

**ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА
ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ**

IaTMBBT-2025

**INNOVATIONS AND TECHNOLOGIES IN MARITIME AND
INLAND WATER TRANSPORT**

IandTMIWT-2025

Збірка матеріалів конференції

Свідоцтво № 610 про реєстрацію заходу в Державній науковій установі МОНУ
«Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»

**26 листопада
2025 року
НУ ОМА, Одеса, Україна**

**November 26
2025
NU OMA, Odessa, Ukraine**



Матеріали V науково-технічної конференції молодих вчених «Інновації та технології на морському та внутрішньому водному транспорті» 26.11.2025. – Одеса: НУ ОМА, 2025. – 68 с.

Автори статей несуть персональну відповідальність за зміст та відсутність граматичних, синтаксичних та стилістичних помилок наданих матеріалів.

Усі статті перевіряються на оригінальність (плагіат) у відповідності до чинного положення щодо академічної доброчесності «Положення про систему запобігання та виявлення академічного плагіату у наукових працівників та здобувачів вищої освіти НУ ОМА» №2-03-3 та РАМКОВОГО КОДЕКСУ академічної доброчесності № 2-03-93 Національного університету «Одеська морська академія».

ПЕРЕДМОВА

Шановні молоді вчені!

Вітаємо вас з випуском п'ятого збірника тез доповідей науково-технічної конференції молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ» (ІтаТМВВТ-2025).

Основним завданням конференції є розвиток наукової та творчої активності студентів, аспірантів та молодих вчених, залучення їх до вирішення актуальних науково-технічних задач у транспортній галузі, обговорення широкого кола нових наукових і практичних результатів застосування сучасних інновацій та технологій на морському та внутрішньому водному транспорті, вирішення завдань сучасної науки, формування єдиного науково-освітнього простору, встановлення наукових зв'язків між молодими вченими.

До матеріалів конференції вошли праці молодих науковців по актуальним напрямкам наукових досліджень у транспортній галузі:

- Секція 1** Навігація, морська інженерія та безпека судноплавства
- Секція 2** Управління судновими технічними системами і комплексами
- Секція 3** Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики
- Секція 4** Автоматизоване управління технологічними процесами
- Секція 5** Радіoeлектронні пристрої, системи та комплекси
- Секція 6** Менеджмент в галузі морського та річкового транспорту
- Секція 7** Морське право
- Секція 8** Освіта та наука у підготовці воєнних моряків.

Дана збірка матеріалів конференції стане корисною для її учасників а саме: при вступі до магістратури, при вступі до аспірантури, при захисті випускної кваліфікаційної роботи, при участі у стипендіальних та грантових програмах, тому запрошуємо усіх до участі у наступних конференціях **ІтаТМВВТ**.

Організатори висловлюють свою щирю подяку авторам доповідей та бажають всім надихнення, нових наукових ідей, відкриттів та плідної роботи для досягнення поставлених цілей та задач.

З повагою, Оргкомітет конференції ІтаТМВВТ-2025

З М І С Т

	Стор.
<i>Алексейчук Б.М., керівник Мельник О. М.</i> РОЗРАХУНОК КООРДИНАТ СУДНА ПО ПЕЛЕНГАМ ТА ДИСТАНЦІЯМ ДЕКІЛЬКОХ ОРІЄНТИРІВ	5
<i>Вдовиця О.А., керівник Михайленко В.С.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РЕЖИМІВ ГОРІННЯ ПАЛИВА В СУДНОВИХ КОТЛАХ	8
<i>Ткаленко О. С.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ ANN-PI ² D РЕГУЛЯТОРА НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА INTEL GALILEO	10
<i>Аніканов В.С., керівник Михайленко В.С.</i> ДОСЛІЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СУДНОВОГО ПАРОВОГО КОТЛА	14
<i>Чекерський А.С., керівник Михайленко В.С.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ СТАБІЛІЗАЦІЄЮ КУРСУ СУДНА	17
<i>Герман О.О., Горетий М.А., керівник Михайленко В.С.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ПІДШИПНИКІВ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	19
<i>Романець А. О.</i> МОДЕРНІЗАЦІЯ ДАТЧИКА МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МЕРЕЖІ З ВИСОКОВОЛЬТНИМ ПРИСТРОЄМ ПЛАВНОГО ПУСКУ	21
<i>Гвоздік О.М., керівник Іванова А.В.</i> ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ДІЯЛЬНІСТЬ МОРСЬКИХ ПОРТІВ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЇХ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ	25
<i>Хінева Г.І., Слюсаренко В.Д., керівник Іванова А.В.</i> ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ МОРЕГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД	28



<i>Самойлик А.В., керівник Іванова А.В.</i> МОРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА СТРУКТУРОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ МОРЕПЛАВСТВА	33
<i>Ковальчук К.О., керівник Півторак Г.Ф.</i> ГІБРАЛТАРСЬКА ПРОТОКА: ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ	38
<i>Канєвський С.О., керівник Гвоздева І.М.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СУДНОВОГО КОМПРЕСОРА ПУСКОВОГО ПОВІТРЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ	41
<i>Куропятник О.А.</i> УПРАВЛІННЯ ЕМІСІЄЮ ОКСИДІВ АЗОТУ ШЛЯХОМ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗІВ В СИСТЕМІ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ	43
<i>Разінкін Р.О.</i> КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИЛІНДРОВОЇ ГРУПИ СУДНОВИХ МАЛООБЕРТОВИХ ДИЗЕЛІВ	46
<i>Чалий Д.А., керівник Колєгаєв М.О.</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ МІЖНАРОДНИМ ЕКОЛОГІЧНИМ НОРМАМ ЩОДО ВИКИДІВ ОКСИДІВ СІРКИ	49
<i>Янцєлевич О.С., керівник Сагін С.В.</i> ПІДТРИМАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВИХ МОТОРНИХ МАСТИЛ	51
<i>Скороход Б. Г., керівник Рябцов О.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ШЛЯХОМ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ У ПОВІТРЯНОМУ ЗАЗОРІ	54
<i>Гончарук О. Ю., керівник Дубовик В.О.</i> ПОКРАЩЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ПЕРЕБУВАННЯ МОРЯКІВ НА СУДНІ	56
<i>Каравєлков В.В., Проданов Ю.О., керівник Глазєва О.В.</i> ПРОПУЛЬСИВНІ І ГЕНЕРУЮЧІ МОЖЛИВОСТІ ПАРУСІВ	58

РОЗРАХУНОК КООРДИНАТ СУДНА ПО ПЕЛЕНГАМ ТА ДИСТАНЦІЯМ ДЕКІЛЬКОХ ОРІЄНТИРІВ

Алексейчук Б.М.

У сучасних ЕКНІС передбачена можливість визначення місця судна за пеленгами та дистанціями до орієнтирів на електронній карті. Так як похибки виміру пеленгу і дистанції розподілені за нормальним законом, то методом максимальної правдоподібності є метод найменших квадратів, за допомогою якого розраховуються обсервовані координати. Однак для такого розрахунку потрібно кожен вимір подати відповідним рівнянням лінії положення, тому слід за вимірними значеннями пеленгів та дистанцій до орієнтирів з відомими координатами знайти величини перенесень та напрямків градієнтів ліній положення. Після цього провадиться розрахунок ефективних координат судна.

Розглянемо рівняння ліній положення для випадків вимірних пеленгу та дистанції до орієнтирів на електронній карті, координати яких відомі.

Позначимо координати орієнтирів електронної картки φ_{ki} та λ_{ki} . Припустимо, що точка положення судна, що зчислюється, має координати φ_c і λ_c . Як опорну вибираємо прямокутну систему координат ОХУ з початком в точці $M_c(\varphi_c, \lambda_c)$, що злічується.

Положення орієнтирів електронної карти в цій системі координат задамо прямокутними координатами X_{ki} та Y_{ki} . Причому очевидно:

$$X_{ki} = \varphi_{ki} - \varphi_c; \quad Y_{ki} = (\lambda_{ki} - \lambda_c) / \cos \varphi_c.$$

Відомо, що похибка лінії положення ξ_i , як функція координат X і Y , визначається наступним виразом [1]:

$$\xi_i = X \sin \alpha_i + Y \cos \alpha_i - r_{oi},$$

де α_i і r_{oi} - відповідно напрям градієнта параметра та перенесення.

Знайдемо вирази α_i і r_{oi} для навігаційних параметрів пеленгу та відстані. Модуль градієнта навігаційного параметра визначається різницею між його вимірним і значенням, що обчислюються, у напрямку. Для пеленгу перенесення r_{bi} визначається наступним виразом:

$$r_{bi} = (B_{oi} - B_{si})D_i,$$

де B_{oi} і B_{si} - відповідно вимірний та обчислюваний пеленг;

D_i - дистанція до орієнтиру.

У свою чергу, величини B_{si} і D_i розраховуються, виходячи зі значень координат орієнтиру X_{ki} і Y_{ki} , причому:

$$D_i = \sqrt{X_{ki}^2 + Y_{ki}^2},$$

$$B_{si} = \begin{cases} \arcsin \frac{X_{ki}}{D_i}, & \text{if } X_{ki} > 0, Y_{ki} > 0; \\ 2\pi + \arcsin \frac{X_{ki}}{D_i}, & \text{if } X_{ki} < 0, Y_{ki} > 0; \\ \pi - \arcsin \frac{X_{ki}}{D_i}, & \text{if } Y_{ki} < 0; \end{cases}$$

Перенесення відстані r_{di} виражається так:

$$r_{di} = D_{oi} - D_{si},$$

де D_{oi} і D_{si} - відповідно виміряна відстань і відстань, що обчислюється.

Напрямок градієнта пеленгу α_{bi} , як впливає з рис.2, визначається з виразу:

$$\alpha_{bi} = \begin{cases} B_{oi} + \pi/2, & \text{if } r_{bi} > 0; \\ B_{oi} - \pi/2, & \text{if } r_{bi} < 0. \end{cases}$$

Аналогічно, напрям градієнта відстані α_{di} обчислюється за такою формулою:

$$\alpha_{di} = \begin{cases} B_{si}, & \text{if } r_{di} > 0; \\ B_{si} + \pi, & \text{if } r_{di} < 0. \end{cases}$$

Таким чином, похибки ЛП пеленгу ξ_{bi} та відстані ξ_{di} виражаються таким чином:

$$\xi_{bi} = X \sin \alpha_{bi} + Y \cos \alpha_{bi} - r_{bi},$$

$$\xi_{di} = X \sin \alpha_{di} + Y \cos \alpha_{di} - r_{di}.$$

Розглянемо визначення ефективних збільшень координат X та Y , що мають мінімальну дисперсію. Якщо позначити похибки вимірювання дистанції через m_d і пеленгу через m_b , то очевидні такі рівності:

$$\xi_{di} = m_d, \quad \xi_{bi} = D_i m_b. \quad (1)$$

Припустимо, похибки вимірювання дистанції m_d та пеленгу m_b мають нормальний розподіл із щільностями [2]:

$$\tilde{f}_b(m_b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_b} \exp\left(-\frac{m_b^2}{2\sigma_b^2}\right), \quad \tilde{f}_d(m_d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} \exp\left(-\frac{m_d^2}{2\sigma_d^2}\right),$$

де σ_b^2 і σ_d^2 - дисперсії похибок вимірювання відповідно пеленгу та дистанції.

З урахуванням виразу (1) щільності розподілу похибок ЛП пеленгу $f_b(\xi_{bi})$ та відстані $f_d(\xi_{di})$ відповідно і також є нормальними і мають такі вирази:

$$f_d(\xi_{di}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} \exp\left(-\frac{m_d^2}{2\sigma_d^2}\right), \quad f_b(\xi_{bi}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_b D_i} \exp\left(-\frac{m_b^2}{2D_i^2\sigma_b^2}\right).$$

У разі нормального розподілу щільності похибок ЛП рівняння правдоподібності набувають вигляду [3]:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n1} \frac{\sin \alpha_{di}}{\sigma_{di}^2} (X \sin \alpha_{di} + Y \cos \alpha_{di} - r_{di}) + \sum_{i=1}^{n2} \frac{\sin \alpha_{bi}}{D_i^2 \sigma_{bi}^2} (X \sin \alpha_{bi} + Y \cos \alpha_{bi} - r_{bi}) = 0, \\ \sum_{i=1}^{n1} \frac{\cos \alpha_{di}}{\sigma_{di}^2} (X \sin \alpha_{di} + Y \cos \alpha_{di} - r_{di}) + \sum_{i=1}^{n2} \frac{\cos \alpha_{bi}}{D_i^2 \sigma_{bi}^2} (X \sin \alpha_{bi} + Y \cos \alpha_{bi} - r_{bi}) = 0, \end{cases}$$

де $n1$ і $n2$ - відповідно число ЛП відстані та пеленгу.

Одержану систему рівнянь можливо записати наступним чином:

$$\begin{cases} AX + BY = C, \\ BX + DY = E, \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{де } A &= \sum_{i=1}^{n1} \frac{\sin^2 \alpha_{di}}{\sigma_{di}^2} + \sum_{i=1}^{n2} \frac{\sin^2 \alpha_{bi}}{D_i^2 \sigma_{bi}^2}, & B &= \sum_{i=1}^{n1} \frac{\sin \alpha_{di} \cos \alpha_{di}}{\sigma_{di}^2} + \sum_{i=1}^{n2} \frac{\sin \alpha_{bi} \cos \alpha_{bi}}{D_i^2 \sigma_{bi}^2}, \\ C &= \sum_{i=1}^{n1} \frac{\sin \alpha_{di}}{\sigma_{di}^2} r_{di} + \sum_{i=1}^{n2} \frac{\sin \alpha_{bi}}{D_i^2 \sigma_{bi}^2} r_{bi}, & D &= \sum_{i=1}^{n1} \frac{\cos^2 \alpha_{di}}{\sigma_{di}^2} + \sum_{i=1}^{n2} \frac{\cos^2 \alpha_{bi}}{D_i^2 \sigma_{bi}^2}, & E &= \sum_{i=1}^{n1} \frac{\cos \alpha_{di}}{\sigma_{di}^2} r_{di} + \sum_{i=1}^{n2} \frac{\cos \alpha_{bi}}{D_i^2 \sigma_{bi}^2} r_{bi} \end{aligned}$$

Вирішуючи дану систему рівнянь отримаємо значення X та Y , що є ефективними оцінками прирощень координат, тобто $\Delta X_c = X$, $\Delta Y_c = Y$, причому:

$$\Delta X_c = \frac{CD - BE}{AD - B^2}, \quad \Delta Y_c = \frac{AE - BC}{AD - B^2}.$$

Очевидно, обсервовані координати φ_o і λ_o визначаються виразами:

$$\varphi_o = \varphi_c + \Delta X_c, \quad \lambda_o = \lambda_c + \Delta Y_c \cos \varphi_c,$$

де φ_c і λ_c - координати судна, що числяться.

Висновок. Таким чином, якщо в ЕКНІС реалізувати наведений алгоритм розрахунку обсервованих координат, вимірюючи пеленги і дистанції до орієнтирів електронної карти і використовуючи зазначений алгоритм, можна забезпечити необхідну точність судноводіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Астайкин Д.В., Сикирин В.Е., Ворохобин И.И., Алексейчук Б.М. Оценка точности координат судна при избыточных измерениях, – Saarbrucken, Deutschland / Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 274 с.
2. Кондрашихин В.Т. Определение места судна, - М.: Транспорт, 1989.- 182 с.
3. Ворохобин И.И. Разработка теории и методов оценки повышения надежности судовождения. – Одесса: НУ «ОМА», 2019. – 252 с.

Алексейчук Богдан Михайлович
здобувач третього рівня вищої освіти,
Одеський національний морський університет, м. Одеса;
<https://orcid.org/0000-0003-1043-5174>
e-mail: navi.dane4ka@gmail.com

Науковий керівник Мельник Олексій Миколаєвич
д.т.н., завідувач кафедри судноводіння і морської безпеки,
Одеський національний морський університет, м. Одеса;
<https://orcid.org/0000-0001-9228-8459>
e-mail: m.onmu@ukr.net

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РЕЖИМІВ ГОРІННЯ ПАЛИВА В СУДНОВИХ КОТЛАХ

Вдовиця О.А.

Сучасна морська галузь вимагає підвищення ефективності використання енергоресурсів і зменшення впливу на довкілля. Традиційні системи автоматизації процесів горіння у суднових котлах часто не враховують змінні умови експлуатації, тому вимагають постійного втручання операторів. Це підвищує ризик помилок і призводить до нестабільної роботи котельного обладнання. Використання інтелектуальних систем контролю дозволяє створити адаптивне управління, яке автоматично підтримує оптимальні режими горіння залежно від поточних умов. Такий підхід підвищує ефективність, зменшує споживання палива та сприяє безпечній експлуатації суден[1].

Інтелектуальна система контролю режимів горіння включає три основні модулі:

- **Вимірювальний модуль**: який збирає дані з датчиків температури, тиску, витрати палива, вмісту кисню та димових газів.

- **Аналітичний модуль**: що здійснює обробку даних за допомогою алгоритмів машинного навчання та нечіткої логіки.

- **Виконавчий модуль**: який автоматично коригує подачу палива та повітря для підтримання оптимального режиму горіння [2].

Ця структура забезпечує безперервний контроль параметрів процесу та зворотний зв'язок між усіма рівнями управління. Система здатна адаптуватися до змін зовнішніх умов і коригувати режими горіння в реальному часі.

Машинне навчання дозволяє системі аналізувати історичні дані роботи котла, виявляти закономірності та прогнозувати необхідні зміни параметрів. Нечітка логіка застосовується у випадках, коли точна математична модель процесу відсутня або умови експлуатації непостійні.

Наприклад, система формує експертні правила типу: *“Якщо температура димових газів зростає, а рівень кисню знижується, то зменшити подачу палива.”*

Такі правила базуються на досвіді операторів і реалізують принципи **експертного управління**, дозволяючи системі приймати обґрунтовані рішення навіть при неповній або суперечливій інформації [3].

