



НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ КОНФЕРЕНЦІЇ

Національний університет кораблебудування

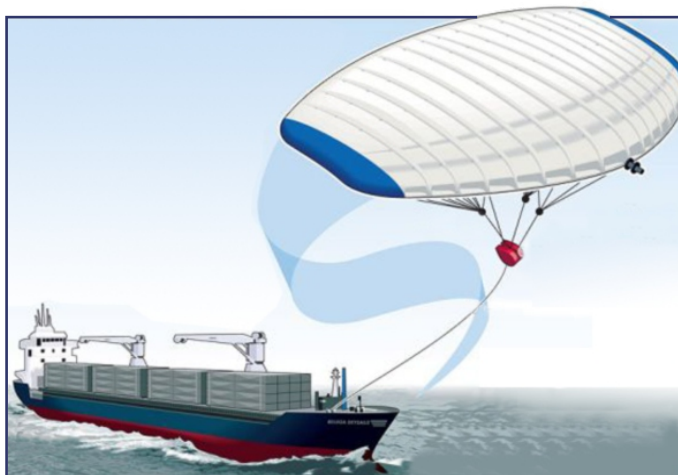
**СУДНОВА ЕНЕРГЕТИКА:
СТАН ТА ПРОБЛЕМИ**

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

Секція №3. ЕНЕРГООЩАДНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУДНОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

УДК 621.669:502

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ АЗОТУВАННЯ, ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Боду С.Ж.

Старший викладач кафедри інженерної механіки та технології машинобудування
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна

svetlana.baudoux@gmail.com

Поліщук М.Я.

Викладач кафедри інженерної механіки та технології машинобудування
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна

maia.polishchuk@nuos.edu.ua

Анотація. Розглянуто переваги та недоліки нових методів азотування порівняно з традиційними методами. Встановлено, що нові методи мають нижчу енергоємність та час обробки, але вищу вартість, оскільки потребують спеціального обладнання та високої кваліфікації виконавців. Вони мають потенціал для підвищення енергоефективності та екологічності процесів обробки металів, однак їх застосування може бути обмежене економічними факторами.

Ключові слова: азотування, енергоємність, інноваційні методи, екологія.

Азотування як метод підвищення зносостійкості та корозійної стійкості тривалий час залишається невід'ємною частиною суднобудівної промисловості.

Однак традиційні процеси азотування часто характеризуються високим енергоспоживанням, що впливає на економічні витрати виробництва.

Наприклад, аналіз балансу споживання ресурсів ведучого підприємства галузі – ДП НВКГ "Зоря"- "Машпроект" свідчив, що на операції, пов'язані з хіміко-термічною обробкою (термообробка, вироблення газів, робота вентиляційних установок, нанесення гальванічних покриттів, водопостачання, транспортування і т. ін.) витрачалося близько 25 % електроенергії і 15 % теплоенергії підприємства [1].

Загалом за приблизними оцінками на хіміко-термічну обробку в 2022 році було витрачено близько 100 ТВт·г енергії, що становить близько 0,05% загального світового споживання електроенергії або 1 % світового споживання енергії у промисловості. Розбивка споживання енергії на хіміко-термічну обробку за методами: азотування – 70%, цементация – 20%, ціанування – 10%, хромування – 1% [2].

Багато з цих методів можуть негативно впливати на навколишнє середовище, у тому числі за рахунок викидів небезпечних хімічних речовин.

З урахуванням зростаючої глобальної проблеми зміни клімату й екологічної відповідальності, суднобудівна індустрія стоїть перед викликом розробки більш економічних та екологічно безпечних методів азотування. Ці нові методи повинні не тільки забезпечувати належну якість продукції, а й знижувати споживання енергії та негативний вплив на довкілля.

В останні роки ведеться активна робота з розробки безпечних методів азотування, які не потребують використання токсичних речовин та не є енергоємними [3].

В таблиці 1 показані основні характеристики альтернативних та традиційних методів азотування.

Таблиця 1.

