

Голубєва С.М., Морнева М.О., Пастух О.В.

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТА ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ

*У статті розглянута політика енергозбереження, що проводиться також на водному транспорті, удосконалення структури транспортних засобів з метою забезпечення перевезень вантажів і пасажирів за мінімальних енергетичних витрат. Відповідно до Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню з суден (1973р.) і Протоколу до неї (1978р.) - Конвенція МАРПОЛ 73/78 - всі судна, що будуються, обладнують комплексом природоохоронних пристроїв, які дозволяють утилізувати відходи, очищати забортні води від домішок нафтовмісних продуктів і т.д.*

*Як і будь-який інший вид транспорту, водний транспорт у процесі експлуатації перебуває у взаємодії з навколишнім середовищем: для роботи енергетичних установок і суднових систем споживається забортна вода і повітря, скидаються в атмосферу випускні гази, а в гідросфері - забортна вода з теплообмінних апаратів та нафтовмісні води. Токсичність випускних газів визначається видом застосовуваного палива та умовами його згоряння. Реалізація заходів щодо покращення екологічних показників енергетичних установок нерозривно пов'язана з впровадженням енергозберігаючих технологій, оскільки підвищення продуктивності установок веде до зниження споживання палива та зниження викидів. Очевидно, що автоматизація управління енергетичними системами та пов'язаного з ними обладнання дозволяє вибрати найбільш раціональні з погляду економії енергії режими роботи суднових енергетичних установок. Енергозбереження на водному транспорті дозволяє знизити вартість транспортування вантажів і пасажирів та збільшити рентабельність практично всіх сферах економіки. Питання енергозбереження та ефективності водного транспорту пов'язані також і з організаційними заходами, такими як дотримання графіків регламентних і ремонтних робіт, постійний моніторинг стану всіх систем, вибір найбільш вигідного завантаження судна (каргоплану) тощо.*

**Ключові слова:** водний транспорт, енергетична установка, відходи, енергозбереження, енергозберігаючі технології, каргоплан.

**Актуальність дослідження.** Функціонування транспортного комплексу неминує призводити до забруднення довкілля. Зростання транспортних послуг, збільшення парку машин і механізмів, зрештою, може призвести до незворотних наслідків, які поставять під сумнів існування цивілізації на Землі.

Якщо не вживати жодних заходів щодо підвищення ефективності транспортних систем і відповідно - економії енергоресурсів, виснаження природних запасів неминує призведе до проблем економіки. Якщо не вживати заходів щодо зниження димності та токсичності транспортних засобів, не працювати над створенням екологічно безпечних двигунів, людина як елемент екосистеми наражатиметься на все більшу небезпеку.

Щоб відчутти гостроту проблеми, досить згадати смок у Лондоні, катастрофічне становище з якістю повітря в Мехіко, де неможливо перебувати на пожвавлених вулицях без протигазу, якість повітря на околицях багатокілометрових пробок у нашій столиці. Швидкі темпи розвитку транспорту, незважаючи на певне підвищення його енергетичної ефективності, збільшують потребу у найбільш досконалих та дорогих енергоносіях – у моторних паливах та електроенергії.

Міністерство екології та природних ресурсів України в Національній доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році зазначає, що від пересувних джерел в атмосферне повітря надійшло 1663,9 тис.т забруднюючих речовин.

Переважну більшість таких викидів дає автомобільний транспорт, значно менше – виробничий транспорт, роль залізничного, авіаційного та водного транспорту у забрудненні атмосферного повітря є менше (рис. 1) [1].

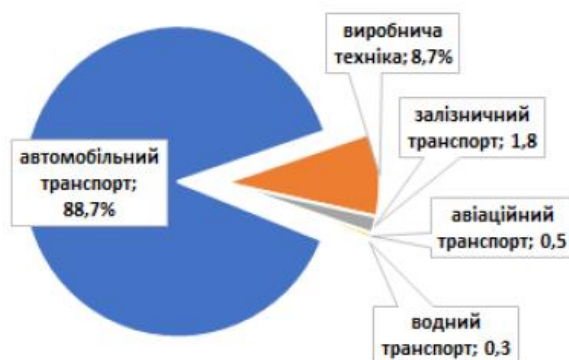


Рисунок 1 – Розподіл викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел забруднення

**Метою даного дослідження є здійснення базового «зрізу» загальної ситуації у сфері навколишнього середовища водного транспорту для формування екологічної політики та вирішення екологічних питань.**

У зв'язку з цим актуальною є політика енергозбереження, що проводиться також на водному транспорті, удосконалення структури транспортних засобів з метою забезпечення перевезень вантажів і пасажирів за мінімальних енергетичних витрат.