У системі передбачено механізм **експертної адаптації параметрів регуляторів** (наприклад, PI-регулятора), який змінює коефіцієнти пропорційності та інтеграції в залежності від поточного стану процесу.

Це забезпечує гнучке налаштування системи без необхідності ручного втручання оператора. У результаті підвищується точність регулювання, зменшується час виходу на робочий режим і усуваються коливання тиску або температури, що позитивно впливає на надійність роботи котельного обладнання [4].

Впровадження інтелектуальної системи контролю забезпечує:

- підвищення енергоефективності роботи котлів;
- зниження витрат палива на 10–15%;
- зменшення викидів шкідливих газів (NO_x, CO₂);
- зниження кількості операторських помилок;
- можливість дистанційного моніторингу та автономної роботи системи.

Таким чином, інтелектуальний підхід дозволяє створити на борту судна **самонавчальну систему управління**, що адаптується до реальних експлуатаційних умов і забезпечує стабільність та економічність енергетичної установки.

Висновки: Інтелектуальна система контролю режимів горіння палива в судових котлах є перспективним напрямом розвитку судової автоматизації. Поєднання алгоритмів машинного навчання, нечіткої логіки та експертного управління створює основу для адаптивного керування, яке забезпечує стабільність, економічність і екологічність судових енергетичних установок.

Реалізація таких систем сприяє переходу до автономного управління суднами, де головні енергетичні процеси контролюються автоматично, із мінімальною участю людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко О.П., Іванов Ю.В. Автоматизація систем управління судовими енергетичними установками. Київ: Наукова думка, 2020.
2. Wang Y., Zhang L. Intelligent Control of Marine Boiler Combustion Process Using Machine Learning Algorithms. Journal of Marine Engineering and Technology, 2021.
3. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. Proc. Inst. Elect. Eng., 1974.
4. Mezhuiev V., Mykhailenko V. Intellectual Improvement of the Control System for Harmful Emissions of a Ship's Utilizing Boiler. Information Control Systems & Technologies, Одеса, 2023.

Вдовиця Олег Андрійович
здобувач другого рівня вищої освіти,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: olegvdovitsa55@gmail.com

Науковий керівник Михайленко Владислав Сергійович
д.т.н., професор кафедри електрообладнання і автоматики суден,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
<https://orcid.org/000-0002-1401-0053>
e-mail: vladmihailen@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ ANN-PI^μD РЕГУЛЯТОРА НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА INTEL GALILEO

Ткаленко О.С.

В прокатному стані між клітими чорнової та чистової прокатки встановлюються так звані барабанні ножиці, які відрізають передні і задні кінці подкату. Цей процес супроводжується миттєвим, тривалістю до 0.2 s, ударом навантаження, яке за амплітудою співставно з номінальним моментом двигуна потужністю 3.5 MW.

Для отримання високоякісного зрізу в момент удару електропривод повинен відпрацювати так, щоб коливання швидкості були мінімально можливими. Встановлено, що для досягнення найкращих показників в системі керування доцільно використовувати ANN-PI^μD регулятор, який є поєднанням двох сучасних підходів: дробово-інтегральна складова забезпечує порядок астатизму вище 1 (від 1.3 до 1.8), а нейронні компоненти дозволяють адаптувати регулятор до параметрів об'єкту керування.

Мета роботи – довести можливість реалізації ANN-PI^μD регулятора на базі сучасних однокристальних мікроконтролерів.

Умовно передавальну функцію ANN-PI^μD регулятора можна записати наступним чином, маючи на увазі некоректність використання перетворення Лапласа для нелінійних систем:

$$H_{NN-FrPID} = \left(1 + \frac{1}{bT_v s} \right) \left(NN_P \frac{T_i}{k_p a T_v^\mu} + NN_I \frac{1}{k_p a T_v^\mu s^\mu} + NN_D \frac{T_a T_i s}{a T_v^\mu k_p} \right), \quad (1)$$

де NN_P , NN_I , NN_D – нелінійні функції тришарових нейронних мереж прямого розповсюдження сигналу, які доповнюють відповідні складові регулятора.

Серед цих складових є тільки одна з дробовим порядком інтегрування, реалізація якої і забезпечує дробову частку порядку астатизму системи, а додаткову одиницю забезпечує перша ПІ-складова.

При реалізації розрахунків дробового інтеграла $I^\mu(s)$ в цифровому регуляторі обраного об'єкта найкращу точність забезпечує розкладання Оусталоупа [1] з кількістю піддіапазонів $N = \pm 8$ від 0 на логарифмічній шкалі в частотному діапазоні $\omega_L = 0.1^{3.75} \dots \omega_H = 10^{3.75} s^{-1}$ для точного охопту області $0.01 \dots 100 s^{-1}$:

$$I^\mu(s) = \prod_{n=-N}^N \frac{s / \omega_{kp\ n} + 1}{s / \omega_{k\ n} + 1}, \quad \lambda = \frac{\omega_H}{\omega_L}, \quad \omega_{kp\ n} = \lambda^{\omega_L(n+N-0.5\mu)/(2N+1)}, \quad \omega_{k\ n} = \lambda^{\omega_L(n+N+0.5\mu)/(2N+1)}. \quad (2)$$

Тоді кожна складова такого розкладання представляє собою інтегрально-диференціальну ланку 1-го порядку:

$$H_n(s) = \frac{s / \omega_{kp\ n} + 1}{s / \omega_{k\ n} + 1}, \quad (3)$$

яку можна розглядати, як аперіодичну ланку 1-го порядку з постійною часу $1 / \omega_{k\ n}$, на вхід якої подається сума вхідного сигналу і його похідної з коефіцієнтом $1 / \omega_{kp\ n}$.

Тоді загальна процедура розрахунку вихідного сигналу регулятора складається з наданих на рис. 1 процедур: стартової для розрахунку діапазонів апроксимації та зміщення

ЛАЧХ за розкладенням Оусталоупу та розрахунку сигналу дробово-інтегральної складової регулятора в кожному циклі.

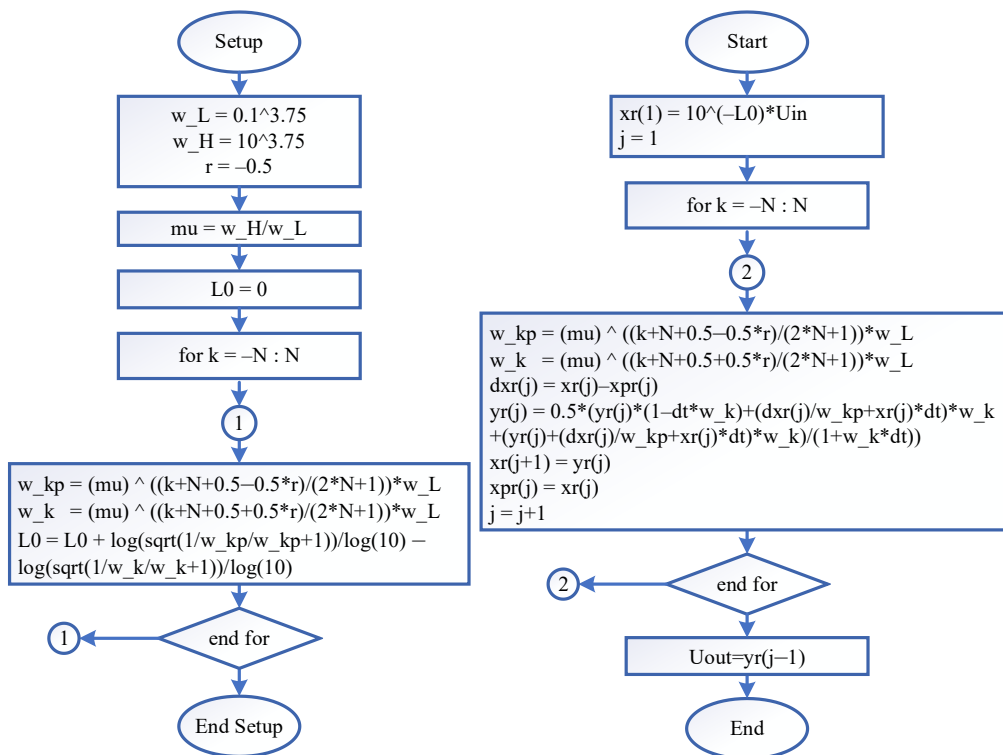


Рисунок 1 – Алгоритм розрахунку дробово-інтегральної складової регулятора

Для перевірки можливості реалізації запропонованого регулятора розроблено програму для контролерів серії Arduino: Mega2560 та Intel Galileo Gen. 2 (рис. 2).

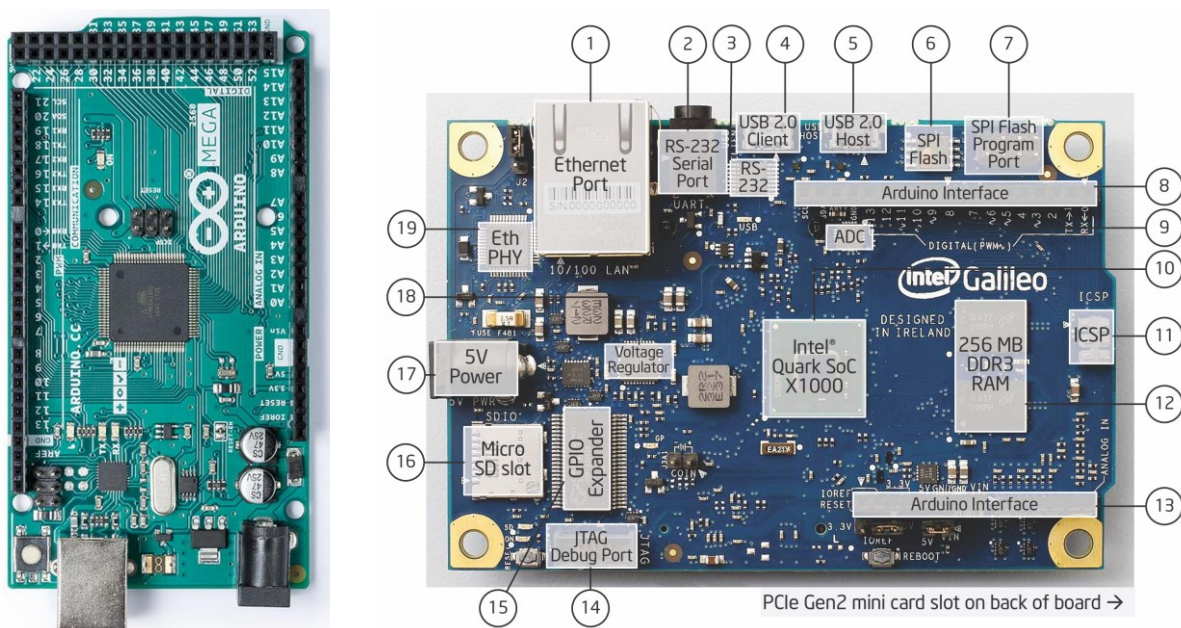


Рисунок 2 – Контролери Arduino Mega 2560 і Intel Galileo

В основі першого контролера використано 16-розрядний процесор AVR328 (ATMEGA2560) з цілочисельною арифметикою. В середовищі Arduino IDE реалізовано необхідні бібліотеки для обробки стандартних типів даних мови програмування C++ і виконання математичних операцій з дійсними числами. Однак такі операції виконуються за окремими підпрограмами і тому перевірка показала, що для розрахунку дробового інтеграла порядку 0.5 з кроком часу 0.01 s такому процесору необхідний час в 200 разів довший: 2.17...2.39 s.

В основі другого контролера використано 32-розрядний процесор Intel Quark SoC X1000 з вбудованою обробкою для дійсних даних формату double. Такому процесору для виконання операцій з розрахунку дробового інтеграла з використанням перетворення Оусталоупа в діапазоні $0.1^{3.75} \dots 10^{3.75}$ з кроком часу 0.01 s знадобився час у два рази більше необхідного. Але скорочення частотного діапазону до $0.1^{2.75} \dots 10^{2.75}$ дозволяє суттєво прискорити розрахунки – час виконання програми для фактичного інтервалу 2 s склав 0.407 s, тобто процесор забезпечує швидкість в 5 разів більше мінімально необхідної. При такому частотному діапазоні на розрахунковому інтервалі 10 s середньоквадратична помилка збільшується до 0.0089 (проти 0.0009), а миттєва помилка збільшується приблизно в 7 разів, але не перевищує 0.5%.

За допомогою інструменту Serial Plot побудовано графік вихідного сигналу програми розрахунку дробового інтегралу порядку 0.5 при одиничному стрибку завдання. Розрахунок в програмі виконується з необхідним для досягнення заданої точності кроком dt, а крок відображення в Serial Plot обирається відповідно до кількості крапок, які зберігаються в цьому інструменті – 50 (рис. 3).

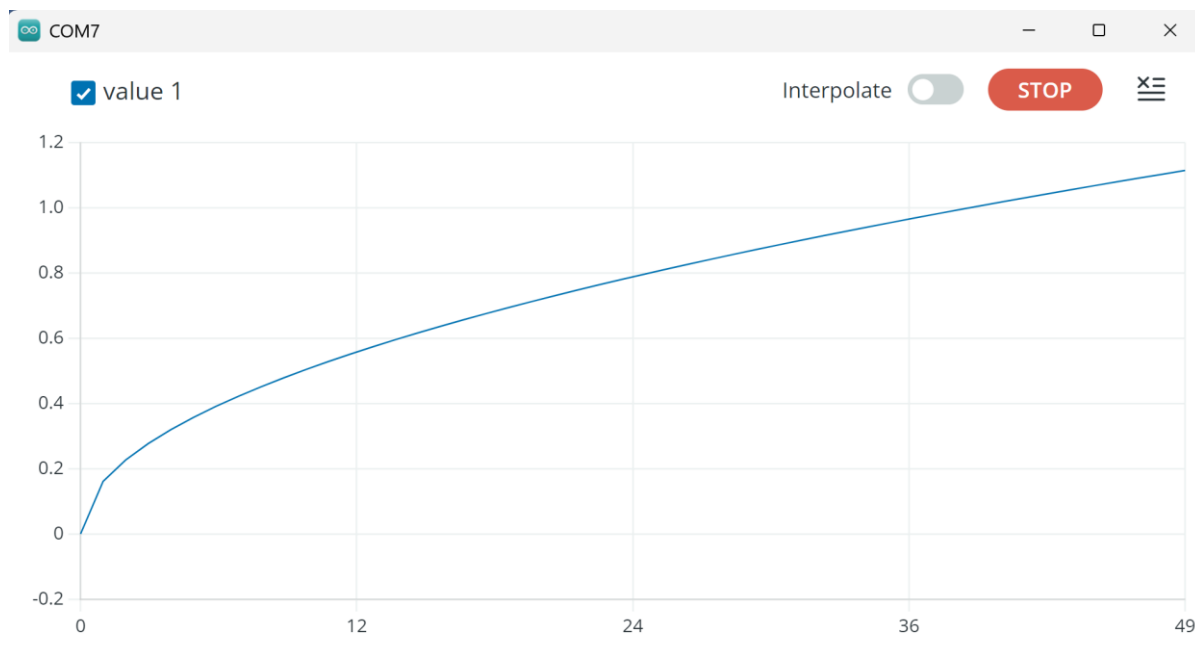


Рисунок 3 – Результат розрахунку дробового інтегралу порядку 0.5 в контролері Arduino Intel Galileo Gen. 2 на інтервалі 0...0.98 s з кроком відображення 0.02 s

Графік збігається з розрахованими за допомогою комп'ютерних програм і точним рішенням для цього випадку $y(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{t}$ з припустимою для інженерних розрахунків в системах зі зворотним зв'язком помилкою (0.0014 в момент часу 1 s).

Процедура навчання мережі виконується значно швидше: ми навмисно збільшили кількість епох до 1000 і 10000 та отримали середній час розрахунку для 10-и нейронів прихованого шару 61...62 ms / 1000 epochs та 599...601 ms / 10000 epochs, тобто приблизно 0.06 ms/epoch; для 3-х нейронів – 0.02 ms/epoch; для 2-х нейронів – 0.014 ms/epoch.

Висновки. Реалізація складних цифрових регуляторів стає можливою при використанні сучасних мікроконтролерів. 32-розрядний процесор Intel Quark SoC X1000, на базі якого побудований Intel Galileo Gen. 2 з платформою Arduino, успішно справляється з розрахунками дробового інтегралу з використанням розкладання Оусталоупа в частотному діапазоні $0.1^{2.75} \dots 10^{2.75} \text{ s}^{-1}$ – час виконання програми для фактичного інтервалу 2 s склав 0.407 s, тобто процесор забезпечує швидкість в 5 разів більше мінімально необхідної. Розрахунки, що необхідні для роботи і навчання нейронних складових ANN-PID та ANN-PI^μD регуляторів, виконуються значно швидше і не пред'являють ніяких особових вимог до процесорів, що мають вбудовану обробку дійсних даних форматів float і double.

ЛІТЕРАТУРА

1. O. P. Chorny, L. V. Herasymenko, V. V. Busher, The learning process simulation based on differential equations of fractional orders, CTE Workshop Proceedings 8 (2021) 473–483. <https://doi.org/10.55056/cte.301>
2. V. Busher, V. Zakharchenko, A. Shestaka, V. Kuznetsov, V. Kuznetsov, S. Nader, Optimization of the Control of Electromagnetic Brakes in the Stand for Tuning Internal Combustion Engines Using ID Regulators of Fractional Order, Energies 15 (24) (2022) 9378. <https://doi.org/10.3390/en15249378>
3. A. Oustaloup, P. Melchior, P. Lanusse, O. Cois, F. Dancla, The CRONE toolbox for Matlab, in: CACSD. Conference Proceedings. IEEE International Symposium on Computer-Aided Control System Design (Cat. No.00TH8537), 2000, pp. 190–195. <https://doi.org/10.1109/CACSD.2000.900210>

Ткаленко Олександр Сергійович,
здобувач третього рівня вищої освіти,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро;
<https://orcid.org/0009-0005-7257-7671>
e-mail: oleksandr.tkalenko@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СУДНОВОГО ПАРОВОГО КОТЛА

Аніканов В.С.

