

УДК 621

DOI [https://doi.org/10.15589/znп2022.2\(489\).12](https://doi.org/10.15589/znп2022.2(489).12)

AN ALTERNATIVE SOLUTIONS OF INCREASING ENERGY EFFICIENT EXISTING SHIP INDEX (EEXI) AND TO IMPROVE THE CARBON INTENSITY INDICATOR (CII) ON MERCHANT FLEET

АЛЬТЕРНАТИВНІ РІШЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ ІНДЕКСУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧИХ СУДЕН (EEXI) ТА ІНДИКАТОРУ ІНТЕНСИВНОСТІ ВУГЛЕЦЮ (CII) НА СУДНАХ ТОРГІВЕЛЬНОГО ФЛОТУ

Oleh O. Zhuk

mr.olegzhuk@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0707-5972

О. О. Жук,

2 механік на торговельному флоті, аспірант

*Odesa National Maritime University, Odesa**Одеський національний морський університет, м. Одеса*

Abstract. Our world is changing, we are focusing more on “clean energy” to fight global warming. Industries are changing their minds and philosophies. Power plants in Western Europe, USA, Far and Middle East are slowly switching to alternative fuel sources, such as: natural gas – methane. The modern shipbuilding industry is also changing. They are starting to use hydrogen, methane, methanol, ammonia, solar energy to produce electricity instead of liquid fuel to reduce CO₂, NO_x, SO_x emissions.

Purpose – The article proposes to consider a comprehensive package of power solutions that help on the path to decarbonization and alternatives by which ship owners can improve their Energy Efficient Existing Ship Index without reducing sailing speed.

The scientific novelty and practical significance lies in the fact that the delivery of goods by sea plays a decisive role in the world economy, 90% of world trade is transported by sea. To mitigate the environmental impact of shipping, the International Maritime Organization (IMO) has adopted strategies aimed at reducing harmful emissions from shipping by 50% by 2050 compared to 2008 levels. To meet the International Maritime Organization targets, changes in ship design and power generation are required. However, the main problem is fuel.

All modern fleets are beginning to use dual-fuel two-stroke or four-stroke engines that can run on alternative fuel sources. Modern bulk carriers, containers, harbor and ocean tugs are being built with natural gas-powered installations, and other alternative fuel installations are under development. Many modern vessels are being modified to meet modern requirements.

Shipowners strive to improve fuel efficiency and reduce harmful emissions from their ships, as this affects their reputation and the ability to win a profitable, long-term contract.

Key words: energy efficient existing ship index (EEXI), carbon intensity indicator (CII), decarbonization, alternative fuels, hybridization.

Анотація. Наш світ змінюється, ми більше зосереджуємось на «чистій енергії» для боротьби з глобальним потеплінням. Галузі змінюють свою думку та філософію. Електростанції в Західній Європі, США, на Далекому та Близькому Сході повільно переходять на альтернативні джерела палива, такі як: природний газ – метан. Сучасне суднобудівна індустрія також змінюється. Починають використовувати водень, метан, метанол, аміак, енергія сонця для виробництва електроенергії замість рідкого палива, щоб зменшити викиди CO₂, NO_x, SO_x.

Мета – у статті пропонується розглянути комплексний пакет силових рішень, які допомагають на шляху до декарбонізації та альтернативи, за допомогою яких судновласники можуть покращити свій EEXI без зниження швидкості плавання.

Наукова новизна та практична значимість полягає в тому, що доставка вантажів морем відіграє вирішальну роль у світовій економіці, 90% світової торгівлі транспортується морем. Щоб пом'якшити екологічний вплив судноплавства, міжнародна морська організація (ІМО) прийняла стратегії, спрямовані на скорочення шкідливих викидів в атмосферу від судноплавства на 50% до 2050 року порівняно з рівнем 2008 року. Щоб відповідати меті ІМО, потрібні зміни в дизайні судна та виробництві електроенергії. Однак головна проблема – це паливо. Весь сучасний флот починає використовувати двопаливні двохтактні або чотирьохтактні двигуни, які можуть

працювати на альтернативних джерелах палива. Сучасні балкери, контейнери, портові та океанські буксири будують з установками, які працюють на природному газу, та ведуться розробки установ на інших альтернативних джерелах палива. Багато сучасних суден модифікуються, щоб відповідати сучасним вимогам.