Реалізацію енергозберігаючих та природоохоронних технологій можна розділити на три напрямки:

1. Розробка та впровадження нових видів палива (енергоносіїв) та відповідних машин та механізмів.
2. Удосконалення існуючих енергоустановок з метою підвищення їх економічності та екологічної безпеки.
3. Організаційні заходи (вдосконалення нормативної бази щодо параметрів екологічної безпеки палива, законодавчі рішення щодо впровадження сучасних технологій виробництва палива тощо).

**Результати дослідження.** Як і будь-який інший вид транспорту, водний транспорт у процесі експлуатації перебуває у взаємодії з навколишнім середовищем: для роботи енергетичних установок і суднових систем споживається забортна вода і повітря, скидаються в атмосферу випускні гази, а в гідросферу - забортна вода з теплообмінних апаратів та нафтовмісної води.

Наскільки небезпечним є скидання води, кажуть такі цифри: 1т. нафти, що міститься у воді, покриває тонкою плівкою площу в 12 кв.км. водної поверхні. І це перешкоджає теплообміну між гідро- і атмосферою, тобто. глобальний процес, що регулює клімат на планеті.

Токсичність випускних газів визначається видом застосовуваного палива та умовами його згоряння. Тому вибір дешевих сірчистих палив, що призводить до збільшення рівня забруднення навколишнього середовища та підвищеного зносу енергетичних установок, не може бути визнаним правильним. У цьому випадку вартість палива – не головний критерій.

У випускних газах силових енергетичних установок знаходяться близько 200 компонентів, концентрація яких залежить від типу двигуна, сорту палива, складу робочої суміші, режиму роботи і т.д. Наприклад наведемо дані про викид допоміжного парового котла, що працює на мазуті, при стоянці в порту [2]. При продуктивності 1т пари на годину котел викидає в атмосферу 4 кг SO<sub>2</sub> і 2,25 кг NO<sub>x</sub> на годину, а дизель-генератори, що працюють, виділяють з розрахунку на 1 кВт-год: 0,95 кг SO<sub>2</sub>, 16,3 кг NO<sub>x</sub>, 5,4 кг CO та 4,75 кг сажі.

Відповідно до Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню з суден (1973р.) і Протоколу до неї (1978р.) - Конвенція МАРПОЛ 73/78 - всі судна, що будуються, обладнують комплексом природоохоронних пристроїв, які дозволяють утилізувати відходи, очищати забортні води від домішок нафтовмісних продуктів і т.д. [3].

Реалізація заходів щодо покращення екологічних показників енергетичних установок нерозривно пов'язана з впровадженням енергозберігаючих технологій, оскільки підвищення продуктивності установок веде до зниження споживання палива та зниження викидів.

Як основні напрямки енергозбереження на водному транспорті можна вказати такі:

- поповнення флоту новими суднами з розвинутою системою оптимізації режимів суднового обладнання за допомогою систем автоматичного керування та бортових обчислювальних машин [4];
- впровадження нових систем паливopідготовки, багатофункціональних присадок до палива;
- заміщення нафтового моторного палива природним зрідженим газом;
- використання необертаючих покриттів корпусів судна (обростання підводної частини корпусу судна в процесі експлуатації призводить до збільшення опору руху та збільшення витрати палива);
- впровадження глибокої утилізації теплоти відхідних газів суднових двигунів;
- розвиток річкових перевезень несамohідним флотом у великотоннажних складах;
- застосування на річкових суднах дизелів з турбонаддуванням;
- підвищення навантажень на одиницю потужності двигуна;
- вдосконалення організації експлуатації суднових енергетичних установок.