Ефективна робота суднового парового котла (СПК) є ключовою умовою стабільного функціонування енергетичної установки судна. В умовах тривалої експлуатації, змінних кліматичних факторів, різних видів палива та складних теплових навантажень виникає необхідність забезпечення не лише працездатності котла, але й високого рівня його енергоефективності.

Однак реальні експлуатаційні процеси супроводжуються низкою проблем, пов'язаних із відхиленням режимів роботи котла від оптимальних, зниженням коефіцієнта корисної дії, процесами погіршення в матеріалах та неадекватним відображенням стану системи стандартними засобами контролю.

У цьому контексті важливого значення набуває створення інтелектуальної системи моніторингу, здатної здійснювати прогнозування, оптимізацію режимів і раннє виявлення відхилень у роботі СПК.

Основні проблеми енергоефективності та надійності суднового парового котла

1. Перегрів, перевитрата палива та нераціональна робота котла. Однією з ключових проблем є нестабільність теплових процесів у котлі, яка призводить до перевитрати палива та передчасного зносу елементів конструкції.

Під час зміни навантаження енергетичної установки, переходу судна з одного кліматичного поясу в інший або при коливанні якості палива, відбуваються значні зміни температури і параметрів тиску.

Якщо система регулювання не враховує цих коливань у реальному часі, котел часто працює з надлишковими тепловими параметрами, що призводить до:

- підвищення температури металу труб і барабанів;
- зростання витрати палива до 10–15%;
- появи термомеханічних напружень у зварних швах;
- скорочення ресурсу котла.

Класичні системи контролю працюють за принципом «реакції на відхилення», тобто регулюють параметри лише після появи дисбалансу, тоді як інтелектуальні системи мають забезпечувати прогнозне керування, що мінімізує коливання параметрів та стабілізує процес горіння [1].

2. Накопичення накипу, корозія та зниження коефіцієнта корисної дії. Наступною суттєвою проблемою є накопичення накипу на внутрішніх поверхнях нагріву котла.

Підживлювальна вода навіть після попередньої обробки містить розчинені солі кальцію, магнію, кремнію та інші мікро домішки. У процесі тривалої роботи вони осідають на стінках труб у вигляді накипу, який діє як теплоізоляційний шар.

Це знижує теплопередачу від полум'я до води, внаслідок чого:

- підвищується температура металу нагрівальних елементів;
- збільшується витрата палива;
- зростає ризик локального перегріву або прогорання труб;
- активізується підшарова корозія.

Традиційні системи моніторингу контролюють лише тиск і температуру, що не дозволяє виявити повільні процеси деградації.

Інтелектуальна система має виявляти накип опосередковано, за допомогою математичних моделей та аналізу відхилень між реальними та еталонними режимами теплопередачі [2].

3. Відсутність адаптивного управління при зміні умов експлуатації. У процесі експлуатації судна умови роботи котла постійно змінюються. Це може бути пов'язано з:

- переходом на інший тип палива (мазут, дизельне паливо, газ);
- зміною електричного навантаження;
- коливаннями температури навколишнього середовища;
- нестабільністю системи подачі повітря або води.

Якщо система регулювання не має адаптивного характеру, вона не здатна оперативно реагувати на зміну зовнішніх параметрів.

Це призводить до частих перехідних режимів роботи, під час яких спостерігаються короточасні перегріву та охолодження металу, що викликає втомні руйнування матеріалу та зменшує строк служби котла.

Відсутність модулів прогнозування у складі системи моніторингу знижує ефективність управління: система лише фіксує наслідки порушень, але не запобігає їх появі [3].

Шляхи вирішення в межах інтелектуальної системи моніторингу.

1. Оптимізація енергетичних режимів за допомогою інтелектуальних алгоритмів. Для підвищення стабільності роботи котла пропонується створення модуля оптимізації енергорежимів, який базується на використанні методів нейронних мереж, нечіткої логіки (fuzzy logic) або евристичних моделей адаптивного управління.

Такий модуль повинен аналізувати у реальному часі:

- параметри тиску, температури та витрати палива;
- температуру димових газів;
- зовнішні умови (температура води, навантаження судна);
- історичні тренди змін показників.

На основі цих даних система формує оптимальний режим подачі палива та повітря, що забезпечує мінімальну перевитрату палива та стабільну температуру пари.

Використання адаптивного П-регулятора дозволяє знизити енерговитрати на 5–10% і підвищити рівномірність теплового навантаження, тим самим продовжуючи ресурс котла.

2. Віртуальні сенсори для виявлення накипу та деградаційних процесів. Одним із напрямів підвищення точності контролю є застосування віртуальних сенсорів (digital twins).

Це математичні моделі, які розраховують непрямі параметри — наприклад, коефіцієнт теплопередачі — на основі вимірювань температури, тиску, витрати палива та швидкості нагріву металу.

Порівняння цих показників з еталонними даними «чистого» котла дає змогу визначити наявність накипу або корозійних процесів на ранніх стадіях.

Алгоритми машинного навчання можуть бути навчені на історичних даних для визначення характерних закономірностей деградації.

Впровадження такого модуля дозволяє:

- своєчасно планувати технічне обслуговування;
- попереджати зниження ККД;
- зменшити витрати на ремонт і продовжити термін служби обладнання.

3. Прогнозне управління на основі моделей машинного навчання

Для уникнення різких коливань параметрів пропонується застосування прогнозного регулювання, заснованого на використанні рекурентних нейронних мереж (RNN, LSTM) або гібридних моделей ARIMA + ML.

Такі моделі здатні аналізувати часові ряди даних та прогнозувати майбутні зміни параметрів котла (тиск, температура, рівень води) на 5–10 хвилин уперед.

Завдяки цьому система може передбачити перехід у небажаний режим і здійснити коригувальні дії заздалегідь: регулювати подачу палива, тягу повітря або інтенсивність охолодження.

Це суттєво зменшує кількість аварійних ситуацій і підвищує надійність експлуатації.

4. Самодіагностика та оцінка достовірності даних. Інтелектуальна система повинна мати механізм самодіагностики, який визначає достовірність отриманих даних.

Якщо система виявляє суперечність між показниками різних сенсорів (наприклад, тиск зростає, а температура падає), вона формує попередження про можливу несправність датчика.

Це підвищує надійність рішень, що приймаються, і знижує ризик помилкових сигналів.

5. Інтеграція енергетичних показників у загальну систему моніторингу судна. Для досягнення максимальної ефективності інтелектуальна система моніторингу котла має бути інтегрована в єдину цифрову платформу енергоменеджменту судна, яка об'єднує дані з турбін, генераторів, насосів та допоміжних систем.

У такому випадку система може аналізувати загальний енергетичний баланс судна і координувати роботу котла з іншими агрегатами.

Наприклад, при зниженні навантаження турбіни система автоматично зменшує вироблення пари, запобігаючи перевитраті палива.

Висновки: Застосування інтелектуальних систем моніторингу, що базуються на принципах машинного навчання, нечіткої логіки та цифрових двійників, відкриває нові можливості для підвищення ефективності, безпеки та довговічності судових енергетичних установок. Комплексне впровадження таких систем дозволить суттєво скоротити енергетичні втрати, зменшити навантаження на персонал і підвищити рівень автоматизації морських технологічних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mezhuyc, V., Gunchenko, Y., Mikhailenko, V., Kharchenko, R., Leshchenko, V. *Mathematical Simulation Process Increasing Energy Efficiency of Ship Steam Boilers*. National University "Odessa Maritime Academy", Україна;
2. Zhitarenko, V., Bejan, V., Ostapenko, O. *Adaptation of mathematical model of heat and energy characteristics of medium pressure boilers to real operating conditions*. Україна.
3. Chamorro, M. V., Avella, J. C., Barrios, F. G., Avila, A. M., Peña Marriaga, M. *Operational control of the energy performance of a water-tube boiler using intelligent monitoring of operating variables and parameters*. EUREKA: Physics and Engineering, 2024

Аніканов Владислав Сергійович
здобувач другого рівня вищої освіти,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: anikan07.10@gmail.com

Науковий керівник Михайленко Владислав Сергійович
д.т.н., професор кафедри електрообладнання і автоматики суден
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
<https://orcid.org/000-0002-1401-0053>
e-mail: vladmihailen@gmail.com

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ СТАБІЛІЗАЦІЄЮ КУРСУ СУДНА

Чекерський А.С.

Сучасне суднобудування стрімко розвивається у напрямі автоматизації та інтелектуалізації процесів управління. Однією з ключових завдань під час руху судна є стабілізація його курсу — забезпечення стійкого руху заданої траєкторії при впливі зовнішніх збурень, як-от вітер, хвилі і течії. Традиційні системи управління, засновані на класичних ПД-регуляторах, поступово поступаються місцем інтелектуальним системам, здатним адаптуватися до умов, що змінюються, і навчатися в процесі експлуатації [1].

Інтелектуальне управління стабілізацією курсу базується на застосуванні алгоритмів штучного інтелекту, нейронних мереж та методів машинного навчання. Ці технології дозволяють судовій системі аналізувати великі обсяги даних з датчиків (гірокомпас, GPS, акселерометри, гіроскопи, датчики швидкості та положення керма) і виробляти оптимальні керуючі впливи на рульові приводи або пристрої, що підрюлюють. На відміну від класичних систем, інтелектуальні алгоритми здатні враховувати нелінійність морського середовища, запізнення сигналів та невизначеність параметрів.

Одним із ефективних підходів є використання адаптивних нейромережових контролерів, які навчаються у реальному часі. Вони можуть коригувати керування при зміні маси, швидкості або розподілу навантаження на борту [2].

Крім того, впровадження нечіткої логіки (fuzzy logic) дозволяє приймати рішення в умовах неповної інформації за рахунок досвіду експерта судноводія. Це особливо важливо за умови навігації у складних погодних умовах. Однією з областей впровадження алгоритмів нечіткої логіки є завдання управління з високим рівнем невизначеності спричиненої тими чи іншими причинами (наприклад, завдання розбіжності суден, управління курсом у штормі т.п.) де застосування ПД та ПД - законів управління супроводжується суттєвими похибками.

Судно – нелінійний об'єкт і важко забезпечити високу якість виконання маневрів курсом за допомогою ПД - алгоритмів без адаптивної корекції сигналу управління. Особливо слід відзначити штормові умови. Якість роботи ПД-авторульових у цих умовах незадовільна, а в сильний шторм такі регулятори не справляються із завданням керування курсом. Для безпеки в умовах сильного шторму переходять на ручне управління. Для малих суден (рибальських, яхт і т.д.) цей недолік ПД-управління починає виявлятися вже при помірному хвилюванні. Цим пояснюється те що, що перші регулятори з нечіткою логікою для авторулевих було розроблено саме для невеликих суден [3].

Схема управління курсом судна (К), що реалізується за допомогою нечіткого контролера (НК), та діє за алгоритмом І. Мамдані, запропонована на рис.1.

Застосування інтелектуальних систем стабілізації курсу підвищує безпеку та економічність судноплавства. Знижується витрата палива за рахунок оптимального використання кермового пристрою, зменшується знос механізмів, покращується комфорт екіпажу та пасажирів. У перспективі такі системи стануть невід'ємним елементом автономних та безпілотних суден, забезпечуючи їм стійке та точне проходження маршруту без постійної участі людини.

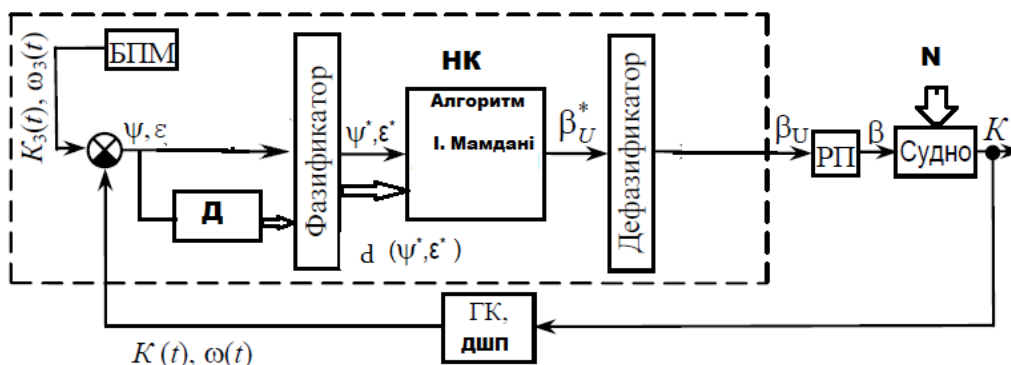


Рисунок 1 – Інтелектуальна (нечітка) САУ стабілізації курсу судна де: БМП – блок програми маневру (задатчик); Д – диференціатор (для визначення швидкості зміни помилок); РП – кермовий привід; ГК – гірокомпас; ДШП – датчик швидкості повороту; β – кут перекладки керма; Ψ – відхилення поточного курсу від заданого; ϵ – відхилення кутової швидкості; N – зовнішні обурення.

Висновки: Таким чином, інтелектуальне управління стабілізацією курсу є важливим напрямом розвитку морської техніки, що поєднує досягнення теорії штучного інтелекту. Його впровадження сприяє створенню більш надійних, енергоефективних та екологічних суден майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Insaurralde C. C. Intelligent Autonomy for Unmanned Marine Vehicles: Robotic Control Architecture Based on Service-Oriented Agents. — Cham: Springer, 2015. — 253 p. DOI: [10.1007/978-3-319-18778-5] (<https://doi.org/10.1007/978-3-319-18778-5>).
2. Vladislav Mykhailenko, Yurii Gunchenko, Valerii Leshchenko, Larysa Martynovych, Hanna Korenkova Development of a Neural Network Control System with the Function of Predicting the Dynamics of the Parameters of a Complex Ship Object pp 248 -257 // International Scientific Conference Intelligent Transport Systems: Ecology, Safety, Quality, Comfort Lecture Notes in Networks and Systems ((LNNS,volume 1335)). 2024. (11,2024 Kiev)
3. Вагущенко Л.Л., Цимбал М.М. Системи автоматичного керування рухом судна. – Одеса, Фенкіс, 2007 – 328 с.

Чекерський Артем Сергійович
здобувач другого рівня вищої освіти,
Національний університет «Одеська морська академія»,
м.Одеса; e-mail: artemcheckerskiy1234@gmail.com

Науковий керівник Михайленко Владислав Сергійович
д.т.н., професор кафедри електрообладнання і автоматики суден,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
<https://orcid.org/000-0002-1401-0053>
e-mail: vladmihailen@gmail.com

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ПІДШИПНИКІВ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Герман О.О., Горетий М.А.

Актуальність дослідження: На сучасному флоті, особливо на судах із високим рівнем автоматизації, таких як LNG-танкери, системи контролю технічного стану відіграють дуже важливу роль. Однією з ключових підсистем є система моніторингу стану підшипників (BWMS), яка дає змогу виявляти зношування та запобігати аваріям [1,2]. Як правило, такі системи призначені для моніторингу найбільш критичних вузлів, зокрема рамових, мотильових та опорних підшипників головного двигуна або підшипників проміжного валу. На судах, що розглядаються («Clean Vitality» та «Gaslog Shanghai»), ці системи контролюють саме стан підшипників головних двигунів (MAN MEGA та Siemens відповідно).

Проте під час практики на цих судах ми звернули увагу на серйозний недолік цих систем. Після заміни підшипника вони мають проходити тривалий етап навчання — близько 500 годин роботи (приблизно три тижні) [6]. У цей час система фактично не аналізує стан нового підшипника, а лише формує базовий рівень вібрацій і температур. Якщо новий підшипник виявиться бракованим або пошкодженим при монтажі, система сприйме його показники як «норму». Таким чином, замість контролю отримуємо 20 днів «сліпоті», що може призвести до серйозної поломки механізму під час рейсу.

Ця проблема є особливо критичною, оскільки, згідно з теорією надійності, найбільша ймовірність відмови нового обладнання (так званий період «припрацювання») припадає саме на перші години його роботи. Існуючі системи BWMS ігнорують цей підвищений ризик, залишаючи механізм без контролю у найбільш вразливий період. Саме тому впровадження нашої пропозиції, що дозволяє контролювати обладнання з перших хвилин, є надзвичайно актуальним.

Матеріали та методи: Дослідження базується на аналізі технічної документації та практичному досвіді, отриманому під час практики на LNG-танкерах: «Clean Vitality» (двигун MAN MEGA, система BWMS фірми «Spez»); «Gaslog Shanghai» (двигуни Siemens, аналогічна система моніторингу). Під час практики ми спостерігали роботу систем BWMS, вивчали процедуру калібрування після заміни підшипників і принципи обробки сигналів [3,4].

Для аналізу використовували метод критичної оцінки алгоритмів та порівняння їх з підходами, описаними у сучасних закордонних публікаціях з машинного навчання й предиктивного технічного обслуговування.

Результати та обговорення: Проведений аналіз показав, що існуючі системи BWMS використовують статичні алгоритми, які працюють ефективно лише після завершення періоду навчання, але майже не виконують діагностичних функцій під час нього. Ми пропонуємо запровадити систему з елементами штучного інтелекту, яка використовує принципи колективного навчання (fleet-wide learning) [5]. Ідея полягає у створенні спільної бази даних, куди надходитимуть дані з усіх суден, що мають аналогічні системи. При цьому пріоритет надаватиметься даним, зібраним раніше з цього ж судна, а також даним із однотипних суден (sister-ships) або суден з ідентичними моделями двигунів.

Основні етапи роботи такої системи:

1. Єдина база даних: дані з усіх суден зберігаються на сервері, де ШІ аналізує тисячі прикладів сигналів і формує еталонні показники.
2. Порівняння показників: коли на одному судні замінюють підшипник, система одразу порівнює його поведінку з накопиченими зразками.

3. Швидка перевірка: уже протягом першої години роботи система може зробити висновок: чи відповідають параметри нормі, чи є ознаки дефекту.