Основні показники методів азотування

Метод азотування	Тривалість процесу, год.	T процесу, °C	Товщина шару, мм	Твердість поверхні, HBW	Серед. енергоєм., кВт·г/м ²
Лазерне	1–10	500–600	0,2–0,5	1000–2000	10–15
Іонне	1–5	500–600	0,2–0,5	1000–2000	15–20
Магнітно-імпульсне	0,5–1	500–600	0,2–0,5	1000–2000	20–25
Індукційне	2–5	500–600	0,2–0,5	1000–2000	25–30
Хімічне	2–10	450–550	0,2–0,5	800–1500	30–35
В атмосфері з активним газом	1–10	450–550	0,2–0,5	1000–2000	15–25
Плазмове	1–5	500–600	0,2–0,5	1000–2000	10–15
Пульсуюче	0,5–1	500–600	0,2–0,5	1000–2000	5–10
Під тиском	1–5	500–600	0,2–0,5	1000–2000	10–15
Обробка азотуючими пастами	1–24	450–550	0,2–0,5	800–1500	5–10
Традиційне	10–20	500–600	0,2–0,5	800–1500	20–30

Нові методи мають великий потенціал для заміни традиційних методів азотування, що дозволить знизити вплив азотування на навколишнє середовище та зробити цей процес безпечнішим.

На рис. 1 приведені дані щодо енерговитрати процесів з урахуванням тривалості кожного, а також середня вартість обробки [4].