Очевидно, що автоматизація управління енергетичними системами та пов'язаного з ними обладнання дозволяє вибрати найбільш раціональні з погляду економії енергії режими роботи суднових енергетичних установок.

У паротурбінних установках сучасних морських суден:

- повністю автоматизована робота котельної групи;
- у дизельних установках автоматизовано дистанційне керування запуском, зупинкою, зміною частоти обертання і реверсування головного двигуна з кермової рубки, тобто. з посади управління судном.

Крім того, в суднових енергетичних установках автоматизують багато допоміжних механізмів:

- застосовують автоматичні самоочисні сепаратори олії,
- повністю автоматизується робота паливоперекачувальної системи та системи очищення палива,
- робота допоміжних та утилізаційних котлів і т.д.

Таким чином, автоматизація управління – основний шлях створення високоекономічних суден.

Також для суднових енергетичних установок дуже корисно використання енергії відпрацьованих газів за допомогою утилізаційних котлів. Крім корисного використання теплоти відпрацьованих газів, утилізаційні котли сприяють підвищенню загального ККД силовій енергетичній установці [5].

Оскільки дизельні двигуни набули переважного поширення на судах, підвищення ефективності їх роботи сприятиме вирішенню задачі енергозбереження в цілому водним транспортом.

Одним із шляхів підвищення потужності дизеля є застосування турбонаддування - організації додаткової подачі палива за рахунок попереднього стиснення повітря перед надходженням його до циліндрів. Існують різні системи наддуву: динамічний, інерційний, механічний, наддув з використанням спеціальних впускних клапанів та ін. Вона забезпечує перетворення теплової енергії на механічну роботу зі стиску в компресорі повітря перед впуском його в циліндри двигуна. Апарат, що є комбінацією турбіни та компресора, зветься турбокомпресором.

Застосування турбокомпресора збільшує питому потужність двигуна, підвищує момент, що крутить, на частотах обертання колінчастого валу, близьких до номінальної частоти, що призводить до значного зниження витрати палива в порівнянні з двигунами тієї ж потужності, але без наддуву. Крім того, зменшуються викиди токсичних продуктів з газами, що відпрацювали. Як недолік турбокомпресора можна вказати на необхідність організації додаткової системи охолодження турбіни, оскільки температура газів, що відпрацювали, досить велика. Це також потребує застосування термостійких матеріалів.

Питання енергозбереження та ефективності водного транспорту пов'язані також і з організаційними заходами, такими як дотримання графіків регламентних і ремонтних робіт, постійний моніторинг стану всіх систем, вибір найбільш вигідного завантаження судна (каргоплану) тощо.

Морські та річкові перевезення необхідні для транспортування об'ємних та важких вантажів на великі відстані. Крім того, водний транспорт використовується для перевезення великої кількості пасажирів. Зважаючи на високу потужність судових силових установок, вони споживають відносно багато палива.

Тому запровадження енергозберігаючих технологій безпосередньо відбивається на собівартості перевезення 1 кг вантажу чи 1 пасажирів, що впливає і рентабельність роботи транспортних компаній.

Для зменшення витрат енергоресурсів на водному транспорті потрібно вживати такі заходи:

1. Розробка та встановлення на судна двигунів внутрішнього згорання з великим ККД, переведення силових агрегатів на газоподібні види палива.

2. Розробка суден з оптимальним співвідношенням розмірів та вантажопідйомності з метою економії палива на перевезенні контейнерів або інших вантажів на великі відстані.

3. Виробництво суден із конфігурацією корпусу, яка зменшує опір води та дозволяє набрати більшу швидкість з використанням менш потужних судових двигунів.

4. Розробка та реалізація ефективного плану морських та річкових перевезень, який виключає простій суден під час вантажно-розвантажувальних операцій, при заході в порт та виході з нього, під час швартування та інших подібних операцій.

5. Використання ефективніших інструментів прогнозування погоди з метою недопущення виходу в море суден за несприятливих умов, що збільшує витрати палива.

6. Установка на судні бортового обладнання з меншим енергоспоживанням, що дає змогу зменшити вироблення електроенергії судовими генераторами.

7. Розробка ефективніших маршрутів руху з використанням сучасних засобів супутникової навігації та відстеження позиції судна.