Такий підхід дозволяє у разі прискорити процес калібрування та, як наслідок, мінімізувати час роботи нового обладнання без належного контролю, перевіряючи якість компонента вже у перші години.

Вважаємо доцільним зауважити що системи BWMS не належать до критичних елементів керування судном, тому вони є безпечною платформою для впровадження технологій ШІ. Успішне застосування таких рішень може стати першим кроком до більш широкого використання штучного інтелекту на морському транспорті.

Висновок: Ми встановили що 500-годинний період навчання систем BWMS створює ризик невиявлення дефектного підшипника. Доцільним рішенням цієї проблеми є використання штучного інтелекту з єдиною базою даних для всього флоту, що дозволяє значно прискорити навчання системи та мінімізувати період експлуатації нового компонента без контролю. Запропонований підхід дає можливість підвищити надійність суднового обладнання та зменшити ризики під час експлуатації. Системи моніторингу підшипників є перспективним напрямом для поступового впровадження інтелектуальних технологій у морській галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Худяков І.В., Гришук І.В., Погорлецький Д.С., Черненко В.В., Поліщук О.В. «Особливості використання датчика концентрації заліза у маслі для безперервного моніторингу технічного стану суднового дизельного двигуна». Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. 2023.

2. Яковенко А.Ю. «Удосконалювання експлуатаційного контролю робочих процесів судових дизелів». Дис. канд. техн. наук. Національний університет «Одеська морська академія». 2021.

3. «АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ СУДНОВИХ НАСОСІВ». Вісник Херсонського національного технічного університету. 2025. № 2.1.36. Автор: В. І. Холденко.

4. Li Zhixiong, Xiping Yan, Zhiwei Guo, Yuelei Zhang, Chengqing Yuan, Z. Peng. «Condition Monitoring and Fault Diagnosis for Marine Diesel Engines using Information Fusion Techniques». Elektronika ir Elektrotechnika, Vol.123 No.7, 2012.

5. Simion D., Postolache F., Fleacă B., Fleacă E. «AI Driven Predictive Maintenance in Modern Maritime Transport—Enhancing Operational Efficiency and Reliability». Applied Sciences, 2024, 14(20):9439.

6. Kongsberg Maritime. (2018). BWCM 600 Bearing Wear Condition Monitoring: Operator Manual. Kongsberg Maritime AS.

Герман Олександр Олександрович
здобувач першого рівня вищої освіти,
Національний університет «Одеська морська академія», м.Одеса;
e-mail: aleksandr.german2327@gmail.com

Горетий Михайло Андрійович
здобувач першого рівня вищої освіти,
Національний університет «Одеська морська академія», м.Одеса;
e-mail: m17.misha@gmail.com

Науковий керівник Михайленко Владислав Сергійович
професор, д.т.н., доцент кафедри електрообладнання і автоматики суден,
Національний університет «Одеська морська академія», м.Одеса;
<https://orcid.org/000-0002-1401-0053>
e-mail: vladmihailen@gmail.com

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДАТЧИКА МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МЕРЕЖІ З ВИСОКОВОЛЬТНИМ ПРИСТРОЄМ ПЛАВНОГО ПУСКУ

Романець А. О.

У сучасних системах розподілу електроенергії промислові навантаження не тільки споживають активну потужність, а й створюють значні потоки реактивної потужності, вносять гармонійні спотворення в напруги і струми із-за поширення використання потужних напівпровідникових перетворювачів. Для підвищення якості електроенергії впродовж багатьох років розробляються та удосконалювали силові активні фільтри електроенергії (APF).

Мета роботи – модернізація датчика миттєвої потужності в системі керування високовольтного активного компенсатора реактивної потужності в електроприводі з пристроєм плавного пуску.

Дослідження активних компенсаторів реактивної потужності показують, що хорошими регульовальними характеристиками володіє швидкодіючий реакторний компенсатор із широтно-імпульсною модуляцією, принципову схему силової частини якого надано на рис. 1. Основу схеми складають по три індуктивні елементи L_K , L_F , три конденсатора C_F і шість напівпровідникових ключів змінного струму (1-6). Ключові елементи можуть бути реалізовані на базі мостової діодотранзисторної схеми з використанням IGBT або GTO, IGCT. Пара ключів працює у протифазі: один із них з'єднаний послідовно, а інший – паралельно з L_K .

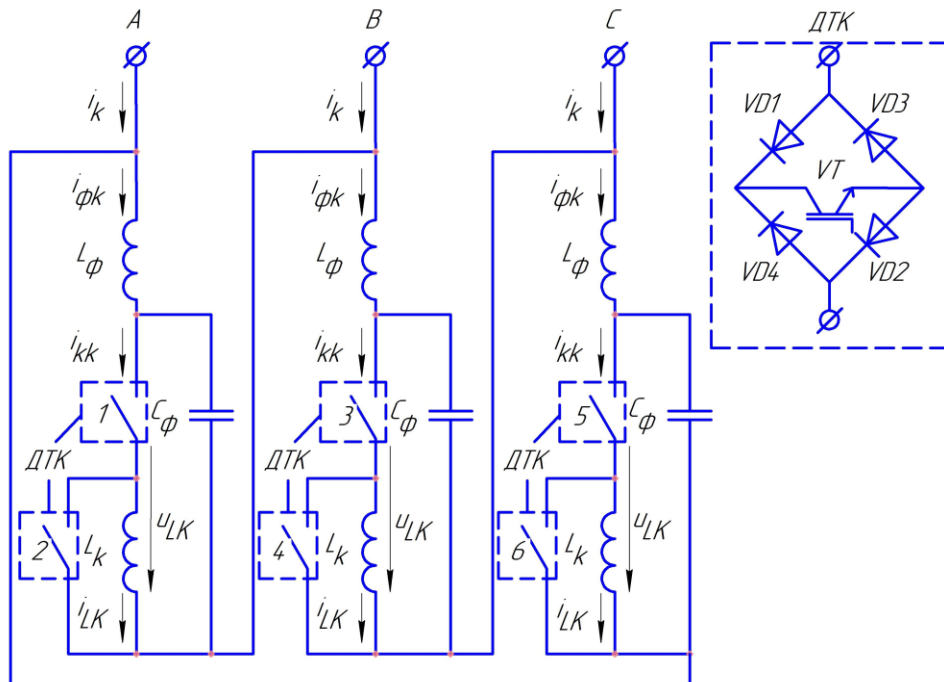


Рисунок 1 – Принципова схема трифазного керованого реакторного компенсатора

Компенсатор реактивної потужності, крім силової частини, включає в себе систему керування компенсатором з ПІ-регулятором, вихідний сигнал якого g обмежений значеннями $-1 \dots +1$, двоканальний PWM Generator, який формує протифазні сигнали

керування ключами ДТК1, ДТК2 в кожному з трьох LLC блоків, а також датчик реактивної потужності.

Дослідження показали, що компенсатор забезпечує найкращі результати за умови розміщення між пристроєм плавного пуску і асинхронним двигуном. Модель силової частини для такого варіанта системи надано на рис. 2.

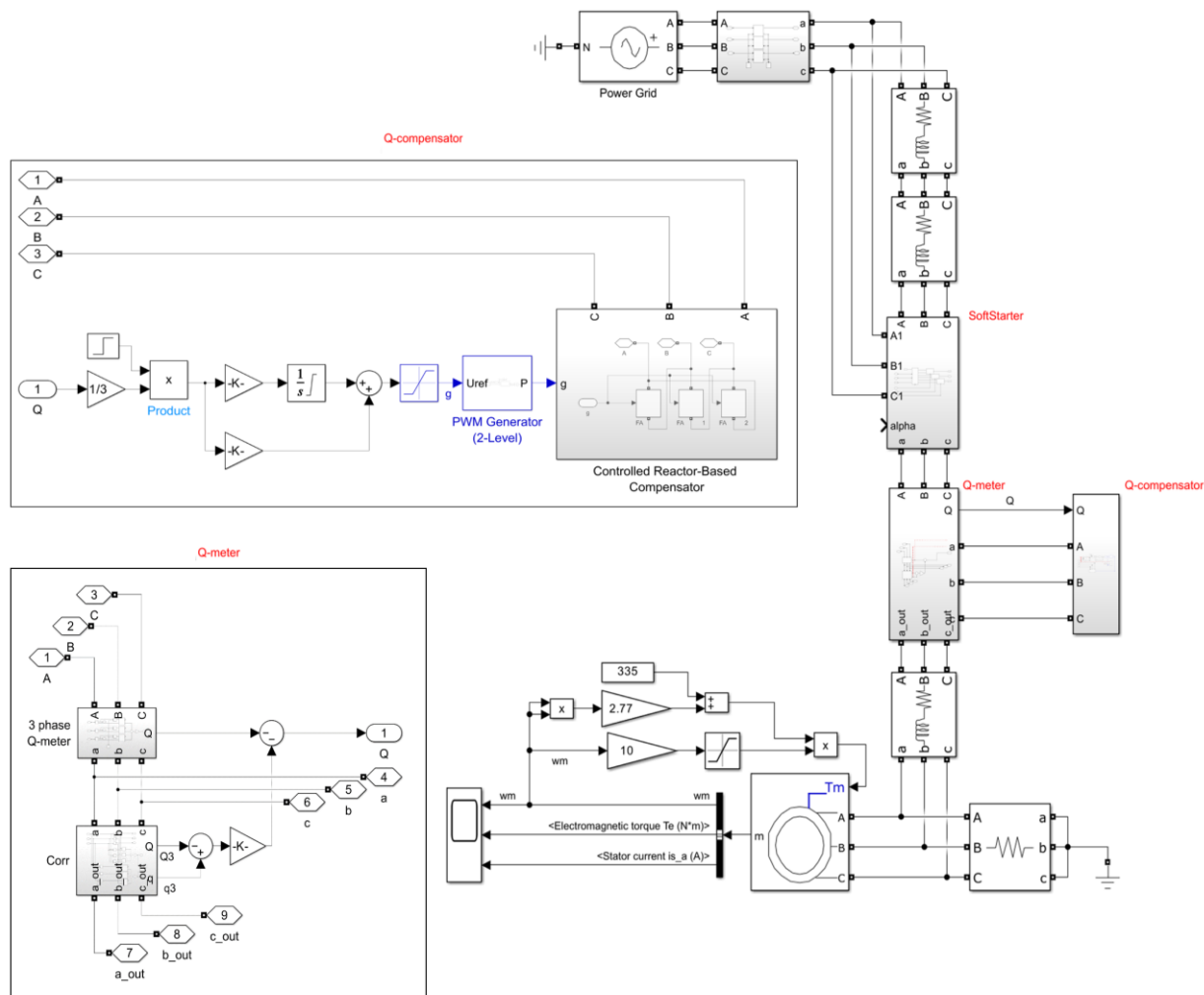


Рисунок 2 – Модель електроприводу з модифікованим датчиком і компенсатором реактивної потужності, розташованим між пристроєм плавного пуску та двигуном

Аналіз перехідних процесів в такій системі показує, що керований компенсатор може миттєво – з затримкою не більше половини періоду ШІМ – реагувати на зміни реактивної потужності.

Але в системі Matlab Simulink SimPowerSystem використовується 3-phase Q-meter, який розраховує середньоквадратичне значення потужності за період мережевої напруги, що обумовлює запізнення даних. В той же час, із-за перехідних процесів в LLC-блоках розрахунок миттєвого значення на підставі відомого для трифазної мережі рівняння

$$q = (u_b - u_c)i_a + (u_c - u_a)i_b + (u_a - u_b)i_c. \quad (1)$$

також стає неможливим, а запізнення 3-phase Q-meter впливає на якість роботи системи компенсації реактивної потужності.

Ідея модернізації системи вимірювання реактивної потужності полягає в тому, що різниця між миттєвими і середньоквадратичними значеннями в перехідних процесах,

обумовлених навантаженням, до компенсатора і після компенсатора має бути однаковою. Тому після компенсатора здійснюється вимірювання середньоквадратичної реактивної потужності Q_3 і миттєвого значення q_3 на підставі рівняння (1). Різниця між ними додається до вимірюного значення 3-phase Q-meter і враховується в якості сигналу зворотного зв'язку Q .

Результати роботи такого коректора з PQ-навантаженням ілюструє рис. 3, де показано реакцію системи з рис. 2 на накид механічного навантаження на асинхронний електропривод потужністю 2.5 МВт при використанні 3-phase Q-meter (а) та модифікованого датчика (б).

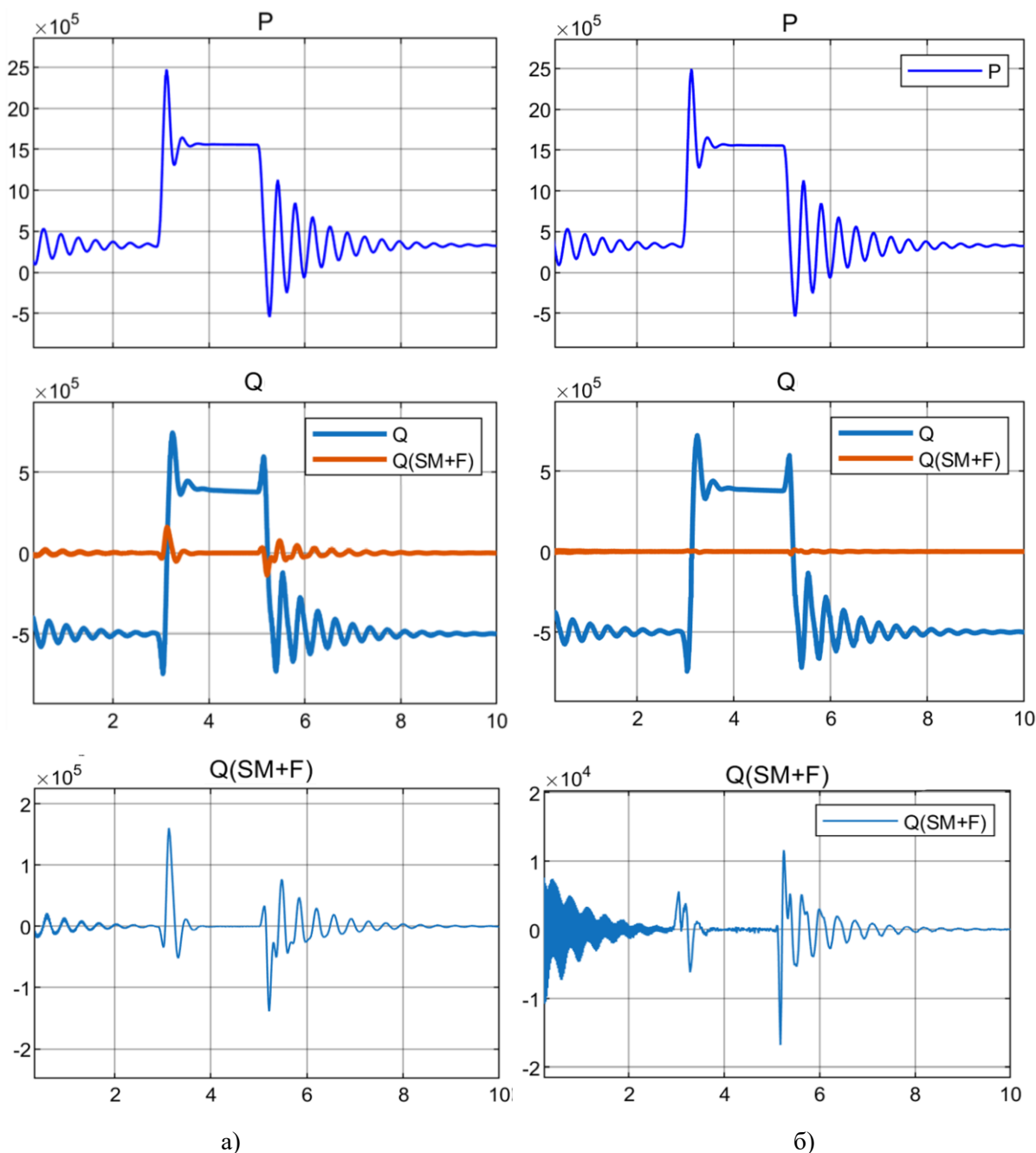


Рисунок 3 – Робота системи компенсації реактивної потужності з датчиками без корекції (а) та з корекцією (б)

Слід звернути увагу на різницю між величиною реактивної потужності у вузлі мережі $Q(SM+F)$: при використанні модифікованого датчика амплітуда коливань реактивної потужності зменшується більше ніж в 10 разів. Таким чином, доцільним є використання датчику реактивної потужності з коректором миттєвого значення.

Висновки. Використання керованого компенсатора реактивної потужності з ШІМ дозволяє в усталених режимах повністю компенсувати реактивну потужність, яка споживається електроприводом з пристроєм плавного пуску, що забезпечує стабілізацію напруги у вузлу мережі з похибкою не більше $-0.7...+0.4\%$ і зменшення діючих значень вищих гармонік напруги до 2%. Доповнення датчика реактивної потужності модулем корекції миттєвого значення додатково дозволяє майже в 10 разів зменшити коливання реактивної потужності у вузлі мережі, які виникають внаслідок коливань механічного навантаження в електроприводі.

ЛІТЕРАТУРА

4. Yundi Chu, Xujun Luo, Shixi Hou, Juntao Fei. Robust hybrid intelligent control using probabilistic feature for active power filter, Control Engineering Practice, 2023, Volume 141, 105712, <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2023.105712G>
5. Захарченко В. М. Аналіз електромагнітної сумісності потужного пристрою плавного пуску із судновою мережею в динамічних режимах / В. М. Захарченко, В. В. Бушер, О. В. Глазева, К. Хандакжи // Електротехнічні та комп'ютерні системи – Київ, Техніка – Вип. 21(97). – С. 17–23. <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.21.97.2016.02>
6. Zhuk, O., Zhuk, D., Kryvoruchko, D., & D'yakonov, O. Control of Improved Hybrid Power Line Conditioner. 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), pp. 605-610
7. Márton Greber, Attila Fodor, Attila Magyar, Phase current estimation based shunt active power compensation, IFAC-PapersOnLine, 2022, Volume 55, Issue 9, Pages 48-53, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.07.009>
8. O. Zhuk, D. Zhuk, D. Kryvoruchko and S. Stepenko, "An improvement of compensators of complete power non-active components in autonomous electric power systems," 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Kyiv, Ukraine, 2016, pp. 1-5.
9. Khairul Anuar Mohd Nor, Noramalina Abdullah, Power quality improvement of three-phase electrical systems using active-passive hybrid harmonic filter, Results in Engineering, 2024, Volume 22, 102242, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102242>

Романець Андрій Олегович,
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,
Запорізький національний університет, м. Запоріжжя;
<https://orcid.org/0009-0000-9893-8408>
e-mail: dareyomg@gmail.com

ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ДІЯЛЬНІСТЬ МОРСЬКИХ ПОРТІВ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЇХ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ

Гвоздік О. М.

Впровадження цифрових технологій в управління морськими портами є важливим етапом трансформації інфраструктури та операційної діяльності цих стратегічних об'єктів економіки. Це явище сприяє не тільки підвищенню ефективності портових процесів, але й інтеграції морських портів у глобальну транспортну та логістичну мережу, де швидкість, точність та прозорість є критично важливими характеристиками. Цифровізація управлінських процесів у портах дозволяє автоматизувати більшість операцій, що раніше виконувались вручну, зменшуючи ризик людських помилок та підвищуючи оперативність у прийнятті рішень.

Цифрова трансформація в портовій діяльності стала основним фактором підвищення ефективності та конкурентоспроможності сучасних портів у міжнародній практиці. Впровадження інноваційних технологій, таких як інтернет речей, штучний інтелект, блокчейн, цифрові двійники та автоматизовані управлінські системи, дозволяє досягти нових рівнів автоматизації, безпеки та екологічної стійкості. Ці технології сприяють оптимізації роботи портової інфраструктури, покращенню координації між учасниками логістичних процесів і значному скороченню операційних витрат.

Сучасні цифрові технології, зокрема автоматизація портових операцій, розумні транспортні системи, управління флотами через моніторинг, цифрові платформи для обміну даними та технології на основі штучного інтелекту, радикально змінюють процеси морських перевезень. Вони сприяють підвищенню ефективності, зниженню витрат, зменшенню екологічного впливу та покращенню безпеки судноплавства. Крім того, цифровізація відкриває нові можливості для розвитку «зеленого» судноплавства, впровадження інтелектуальних систем для управління логістичними потоками та підвищення прозорості на глобальному морському ринку.

Основними напрямками цифрової трансформації морської галузі в Україні є:

- 1) впровадження електронного документообігу та цифрових платформ для ефективного управління перевезеннями;
- 2) автоматизація логістичних процесів, що дозволяє знижувати затримки під час обробки вантажів;
- 3) здійснення моніторингу вантажів та координація руху суден у режимі реального часу;
- 4) використання аналітики великих даних та штучного інтелекту для прогнозування попиту і оптимізації перевізних маршрутів [1, с. 250].

Загалом, розвиток цифрових технологій у морських портах України орієнтований на збільшення їх конкурентоспроможності та інтеграцію до глобальних логістичних систем. Цифровізація управління морськими портами є невід'ємною частиною державної стратегії цифрової трансформації. В Україні активно впроваджуються цифрові рішення у різних сферах, що супроводжується законодавчими ініціативами та політиками, спрямованими на розвиток інформаційного суспільства і цифрової економіки. Ключовими напрямками державної політики є забезпечення рівного доступу до цифрових послуг, удосконалення цифрової інфраструктури, підтримка інноваційних підприємств та інтеграція України у глобальний інформаційний простір.

У грудні 2022 року був прийнятий Закон «Про Національну програму інформатизації» [2], метою якого є стимулювання розвитку інформаційного суспільства

через ефективне використання державних ресурсів та координацію діяльності органів державної влади та місцевого самоврядування. Закон націлений на удосконалення організаційно-правових механізмів розробки та реалізації Національної програми інформатизації. Ключовими напрямками програми є розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, впровадження електронного урядування та електронної демократії, створення державних інформаційних ресурсів, забезпечення рівного доступу до цифрових технологій та підвищення ефективності виробництва через використання інформаційно-комунікаційних і цифрових технологій.

У січні 2025 року Кабінет Міністрів України схвалив Стратегію цифрового розвитку інновацій до 2030 року, яка отримала назву WINWIN [3]. Цей стратегічний документ окреслює мету України стати лідером в галузі інновацій та створює основу для розвитку високотехнологічних екосистем. Стратегія має на меті формування сприятливих умов для розвитку бізнесу, стартапів і наукових досліджень, визначаючи ключові пріоритети, серед яких: DefenseTech, MedTech, AI, EdTech, Agritech, GovTech, GreenTech тощо.

Впровадження Стратегії WINWIN має потенціал стимулювати розвиток суміжних секторів, зокрема морського, через інтеграцію передових цифрових технологій у логістичні процеси, транспортну інфраструктуру, навігацію та забезпечення безпеки. Ключовим аспектом цієї стратегії є розвиток міжнародного співробітництва, яке надасть можливості для більш глибокої інтеграції України в глобальну інноваційну екосистему. Це сприятиме створенню конкурентоспроможної та ефективної морської галузі, здатної швидко адаптуватися до сучасних викликів та максимально використовувати нові можливості для економічного розвитку.

Варто згадати і про Стратегію розвитку морських портів України до 2038 року. Хоча дана Стратегія не виділяє цифровізацію як окремий пріоритет, вона вважає її важливою частиною інноваційного розвитку портової інфраструктури. Перший напрямок Стратегії спрямований на раціональне використання потужностей шляхом впровадження інновацій та автоматизації процесів. Другий – це розвиток конкурентоспроможної логістики за допомогою цифрових рішень, а третій – удосконалена система управління, що передбачає впровадження цифрових платформ, а також кращу взаємодію між усіма учасниками логістичних процесів. [4].

У контексті глобалізації та інтеграції до європейського транспортного простору цифрова трансформація морських портів України стає важливим фактором для підвищення їх конкурентоспроможності. Національна політика цифровізації транспорту передбачає реалізацію інвестиційних проєктів, орієнтованих на впровадження сучасних цифрових технологій у сфері портової діяльності, судноплавства та логістики. В Україні в даний час реалізуються кілька таких ініціатив, спрямованих на покращення ефективності та конкурентоспроможності морських портів і судноплавства:

1. Проєкт «DocPort» передбачає автоматизацію процесу в'їзду автомобільного транспорту до портів. Ця система була впроваджена в Дунайських портах, Чорноморську та Одеському порту.

2. Модуль «Морське вікно» є частиною проєкту «DocPort» і спрямований на спрощення та прискорення процесів оформлення приходу й відходу суден у морських портах України. Проєкт передбачає перехід від традиційного паперового документообігу до електронного, що відповідає вимогам Міжнародної морської організації.

3. ERP-система для АМПУ є єдиною цифровою платформою, розробленою для оптимізації внутрішніх процесів. Заплановано запуск інтегрованої цифрової системи для обміну інформацією між усіма учасниками логістичного ланцюга, такими як портові оператори, митниця, перевізники та АМПУ. [1, с. 251].

Цифрова трансформація портової галузі України базується на інтеграції

національних ініціатив з міжнародними стандартами, що сприяє поліпшенню ефективності логістичних процесів і дозволяє українським портам стати частиною глобальних постачальницьких ланцюгів. Впровадження інвестиційних проєктів для цифрової модернізації морської інфраструктури створює основу для розвитку «розумних портів», які здатні ефективно взаємодіяти з міжнародними логістичними мережами.

Зазначені ініціативи сприяють не лише збільшенню вантажообігу, а й поступовій інтеграції України в європейський цифровий транспортний простір. Це, у свою чергу, відкриває нові можливості для залучення інвестицій, посилення економічної безпеки та розвитку стійких транспортних коридорів.

Висновки. Підсумовуючи, можемо стверджувати, що цифрова трансформація українських морських портів є одним із ключових напрямків розвитку транспортної інфраструктури, що забезпечить підвищення ефективності управління, конкурентоспроможності та інтеграції у світову логістичну систему. Впровадження сучасних цифрових технологій призводить до автоматизації процесів, прозорості операцій та зниження витрат, а державні ініціативи разом із міжнародною співпрацею закладають основу для інноваційної сталої морської галузі, що відповідає викликам світової економіки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сментина Н. В. Цифровізація морської галузі України: економічні ефекти та стратегічні пріоритети конкурентоспроможності. Київський економічний науковий журнал. 2025. №9. С. 248-256.
2. Про Національну програму інформатизації: Закон України від 01.12.2022 року № 2807-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-20> (дата звернення: 10.11.2025).
3. Стратегія цифрового розвитку інноваційної діяльності України на період до 2030 року: схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31.12.2024 року № 1351-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1351-2024-r#n14> (дата звернення: 10.11.2025).
4. Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року: затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23.12.2020 року № 1634-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/548-2013-p> (дата звернення: 10.11.2025).

Гвоздік Олена Миколаївна

здобувач другого рівня вищої освіти.

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

e-mail: gvozdiklena42@gmail.com

Науковий керівник Іванова Алла Володимирівна,

к.ю.н., доцент кафедри морського права

Національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса;

<https://orcid.org/0000-0001-8943-4291>

e-mail: ivavod@ukr.net

ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ МОРЕГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД

Хінєва Г.І., Слюсаренко В.Д.

Відновлення морегосподарського сектору України у повоєнний період потребує комплексного та багаторівневого підходу, який враховує стратегічну роль галузі у забезпеченні економічної безпеки держави, розвитку міжнародної торгівлі та інтеграції у глобальні транспортні системи.

Без сумніву, після завершення воєнних дій на території України неможливо одразу усунути всі проблеми морегосподарського сектору. Галузь потребує системних інвестицій для підвищення своєї стійкості до потенційних кризових ситуацій та змін клімату. Порти, судноплавні компанії та транспортні оператори повинні нарощувати свої потужності, оновлювати флот і технологічне обладнання, забезпечувати високий рівень кваліфікації персоналу, мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище та формувати конкурентні переваги.

Відновлення та розвиток морегосподарського комплексу України у повоєнний період можливе лише за сприятливих зовнішніх умов і за умови чіткого визначення та реалізації економічних, соціальних і геополітичних пріоритетів України як морської держави. Для цього першочерговим завданням є здобуття та утримання конкурентних переваг, які стануть основою сталого розвитку сектору.

О. П. Подцерковний стверджує, що перспективи розвитку морегосподарського сектору України у повоєнний період визначатимуться низкою об'єктивних чинників, які слід враховувати вже на сучасному етапі. Завершення воєнного стану та відновлення контролю над усією територією держави дозволить відновити діяльність портів на тимчасово окупованих територіях і підвищити рівень безпеки роботи портів на узбережжі Чорного та Азовського морів, що пов'язано зі змінами геополітичної ситуації в регіоні. Зменшення напруженості між країнами може сприяти зростанню обсягів торгівлі через українські порти. Однак відсутність об'єктивних критеріїв для прогнозування завершення війни робить необхідним запровадження спеціальних правових механізмів регулювання діяльності морегосподарського комплексу саме у воєнний період, відмінних від стандартного порядку здійснення господарської діяльності. На практиці це передбачає внесення у Закон України «Про морські порти України» окремої глави, яка визначатиме порядок функціонування галузі в умовах воєнного часу [2, с. 209].

Не слід залишати поза увагою й необхідність розвитку мультимодальних перевезень, які дозволяють зменшити залежність економіки від водного транспорту та підвищити гнучкість логістичних процесів у цілому.

Одним із ключових завдань для держави у повоєнний період є забезпечення значущої ролі українських портів у міжнародній торгівлі, що може бути досягнуто через розробку та впровадження комплексної стратегії функціонування морської галузі України у післявоєнний період.

Згідно з позицією О. А. Шевчук та Н. В. Гайванович, ключові перспективи України у повоєнний період у сфері морських вантажних перевезень включають:

- 1) нарощування пропускної здатності та забезпечення повноцінного експорту та

імпорту через українські морські порти;

2) повну інтеграцію українських водних транспортних систем із європейськими стандартами та вимогами [4, с. 63].

Науковці Я. Р. Корнійко, Н. О. Валявська та Р. В. Ушацький відзначають, що, в післявоєнний період стратегічним завданням морегосподарської галузі є відновлення та розвиток високоефективної й конкурентоспроможної транспортної системи, інтегрованої у транс'європейську транспортну мережу (TEN-T), що включає:

- 1) відновлення пошкодженої інфраструктури морських портів;
- 2) укладання угод державно-приватного партнерства, з пріоритетом для контейнерного терміналу біля порту Чорноморськ та залізнично-поромного комплексу поруч із ним;
- 3) спрощення процедур міжнародних перевезень через подальше впровадження морського «єдиного вікна» – інформаційної системи, що забезпечує упорядкований збір і аналіз даних про судна.;
- 4) відновлення судноплавності Дніпра аж до його виходу в море;
- 5) розвиток Дунайського кластеру через нарощування потужностей українських дунайських портів (Усть-Дунайськ, Ізмаїл, Рені) та створення необхідної інфраструктури для збільшення вантажообігу річки Дунай із перспективою виходу на ринок країн ЄС;
- 6) розширення флоту під українським прапором за рахунок спрощення процедур судового реєстру, оподаткування та зниження фінансових навантажень;
- 7) зміцнення кадрового потенціалу через законодавче врегулювання підготовки та дипломування моряків, а також вдосконалення нормативної бази щодо умов праці у морському суднопластві відповідно до міжнародних стандартів [3, с. 45].

В цілому можна передбачити, що після завершення війни морегосподарський сектор України, за умови запровадження гнучких механізмів його функціонування під час воєнного стану, здатен стати більш сучасним і високоефективним. Морські порти можуть стати ключовим елементом економіки країни, підвищуючи безпеку та надійність міжнародної торгівлі.

Для досягнення цього необхідні цілеспрямовані заходи державної підтримки під час війни, які матимуть не лише оперативний ефект, а й сприятимуть реалізації економічних очікувань інвесторів у майбутньому, демонструючи здатність держави розробляти та впроваджувати ефективну економічну політику в складних умовах. Інвестиції в модернізацію портової інфраструктури мають здійснюватися на основі принципу пріоритетності капіталовкладень, спрямованих на забезпечення функціонування економіки під час війни. Це передбачає цільове будівництво та інтеграцію сучасних технологій у ті ділянки портової інфраструктури, які забезпечують функціонування воєнної економіки та безпекової логістики загалом.

Згідно зі звітом Комісії до Європейського парламенту, Ради, Європейського економічного та соціального комітету та Комітету регіонів, Україна не має повного контролю над власною береговою лінією через воєнні дії. Країні ще належить імплементувати законодавство, що відповідає Регламенту ЄС щодо портових послуг. Як держава прапора, Україні необхідно продовжувати заходи щодо підвищення якості свого флоту. Також важливо забезпечити виконання умов для визнання в ЄС свідоцтв про навігацію екіпажів відповідно до Директиви (ЄС) 2017/2397. Додаткове законодавче врегулювання функціонування ринку, доступу до професійної діяльності та систем обміну

інформацією про річковий транспорт і небезпечні вантажі залишається актуальним і потребує впровадження.

На думку вченого О. П. Подцерковного, для ефективного розвитку морегосподарського сектору України у післявоєнний період слід реалізувати низку заходів, які сприятимуть подоланню різних викликів:

- 1) адаптація законодавства про морські порти до потреб післявоєнної економіки;
- 2) встановлення чітких правил фінансування робіт з відновлення портової інфраструктури;
- 3) створення механізмів переорієнтації вантажопотоків на мультимодальні перевезення;
- 4) укладення міжнародних угод для постійної підтримки портової галузі України на глобальному рівні;
- 5) правове заохочення надання портових послуг не лише через пряме державне замовлення, державне страхування та кредитування підприємств портової сфери, але й шляхом укладення договорів про спільну діяльність (державно-приватне партнерство), що забезпечує швидке відновлення приватної інфраструктури, задіяної у портовій діяльності під час війни [2, с. 211].

О. П. Корнієнко виділяє такі напрями відновлення морегосподарського сектору України у післявоєнний період:

- 1) створення високошвидкісних багатоцільових суден;
- 2) розвиток технологій енергоефективності та використання альтернативних джерел енергії, зокрема відновлюваних;
- 3) реалізація комплексного інноваційного проєкту у рибпромисловій галузі та марикультури, що передбачає заходи з попередження негативних наслідків неправильного управління водними біоресурсами, ефективне використання морських генетичних ресурсів, розвиток марикультури водоростей-макрофітів, глибоку переробку гідробіонтів, зокрема для отримання біоактивних речовин та добавок;
- 4) розвиток складових сервісної економіки у сфері морекористування та морського туристично-рекреаційного бізнесу;
- 5) застосування нанотехнологій та високотехнологічних матеріалів у морегосподарському комплексі України. [1, с. 65].

Гарантією успішного розвитку морегосподарського комплексу у післявоєнний період є його здатність гнучко реагувати на зміни ринкової кон'юнктури. Це можливо забезпечити через впровадження передових інноваційних технологій, модернізацію основних виробничих фондів, технічне переоснащення та створення нової комплексної моделі управління.

Ефективне функціонування морегосподарського комплексу України у повоєнний період можливе лише за умови: державної підтримки вітчизняної морської галузі; створення сприятливих умов для залучення інвестицій у розвиток морської індустрії; надання податкових та інших пільг підприємствам суднобудівного сектору.

У післявоєнний період першочерговим завданням стає створення системи заходів, спрямованих на адаптацію морської діяльності України та регіональних морегосподарських комплексів до можливих негативних наслідків коливань світової фінансової кон'юнктури. За умов нестабільності глобальної фінансової системи та гострого дефіциту ліквідності особливо загострюється потреба у визначенні пріоритетних

комплексних напрямів розвитку морегосподарської сфери та відповідних проєктів, а також у диверсифікації джерел їх фінансування. Окрім коштів регіональних бюджетів, доцільно активніше застосовувати механізми державно-приватного партнерства, такі як концесії або контракти з розподілом ризиків, які забезпечують збалансовану взаємодію державних і приватних інтересів, із залученням Інвестиційного та Венчурного фондів, а також коштів іноземних інвесторів [1, с. 66].

Як початковий крок у цьому напрямі слід терміново розробити проєкт Плану впровадження Стратегії розвитку морської діяльності України, а не обмежуватися лише «Стратегією розвитку морських портів України на період до 2038 року». У межах такого плану доцільно здійснити ешелонування перспективних інвестиційних заходів та морегосподарських проєктів – включно з інфраструктурними, соціальними, інноваційними, міжвідомчими, міжрегіональними та міжнародними – за часовими рамками та етапами реалізації. Крім того, важливо окреслити конкретні практичні механізми використання глобальних і субрегіональних конкурентних переваг у морській діяльності приморських регіонів України.

У повоєнний період, з метою узгодження інтересів трьох ключових учасників морської політики України – держави, суспільства та бізнесу – особливу увагу слід приділити розвитку системи страхування у морській діяльності та відповідних інститутів. Нині ця сфера значною мірою стримує надходження прямих інвестицій у морегосподарський комплекс України та відлякує іноземних інвесторів. Аналіз цієї проблематики водночас дозволяє усвідомити необхідність вирішення ширшого завдання – визначення перспектив вдосконалення та підвищення конкурентоспроможності складових сервісної економіки морекористування, включаючи логістичні системи, інформаційне забезпечення, гідрографічні та гідрометеорологічні служби.

В інтересах побудови та впровадження інноваційного сценарію розвитку морегосподарського комплексу України особлива увага має приділятися людському капіталу та інтелектуальному потенціалу, які становлять основу «економіки знань» у морському секторі. Це передбачає розвиток системи підготовки фахівців морських професій, де ключову роль відіграє вища освіта, а також активне впровадження нових форм здобуття вищої та середньої освіти. Втрата перспективного бачення, комплексності та інтелектуального лідерства в цій сфері робить будь-які стратегії на вищому державному рівні менш актуальними, чутливими та довгостроковими, що з часом призводить до їх ігнорування або відкидання.

У повоєнний період для створення сучасної системи координації морської діяльності України доцільно перш за все визначити напрямки підвищення її оперативності, своєчасності та здатності гнучко реагувати на ризики, виклики та негативні тенденції. Наступним етапом має стати розробка поліцентричної моделі морегосподарського комплексу, яка забезпечить стабільність його розвитку, а також впровадження прогресивних форм просторової організації морекористування та механізмів узгодження відомчих інтересів на регіональному та місцевому рівнях. Водночас необхідно визначити шляхи вдосконалення стратегічного менеджменту, підвищення відкритості, комунікації, кооперації та координації, а також забезпечення широкої громадської участі у процесі прийняття рішень.

Виходячи з викладеного, ключовими напрямами вдосконалення державного регулювання розвитку морегосподарського комплексу України у повоєнний період мають

бути:

- 1) забезпечення ефективного функціонування нормативно-правових, фінансових та організаційно-економічних механізмів розвитку морської галузі;
- 2) створення умов для ринкового саморегулювання морської сфери, ліквідація або перепрофілювання окремих підприємств суднобудування та судноремонту, які не здатні витримати конкуренцію на ринку;
- 3) активне залучення інвестицій для розвитку морських портів та їх інфраструктурних об'єктів, включаючи передачу підприємств портової галузі та частини інфраструктури в концесію;
- 4) підвищення конкурентоспроможності водного транспорту на внутрішньому та міжнародному ринках транспортних послуг;
- 5) приведення стандартів безпеки роботи морських портів у відповідність до міжнародних вимог та удосконалення логістичних систем тощо.

Отже, можна констатувати, що відновлення морегосподарського комплексу України у повоєнний період є багатовекторним процесом, що включає модернізацію інфраструктури та технологій, розвиток ключових галузей морської економіки, інтеграцію в міжнародні системи, формування сприятливого інвестиційного та правового середовища і створення умов для сталого економічного зростання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корнієнко О. П. Морегосподарська діяльність України в умовах економічної кризи. *Економічний простір*. 2025. № 198. С. 63-68.
2. Подцерковний О. П. Проблеми правового забезпечення портової галузі в умовах війни. *Право та державне управління*. 2023. №3. С. 205-212.
3. Корнійко Я. Р., Валявська Н. О., Ушацький Р. В. Перспективи розвитку та аналіз сучасного стану портової галузі України. *Економіка та суспільство*. 2025. №76. С. 40-48.
4. Шевчук О. А., Гайванович Н. В. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку морських вантажних перевезень в Україні та світі. *Економічний вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"*. 2023. № 25. С. 59-64.

Хінєва Ганна Іванівна
здобувач другого рівня вищої освіти,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса
e-mail: ahineva15@gmail.com

Слюсаренко Варвара Дмитрівна
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,
Одеський національний економічний університет, м. Одеса
<https://orcid.org/0009-0006-5571-4192>
e-mail: Varvara.dm.sl@gmail.com

Науковий керівник Іванова Алла Володимирівна,
к.ю.н., доцент кафедри морського права
Національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса;
<https://orcid.org/0000-0001-8943-4291>
e-mail: ivavod@ukr.net

МОРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА СТРУКТУРОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ МОРЕПЛАВСТВА

Самойлик А.В.

Морська діяльність важлива для світової та національної економіки, оскільки через морські шляхи здійснюється значна частина міжнародної торгівлі та транспортування стратегічних ресурсів. Її ефективність неможлива без належного рівня безпеки мореплавства, що включає технічні та організаційно-правові механізми. Морська діяльність є не лише економічною, а й безпековою категорією, пов'язаною з національною безпекою, захистом довкілля та дотриманням міжнародних зобов'язань.

Безпека мореплавства – це стан захищеності людського життя, суден, вантажів, портових споруд та морського середовища від небезпек, які виникають під час здійснення мореплавства. Вона має комплексний характер і передбачає не лише технічну справність суден чи дотримання правил навігації, а й розвинену систему управління ризиками, контроль за дотриманням міжнародних стандартів, підготовку персоналу та державний нагляд. Забезпечення безпеки мореплавства ґрунтується на взаємодії міждержавних, державних і приватних структур, які формують цілісну систему регулювання. У межах цієї системи морська діяльність виступає її невід'ємним елементом, що забезпечує реалізацію практичних заходів із запобігання аваріям, охорони людського життя на морі, екологічної безпеки та підтримання міжнародного правопорядку у Світовому океані. [1, с.25]

Згідно з Морською доктриною, загрози національній безпеці у сфері морської діяльності – це фактори, що безпосередньо чи у перспективі унеможливають або ускладнюють реалізацію національних інтересів на морі, сталий розвиток України як морської держави. [2]

Морська діяльність є основою практичної реалізації заходів із безпеки мореплавства, адже саме в межах її функціональних напрямів реалізуються норми міжнародного морського права. Зокрема, до ключових елементів системи безпеки належать:

1) Судноплавство і флот – здійснюють перевезення пасажирів і вантажів, при цьому дотримуючись вимог Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі (SOLAS, 1974), Міжнародної конвенції з попередження забруднення з суден (MARPOL, 1973/78), Конвенції про підготовку і дипломування моряків (STCW, 1978).

2) Морські порти – виступають не лише транспортними, а й безпековими вузлами. Вони реалізують положення Міжнародного кодексу з охорони суден і портових засобів (ISPS Code), а також забезпечують контроль за станом гідротехнічних споруд, пожежну та екологічну безпеку.

3) Державні органи морського управління – такі як Міністерство розвитку громад та територій України, Адміністрація морських портів України, Держекоінспекція, відіграють ключову роль у координації заходів безпеки, нагляді за дотриманням норм і сертифікації суден.

4) Міжнародні інституції – Міжнародна морська організація (IMO), Міжнародна асоціація маяків та навігаційних служб (IALA), Міжнародна асоціація класифікаційних товариств (IACS) забезпечують формування єдиних стандартів і моніторинг їх виконання на глобальному рівні.

Таким чином, морська діяльність виступає не лише сферою економічної активності,

але й механізмом реалізації міжнародних зобов'язань держави у сфері морської безпеки.

Структурована система безпеки мореплавства охоплює кілька взаємопов'язаних рівнів. Міжнародний рівень – формування стандартів і контроль за їх виконанням (через ІМО, конвенційні механізми, аудит безпеки держав-членів). Національний рівень – нормативно-правове забезпечення, державний контроль, діяльність адміністрації прапора і припортового контролю. Регіональний і галузевий рівень – функціонування портів, судноплавних компаній, агентських і страхових структур, які реалізують політику безпеки на практиці.

Функціонування морської діяльності неможливе без дотримання міжнародних норм і стандартів, адже морська діяльність за своєю природою має глобальний характер. Безпека мореплавства, а також судноплавство, охорона довкілля, використання ресурсів Світового океану потребують єдиного правового підходу, який формується завдяки міжнародним угодам та конвенціям. Дотримання міжнародних норм забезпечує не лише правову визначеність, але й стабільність та безпеку морської діяльності, яка включає судноплавство, портову логістику, рибальство, наукові дослідження та охорону морського середовища

Найважливішим документом є Конвенція Організації Об'єднаних Націй з морського права 1982 року (UNCLOS), що встановлює універсальні принципи користування морськими просторами, визначає поняття територіального моря, виключної економічної зони, континентального шельфу. Це стало основою для розбудови власної системи управління морською діяльністю з урахуванням вимог міжнародної безпеки. [3]

Важливим напрямом інтеграції України у світову морську спільноту є дотримання вимог міжнародних конвенцій, що прийняті під егідою Міжнародної морської організації (ІМО). Саме ці документи формують фундаментальні стандарти безпеки мореплавства, охорони довкілля та підготовки моряків, і тому їхнє виконання має стратегічне значення для національної морської політики. Серед основних міжнародних конвенцій щодо безпеки на морі:

- Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (SOLAS, 1974), що регламентує стандарти безпеки судноплавства, включаючи конструкцію суден, їхнє обладнання та підготовку екіпажів. Конвенція встановлює детальні вимоги до конструкції, технічного оснащення і експлуатації суден. [4]

- Міжнародна конвенція з попередження забруднення з суден (MARPOL, 1973/78) визначає стандарти екологічної безпеки морської діяльності. Вона регулює запобігання забрудненню морського середовища нафтою, хімічними речовинами, сміттям і стічними водами. [5]

- Міжнародна конвенція про підготовку, дипломування моряків та несення вахти (STCW, 1978) визначає мінімальні стандарти підготовки екіпажів, атестації, несення вахти та професійної компетентності. Підвищує рівень професійної безпеки та знижує ризики надзвичайних ситуацій на морі. [6]

- Морська трудова конвенція (MLC, 2006) – встановлює стандарти умов праці, медичного забезпечення, відпочинку та соціального захисту моряків. Виконання її положень гарантує стабільність і добробут екіпажів, що безпосередньо впливає на безпечне виконання ними своїх обов'язків. [7]

Імплементация міжнародних стандартів у національне законодавство сприяє формуванню структурованої системи морської безпеки, яка поєднує технічний контроль за

станом суден, екологічний моніторинг, кадрову підготовку та соціальний захист працівників морської діяльності.

Важливу роль у підтриманні цієї системи відіграють кадри. Українські морські навчальні заклади адаптують програми підготовки до вимог STCW, розвивають тренажерні центри та впроваджують сучасні методики навчання, що зміцнює людський потенціал безпеки. Саме від людського фактора залежить безаварійна експлуатація суден і ефективність реагування на надзвичайні ситуації.

У сучасних умовах безпека мореплавства розглядається не лише як технічне питання, а як частина системи національної та колективної морської безпеки. З початком воєнної агресії проти України ця складова набула особливого значення. Українські порти, зокрема Чорноморського басейну, стали об'єктами підвищеного ризику, що вимагає впровадження нових протоколів охорони, евакуації, моніторингу та координації дій із міжнародними партнерами.

В Україні безпеку морської діяльності регламентують такі основні нормативні акти: Морська доктрина України на період до 2035 року, Кодекс торговельного мореплавства України, Закон України «Про морські порти України», Закон України «Про транспорт», національні стандарти щодо технічного стану суден, гідротехнічних споруд і підготовки екіпажів.

Морська безпека є складовою частиною системи національної безпеки України. Вона передбачає захист суверенітету, запобігання актам піратства, тероризму, незаконного використання природних ресурсів, а також забезпечення стабільності морських комунікацій. В умовах воєнного стану морська діяльність виконує стратегічну функцію – забезпечення обороноздатності, економічної стійкості та міжнародної підтримки України через морські транспортні коридори.

На регіональному та галузевому рівнях забезпечення безпеки мореплавства реалізується через діяльність порткових адміністрацій, судноплавних компаній, агентських, страхових та класифікаційних організацій, які безпосередньо впроваджують норми міжнародного і національного морського права у практичну сферу.

Морські порти є ключовими осередками безпеки, де реалізуються технічні, організаційні та контрольні заходи. Кожен порт має план охорони згідно з ISPS Code, що визначає зони обмеженого доступу, огляд транспортних засобів і вантажів, координацію з правоохоронцями та реагування на надзвичайні події. Порти також здійснюють екологічний моніторинг, контроль гідротехнічних споруд, навігаційного обладнання та рятувальних служб.

Судноплавні компанії реалізують політику безпеки безпосередньо на борту суден. Кожен судновласник відповідно до Міжнародного кодексу управління безпекою (ISM Code) зобов'язаний розробити й підтримувати Систему управління безпекою (SMS), яка включає: підготовку екіпажу до дій у надзвичайних ситуаціях; перевірку технічного стану судна; ведення журналів і звітності з безпеки; систему внутрішнього аудиту й постійного поліпшення. Це дозволяє забезпечити не лише дотримання стандартів, а й підвищити культуру безпеки на рівні компанії.

Агентські структури беруть участь у контролі документів суден, забезпечують координацію між судновласниками, портами та митними чи прикордонними службами. Їхня діяльність має значення для запобігання порушенням режиму безпеки під час заходу суден у порти або зміни екіпажів.

Важливу роль у сфері безпеки відіграють класифікаційні товариства. Це приватні комерційні організації, які оцінюють, реєструють та класифікують судна за їхньою придатністю до плавання. Вони встановлюють технічні стандарти та правила будівництва, проводять регулярні огляди для забезпечення їх дотримання, видають відповідні свідоцтва, а також публікують реєстри суден. Понад 90% світового торговельного флоту перебуває під класом товариств, що входять до Міжнародної асоціації класифікаційних товариств (IACS). Вони є сполучною ланкою між державним контролем і технічною експлуатацією суден.

Не менш значущими є страхові компанії (P&I Clubs). Це спеціалізовані взаємні товариства, які надають страхування відповідальності судновласникам і фрахтувальникам. Вони захищають інтереси своїх членів від претензій третіх осіб і компенсують збитки, завдані третім особам внаслідок експлуатації судна. Вони здійснюють попереджувальний контроль – перевірку стану суден і дотримання вимог безпеки перед укладенням полісу.

Ці елементи формують регіональну мережу безпеки, де державні механізми поєднуються з приватними ініціативами, реалізуючи політику безпеки через моніторинг, аудит, інспекції, підготовку персоналу та взаємодію між портами, судновласниками і контролюючими органами.

Таким чином, регіональний і галузевий рівень є операційним ядром системи безпеки мореплавства, де реалізуються вимоги міжнародних конвенцій, державних програм і стратегічних документів, зокрема Морської доктрини України.

Висновки. Морська діяльність є багатогранною системою, яка поєднує економічні, технічні, правові, екологічні та соціальні аспекти, формуючи фундамент для безпечного функціонування морського транспорту. Її значення виходить далеко за межі транспортної чи комерційної сфери – вона є стратегічним чинником національної безпеки України та невід’ємною складовою світової системи мореплавства.

Забезпечення безпеки мореплавства потребує комплексного підходу, що охоплює діяльність державних органів управління, портів адміністрацій, судноплавних компаній, класифікаційних товариств і страхових структур. Саме через взаємодію цих суб’єктів формується практична основа реалізації міжнародних стандартів безпеки, таких як SOLAS, MARPOL, ISM та ISPS Codes.

В Україні система безпеки мореплавства базується на Кодексі торговельного мореплавства, законах «Про морські порти України», «Про транспорт», підзаконних актах Кабінету Міністрів та Морській доктрині України на період до 2035 року, яка визначає стратегічні напрями державної морської політики. Усі ці документи утворюють нормативно-правовий каркас, що забезпечує реалізацію державної політики у сфері безпеки морської діяльності. Особливого значення морська безпека набуває в умовах воєнного стану та збройної агресії проти України, коли захист морських портів, судноплавних шляхів та економічних інтересів держави стає елементом загальнонаціональної оборонної стратегії. У таких умовах морська діяльність виконує не лише економічну, а й оборонно-стратегічну функцію, сприяючи зміцненню стійкості транспортної системи держави.

Отже, морська діяльність є не лише сферою господарської діяльності, а ключовим елементом структурованої системи забезпечення безпеки мореплавства, яка включає правові, організаційні, технічні та соціальні інструменти. Її ефективність визначає рівень стабільності функціонування морських портів, безпечність перевезень, екологічну

26 листопада 2025 року

збалансованість використання морських ресурсів та міжнародний авторитет України як відповідальної морської держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. М. О. Колегаєв, Д. Г. Парменова, М. А. Мамкічев та ін. Безпека та охорона на морі. Видавництво «Фенікс». 2020 р. С. 20-27.
2. Морська доктрина України на період до 2035 року, 2023.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1307-2009-%D0%BF#Text> (дата звернення 10.11.2025)
3. Конвенція Організації Об'єднаних Націй з морського права 1982 року.
URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MU82K23R> (дата звернення 10.11.2025)
4. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі.
URL: https://zakononline.ua/documents/show/169647_528982 (дата звернення 10.11.2025)
5. Міжнародна конвенція з попередження забруднення з суден.
URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_009 (дата звернення 10.11.2025)
6. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти.
URL: https://rise.odessa.ua/texts/STCW6_Circ5.php3 (дата звернення 10.11.2025)
7. Конвенція 2006 року про працю у морському судноплавстві.
URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MU06257> (дата звернення 10.11.2025)

Самойлик Анастасія Вадимівна
здобувач другого рівня вищої освіти.
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: anastasiasamoylik@ukr.net

Науковий керівник Іванова Алла Володимирівна,
к.ю.н., доцент кафедри морського права
Національного університету «Одеська морська академія»
<https://orcid.org/0000-0001-8943-4291>
e-mail: ivavod@ukr.net

ГІБРАЛТАРСЬКА ПРОТОКА: ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ

Ковальчук К.О.

Гібралтарська протока займає особливе місце в мережі міжнародних морських комунікацій, адже є єдиним морським шляхом, що з'єднує Атлантичний океан із Середземним морем. Вона розташована між Піренейським півостровом (Іспанія) та північним узбережжям Африки (Марокко). Протока шириною лише 14 кілометрів у найвужчій ділянці, проте через неї щороку проходять десятки тисяч суден, які включають практично всі ключові морські країни світу. За даними Міжнародної морської організації, через Гібралтар виконується понад 100 тисяч проходів на рік, що робить її одним із найбільш навантажених морських шляхів планети [6, с. 81].

Стратегічне значення Гібралтарської протоки обумовлюється не лише її економічною роллю, а й геополітичними аспектами. Через неї забезпечується доступ із Середземноморського басейну до Світового океану. Для країн Європи, Північної Африки та Близького Сходу цей маршрут має критично важливе значення у забезпеченні торгівлі, транспортуванні енергоресурсів та здійсненні військово-морських операцій. Аналіз ключових аспектів і механізмів правового регулювання Гібралтарської протоки дає змогу не лише краще усвідомити особливості функціонування одного з найважливіших транспортних шляхів у світі, але й демонструє, як взаємопов'язані принципи свободи судноплавства, інтереси прибережних країн та норми міжнародного права.

Історія міжнародно-правового регулювання Гібралтарської протоки тісно переплітається з колоніальною політикою європейських держав та боротьбою за владу над ключовими морськими маршрутами. Ще за часів Середньовіччя протока відігравала стратегічну роль як "ворота" до Середземного моря. У період між VIII і XV століттями вона стала місцем численних військових зіткнень між мусульманськими династіями Північної Африки та християнськими королівствами Іберійського півострова [4, с. 98].

Рішучі зміни у статусі протоки відбулися в XVIII столітті, коли Велика Британія у 1704 році захопила Гібралтар під час війни за іспанську спадщину. За умовами Утрехтського мирного договору 1713 року Іспанія офіційно передала територію Британії. З цього моменту Гібралтар набув особливого значення як військово-морський пункт, забезпечуючи Лондону контроль над входом і виходом із Середземного моря [3, с. 109].

Для Великої Британії Гібралтарська протока становить стратегічний інтерес, оскільки з XVIII століття вона утримує Гібралтар як заморську територію. Розташована там військово-морська база слугує одному з основних стратегічних пунктів НАТО у Середземному морі. Завдяки такій інфраструктурі Лондон продовжує зберігати значний вплив у регіоні навіть після виходу зі складу Європейського Союзу, що свідчить про його довгострокові пріоритети в регіоні [6, с. 150].

У XIX столітті, на тлі розширення колоніальних імперій, стратегічна важливість Гібралтарської протоки зростає ще більше. Вона стала основним вузлом морських комунікацій, які з'єднували Британську імперію з її колоніями в Азії та Африці. Це фактично закріпило британську монополію на контроль над протокою та сприяло її глобальному пануванню на морських просторах [3, с. 110].

У XX столітті Гібралтарська протока стала важливим полем боротьби під час світових війн. В епоху Першої та Другої світових воєн її вважали ключовим об'єктом для контролю над Середземномор'ям. Особливого значення Гібралтар набув у Другій світовій війні, коли британська військова база активно підтримувала операції союзників у Північній Африці та на Середземноморському фронті [7, с. 120].

Після завершення війни питання правового статусу протоки стало частиною міжнародного дискурсу щодо регулювання морських шляхів. Велика Британія зберігала військово-морський контроль над регіоном через заморську територію Гібралтару, тоді як Іспанія наполегливо висувала вимоги на повернення цієї території. Це призводило до суперечок і впливало на формування політичних позицій щодо управління протокою [3, с. 112].

У другій половині XX століття прийняття Конвенції ООН з морського права 1982 року надало Гібралтарській протоці офіційний статус міжнародної протоки, відкритої для транзитного проходу. Це закріпило за всіма державами право на свободу навігації через цей стратегічно важливий морський шлях [7, с. 125].

Правовий статус Гібралтарської протоки в сучасному міжнародному праві визначається переважно положеннями Конвенції ООН з морського права 1982 року. Цей документ класифікує Гібралтарську протоку як «протоку, що використовується для міжнародного судноплавства», для якої застосовується режим транзитного проходу (ст. 37–44). Це означає, що судна та літальні апарати мають право на безперешкодний і швидкий прохід без потреби отримувати дозвіл від прибережних держав, за умови дотримання правил безпеки та природоохоронних норм [1].

Окрему складність викликає питання військового транзиту. За положеннями Конвенції, військові судна мають такі ж права транзитного проходу, як і цивільні. Однак британська військова присутність у Гібралтарі, яка включає базування військово-морських сил НАТО, викликає постійне невдоволення Іспанії й створює політичні напруження. У цьому контексті деякі експерти зазначають, що хоча правові норми Конвенції залишаються чинними, їхнє фактичне застосування часто підпадає під вплив політичних факторів [2, с. 251].

Таким чином, правовий режим Гібралтарської протоки базується на загальних принципах свободи навігації міжнародного морського права, але водночас є вразливим до територіальних суперечок і геополітичних інтересів ключових держав.

На противагу цьому Іспанія традиційно вважає Гібралтар нерозривною частиною своєї історичної території та активно наполягає на поверненні суверенітету над ним. Для Мадрида контроль протоки має не лише символічне значення, але й практичну важливість у контексті зміцнення позицій у питаннях безпеки та транспортного забезпечення в рамках політики ЄС. Періодична напруженість між Великою Британією і Іспанією загострюється через ситуації, пов'язані з рибальством, використанням повітряного простору та військовою присутністю [2, с. 254].

Для Марокко, яке займає південне узбережжя протоки, особливого значення набуває питання свободи судноплавства. Протока слугує критично важливим водним шляхом для розвитку торговельних відносин Марокко з європейськими країнами та світом загалом. Крім того, Рабат прагне посилити свою роль у забезпеченні регіональної безпеки, позиціонуючи себе ключовим партнером Євросоюзу у сфері боротьби з тероризмом і нелегальною міграцією [5, с. 210].

Завдяки близькому географічному розташуванню Європи і Африки, Гібралтарська протока виступає одним із ключових маршрутів нелегальної міграції. Щорічно тисячі мігрантів намагаються перетнути цей водний шлях на невеликих суднах, наражаючи свої життя на серйозну небезпеку. Така ситуація створює значний тиск на прикордонну політику як Іспанії, так і Марокко, які змушені координувати свої дії у межах співпраці з Європейським Союзом для вдосконалення контролю за кордонами. Водночас існує ризик використання протоки терористичними угрупованнями для контрабанди зброї та організації нападів на цивільні чи військові судна [5, с. 125].

Висновки. Гібралтарська протока є стратегічно важливим шляхом світової морської транспортної мережі, що з'єднує Атлантичний океан із Середземним морем і забезпечує

26 листопада 2025 року

критично важливі маршрути для міжнародної торгівлі та енергопостачання. Її правовий режим, визначений Конвенцією ООН з морського права 1982 року, гарантує свободу судноплавства як для цивільних, так і для військових суден, проте на практиці застосування цих норм часто залежить від політичних, економічних та військових інтересів прибережних держав. Геополітична взаємозалежність Великої Британії, Іспанії та Марокко демонструє, що стратегічна стабільність протоки неможлива без ефективної міжнародної координації та дипломатії, особливо у військових питаннях, питаннях рибальства, контролю повітряного простору та міграційних потоків. Крім того, щорічний високий інтенсивний рух суден створює значні екологічні ризики, пов'язані з потенційними аваріями, забрудненням та загрозами для морського біорізноманіття, а також підвищує небезпеку використання протоки терористичними угрупованнями чи для контрабанди.

Проблеми нелегальної міграції та соціального тиску на Іспанію та Марокко також вимагають особливого підходу до безпеки і гуманітарної підтримки, що також має координуватися з політикою ЄС. В умовах глобальних змін, включаючи кліматичні виклики та зростання обсягів морської торгівлі, Гібралтарська протока залишатиметься ключовим елементом забезпечення енергетичної та транспортної безпеки, впливаючи не лише на регіональний, а й на глобальний стратегічний баланс. Її стабільність та ефективне управління вимагають інтегрованого підходу, який поєднує принципи міжнародного права, економічні інтереси, механізми підтримки безпеки та збереження навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конвенція ООН з морського права 1982 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/728-14#Text> (дата звернення: 08.11.2025).
2. Crawford, J. Brownlie's Principles of Public International Law. 9th ed. New York: Oxford University Press, 2019. 888 p.
3. Cundick R. P. *International Straits — Historical and Legal Perspectives*. Georgia Journal of International and Comparative Law. 1975. Vol. 5. P. 107–136.
4. Fernández-Armesto F. *Before Columbus: Exploration and Colonisation from the Mediterranean to the Atlantic, 1229–1492*. London: Macmillan, 1982. 256 p.
5. Fernández-Molina I. *Moroccan Foreign Policy under Mohammed VI, 1999–2014*. London: Routledge, 2016. 224 p.
6. Bing Bing Jia. *The Regime of Straits in International Law*. Leiden: Sijthoff & Noordhoff, 1989. 326 p.
7. Rusli M. H. M. *A Historical Overview of the Legal Status of Straits Used for International Navigation*. AALCO Journal of International Law. 2012. 1(1). P. 103–131.

Ковальчук Катерина Олександрівна
здобувач другого рівня вищої освіти.

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: katakovalcuk292@gmail.com

Науковий керівник Півторак Галина Федорівна

к.ю.н., доцент кафедри морського права
Національного університету «Одеська морська академія»
e-mail: pivtorak.halyna@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СУДНОВОГО КОМПРЕСОРА ПУСКОВОГО ПОВІТРЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ

Канєвський С.О.

Актуальність дослідження. У сучасному морському суднобудуванні система пуску головного двигуна є критично важливим елементом, що детермінує безпечний та надійний запуск рушійної установки судна. Центральним компонентом цієї системи виступає компресор пускового повітря, який приводиться в дію електродвигуном і забезпечує необхідним стисненням повітрям для ініціації процесу згоряння палива в циліндрах головного двигуна. Будь-яка несправність у функціонуванні електропривода компресора може спричинити затримку рейсу або призвести до аварійної ситуації. Традиційні підходи до технічного обслуговування, які ґрунтуються на періодичних оглядах, є реактивними за своєю суттю, оскільки вони спрямовані на усунення проблем лише після їхнього фактичного виникнення.

Метою даної роботи є дослідження аварійних режимів роботи електропривода суднового компресора пускового повітря із використанням концепції комп'ютерного моделювання.

Об'єкт дослідження - це процес функціонування та технічної експлуатації електропривода суднового компресора пускового повітря як критичного елемента системи забезпечення пуску головного двигуна судна.

Предмет дослідження - характеристики, закономірності розвитку та прояви типових аварійних режимів (обрив фази, коротке замикання, перевантаження, відмова охолодження) електроприводу суднового компресора пускового повітря, що досліджуються на основі аналізу його поведінки за допомогою комп'ютерного моделювання.

Основний матеріал. У межах дослідження є необхідним розробити цифрову модель електропривода пускового компресора судна із застосуванням програмного комплексу MATLAB/Simulink.

Комп'ютерна модель - це віртуальна копія, яка у реальному часі відтворює поведінку фізичного об'єкта. Це дає змогу прогнозувати та аналізувати можливі відмови до їхнього фактичного настання. Використання комп'ютерної моделі дозволяє перейти до більш прогресивної концепції - постійного моніторингу та віртуального тестування обладнання без втручання в реальну систему.

Для забезпечення адекватності модель необхідно відкалібрувати на основі реальних експлуатаційних даних діючої компресорної системи. Передбачається моделювання декількох аварійних ситуацій для аналізу реакції системи:

- обрив фази призводить до зниження крутного моменту, підвищення вібрацій і зростання струму в решті фаз;
- коротке замикання викликає стрибок струму, що демонструє важливість застосування швидкодіючого реле захисту;
- перевантаження, тобто перевищення номінального навантаження спричиняє перегрів і зниження ефективності;
- відмова охолодження полягає у відсутності охолодження, що призводить до швидкого підвищення температури обмоток статора і спрацювання автоматичного вимкнення.

У склад комп'ютерної моделі необхідно включити основні параметри електропривода суднового компресора пускового повітря (момент струму, напруги, швидкості ротора та температури, робочий тиск, ступінь стиснення).

Завдяки проведеному комп'ютерному моделюванню вдається детально проаналізувати поведінку електропривода у реальних аварійних умовах без ризику для обладнання. Моделювання аварійних режимів асинхронних електродвигунів, як ключового компоненту електропривода, успішно реалізується із застосуванням програмного комплексу MATLAB/Simulink [1].

Як показують дослідження Smit (2022), застосування комп'ютерної моделі у морській галузі набуває стандартизації і є ключовим для переходу до прогнозованого обслуговування [2]. Аналіз існуючих підходів до технічного обслуговування суднових електроприводів, як зазначають Шульженко та Попов (2018), показує, що традиційні методи недостатньо ефективні для систем із високими вимогами до надійності [3]. Будь-яка несправність у критично важливій системі, як-от пусковий компресор, може призвести до серйозних наслідків.

Технологія комп'ютерного моделювання дозволяє створити віртуальну копію фізичного об'єкта, що у реальному часі відтворює його поведінку. Це дає змогу прогнозувати відмови та аналізувати критичні режими (наприклад, перехідні процеси, описані Васильченко В. В. (2020)) без ризику для реального обладнання [4].

Висновки. Технологія комп'ютерного моделювання має великий потенціал для аналізу та підвищення надійності суднових електроприводів. Таким чином, актуальність дослідження обґрунтовується нагальною потребою у розробці та застосуванні інструментарію, який забезпечить предиктивну діагностику та підвищення рівня надійності електропривода суднового компресора, мінімізуючи експлуатаційні ризики. Комп'ютерна модель електропривода пускового компресора дозволяє: краще розуміти процеси, що відбуваються під час аварійних режимів, оптимізувати системи керування та захисту, скоротити час і витрати на технічне обслуговування, підвищити безпеку та ефективність експлуатації суден.

Таким чином, комп'ютерна модель може використовуватися не лише як дослідницький інструмент, а й як практичний елемент у системах «розумного судна» майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко І. С., Петров О. В. Моделювання аварійних режимів асинхронних електродвигунів із застосуванням програмного комплексу MATLAB/Simulink. Технічні науки та технології. 2023. № 1(20). С. 45–52.
2. Smit J. Digital Twin Technology for Predictive Maintenance in Maritime Applications. Journal of Marine Engineering & Technology. 2022. Vol. 21. No. 3. P. 150–165.
3. Шульженко Н. Г., Попов А. І. Надійність та діагностика суднових електроенергетичних систем. Одеса : Фенікс, 2018. 320 с.
4. Васильченко В. В. Електричні машини та електропривод в суднових умовах. Київ : Видавництво «Морська освіта», 2020. 410 с.

Канєвський Станіслав Олексійович,
здобувач другого рівня вищої освіти.

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: stanislavkanyevsky2405@gmail.com

Науковий керівник Гвоздева Ірина Маратівна,
д.т.н., професор, завідувач кафедри електрообладнання і автоматики суден
Національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса;
e-mail: onopchenko.im@gmail.com

УПРАВЛІННЯ ЕМІСІЄЮ ОКСИДІВ АЗОТУ ШЛЯХОМ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗІВ В СИСТЕМІ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ

Куropyтник О.А.

Актуальність досліджень. Забезпечення необхідного рівня емісії оксидів азоту з випускними газами суднових дизелів відноситься до актуальних завдань, пов'язаних з експлуатацією суден морського та внутрішнього водного транспорту. Концентрація оксидів азоту у випускних газах регламентується вимогами Annex VI MARPOL та встановлюється залежно від року побудови судна та частоти обертання дизеля. З метою зниження емісії оксидів азоту впроваджується методи, що спрямовані або на управління перебігом робочого циклу в циліндрі дизеля (такі методи відносяться до первинних), або на безпосереднє очищення випускних газів (такі відносять до вторинних)

Матеріали та методи. Одним зі способів, що сприяють зниженню емісії азоту та відносяться до категорії первинних, є зміна термодинамічних характеристик газоповітряної суміші, яка знаходиться в циліндрі дизеля під час згоряння палива. Найбільш розповсюдженим варіантом регулювання її термодинамічних характеристик є зволоження наддувного повітря, яке постачається повітряним компресором газотурбонагнітача (ГТН) в продувний ресивер та далі потрапляє до циліндрів дизеля. Ще одним варіантом регулювання термодинамічних характеристик газоповітряної суміші є зволоження випускних газів, які забезпечують роботу системи рециркуляції (Exhaust Gas Recirculation – EGR) та повертаються у циліндр після газової турбіни ГТН. Принципова схема подібної системи, що використовувалась на судновому дизелі MAN-Diesel 5G70ME наведена на рис. 1.