Судновласники прагнуть підвищити паливну економічність та зменшити кількість шкідливих викидів зі своїх суден, бо це впливає на їхню репутацію та можливість здобути вигідний, довгостроковий контракт.

Ключові слова: індекс енергоефективності існуючих суден (ЕЕХІ), індикатор інтенсивності вуглецю (СІІ), декарбодизація, альтернативні палива, гібридизація,

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Деякий час тому Комітет ІМО із захисту морського середовища прийняв ряд технічних та оперативних заходів, спрямованих на зниження вуглецевої інтенсивності міжнародного судноплавства. Ці заходи, які застосовуються з 2023 року, включають індекс енергоефективності існуючих суден (ЕЕХІ), який визначає мінімальний рівень енергоефективності для існуючих суден, а також рейтингову схему індикатора інтенсивності вуглецю (СІІ), яка дає судам щорічний рейтинг за шкала від А до Е (при цьому А є найменш вуглецевим).

Вважається, що більшість судновласників прагнутимуть дотримуватись Індексу енергоефективності існуючих суден (ЕЕХІ), приймаючи обмеження потужності двигуна або обмеження потужності на валу, причому останнє потенційно є кращим вибором для установок із кількома двигунами. Незалежно від обраного маршруту, результатом буде зменшення потужності, що подається на гвинт, і, отже, потенційний довгостроковий вплив на економічні показники судна [1].

Хоча зниження швидкості може бути дійсним варіантом для суден з високою встановленою потужністю та високою проектною швидкістю, для суден, таких як танкери та балкери, які призначені для плавання на набагато нижчих швидкостях, рішення обмеження потужності двигуна або обмеження потужності на валу можуть запропонувати обмежені переваги з точки зору комерційної гнучкості, і привабливість для фрахтувальників.

Судноплавна галузь стикається з підвищенням екологічним законодавством та зростаючими експлуатаційними витратами, сучасні судновласники та оператори вимагають більш ефективних рішень, які покращують як екологічний, так і економічний вплив.

1. ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЗБЕРІГАННЯ ПРИВОДІВ РУХУ СУДНА

Енергозберігаючі пристрої мають прямий вплив на ефективність руху судна, зменшуючи опір корпусу та покращують тягу гвинта.

На ринку пропонуються пристрої до і після завіхрення, такі як EnergoFlow та EnergoProFin, а також високоефективні покриття корпусу для зменшення опору та забруднення. Встановлення замінного гвинта, оптимізованого для поточного робочого профілю судна, також пропонує значні потенційні переваги.

Залежно від типу судна економія енергії в районі 5–10% може бути досягнута за допомогою комбінування енергозберігаючих пристроїв та оптимізованого пропелера.

На суднах які вже мають енергозберігаючих пристрої, можна встановити альтернативні енергозберігаючих пристрої, такі як системи повітряного змащення та вітряні ротори, які набирають популярність на ринку [1].

Ключові переваги:

1. Зменшити витрату палива на 5% і більше
2. Поліпшити маневреність і здатність підтримувати заданий курс
3. Покращує шум і вібрацію
4. Підвищити продуктивність аварійної зупинки
5. Збільште вантажопідйомність, розмістивши техніку далі на корму [2].

Рішення, які пропонує ринок сьогодні:

1.1 GATE RUDDER

Зменшує витрату палива судном, замінюючи опір традиційної системи керма на пристрій, що створює тягу. Конструкція також забезпечує чудові можливості маневрування та покращує характер шуму та вібрації. Розміщення керма з високим підйомом по обидва боки пропелера дозволяє повертати на вищих швидкостях, швидше змінювати курс і швидше зупинитися при аварії [3].

1.2 ENERGOPROFIN

Це енергозберігаючий ковпачок пропелера з ребрами, які обертаються разом з пропелером. Це рішення забезпечує в середньому економію палива на 2% з терміном окупності менше одного року.