8. Оснащення корпусів суден необростаючим покриттям.

9. Використання на річкових судах двигунів із турбонаддуванням.

10. Використання нових систем паливопідготовки.

11. Оптимізація роботи судового устаткування з допомогою АСУ.

**Висновки.** Енергозбереження на водному транспорті дозволяє знизити вартість транспортування вантажів і пасажирів та збільшити рентабельність практично всіх сферах економіки. Однак для реалізації перерахованих технологій необхідний комплексний підхід та законодавче регулювання з боку державних органів. В іншому випадку докладені зусилля не дадуть потрібного ефекту.

### Література

1. Матус С.А., Левіна Г.М., Карпюк Т.С., Денищик О.Ю. Базове дослідження стану та напрямів розвитку екологічної політики України та перспектив посилення участі організацій громадянського суспільства у розробці та впровадженні політик, дружніх до довкілля: аналітичний звіт. Київ. 2019. 117с.
2. Енергосбережение на транспорте. URL: <https://cutt.ly/65EkKiB> (дата звернення: 27.04.2023).
3. Сайт «International Maritime Organization». URL: <https://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx> (дата звернення: 27.04.2023).
4. Golubieva, S., Morneva, M., & Deuschle, I. (2022). *Increase in the efficiency of controlling marine electric engines by optimizing their control systems*. 2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). P. 204-211. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969335.
5. Іванов Б.М., Колегаєв М.О., Касилов Ю.І., Іванов О.І. Основи охорони праці на морському транспорті: підручник. Одеса: КОМПАС, 2003. 416 с.

### References

1. Matus, S.A., Levina, H.M., Karpiuk, T.S., Denyshchuk, O.Iu. (2019). *Bazove doslidzhennia stanu ta napriamiv rozvytku ekolohichnoi polityky Ukrainy ta perspektyv posylennia uchasti orhanizatsii hromadianskoho suspilstva u rozrobsi ta vprovadzheni polityk, druzhnikh do dovkillia*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Energoberezhnie na transporte. [energo-audit.com/energoberezhnie-na-transporte](https://cutt.ly/65EkKiB). Retrieved from <https://cutt.ly/65EkKiB>

3. Сайт «International Maritime Organization». [www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx](http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx). Retrieved from <https://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>
4. Golubieva, S., Morneva, M., Deuschle, I. (2022). *Increase in the efficiency of controlling marine electric engines by optimizing their control systems*. 2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). P. 204-211. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969335
5. Ivanov, B.M., Kolehaiev, M.O., Kasylov, Yu.I., Ivanov, O.I. (2003). *Osnovy okhorony pratsi na morskomu transporti: pidruchnyk*. Odesa: KOMPAS [in Ukrainian].

*The article examines the policy of energy saving, which is carried out also on water transport, improving the structure of vehicles in order to ensure the transportation of goods and passengers with minimal energy costs.*

*During operation, water transport interacts with the environment: for the operation of power plants and ship systems, outboard water and air are consumed, exhaust gases are released into the atmosphere, and outboard water from heat exchangers and oil-containing waters enter the hydrosphere. The toxicity of exhaust gases is determined by the type of fuel used and its combustion conditions. The implementation of measures to improve the environmental indicators of power plants is inextricably linked to the introduction of energy-saving technologies, since increasing the productivity of plants leads to lower fuel consumption and lower emissions. It is obvious that the automation of management of energy systems and related equipment allows choosing the most rational modes of operation of ship power plants from the point of view of energy saving. The issues of energy saving and efficiency of water transport are also related to organizational measures, such as compliance with schedules of regular and repair work, constant monitoring of the state of all systems, selection of the most profitable loading of the ship (cargoplane), etc.*

**Key words:** *water transport, power plant, waste, energy saving, energy saving technologies, cargo plane.*

**Голубєва С.М.** Київський інститут водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури та технологій, старший викладач кафедри суднових енергетичних установок, допоміжних механізмів суден та їх експлуатації.

**Морнева М.О.** Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, доцент кафедри електричної інженерії, к.т.н.

**Пастух О.В.** Київський інститут водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури та технологій, старший викладач кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту.