



НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ КОНФЕРЕНЦІЇ

Національний університет кораблебудування

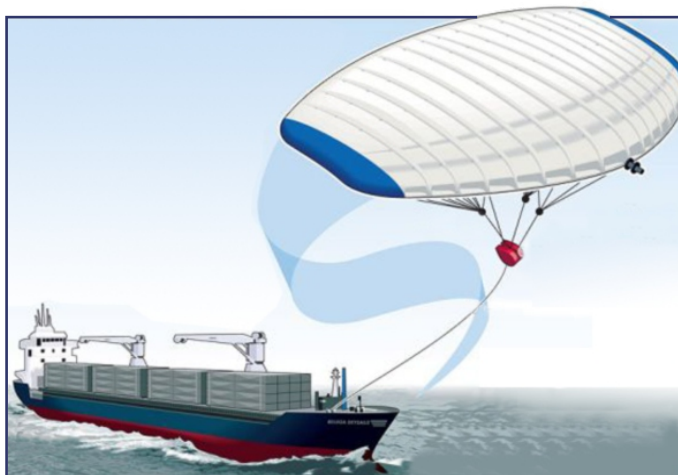
**СУДНОВА ЕНЕРГЕТИКА:
СТАН ТА ПРОБЛЕМИ**

МАТЕРІАЛИ

**ХІ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**присвяченої пам'яті професора
Горбова Віктора Михайловича**

07–08 листопада 2023 р.



Миколаїв ■ 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування»
Одеський національний морський університет
Херсонська державна морська академія
ДП Науково-Виробничий Комплекс Газотурбобудування
«Зоря»-«Машпроект»
Kielce University of Technology (Poland)
Jiangsu University of Science and Technology (China)
Batumi Navigation Teaching University (Georgia)
Bureau Veritas (Marine & Offshore) (Canada)

СУДНОВА ЕНЕРГЕТИКА: СТАН ТА ПРОБЛЕМИ

**XI Міжнародна науково-технічна конференція
*присвячується пам'яті професора Горбова Віктора Михайловича***

07-08 листопада 2023 року

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, вул. Героїв України, 9
Машинобудівний навчально-науковий інститут
вул. Кузнецька, 5*

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Миколаїв
Видавець Торубара В.В.
2023

УДК 62-8
С89

ОРГАНІЗАТОРИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування»
Одеський національний морський університет
Херсонська державна морська академія
ДП Науково-Виробничий Комплекс Газотурбобудування
«Зоря»-«Машпроект»
Kielce University of Technology (Poland)
Jiangsu University of Science and Technology (China)
Batumi Navigation Teaching University (Georgia)
Bureau Veritas (Marine & Offshore) (Canada)

*Матеріали публікуються за оригіналами, які представлені авторами.
Претензії щодо змісту та якості матеріалів не приймаються.*

Відповідальний за випуск:
Личко Богдан Михайлович

С89 Суднова енергетика: стан та проблеми : Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції. — Миколаїв : Видавець Торубара В.В., 2023. — 240 с.

ISBN 978-617-8355-03-6

У збірнику наведенні матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми». Збірник становить інтерес для наукових працівників, викладачів, інженерів та студентів.

© Національний університет
кораблебудування, 2023

ISBN 978-617-8355-03-6

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

<i>Бондаренко М.С.</i> Світлий пам'яті Віктора Михайловича Горбова присвячується	3
<i>Volodymyr Lopatnov</i> Climate-Friendly Technologies In The Canadian Shipping Industry: Current Implementation And Charting A Path To 2030	5
<i>R. Varbanets, D. Minchev, I. Savelieva, A. Rodionov, T. Mazur, S. Psariuk, V. Bondarenko, N. Aleksandrovska</i> Improved Methods for Diagnosing Issues in Marine Diesel Engines to Meet IMO Decarbonization Standards	7
<i>Чередніченко О.К., Личко Б.М.</i> , Сучасний стан та шляхи підвищення енергоефективності суднових енергетичних установок	10
<i>Кузнецов В.В.</i> , Підвищення ефективності і компактності енергетичних установок інтенсифікацією теплопередачі в їх елементах	16
<i>Чернявський В.В., Акімов О.В., Носов П.С.</i> , Етапи імплементації фахової морської платформи OTG OLP та природничо-наукової LABSTER в освітній процес Херсонської Державної Морської Академії	18
<i>Коробко В.В., Безушко С.О., Стельмах О.І.</i> , Концептуальний проект гібридної ЕУ контейнеровозу PERFECt III	22

СЕКЦІЯ №1. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВОК ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

<i>Дощенко Г.Г., Наговський Д.А.</i> , Підвищення надійності суднових енергетичних систем	25
<i>Шемчук В.О.</i> , Використання роторних вітрів в пропульсивному комплексі рудовоза «SAO DIANA»	28
<i>Шалапко Д.О.</i> , Інтеграція водневих систем до суднових енергетичних комплексів	31
<i>Бутко В.П., Білоусов Є.В.</i> Аналіз відмов головних двигунів типу MAN-B&W 9L21/31 в процесі їх експлуатації на судах проекту 17620	35
<i>Шостак В.П., Самохвалов В.С., Личко Б.М.</i> Енергетика, паливо й екологія транспортних суден	38
<i>Сербін С.І., Діасамідзе Б.Т., Шмарков О.А.</i> Можливості застосування водневого палива при роботі камери згоряння гібридної газопарової установки	41
<i>Діасамідзе Б. Т., Шмарков О.А.</i> Можливості використання газотурбінних двигунів у морському транспорті	44
<i>Худяков І.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Поліщук О.В., Літвінов М.Є.</i> Протидія низькотемпературній корозії гільзи циліндрів суднових двигунів	49
<i>Казарєзов А.Я.</i> , Оцінка потужності головного двигуна моторної яхти	52
<i>Чередніченко О.К., Коробейнікова Н.В., Басов О.Ю.</i> , Критерії вибору складу енергокомплексу плавучої електростанції	55
<i>Маховський А.А.</i> , Модернізація енергетичної установки судна CON-RO «EL COQUI»	57
<i>Костюк А.І.</i> , Розробка гібридної пропульсивної установки LNG танкера «BRITISH PARTNER»	62
<i>Семенов М.М., Шановалов Ю.О., Качмар А.С., Попенко М.І.</i> Дослідження можливості використання теплонасосних установок в стічних системах морських суден	66
<i>Орлов М.В.</i> , Розробка системи повітряного змащення корпусу судна газовозу «BW TULIP»	69
<i>Єніфанов О. А. Пацурковський П.А.</i> Підвищення екологічної ефективності суднових котельних установок	72
<i>Мессер Д.О.</i> , Вдосконалення пропульсивного комплексу хімовозу «FURE VINGA»	74

Iryna Savelieva - Doctor of Economic Sciences, Professor, Department "Commerce in transport processes", Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine, e-mail: savirina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6492-2130>

Andriy Rodionov - PhD student of the Department "Ship Power Plants and Technical Operation", Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine, e-mail: andrei.a.rodionov@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-0038-4810>

Tetiana Mazur - PhD student, senior lecturer, "Department of ship power plants and systems", Danube Institute of the National University "Odesa Maritime Academy", Izmail, Ukraine, e-mail: mazur@dinuoma.com.ua, <https://orcid.org/0009-0008-7816-145X>

Sviatoslav Psariuk – Superintendent of the Shipping Company "TRANSSHIP LTD", Odesa, Ukraine, e-mail: s.psar1224@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9075-7546>

Vyacheslav Bondarenko - PhD student of the Department "Ship Power Plants and Technical Operation", Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine, e-mail: reversdialogov@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-1956-0588>

Nadiia Aleksandrovska - Candidate of Technical Sciences, Department "Ship Power Plants and Technical Operation", Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine, e-mail: a.Nadegda@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-6730-0380>

УДК 621.6

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Чередніченко О.К.

Доктор технічних наук

Професор кафедри Експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики
Національний Університет Кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна
oleksandr.cherednichenko@nuos.edu.ua

Личко Б.М.

Кандидат технічних наук

Завідувач кафедри Експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики
Національний Університет Кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна
bogdan.lychko@nuos.edu.ua

Анотація. Проведено аналіз сучасного стану світового комерційного флоту та світового суднобудування. Розглянути питання постачання суднового енергетичного обладнання в умовах «складальних верфей». Приділено увагу розгляду шляхів підвищення енергоефективності суден, та аналізу причин які стримують глобальне застосування новітніх технічних рішень або розповсюдженню вже існуючих на велику кількість типів суден.

Ключові слова: суднова енергетична установка, енергозберігаючі технології, енергоефективність судна

Сучасний стан світового комерційного флоту.

За даними Міжнародної палати судноплавства (Велика Британія), понад 90% світової торгівлі товарами здійснюється морем. За даними United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) [1] на 01.01.2023 сучасний світовий флот складається з 118 928 торговельних суден загальною валовою місткістю (далі, у 1000 gt) 1 479 783. З цього флоту 4,64% або 5 517 суден є контейнеровозами, тоді як 12,03% або 14 309 суден є нафтовими та хімічними танкерами. На контейнеровози припадає валовий тоннаж 265 892 (17,97%), тоді як хімічні танкери покривають валовий тоннаж 375 220 (25,36%).

За останні роки тоннаж значно зріс у всіх сегментах, окрім перевезень генеральних вантажів. Особливо стрімко зросли замовлення на балкери. З 2012 по 2022 рік їх частка в

загальній вантажопідйомності зросла з 41 до 43 відсотків, тоді як частка нафтоналивних танкерів скоротилася з 30 до 29 відсотків, а частка суден для перевезення генеральних вантажів з 5 до 4 відсотків.

Станом на січень 2023 року на п'ять найбільших економік судновласників разом припадало 53 % тоннажу світового флоту. Частка ринку Греції становила 18 %, Китай – 13%, Японія – 11%. Половина світового тоннажу належить азіатським компаніям. Власники з Європи становили 39%, а власники з Північної Америки – 6%. Багато комерційних суден зареєстровані під прапором, який не відповідає національності власника судна. Панама залишається найпопулярнішою державою прапора (350 мільйонів дедвейту), за нею йдуть Ліберія (335 мільйонів дедвейту), Маршаллові Острови (290 мільйонів дедвейту), Гонконг і Сінгапур.

Сучасний стан світового суднобудування.

95 % світового суднобудування припадає на Китай (49 %), Південну Корею (38 %) та Японію (8 %). Виробництво в Європі стабілізувалося на рівні 2,5 млн компенсованої валової місткості (CGT) і складає 8 % частки світового ринку завдяки замовленням на круїзні лайнери. Серед замовлень у 2022 році домінували танкери LNG (рекордні 182 судна, 36 % CGT), контейнерні судна (350 суден, 29 % CGT) та автомобілевози (69 суден, 2,4 % CGT)¹. FPSO (Floating Production, Storage and Offloading) і платформи з вітряними турбінами також показали хороші результати. Незважаючи на покращення чартерних ринків, замовлення танкерів впали на 64 %, а балкерів – на 54 %. За прогнозами аналітиків збільшення замовлень на танкери LNG буде продовжуватися.

За даними [2] сучасне суднобудування має лише 131 «велику» активну верф (у 2009 році їх було 320), тому потужність суднобудівної галузі приблизно на 40 % нижча, ніж дванадцять років тому. За прогнозами [2] передбачається лише помірне або незначне збільшення потужності в середньостроковій перспективі. Хоча довгострокові тенденції вказують на подальший прогрес з оновлення флоту, (вік флоту збільшується), 2024 рік матиме свої маркетингові виклики для верфей: макроекономічний ризик є суттєвим і впливає на настрої інвесторів, вибір альтернативного палива залишається складним, а ціни на новобудови та довгостроковий портфель замовлень є перешкодою для деяких власників.

Суднобудівна промисловість – це галузь, яка потребує сотні видів обладнання та матеріалів² та значною мірою покладається на ресурси, що постачаються іншими галузями промисловості (постачальники компонентів і матеріалів та субпідрядники, що надають різні види послуг). За даними Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD) це складає приблизно від 70 до 80 % кінцевої вартості виробництва суден. Якість обладнання та матеріалів пов'язана з сучасним рівнем розвитку техніки і технологій, а також з політичними, соціальними, зовнішньоекономічними та іншими аспектами. У той час як у минулому верфі часто відповідали за виробництво більшості основного обладнання, сьогодні зовнішні джерела постачання охоплюють майже всі етапи суднобудування, що призвело до розвитку так званих «складальних верфей» [3]. В зв'язку з цим, що в базі даних зовнішніх постачальників товарів та послуг може фігурувати від 1000 до 2500 компаній, географія постачань дуже велика. За даними [4] Європейський Союз (ЄС) був найбільшим у світі постачальником морського обладнання (включаючи послуги) експортуючи в середньому 24 % загальної вартості продукції за межі ЄС. Загалом ЄС та Японія посідають лідируючі позиції у цьому сегменті світовій торгівлі.

Суднова енергетика як торговий сегмент постачання суднового обладнання.

Ефективність будь-якого транспортного судна у значній мірі залежить від характеристик пропульсивного комплексу та суднової енергетичної установки (СЕУ), яка є частиною багаторівневої ієрархічної структури судна. На ринку морських дизельних

¹ <https://insights.clarksons.net/2022-shipbuilding-review/>

² Наприклад, судна збираються приблизно з 550 000 частин у випадку складного дослідницького судна або 900 000 частин для круїзних лайнерів (SEA Europe, 2017).

двигунів, найбільшому торговому сегменті морського обладнання, морський сектор ЄС³ зафіксував чистий експорт у розмірі 12,9 мільярдів доларів США (2019 - 2020 рр.), що робить його найбільшим експортером. ЄС також є лідером на світовому експортному ринку морських турбін, гвинтів і лопатей. За даними SEA Europe [5], між 2012 і 2016 роками в компаніях постачальників морського обладнання в країнах-членах ЄС працювало близько 346 тис. осіб. Китай значною мірою залежить від імпорту суднових дизельних двигунів, а також гвинтів і лопатей і має значний дефіцит торгівлі цими продуктами. Корея є імпортером товарів та послуг, за винятком суднових дизельних двигунів. Сполучені Штати підтримують баланс між експортом та імпортом морських дизельних двигунів, турбін, гвинтів і лопатей.

Наразі Європа є найбільшим світовим виробником і постачальником передового морського обладнання, систем і технологій. Це може бути пов'язано з постійними інвестиціями сектора у висококваліфіковану робочу силу, а також у дослідження, розробку та інновації. Європа займає сильні позиції щодо виробництва обладнання та створення технологій і технічних рішень для суднових двигунів, котлів, насосів, скрубєрів, систем очищення баластних вод та інше.

Коефіцієнт самозабезпеченості Японії морським обладнанням становить близько 87 %. Значна частина морського обладнання зробленого в Японії експортується за кордон.

Корейські суднобудівники значною мірою покладаються на імпорт обладнання, пов'язаного з екологічними технологіями, але закуповують близько 90 % свого морського обладнання всередині країни.

Китай все ще значною мірою покладається на імпорт з ЄС, Кореї та Японії у питаннях постачання високотехнологічних продуктів, таких як високоякісні дизельні двигуни, силові установки, комунікаційне та навігаційне обладнання.

Шляхи підвищення енергоефективності суден.

Судновласники, оператори та суднобудівники все частіше вимушені використовувати «зелені» технології для дотримання екологічних правил і норм. Заходи Міжнародної морської організації (ІМО), спрямовані на скорочення викидів парникових газів (GHG) та зменшення забруднення навколишнього середовища морським транспортом суттєво впливають на ринок морського обладнання.

Починаючи з 1 січня 2023 року, набули чинності три нові директиви ІМО безпосередньо спрямовані на конструкції суднового обладнання. Впровадження енергозберігаючих технологій відбувається поступово, але з початку 2025 року планується посилити вимоги до викидів на 30 % [4]. Набрання чинності «короткострокових заходів» ІМО є надзвичайно важливою віхою на шляху декарбонізації судноплавства та одночасно є ринковим «джокером».

Зменшення швидкості суден є найпростішим підходом до скорочення викидів, але судновласники також можуть схилитися до використання енергоефективних технологій. Комерційна цінність суден, які побудовані за інноваційними технологіями, відображає масштаб витрат, вкладених у застосування перспективних техніко-економічних рішень. Судновласники високотехнологічних суден повинні окупити ці інвестиції за допомогою посилення заходів ефективності для покриття як змінних, так і постійних операційних витрат. З 2011 року флот старів, частково через невизначеність судновласників щодо напрямку технологічного прогресу та вибору найбільш економічно привабливого палива з огляду на нормативну невизначеність і коливання цін на викиди. Однак кардинальні зміни прискорюють впровадження енергоефективних технологій у відповідь на посилення вимог, спрямованих на зменшення впливу судноплавства на навколишнє середовище.

Викиди CO₂ від сектору судноплавства становлять ≈18 % загальних викидів світового транспорту. У нормативних документах ІМО прямо зазначено, що використання інноваційних енергозберігаючих технологій підвищує енергоефективність судна [6]. Однак

³ До його складу входить 14 країн ЄС, а також Туреччина та Норвегія.

зростання вартості та страхового покриття створює проблеми з іншого боку спектру енергоефективних рішень. В основі рішень, які спрямовані на зниження внеску морських перевезень у глобальні викиди CO₂ на 2, 3% (855 млн тон) передбачений безпрецедентний перехід на альтернативні палива з низьким вмістом вуглецю. У 2022 році 61 % замовленого тоннажу (35 % за кількістю суден) передбачає використання альтернативних палив. Важливо зазначити, що різниця між традиційним і альтернативним паливом часто є суб'єктивною і може швидко змінюватися, оскільки паливо яке в даний час є альтернативним, стане традиційним у майбутньому. Lloyd's Register, авторитетне класифікаційне товариство, вважає легке паливо MDO/MGO і важке паливо з різним вмістом сірки (HFO/LSHFO) традиційним судновим паливом [7]. Інші види палива, такі як, наприклад, широко використовуваний скраплений природний газ (LNG), класифікуються як альтернативні. Більше половини замовленого тоннажу (397 замовлень, 36,7 млн. GT) передбачає використання LNG в двохпаливних системах, для 7,0 % замовлень в якості основного палива прийнятий метанол (43 замовлення, 5,0 млн. GT), для 1,1 % це LPG (17 замовлень, 0,8 млн. GT). Установки гібридного типу з паливними елементами склали 1,2%. До використання у якості палива аміаку були «готові» 10,8 % замовлень (90 замовлень, 7,7 млн GT), а до використання водневих технологій 0,1 % замовлень. При цьому, в даний час більшість альтернативних видів палива коштують значно дорожче, ніж традиційні, і поки що не є економічно вигідними [8].

Окрім обладнання, пов'язаного з використанням альтернативного палива, енергозберігаючі технології EST (Energy Saving Technologies) переживають стадію дослідження та розгортання пілотних проектів, з очікуваним збільшенням впровадження в майбутньому.

Відповідно до звіту «Global Marine Technology Trends 2030» [9], зусилля з декарбонізації впливають на інновації та розвиток морських технологій через три ключові напрями:

- Поступове вдосконалення вже існуючих технологій, наприклад таких як пропульсивна установка з більш ефективним малообертовим дизельним двигуном;
- нове енергетичне обладнання та схеми силових установок, наприклад такі як гібридні силові установки;
- Більш широке використання та комерціалізація нових інноваційних технологій, наприклад, таких як повітряне змащування корпусу або вітрильний рух.

Гібридні силові установки, які об'єднують різні джерела живлення та накопичувачі енергії відносяться до інноваційних технологій підвищення енергоефективності суден. У цьому секторі працюють такі провідні компанії, як ABB, BAE Systems, Caterpillar, General Electric, MAN, Mitsubishi, Rolls-Royce, SCHOTTEL, Siemens і Wartsila. Гібридні установки зараз розглядаються як перспективне рішення для невеликих та прибережних суден, таких як пором, буксири та офшорні. Найбільше розповсюдження ця технологія отримала в Данії, де є близько 52 діючих поромів, оснащених гібридною енергетичною установкою [10]. До 2050 року Данія має на меті відмовитися від викопного палива.

Приблизно 4700 суден (360 млн GT) оснащені скруберами SO_x. Незважаючи на те, що протягом 2019 року під час підготовки до втілення вимог IMO 2020 кількість скруберів SO_x швидко зросла, встановлення обладнання значно сповільнилося з 2020 року, незважаючи на підвищення надбавки до ціни на LSFO порівняно з HSFO. У середньостроковій та довгостроковій перспективі існує ймовірність того, що системи уловлювання та зберігання вуглецю (скрубери CO₂) стануть все більш привабливими як можливе рішення для зменшення викидів оксиду вуглецю. Однак, незважаючи на те, що в 2022 році було здійснено серію невеликих систем зі скруберами CO₂, ця технологія залишається на пілотній стадії з високими витратами та низькими показниками та наразі не є комерційно чи технологічно

У таблиці 1 наведено огляд основних типів обладнання EST, у яке інвестують власники суден, а також оцінки економії палива. Дані Всесвітнього реєстру флоту [11] показують, що понад 5000 суден мають значний вплив EST (порівняно з приблизно 3000 у 2017 році), 24% світового тоннажу оснащене енергозберігаючими технологіями.

Таблиця 1. Основні типи обладнання EST⁴

Група обладнання	Назва технології (мова оригіналу)	Зниження витрати палива	Кількість суден (діючий флот та портфель заказів)
Пропульсивний комплекс	Propeller Duct	3-8%	>1,854
	Preswirl Stator	4-6%	>360
	Rudder Bulb	3-5%	>1,306
	Wake Equalizing Duct	6-10%	>392
	Propeller Boss Cap Fin	2-5%	>733
Обладнання машинного відділення	Waste Heat Recovery	3-8%	>105
	Exhaust Gas Economiser	4-6%	>2,091
Корпус судна	Air Lubrication System	5-10%	>233
	Bow Enhancement	4-10%	>993
	Hull Fin	2-5%	>409
Палубне обладнання	Flettner Rotors	7-10%	>18
	Rigid Sail	8-30%	>8
	Wind Kite	Up to 20%	>2
	Solar Sail	Up to 20%	>1

Дослідження характеристик сучасних суден з використанням ключових параметрів ефективності [12] показує, що різноманіття функціональних завдань, покладених на морські судна, формує необхідність спеціалізації. Це, в свою чергу, вимагає врахування цільової функції судна, особливостей його експлуатації та інших факторів при визначенні пріоритетності впровадження перспективних технологій EST.

Аналіз застосування розглянутих енергоефективних технологій для різних типів суден показує, що частина EST не підходить для умов низьких проектних швидкостей судна, що викликає питання відносно доцільності їх застосування для таких типів суден, як танкери та балкери. Технології, які пов'язані з високими капітальними витратами, більше підходять для високоцінних активів (наприклад, офшорні судна, круїзні лайнери). При цьому мова йде про інвестиції в технології, які власники повинні повернути за рахунок вдосконалення заходів щодо підвищення ефективності, з метою покриття змінних і постійних витрат в процесі експлуатації.

⁴ Source: Adapted from Clarksons Research, 2022

Висновки

Перспективні технології підвищення енергоефективності суден можуть бути як подальшим удосконаленням існуючих підходів, так і принципово новітніми рішеннями. Можливість застосування тієї чи іншої технології пов'язана з типом судна. Існує дві головні причини, які стримують глобальне застосування новітніх технічних рішень або розповсюдженню вже існуючих на велику кількість типів суден. Це технічна сумісність та комерційна сумісність, які характеризують вплив технічних та фінансових обмежень на можливість застосування перспективних технологій.

Література

1. <https://hbs.unctad.org/merchant-fleet/> (accessed 1 October 2023).
2. <https://unctadstat.unctad.org/EN/Index.html> (accessed 1 October 2023).
3. Mello, M., Strandhagen, J. O. and Alfnes, E. (2015). The role of coordination in avoiding project delays in an engineer-to-order supply chain, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26, 429-454. <https://dx.doi.org/10.1108/JMTM-03-2013-0021>.
4. ANALYSIS OF THE MARINE EQUIPMENT INDUSTRY AND ITS CHALLENGES. Organisation for Economic Co-operation and Development. C/WP6(2022)15/FINAL. 19 January 2023.
5. SEA Europe. (2019). SEA Europe calls for a dedicated sectoral strategy for the maritime technology sector (A LeaderSHIP 2030 Strategy) [Press Release]. <https://www.seaeurope.eu/images/files/181/660/346027/3660/4/Leadership%202030%20executive%20summary%20final%20version%2018.10.2019.pdf>
6. IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines. Retrieved from: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Air%20pollution/M2%20EE%20regulations%20and%20guidelines%20final.pdf>.
7. Global Marine Fuel Trends 2030 [Электронный ресурс]: http://discovery.ucl.ac.uk/1472843/1/Global_Marine_Fuel_Trends_2030.pdf.
8. Gartland N and Pruyn J (2022) Marine Biofuels Costs and Emissions Study for the European Supply Chain Till 2030. *Front. Energy Res.* 10:894555. doi: 10.3389/fenrg.2022.894555
9. Lloyd's Register, Qinetiq and University of Strathclyde. (2015). *Global Marine Trends 2030* [Report]. <https://www.lr.org/en/insights/global-marine-trends-2030/global-marine-technology-trends-2030/>
10. Marine Battery Market Size Global Report, 2022 – 2030 <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/marine-battery-market>
11. Clarksons Research. (2022). Fuelling Transition: Tracking the Economic Impact of Emission Reductions & Fuel Changes 2022
12. Bazari, Z. Ship energy performance benchmarking/rating: methodology and application / Z. Bazari // *Journal of Marine Engineering & Technology*. – 2007. – Vol. 6, № 1. – P. 11–18. DOI: 10.1080/20464177.2007.11020197.

CURRENT STATUS AND WAYS OF IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF SHIP POWER PLANTS

Cherednichenko O.K.

d.t.s., prof. of the Department of Ship Power Plants Operation and Heat Power Engineering
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Lychko B.M.

Head of the Department of Ship Power Plants Operation and Heat Power Engineering
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. This article addresses the issue of the current state of the world commercial fleet and world shipbuilding has been carried out. Attention is paid to the consideration of ways to increase the energy efficiency of ships, and to the analysis of the reasons that prevent the global application of the latest technical solutions or the spread of already existing ones to a large number of types of ships.

Keywords: ship's power plant, energy-saving technologies, ship's energy efficiency

УДК 621.181

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ І КОМПАКТНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ІНТЕНСИФІКАЦІЮ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В ЇХ ЕЛЕМЕНТАХ

Кузнецов В.В.

кандидат технічних наук,

*доцент кафедри Технічної теплофізики і суднових паровиробних установок
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова*

м. Миколаїв, Україна, valeriy.kuznetsov@nuos.edu.ua

Анотація. Представлені результати роботи по підвищенню ефективності і компактності енергетичних установок шляхом інтенсифікації теплопередачі в їх теплопередавальних елементах. Сформульовані проблема, цілі, предмет та об'єкт дослідження. Представлені основні результати.

Ключові слова: енергетична установка, теплопередавальний елемент, тепловіддача, теплообмінний апарат, ефективність

Підвищення ефективності транспортних та стаціонарних енергетичних установок здійснюється за рахунок вдосконалення процесів перетворення теплоти і маси в їх елементах. Ці процеси визначаються законами термодинаміки, гідрогазодинаміки, тепломасообміну і впливають на ефективний ККД, рівень теплових та шкідливих викидів, ресурс та компактність установок. Значний вплив на ці показники мають їх теплообмінні апарати як елементи енергетичних установок.

Вдосконалення суднових енергетичних установок та зростання масогабаритних показників теплообмінних апаратів у зв'язку з цим викликало необхідність розробки і впровадження науково-технічних рішень інтенсифікації процесів переносу теплоти і маси в цих апаратах для комплексного поліпшення їх економічних, екологічних, ресурсних і масогабаритних характеристик і забезпечення зменшення споживання палива та емісії шкідливих речовин.

Розглянувши сучасний стан підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів та зменшення теплових і шкідливих викидів відпрацьованих газів в судновій енергетиці, можна зробити висновок про відсутність результатів і рекомендацій щодо інтенсифікації процесів переносу теплоти і маси за умов компактності їх теплообмінних апаратах та створення на їх основі обладнання з поліпшеними економічними, екологічними, ресурсними і масогабаритними показниками.

Одним із перспективних напрямів інтенсифікації процесів переносу в теплообмінних апаратах є погодження форми і площі поверхонь при конвективному переносі теплоти і маси в елементах енергетичних установок. Це погодження базується на використанні внутрішньої і зовнішньої форм поодиноких каналів при заданих розмірах та їх просторовому розташуванні у пучках. Суттєвою відмінністю таких пучків теплопередавальних поверхонь буде забезпечення переважаючого зростання теплопередачі над зростанням гідродинамічного опору на її забезпечення. Це дасть можливість створення на їх основі компактних теплообмінних апаратів для реалізації підвищених теплових потоків.