Втрати енергії гвинта є одними з факторів, пов'язаних з явищами потоку навколо і позаду бобини пропелера. EnergoProFin допомагає зменшити ці втрати енергії та підвищити загальну ефективність руху. Це рішення для економії палива з коротким терміном окупності [4].

1.3 HP NOZZLE

Форсунка High Performance покращує ефективність руху, що призводить до збільшення тяги та економії палива.

Тяга судна збільшується до 5 % у порівнянні зі стандартною насадкою.

За рахунок перетворення відкритого пропелера на пропелер з повітроводом підвищення ефективності вільного пропелера до 15% [5].

1.4 НОВА КОНСТРУКЦІЯ ПРОПЕЛЕРА

Підвищення ефективності використання палива вважається найефективнішим способом зниження експлуатаційних витрат судна. Перебудова пропелера може призвести до значного підвищення ефективності для суден, які рухаються з не великою швидкістю для економії палива, а також для швидких поромів, які можуть досягти більших швидкостей і підвищення ефективності за допомогою модифікації лопастей гвинта з регульованим кроком.

Нова конструкція гвинта разом із зниженою швидкістю судна та потужністю двигуна може призвести до підвищення ефективності руху до 15% [6].

1.5 ENERGOFLOW

Це інноваційний статор з попереднім завихренням, який покращує ефективність руху судна, створюючи оптимальний приплив для гвинта, знижуючи як споживання палива, так і викиди.

EnergoFlow створює оптимальний приплив для пропелера, направляючи одну сторону кормового потоку в напрямку, протилежному обертанню гвинта, створюючи попереднє завихрення. Рішення складається з кількох вигнутих ребер і кільця, прикріпленого до корпусу судна, щоб запобігти втратам потужності, які зазвичай виникають у потоці ковзання гвинта [7].

1.6 ТЕХНОЛОГІЯ ROTOR SAIL

У сучасній морській промисловості рішення, які знижують експлуатаційні витрати та зменшують викиди парникових газів. Anemoi Rotor Sail System є інноваційною та перевіреною енергозберігаючою технологією для судноплавної промисловості, яка використовує вітер для забезпечення допоміжного руху суден. Система може зменшити споживання палива та пов'язані з цим викиди парникового газу до 30%.

Основні переваги системи:

- Скоротить споживання палива та пов'язані з цим викиди до 30%;
- Підтримує досягнення нормативної відповідності для EEDI, EEXI та CII,
- Попередньо встановлена інфраструктура, що дозволяє додавати вітрила для скорочень викидів CII.
- Гнучкі системи відповідно до судна (фіксована, рейкова та складна система).
- Можна налаштувати на різні погодні умови.
- Можна перерозподіляти між суднами відповідно до вимог бізнесу.
- Може використовуватися на танкерах та газовозах, іскробезпечна технологія.
- Інтегрований сервіс і підтримка протягом усього терміну служби судна [8].

1.7 ENERGOPAC

Це оптимізоване рішення для руху та маневрування для прибережних та океанських суден. Ключова мета – зменшити споживання палива судном за рахунок інтеграції конструкції гвинта та керма. Кожен

EnergoPac розроблено відповідно до призначеного судна та відповідає його специфічним вимогам; це дозволяє повністю оптимізувати EnergoPac для енергоефективності, не ставлячи на компроміс ні маневреність, ні рівень комфорту.

EnergoPac зменшує витрату палива, оскільки ефективно зменшує поділ потоку за маточиною гвинта. Розширені дослідження показують, що при тих же можливостях утримання курсу EnergoPac створюватиме менше опору, ніж звичайні системи керма. Зокрема, при використанні малих – коригувальних – рульових зусиль для утримання судна на курсі різниця в опорі керма є значною. Завдяки високому підйому EnergoPac вимагає менших кутів повороту і, отже, зменшує опір керма [9].

Ключові переваги:

- 1- Покращена енергетична ефективність руху.
- 2- Знижена витрата палива.
- 3- Відмінна маневреність.
- 4- Нижчий рівень вібрації та більший комфорт на борту.
- 5- Знижений рівень викидів.
- 6- Інтегрована конструкція пропелера та керма.

1.8 ECOCONTROL

Використовує розумну систему керування, яка шукає та поєднує оптимальний крок гвинта з оптимальним навантаженням двигуна. Таким чином витрата палива знижується до найбільш ефективного рівня під час транзитних режимів плавання.

Інтегрована силова система сама по собі створює цінність завдяки високій ефективності завдяки оптимальному вибору компонентів. Разом із EcoControl ефективність двигунової системи судна ще більше підвищується, щоб забезпечити максимально ефективне споживання палива. Краща паливна ефективність також призводить до меншої кількості викидів вихлопних газів [10].

1.9 СИСТЕМА ПОВІТРЯНОГО ЗМАЩУВАННЯ

Система повітряного змащення зменшує споживання палива та викиди до 10%

Система повітряного змащування, яка зменшує опір тертю, створюючи килим із мікробульбашок на повному плоскому дні корпусу судна. Мікробульбашки діаметром 1-3 мм утворюються за допомогою блоків випуску повітря (ARU) в нижній частині корпусу. Система може зменшити споживання палива та пов'язані з цим викиди ПГ до 10%.

Система працює в будь-яких умовах моря, не залежить від погоди і не обмежує і не впливає негативно на нормальний робочий профіль судна. Потенціал системи економії палива та скорочення викидів був доведений незалежними третіми сторонами.

Ключові переваги:

- 1- Скоротить споживання палива та пов'язані з цим викиди до 10%.

2- Обмінюється економія палива на збільшення швидкості судна.

3- Покращений індекс енергоефективності проектування (EEDI) для нових споруд і майбутній індекс енергоефективності існуючих суден (EEXI) [11].

1.10 OPTI DESIGN

Щоб досягти ідеальної відповідності між пропелером, двигуном і корпусом, конструкція повинна бути абсолютно правильною. OPTI Design є результатом роботи досвідчених інженерів-конструкторів, які мають доступ до найновішого та найскладнішого програмного забезпечення та інструментів аналізу. Методологія OPTI Design використовується для підвищення продуктивності продукту таким чином, що раніше було неможливо зі звичайними методами проектування [12].

2. ЕЛЕКТРИЧНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

Використання електричних систем на борту дає можливість використовувати

«розумні» енергетичні установи, які будуть більш стійкими та досить гнучкими, щоб легше адаптуватися до майбутніх змін.

Оскільки морська промисловість сприймає декарбонізацію як життєвий факт, тепер можна поглянути на цю проблему по-новому, позитивно і сприйняти її, як прибуткову декарбонізацію.

Протягом багатьох років були доступні рішення для зменшення шкідливих викидів, але лише нещодавно стало зрозуміло, що бізнес-обґрунтування цих змін – забезпечує зниження викидів для модернізації та нових будівельних проектів і додає реальну конкурентну перевагу. Стратегічний підхід до цієї проблеми необхідний і включатиме три компоненти залежно від експлуатаційного профілю судна:

1. Альтернативні зелені види палива
2. Паливна ефективність
3. Електрифікація

Як електризація вписується в цей підхід?

Електричні рішення та їхня роль на судах були частиною проектування суден протягом багатьох років, таких як дизель-електричні двигуни або валогенератори, тощо. Однак частка зеленої енергії з відновлюваних джерел, таких як вітер, вода, сонце, в електричній мережі на суші за останні роки значно зросла і буде продовжувати це робити. Таким чином, поєднання цього зрушення в береговій зеленій енергії з судами, здатними використовувати берегове сполучення, дозволить судам різко скоротити шкідливі викиди.

Гнучкість колись не враховувалася при проектуванні судна, і, як видно, коли повільний рух судна було улюбленим рішенням для зменшення викидів для багатьох суден, ця відсутність гнучкості означала, що деякі судна ніколи не будуть повністю оптимізовані.

2.1 Технології на середні та дальні райони навігації.

Судам дальнього плавання для декарбонізації знадобиться екологічно чисте паливо, але вони використовуватимуть електричні системи як невід'ємну частину системи, включаючи валогенератори, берегове з'єднання, гібридні пристрої в поєднанні з сонячною енергією для підвищення ефективності.

2.2 Електричний буксир.

Буксири є ідеальними кандидатами для гібридних або повноцінних електричних систем завдяки роботі поблизу берега та електричної інфраструктури. Вони також мають високі варіації навантаження і проведуть велику кількість часу в режимі очікування.

2.3 Електричний пором.

Пором, які є частиною місцевої транспортної інфраструктури, у багатьох випадках вже повністю електричні, коли інфраструктура зарядки стає частиною загальної електричної системи.

2.4 Гібриди на короткі відстані

Прибережні судна будуть керуватися гібридом, що дозволить їм перейти на повністю електричний режим під час маневрування або навігації в порту.

Нижче наведено кілька прикладів реальних систем для різних типів суден:

1. Ro-Ro з системою дизель- електрик або з гібридною установкою.

Гібридне рішення валогенераторів, перетворювачів і трансформаторів включає систему накопичення енергії на 5000 кВт·год, що дозволяє працювати з нульовими викидами під час перебування в порту і забезпечувати економію палива.

2. Паром з нульовими шкідливими викидами в атмосферу.

Батарей дають змогу працювати на поромі з використанням усіх електричних силових установок із береговою зарядкою в місці призначення. Це забезпечує транспортування з нульовими викидами та швидший час реакції на двигуни, що забезпечує кращу маневреність та ефективність.

3. Гібридний буксир.

Завдяки змінному навантаженню, потреба в буксирних операціях ідеально підходить для гібридної конфігурації, пропонуючи досягнення піків і балансування навантаження, щоб двигуни могли працювати на оптимальному рівні. Гібридна система також дозволяє буксиру працювати повністю електрично в умовах низького навантаження в гавані та поза нею, а також під час очікування та збільшення потужності, коли потрібна додаткова потужність. Гібрид також може забезпечити бездимний запуск.

4. Гібридне рибальське судно.

Для рибальського судна зі змінним навантаженням гібридна система дозволяє головному двигуну працювати при оптимальному навантаженні, а загальна встановлена потужність може бути змен-

шена, що дозволяє зменшити розмір основного двигуна, щоб відповідати необхідній потужності. Акумулятор і допоміжні двигуни забезпечують додаткову потужність для прискорення руху в суворих погодних умовах.

5. Судно торгового флоту дальнього плавання з валогенератором або з гібридною системою.

У системі валового генератора використовується перетворювач змінної частоти для забезпечення стабільної допоміжної потужності. Коли головний двигун працює на газі, валовий генератор дозволяє генерувати всю необхідну електричну потужність на борту і майже нульовими витратами на обслуговування системи.

Повністю інтегроване гібридне рішення дозволить суднам заходити в порт і виходити з нього, а також виконувати вантажні операції, абсолютно без викидів. Крім того, акумулятор витримає змінне навантаження під час плавання, дозволяючи основному двигуну працювати на стабільному навантаженні. Це відповідатиме портовим правилам, де потрібно зменшити викиди [13].

3. ДВИГУНИ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВАХ

Альтернативне паливо майбутнього відіграє вирішальну роль у допомозі морській промисловості досягти мети ІМО щодо зниження вуглецевої інтенсивності міжнародного судноплавства на 40% до 2030 року. Також майбутнє паливо необхідне для декарбонізації секторів, які важко або неможливо електрифікувати.

Відновлюванні джерела енергії можуть бути перетворені в екологічне чисте паливо, таке як синтетичний природний газ або біопаливо, метанол або водень, що робить їх доступними для користувача.

3.1 СКРАПЛЕНИЙ ПРИРОДНИЙ ГАЗ (LNG).

Скраплений природний газ – це як усталена реальність на ринку новобудов, так і відмінний варіант для модернізації, він миттєво та різко зменшує викиди CO₂, NO_x, SO_x та твердих частинок. Він добре зарекомендував себе як паливо для морського транспорту в усьому світі практично в кожному сегменті, зі зрілими законодавчими рамками та надійною інфраструктурою бункерування.

Інвестування в невелику електростанцію зі СПГ є першим кроком на шлях до декарбонізації.

У той же час ця інвестиція буде міст від природного газу до палив на основі водню.