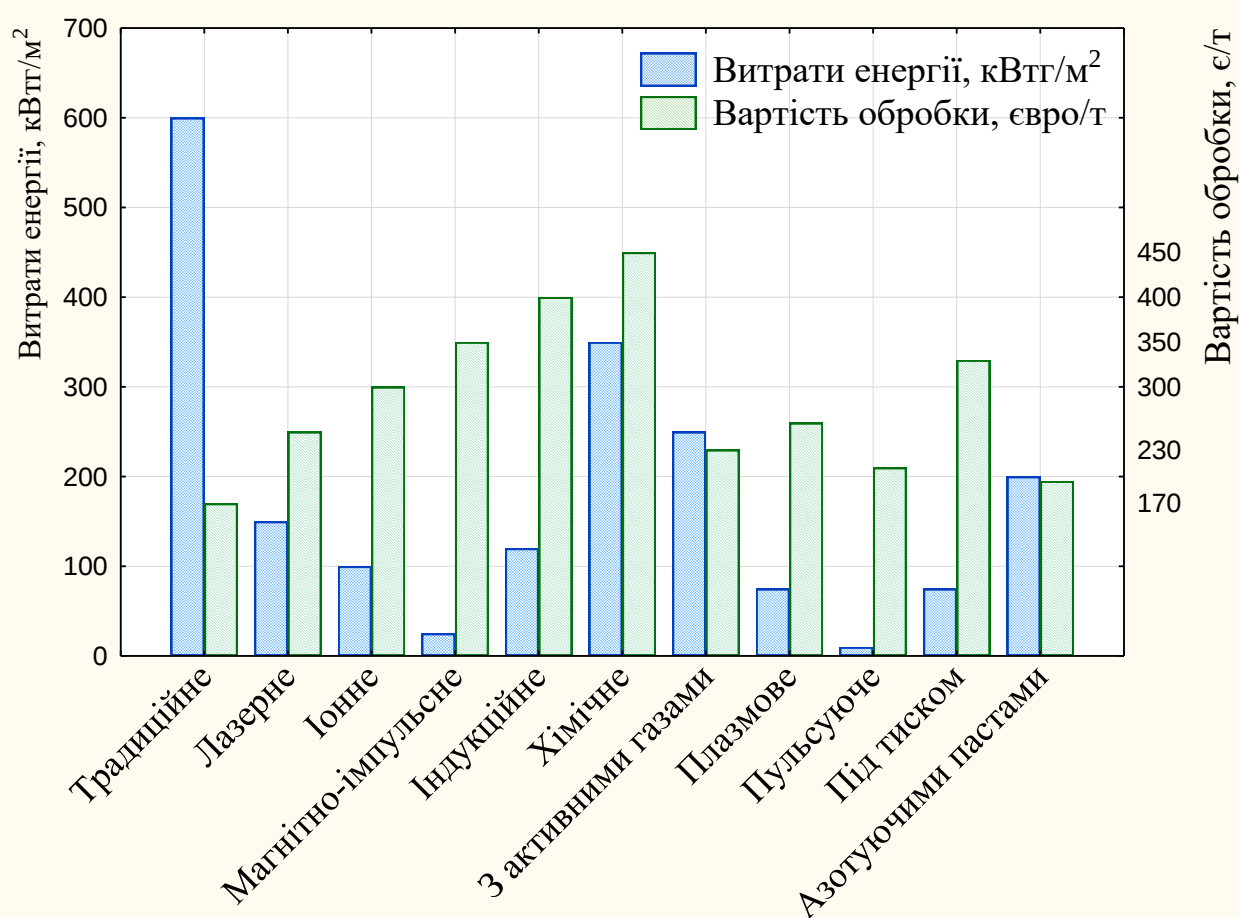


Рис. 1. Порівняльна характеристика енерговитратності та вартості різних видів азотування

Результати порівняння свідчать, що нові методи азотування мають великий потенціал і перспективи для підвищення енергоефективності і екологічної безпеки процесів обробки металів. Однак їх застосування поки що може бути обмежене через економічні фактори, оскільки вони потребують обладнання високої вартості та висококваліфікованого персоналу.

Література:

1. Судовое и энергетическое газотурбостроение. Научно-технический сборник. 2 тома – Николаев: НПКГ «Зоря»-«Машпроект», НО ИАУ, 2004. – Т. 2. – 480 с.
2. Kim S.-H., Kim Y.-M., Park J.-H., & Lim J.-S. Energy consumption of thermochemical treatments: a review // Metals. 2022. Vol. 12. No. 1. P. 1-17. DOI: [10.3390/met12010017](https://doi.org/10.3390/met12010017).
3. Соловйов С.М., Боду С.Ж., & Трофимова О.В. Порівняльний аналіз техніко-економічних і екологічних показників хіміко-термічної обробки // Наукові праці: Науково-методичний журнал. Т. 61. Вип. 48. Техногенна безпека. Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П.Могили, 2007. – С. 74-78. <https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/naukpraci/technogen/2007/61-48-12.pdf>.
4. Limperis, I., Psomopoulos, C.S., Ioannidis, G.Ch., Kaminaris, S.D., Chroni, C., & Lazaridi, K. (2016). Energy consumption of thermochemical treatments: a review. Journal of Thermal Processing and Heat Treatment, 31(4), 455-471. DOI: [10.1007/s11666-016-0284-7](https://doi.org/10.1007/s11666-016-0284-7).

UDC 621.669:502

INNOVATIVE NITRIDING METHODS: ADVANTAGES AND PROSPECTS

Bodu S.

Senior lecturer at the Department of engineering mechanics and machinebuilding technology
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolayiv, Ukraine
svetlana.baudoux@gmail.com

Polishchuk M.

Lecturer at the Department of engineering mechanics and machinebuilding technology
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolayiv, Ukraine
maia.polishchuk@nuos.edu.ua

Abstract. Advantages and disadvantages of new nitriding methods compared to traditional methods are considered. It is established that the new methods have lower energy consumption and processing time, but higher cost, as they require special equipment and high qualification of performers. New methods of nitriding have the potential to increase the energy efficiency and environmental friendliness of metal processing processes, but their application may be limited by economic factors.

Key words: nitriding, energy intensity, innovative methods, ecology.

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., Погорлицький 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

Шумило О.М. Оцінка впливу геометричних параметрів корпусу електрохода на інерційні характеристики.....	78
Смирнов Р. Ю., Зменшення емісії двоокису вуглецю ЕУ контейнеровоза «SABRE TRADER»	82
Пирисунько М.А., Алтухов Є.П., Герус Є.С., Аналіз підвищення ефективності очищення відпрацьованих газів суднових ДВЗ шляхом застосування каталітичних нейтралізаторів	85
Авдюнін Р.Ю., Руденчик В.А., Пошивай М. І., Захист суднового обладнання від корозії	88
Дюков В.О., Шляхи вдосконалення суднової енергетичної установки танкера «FUJISAN MARU» для зниження викидів NO _x та CO ₂	90
Митрофанов О. С., Проскурін А. Ю., Малярєнко В. В., Кирток Б.В., Аналіз використання альтернативних видів палива в двигунах із запаленням від стиснення.....	93
Митрофанов О. С., Проскурін А. Ю., Підвищення ефективності двигуна 1Ч 6,8/5,4 за рахунок використання термохімічної утилізації тепла відпрацьованих газів.....	96
Погорлецький Д.С., Оптимізація витрати високолужного циліндрового масла суднового малообертового двигуна.....	101
Бєков Б.А., Шевцов А.П., Підвищення ефективності газотурбінних установок охолодженням стискаємого повітря через поверхні напрямних лопаток компресора	103
Зубарев А.А., Минєєв А. А., Аналіз підвищення ефективності роботи суднових дизель-генераторів утилізацією теплоти	106
Хоменко В.С., Руденчик В.А., Пошивай М. І., Ризик кібербезпеки на морі	108
Демченко О. С. Нові альтернативні види палива для СЕУ	110
Козлов А. Є. Паливopідготовка на судні	113
Кубінський В.В. Хімічна обробка палива на судні	116
Снісар О. О. Гомогенізація в процесі паливopідготовки	118

СЕКЦІЯ №2. УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ У ЕЛЕМЕНТАХ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Ткач М. Р., Золотий Ю.Г., Фістік О.В., Костріков О.А, Експериментальне та розрахункове моделювання крутильних коливань трансмісії легкої ГТУ	120
Ткач М. Р., Галинкін Ю. М., Монахов А. А., Золотий Ю. Г., Костріков О.А., Використання методу реверс-інженірингу для визначення власних частот і форм коливань	124
Лавренченко Г.К., Слинко О.Г., Бойчук А.С., Козловський С.В., Галкін В.М., Термодинамічний цикл паротурбінної установки з ізохорним процесом перегріву пари	127
Грич А.В., Остапенко О.В. Особливості тригенераційної установки з абсорбційно-адсорбційною холодильною машиною	131
Грич А.В., Остапенко О.В. Система кондиціонування з абсорбційно-парокомпресорною холодильною машиною для машинного відділення теплоелектростанції.....	133
Ніколаєв О.Л., Поліщук В.А., Голенко Л.В., Іщенко Д.О., Пінчук Т.М., Іванющенко М.С., Вдосконалення гідравлічних систем зубошліфувальних верстатів на базі застосування функціональних термочутливих елементів	136
Кузнецов В.В., Кузнецова С.А., Суднові теплообмінні апарати типу «газ»-«рідина» з контрольованим відривом потоку	139
Козловський А. В., Дослідження енергетичних характеристик плазмового стабілізатору полум'я для камери згоряння ГТД.....	141
Козловський А. В., Верифікація математичної моделі нестационарних хімічно реагуючих потоків в низькоемісійних камерах згоряння ГТД	143

Литош О.В. , Енергозберігаючі теплообмінні апарати суднових систем мікроклімату і рефрижерації.....	144
Литош О.В. , Визначення параметрів при перехідних режимах (пуске, зупинці) суднових герметичних компресорних агрегатів.....	147
Калініченко І.В.,; Юрковський Ю.В. , Покращення експлуатаційних показників енергетичної установки танкера керуванням режимами роботи паливної апаратури	149
Serhii Morhun, Mykola Semenov, Ruslan Honcharuk, Evgen Lutsenko, Andrii Ogorodnik , Gas Turbine Engine Rotors Stress-Strain State Determination Under The Vibration Load	152
Natalia Smetankina, Serhii Morhun Gas Turbine Engine Rotors Fatigue Strength Parameters Determination.....	153
Свиридов В.І. , Оцінка технічного стану судових машин і механізмів	155
Надольский В.В. , Зміцнення робочих поверхонь деталей за допомогою хіміко-термічної обробки.....	157
Ключков О.О. , Сучасна термообробка алюмінієвих сплавів	158
Калачова О.В. , Сучасні методи зміцнення зубчастих коліс	159
Зубарев А.А., Серьогін С. М. , Підвищення ефективності систем інертних газів на нафтовивізних танкерах	160

СЕКЦІЯ №3. ЕНЕРГООЩАДНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУДНОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Боду С.Ж., Поліщук М.Я. , Інноваційні методи азотування, переваги та перспективи	162
Ващилєнко М.В., Патлайчук О.В. , Розробка та аналіз теплової схеми гібридної SOFC-GT енергетичної установки для електростанції потужністю 2000 КВт.....	164
Ващилєнко М.В., Патлайчук О.В. , Дослідження впливу підвищення тиску в компресорі на ефективність енергетичної установки типу SOFC-GT.....	168
Borys Tymoshevskyy, Mykhaylo Tkach Efficiency Of Low-Grade Heat Recovery Of Marine Ice With Metal-Hydride Technology	172
Ратушняк І.О., Ратушняк Л.П., Бойченко І.В. , Нові (ринкові) підходи ІМО до зменшення викидів парникових газів та вуглецеємності морського транспорту	173
Ратушняк І.О., Ратушняк Л.П. , Перегляд початкової стратегії ІМО щодо скорочення викидів парникових газів із суден у 2023 році	176
Остапенко О.В. , Автономна теплоелектростанція з інтегрованою ежекторно-абсорбційною холодильною машиною	179
Колбасенко О.В. Димо Б.В., Анастасенко С.М., Стельмах О.І. , Підвищення ефективності спалювання водопаливних емульсій в ДВЗ	181
Artem Hrych Opportunity Analysis To Improving The Efficiency Of Hvac System Of The Integrated Power Plant	185
Грич А.В., Остапенко О.В. , Ефективність кондиціонування повітря з ступеневим охолодженням повітря для автономної теплоелектростанції підприємства.....	188
Victoria Kornienko Enhancing the Fuel Efficiency of Cogeneration Plants by Fuel Oil Afterburning in Exhaust Gas before Boilers	191
Victoria Kornienko , Protection of Condensing Heat Exchange Surfaces of Boilers from Sulfuric Acid Corrosion	196
Чередніченко О.К., Басов О.Ю., Коробейнікова Н.В., Гомон С.В., Сургаєв А.В. , Аналіз проблем контролю енергоефективності суден, які працюють в умовах порту	200
Прудніков І.А., Андрєєв А.А. , Вплив добавок ультрадисперсних порошків м'яких металів у моторне масло дизелів на їх ефективність	203

Гурин К.Ю., Андреев А.А. , Доцільність обробки палива суднових дизелів магніто-гідродинамічними активаторами	205
Андреев А.А., Андреева Н.Б. , Використання надлишкової енергії продуктів згорання для охолодження наддувного повітря ДВЗ	207
Patlaichuk V.M. , Oxy-fuel Combustion Power PLANTs as an Alternative to Conventional Power Generation	210
Патлайчук В.М., Кутняк І.В. , Аналіз параметрів енергетичної установки, виконаної за циклом Аллама	212
Гогоренко О. А., Мошенцев Ю. Л., Немченко А. В. Розробка сучасних охолоджувачів наддувного повітря.....	215

СЕКЦІЯ №4. ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ВНЗ

Ворчакова І. Є., Личко Б. М. Важливість вивчення англійської мови за професійним спрямуванням під час підготовки фахівців з морського судноплавства у ВНЗ	218
Кісєтов Ю. В. Підготовка суднових механіків в умовах декарбонізації флоту	221
Семенов М.М., Шаповалов Ю.О., Дмитрякова І.О., Варваринець А.Л. Стейкхолдери, запит та очікування	225
Новошицький А. В., Євдокимов К.С., Очерedyкo Д.А., Швидкий Р.О. Виготовлення тонкостінних профілів з малопластичних матеріалів	227
Новошицький А. В., Павлов О.О., Репіна О.С. Установка для виготовлення тонкостінних профілів з малопластичних матеріалів	229
Halina Kobalava, Yurii Safin, Yurii Petrokhaus The Influence Of Thermopressor Design Characteristics On The Performance Of A Gas Turbine Multistage Compressor	231

Наукове видання

СУДНОВА ЕНЕРГЕТИКА: СТАН ТА ПРОБЛЕМИ

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

07-08 листопада 2023 року

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Героїв України, 9*

*Машинобудівний навчально-науковий інститут
вул. Кузнецька, 5*

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск Б. М. Личко
Комп'ютерна верстка В. В. Торубара

Формат 60×84/8 Ум. друк. арк. 16,2. Наклад 100. Зам. № 48/23-Ц

Видавець та виготовлювач Торубара В. В.

вул. Наваринська, 5–17, м. Миколаїв, 54001, тел.: (067) 800-70-70

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4626 від 9.10.2013