мають низку недоліків, які необхідно враховувати. З розвитком технологій та інфраструктури альтернативні джерела енергії можуть стати привабливішим варіантом для суден.

Висновки. У сучасних умовах екологічної кризи і глобальних змін, впровадження інноваційних технологій у сфері морського транспорту є необхідним кроком для зменшення негативного впливу на довкілля. Технології зменшення викидів NOx, інноваційні конструкції корпусів суден, використання альтернативних джерел енергії, системи очищення SOx та нові методи управління логістикою – всі ці підходи можуть суттєво поліпшити екологічну ситуацію. В Україні впровадження таких технологій є важливим для досягнення відповідності міжнародним екологічним стандартам і забезпечення сталого розвитку морського транспорту.

Незважаючи на необхідність вкладень в інфраструктуру та навчання кадрів, компанії знаходять у перспективах розвитку зелених технологій додаткове стимулювання для впровадження змін у свої практики, створюючи цим сприятливе середовище для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Україна може з вигодою використовувати нові для себе технології у морському перевезенні, забезпечуючи екологічну стійкість та економічну ефективність. Розвиток інфраструктури та підтримка з боку держави можуть сприяти успішному впровадженню цих технологій.

Список літератури:

1. IQAir, швейцарська компанія-виробник систем очищення повітря, ВОЗ Всесвітня організація охорони здоров'я, 2023. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.iqair.com/ru/world-air-quality-report>
2. Ulstein, businessnorway, Інноваційний дизайн корпусу Ulstein для більш економічних суден, 2022 -1с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://businessnorway.com/solutions/Ulstein-innovative-hull-design-for-more-fuel-efficient-vessels>
3. Vu Minh Ngoc, Nguyen Thi Hai Ha, Pham Minh Ngoc, Dam Van Tung, Nguyen, Vietnam Maritime University, Conference Series Earth and Environmental Science, December 2023 – 3с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/376463640_Numerical_Investigation_on_the_Influence_of_Ship_Hull_Form_Modification_on_Resistance_of_the_4600DWT_Cargo_Ship_Using_RANSE_Method
4. Elsayed Abdelhameed, Hiroshi Tashima, article belongs to the Special Issue Computational and Data-Driven Modeling of Combustion in Reciprocating Engines or Gas Turbines, EGR and Emulsified Fuel Combination Effects on the Combustion, Performance, and NOx Emissions in Marine Diesel Engines, 2022 – 2-6с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/1/336>
5. Jie Shi, Yuanqing Zhu, College of Power and Energy Engineering, Harbin Engineering University, Harbin, China, A Prompt Decarbonization Pathway for Shipping: Green Hydrogen, Ammonia, and Methanol Production and Utilization in Marine Engines, 2023 – 1с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2073-4433/14/3/584>
6. International Maritime Organization (IMO), In July 2023 (MEPC 80) IMO, IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships, 2023 – 1-5с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/2023-IMO-Strategy-on-Reduction-of-GHG-Emissions-from-Ships.aspx>
7. International Maritime Organization (IMO), RESOLUTION MEPC.377(80), 2023 IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS, 2023 – 1-2с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf>
8. CHILLI.PEPPER, Альтернативні види палива для судноплавства, 2020 – 2-6с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://newssky.com.ua/alternativnye-vidy-topлива-dlya-sudohodstva/>

9. Mingyang Huang, Wei He, Atilla Incecik, Andrzej Cichon, Grzegorz Królczycy, Zhixiong, Journal of Energy Storage, Renewable Energy Storage and Sustainable Design of Hybrid Energy Powered Ships: A, 2021- 3-6с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/355062381_Renewable_energy_storage_and_sustainable_design_of_hybrid_energy_powered_ships_A_case_study
10. United Nations, Economic Commission for Europe Inland Transport Committee, ECE/TRANS/WP.5/2022/5, Accelerating the inland transport sector's climate change mitigation measures, 2022 – 6с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://unece.org/sites/default/files/2022-08/ECE-TRANS-WP5-2022-05r.pdf>
11. MAN Energy Solutions. (2024). *AN B&W Two-stroke Marine Engines Emission Project Guide for Marpol Annex VI Regulations* (14th ed.). Retrieved from www.marine.man-es.com

Lugovoy T.A., Kravchenko O.A. OVERVIEW OF THE NEWEST INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR UKRAINE TO REDUCE THE NEGATIVE IMPACT ON THE ENVIRONMENT DURING SEA TRANSPORTATION OF HYDROCARBONS

Introduction: This article examines the latest technologies aimed at reducing the environmental impact of hydrocarbon transportation in Ukraine. It provides a review and comparison of existing and innovative transport solutions that can significantly reduce the ecological footprint. Key factors affecting the environment during hydrocarbon transportation by sea are identified.

Objective: The objective of this article is to identify modern technologies for reducing the environmental impact of hydrocarbon transportation. This includes both technical aspects and considerations for changing strategies and policies in the energy and transport sectors. Three key innovative technologies are outlined: engines with exhaust gas recirculation systems, advanced ship hull designs, and alternative energy sources. The advantages and disadvantages of these technologies for Ukrainian vessels, particularly tankers, are examined. Implementing such technologies can reduce negative environmental impacts and provide economic benefits, such as reduced fuel and operational costs. Initial steps for implementing innovations are suggested, which may serve as a foundation for further development of maritime infrastructure in Ukraine. In addition, attention should be paid to the importance of training personnel for the effective operation of the latest technologies, which will allow achieving maximum results in their implementation and ensuring environmental safety. We should also not forget the need for inter-sectoral cooperation for the successful implementation of such projects at the national level.

Conclusions: Innovative technologies, such as engines with exhaust gas recirculation systems, advanced ship hull designs, and alternative energy sources, significantly reduce the environmental impact of hydrocarbon transportation. These technologies also offer economic benefits by decreasing fuel and operational costs. Implementation requires adapting legislation, developing technical standards, and attracting investment for initial steps. The potential for technology development may contribute to the advancement of maritime infrastructure in Ukraine and the establishment of new environmental standards. Given the current global trends towards emission reduction and sustainable development, Ukraine has every opportunity to become a leader in the implementation of environmentally friendly transport technologies, which will provide competitive advantages in the international transportation market.

Key words: environment, hydrocarbon transportation, maritime transport, alternative energy sources, ecological technologies, maritime infrastructure, emission reduction.