3.2 СИНТЕТИЧНИЙ ПРИРОДНИЙ ГАЗ (SNG)

Синтетичний природний газ та біогаз, які часто розглядаються як паливо для перемикавання, мають такі ж низькі викиди NO_x, SO_x та твердих частинок, що й СПГ, але вони можуть бути нейтральними щодо вуглецю залежно від вихідної сировини та джерела енергії конверсії. Їх можна змішувати зі СПГ, щоб

поступово зменшувати викиди вуглецю, поки інші майбутні паливні технології не стануть більш доступними та більш досконалими.

3.3 БІОПАЛИВО

Оскільки біопаливо майже на 100% нейтральне щодо вуглецю та повністю відновлюється, біопаливо є привабливим варіантом для енергетичного переходу. Біопаливо виробляють з переважно рослинних джерел енергії, таких як харчові культури, вирощені на орному ґрунті, на основі лігноцелюлози або отримані з мікрододоростей. Переваги біопалива полягають у тому, що їх легко транспортувати, зберігати та обробляти, а також можна використовувати як паливо в існуючій паливній інфраструктурі.

У довгостроковій перспективі, аміак і, зрештою, водень являють собою 100% безвуглецеве паливо майбутнього. Інтерес до цих видів палива зростає.

3.4 ВОДЕНЬ

Зелений водень є CO₂-нейтральним. Його роль особливо важлива в переробній промисловості, на транспорті, а також у виробництві електроенергії та теплопостачання, де пряма електрифікація неможлива.

Середньошвидкісні двигуни в даний час можуть працювати з домішкою водню до 25 %, моделі, які працюють на 100% водню, будуть доступні до 2025 року.

3.5 АМІАК

При виробництві з відновлюваних джерел енергії, таких як енергія вітру або сонця, спалювання аміаку виділяє майже нульовий викид вуглецю та SO_x.

Рішення з використанням аміаку базуються на встановлених технологіях та інфраструктурі, що значно скорочує шлях до стійкості.

3.6 МЕТАНОЛ

В даний час метанол привертає велику увагу як альтернативне паливо для новобудов та модернізації, він виробляється з використанням лише відновлюваних джерел і може знизити викиди вуглецю до 95 %. Фізичні властивості метанолу роблять його привабливим варіантом, оскільки його можна використовувати з існуючою інфраструктурою [14].

Всі ці майбутні види альтернативних палив можуть мати значний позитивний вплив на рейтинг індексу енергоефективності існуючих суден (EEXI) та індикатора інтенсивності вуглецю (CII). Тим не менш, їх впровадження вимагає значних інвестицій як в інфраструктуру бункерування, так і в бортові системи зберігання та обробки палива.

Застосування нових, чистіших видів палива наразі є гарячою темою, але з огляду на те, що кінцевий термін дотримання – лише через 18 місяців, впровадження на рівні всього флоту здається вкрай мало ймовірним.

4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ РОБОТИ ДВИГУНА

Під час обговорення декарбонізації власники та оператори суден стикаються з безліччю варіантів щодо енергозберігаючого апаратного та програмного забезпечення. Але одну основну річ іноді не помічають – треба зробити все можливе, щоб самі двигуни працювали якомога ефективніше.

Відправною точкою для оптимальної роботи двигуна – і, отже, мінімізації викидів – є переконатися, що силовий агрегат налаштований відповідно до робочого профілю судна. Модернізація двигуна та вдосконалення роботи двигунів можуть забезпечити значну економію палива, а отже, і значне зниження викидів. Не менш важливо забезпечити належне обслуговування цих активів. Кожен компонент має свою роль; наприклад, заміна фільтра або своєчасне очищення повітроохолоджувача може допомогти

зменшити витрату палива. Збір даних та експертний аналіз можна використовувати для визначення оптимального часу для таких заходів технічного обслуговування.

ВИСНОВОК

Енергетичні ринки стикаються з драматичними змінами. Потреба в декарбонізації, посилення конкуренції та постійно зростаючий попит, локалізовані мережі, застаріла інфраструктура та жорсткі правила – з цими факторами зіткаються судновласники.

Чотири шляхи, які обговорюються в цій статті можуть допомогти власникам суден дотримуватися EEXI, не вимагаючи від них втрату швидкості, крім того, вони також покращують рейтинг індексу вуглецевої інтенсивності судна, зменшуючи вуглецевий слід, підвищуючи його репутацію в очах інвесторів та фінансових установ.

REFERENCES

- [1] Charlie Bass. How can shipowners comply with the Energy Efficiency Existing (EEXI) and improve the Carbon Intensity Indicator (CII) of a vessel without reducing sailing speeds? Wartsila Press release. Dated 07.09.2021. Retrieved from: <https://www.wartsila.com/insights/article/>
- [2] «We turn technology». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/decarbonisation/>
- [3] «GATE RUDDER - Reduce fuel consumption and improve thrust performance and maneuverability». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsion-and-gears/energy-savings-technologies/gate-rudder-trn>
- [4] «EnergoProFin Energy saving device for fuel savings». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/service-catalogue/propulsion-services/energoprofin>
- [5] «Propulsion efficiency upgrade with Nozzle». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/service-catalogue/propulsion-services/propulsion-efficient-upgrade-with-nozzle>
- [6] «Efficiency upgrade with new propeller design – improve efficiency and reduce emissions». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/service-catalogue/propulsion-services/wartsila-efficiency-upgrade-with-new-propeller-design>
- [7] «EnergoFlow for improved energy efficiency». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/service-catalogue/propulsion-services/energoflow>
- [8] «Rotor Sail technology cut fuel consumption by up to 30%». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/energy-saving-technology/rotor-sail>
- [9] «EnergoPac». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/energy-saving-technology/energopac>
- [10] «EcoControl-reducing fuel consumption». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/wartsila-ecocontrol>
- [11] «Air lubrication system cuts fuel consumption and emissions by up to 10%». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/energy-savings-technology/air-lubrication-system>
- [12] «OPTI design enables full-scale testing and provides maximized efficiency». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/energy-savings-technology/opti-design>
- [13] «Produce greener energy with hybrid power plants». Retrieved from: <https://www.man-es.com/energy-storage/solutions/hybrid-power>
- [14] «Future fuels for power generation». Retrieved from: <https://www.man-es.com/energy-storage/strategic-expertise/future-fuels-power-generation>

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Charlie Bass. How can shipowners comply with the Energy Efficiency Existing (EEXI) and improve the Carbon Intensity Indicator (CII) of a vessel without reducing sailing speeds? Wartsila Press release. Dated 07.09.2021. Retrieved from: <https://www.wartsila.com/insights/article/>
- [2] «We turn technology». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/decarbonisation/>
- [3] «GATE RUDDER - Reduce fuel consumption and improve thrust performance and maneuverability». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsion-and-gears/energy-savings-technologies/gate-rudder-trn>
- [4] «EnergoProFin Energy saving device for fuel savings». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/service-catalogue/propulsion-services/energoprofin>

- [5] «Propulsion efficiency upgrade with Nozzle». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/service-catalogue/propulsion-services/propulsion-efficient-upgrade-with-nozzle>
- [6] «Efficiency upgrade with new propeller design – improve efficiency and reduce emissions». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/service-catalogue/propulsion-services/wartsila-efficiency-upgrade-with-new-propeller-design>
- [7] «EnergoFlow for improved energy efficiency». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/service-catalogue/propulsion-services/energoflow>
- [8] «Rotor Sail technology cut fuel consumption by up to 30%». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/energy-saving-technology/rotor-sail>
- [9] «EnergoPac». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/energy-saving-technology/energopac>
- [10] «EcoControl-reducing fuel consumption». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/wartsila-ecocontrol>
- [11] «Air lubrication system cuts fuel consumption and emissions by up to 10%». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/energy-savings-technology/air-lubrication-system>
- [12] «OPTI design enables full-scale testing and provides maximized efficiency». Retrieved from: <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gear/energy-savings-technology/opti-design>
- [13] «Produce greener energy with hybrid power plants». Retrieved from: <https://www.man-es.com/energy-storage/solutions/hybrid-power>
- [14] «Future fuels for power generation». Retrieved from: <https://www.man-es.com/energy-storage/strategic-expertise/future-fuels-power-generation>

© О. О. Жук

Дата надходження статті до редакції: 18.07.2022

Дата затвердження статті до друку: 27.07.2022