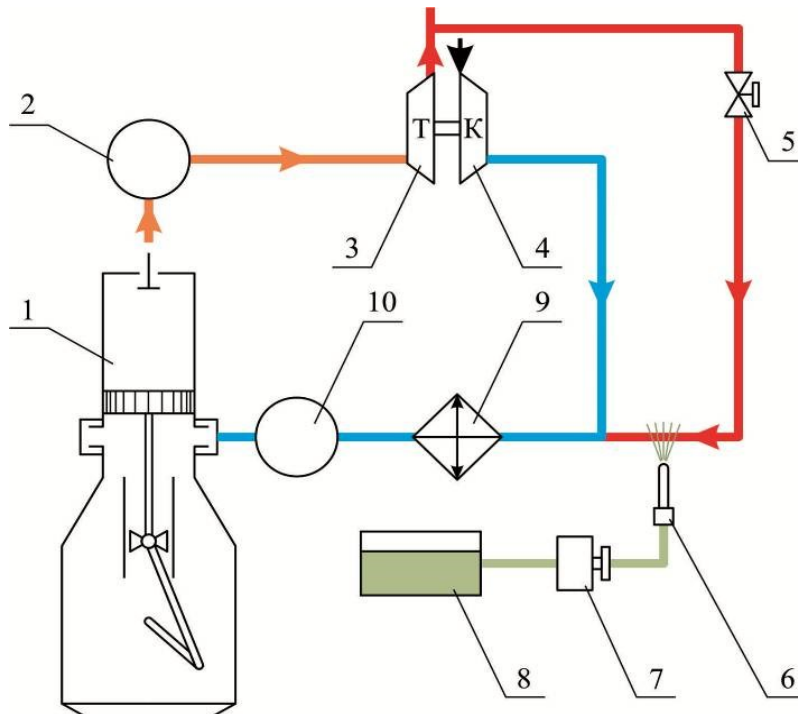


Рисунок 1 – Принципова схема системи EGR суднового дизеля MAN-Diesel 5G70ME з додатковим зволоженням випускних газів: 1 – циліндр; 2 – випускний колектор; 3 – газова турбіна ГТН; 4 – повітряний компресор ГТН; 5 – клапан рециркуляції випускних газів; 6 – форсунка прісної води; 7 – дозуючий пристрій; 8 – цистерна прісної води; 9 – охолоджувач наддувного повітря; 10 – продувний ресивер; Т – газова турбіна ГТН; К – повітряний компресор ГТН

Система працює в такій спосіб. Гази, що утворились в циліндрі 1, потрапляють до випускного колектора 2 та далі прямують до газової турбіни ГТН 3. Основна частина газів після газової турбіни ГТН рухається у випускну трубу та видаляється в атмосферу, інша – повертається до циліндрів дизеля через магістраль рециркуляції, в якій встановлено регулюючий клапан 5. Випускні газы, що використовуються в системі рециркуляції, змішуються з повітрям, яке подається повітряним компресором ГТН 4. Утворена в такій спосіб суміш потрапляє до охолоджувача надувного повітря 9 та далі потрапляє в продувний ресивер 10 та циліндр 1. Додаткове зволоження випускних газів системи рециркуляції здійснюється шляхом впорскування в їх потік прісної води. Це забезпечується за допомогою форсунки 6, до якої дозуючий пристрій 7 подає необхідну кількість води з цистерни 8. Система EGR може працювати як з додатковим зволоженням випускних газів, також й без нього. Значення ступеню рециркуляції випускних газів знаходиться у діапазоні $\delta_{EGR}=0...25\%$ та контролюється системою автоматичного регулювання роботи дизеля. Кількість прісної води, що додається форсункою 6 до випускних газів для їх зволоження, контролюється мікроконтролером дозуючого пристрою 7.

Отримані результати та їх обговорення. Результати дослідження з визначення можливості управління емісією оксидів азоту шляхом регулювання термодинамічних характеристик газів в системі рециркуляції надані на рис. 2.

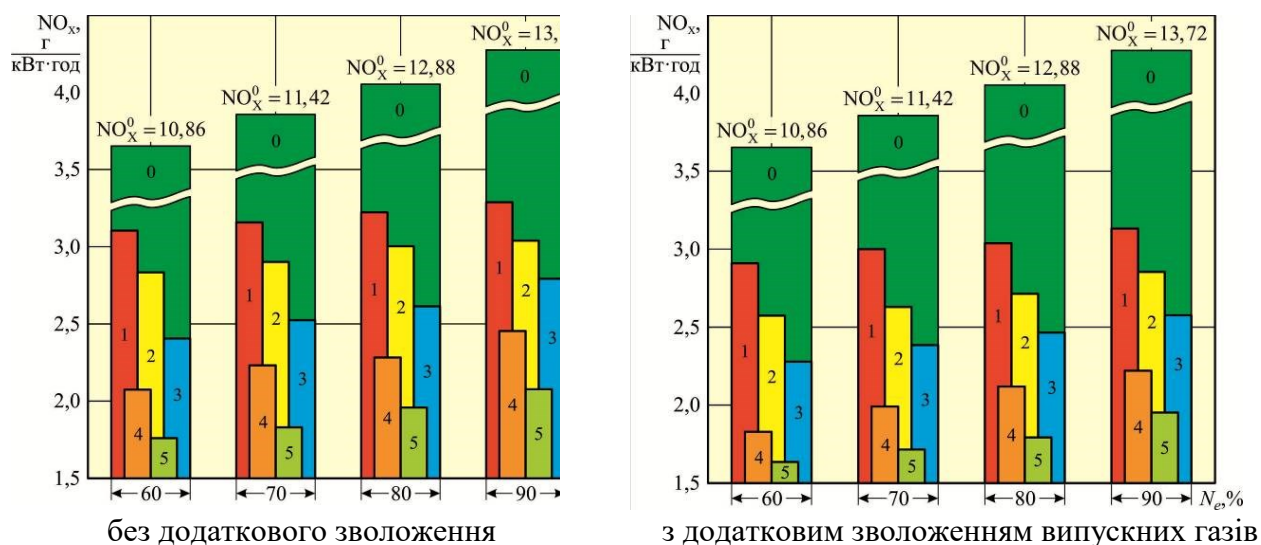


Рисунок 2 – Зміна концентрації оксидів азоту у випускних газах суднового дизеля MAN-Diesel 5G70ME за різних умов експлуатації системи EGR: 1 – $\delta_{EGR}=5\%$; 2 – $\delta_{EGR}=10\%$; 3 – $\delta_{EGR}=15\%$; 4 – $\delta_{EGR}=20\%$; 5 – $\delta_{EGR}=25\%$; NO_x^0 – експлуатація без використання системи EGR

Результати, що наведені на рис. 2, свідчать про зниження концентрації оксидів азоту у випускних газах суднового дизеля MAN-Diesel 5G70ME-C10 для обох випадків експлуатації системи EGR – без додаткового зволоження випускних газів та з додатковим зволоженням випускних газів. При цьому найбільша ефективність спостерігається для варіанту додаткового зволоження випускних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A. Using exhaust gas bypass for achieving the environmental performance of marine diesel engines // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2021. – № 7-8. – P. 36-43. <https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-36-43>.
2. Побережний Р.В., Сагін С.В. Забезпечення екологічних показників дизелів суден річкового та морського транспорту // Суднові енергетичні установки: наук. -техн. зб. – 2020. – Вип. 41. – С. 5-9. DOI: 10.31653/smf340.2020.5-9.
3. Sagin S., Kuropyatnyk O., Tkachenko I. Ensuring the environmental friendliness of marine diesel engines of specialized ships // Суднові енергетичні установки: наук. -техн. зб. – 2022. – Вип. 45. – С. 5-16. doi: 10.31653/smf45.2022.5-16.
4. Сагін С.В., Куропятник О.А. Визначення оптимальних режимів процесів управління випускними газами судових дизелів // Водний транспорт: Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 2(40). – С. 173-185. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.16.
5. Budashko V., Sandler A., Glazeva O. Improvement of the Predictive Control Method for the High-Level Controller. 2024 IEEE 17th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv, Ukraine, 2024. P. 294-297, doi: 10.1109/TCSET64720.2024.10755561.

Куропятник Олексій Андрійович,
доктор філософії, докторант,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;
<https://orcid.org/0009-0008-2565-5771>
e-mail: kuropyatnyk83@gmail.com

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИЛІНДРОВОЇ ГРУПИ СУДНОВИХ МАЛООБЕРТОВИХ ДИЗЕЛІВ

Разінкін Р.О.

Актуальність досліджень. Експлуатація суднових дизелів нерозривно пов'язана із завданням забезпечення якісного мащення елементів циліндрової групи [1]. Відхилення подачі циліндрового мастила від його оптимального значення призводить до збільшення рівню контактних взаємодій між поршневими кільцями та циліндровою втулкою або зменшенню рухливості поршневих кілець. Обидва фактора призводять до збільшення зносу кілець та втулки циліндра, пошкодженню дзеркала втулки, руйнуванню та порушенню компресійної дії кілець та деяким іншим негативним факторам.

Матеріали та методи. Однією з комплексних систем, що забезпечують контроль та діагностику стану циліндрових втулок та поршневих кілець сучасних суднових двигунів, є система MAPEX (Monitoring & maintenance, Performance, Enhancement with Expert knowledge), розроблена корпорацією Wärtsilä-Sulzer [2]. Блок-схему системи MAPEX наведено на рис. 1.

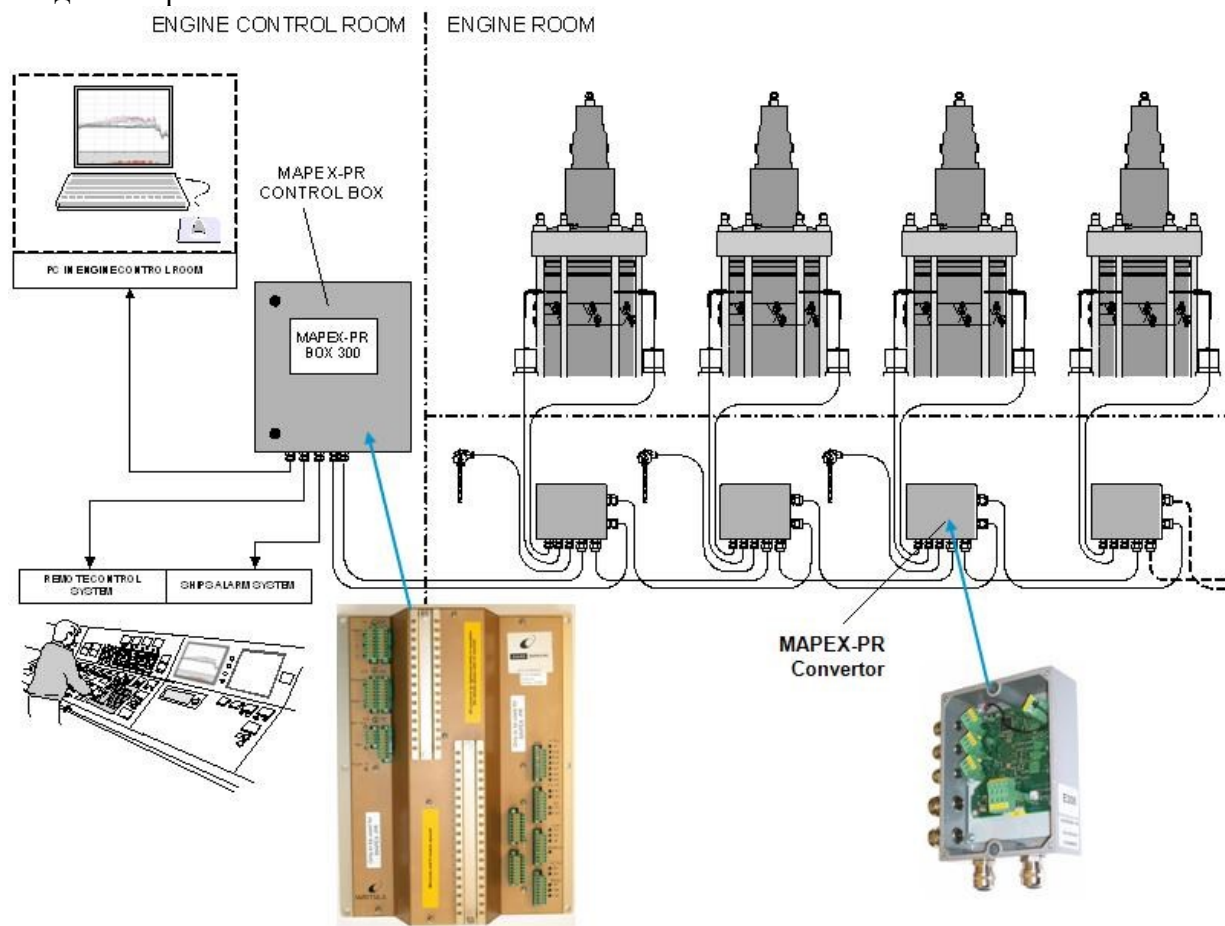


Рисунок 1 – Блок-схема системи MAPEX

Система MAPEX призначена лише для моніторингу параметрів роботи системи циліндрового змащування та сигналізації у разі їх критичного відхилення. Система MAPEX не чинить управляючого впливу на дизель і забезпечує лише дозовану подачу циліндрового мастила в залежності від частоти обертання та потужності дизеля, а також в залежності від вмісту сірки в паливі.

Система MAPEX виконує такі функції:

- спостереження за стабільністю мастильної плівки циліндрових втулок;
- активацію сигналізації у разі місцевого перегріву втулки;
- спостереження за температурою охолоджувальної води та сигналізацію у разі виходу контрольованих параметрів із встановлених режимів;
- інформування у разі виходу з ладу однієї чи кількох форсунок циліндрової системи мащення, що забезпечують подачу мастила на дзеркало циліндрової втулки;
- спостереження за температурою надувного повітря та сигналізацію у разі виходу її значення із встановлених режимів.

Усі сигналізації виходять на монітор і зберігаються на жорсткому диску комп'ютера з можливістю перегляду в потрібний час.

Однією із проблем, пов'язаних із забезпеченням постійного контролю технічного стану елементів циліндропоршневої групи, є необхідність проведення їх візуального контролю [3]. Для сучасних малообертових дизелів з великою кількістю обладнання, що встановлюється поблизу циліндрового блоку та на кришці циліндра, ця процедура може досягати десятка годин, що особливо відчутно для суден, що виконують контейнерні перевезення та суден, що працюють у акваторіях інтенсивного судноплавства [4]. Система моніторингу MAPEX дозволяє стежити за станом циліндрових втулок та поршневих кілець без візуальних інспекцій циліндропоршневої групи. Приклад візуалізації контролю показників стану циліндрових втулок дизеля 9RT-flex96C показано на рис. 2.

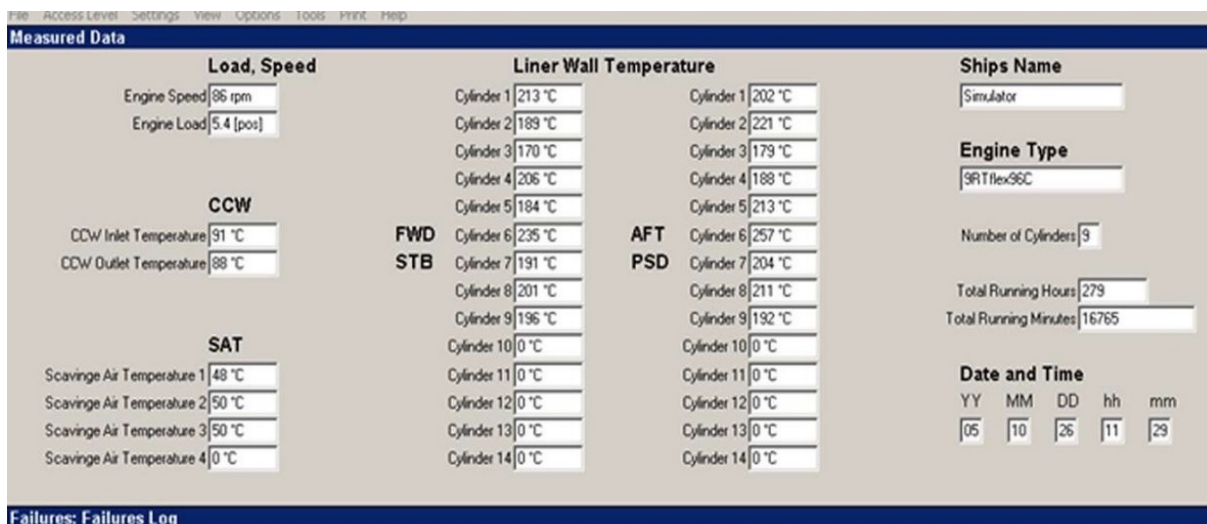


Рисунок 2 – Приклад сигналізації у системі MAPEX

Отримані результати та їх обговорення. Специфічні умови експлуатації суднових дизелів (зміна погодних умов, складний трафік руху, режими експлуатації за малими і дуже малими навантаженнями з наступним переходом на режими номінальної та максимально допустимої потужності) не дозволяють ідеально прогнозувати процеси, що перебігають під час мащення циліндрової групи суднових дизелів та які описані в функціональному призначенні системи MAPEX. При цьому під час використання системи MAPEX забезпечується зменшення часу на візуальні інспекції циліндропоршневої групи. Це сприяє забезпеченню раціональної подачі мастила на дзеркало циліндрової втулки, підтримці необхідних режимів охолодження втулок циліндрів, своєчасній заміні форсунок циліндрової системи мащення. Результатом наведених чинників є підвищення надійності роботи суднових дизелів, зниження трудовитрат з їхньої обслуговування, зменшення експлуатаційних витрат судновласника. Завдяки аналізу стану циліндрових втулок система

26 листопада 2025 року

МАРЕХ дозволяє виконувати своєчасне виявлення неполадок у роботі циліндрової системи змащування та проведення технологічних операцій щодо їх усунення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сагін С.В. Определение диапазона стратификации вязкости смазочного материала в трибологических системах судовых дизелей // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. Наук. праць. – 2019. – Вип. 1(58). – С. 89-100.
2. Чимшир В.І., Разінкін Р.О. Аналіз показників системи діагностування моторного мастила судових довгоходових дизелів // Суднові енергетичні установки : науково-технічний збірник. – 2025. – Вип. 51. – С. 94-106. doi: DOI: 10.31653/51.2025.94-106.
3. Сагін С.В., Столярик Т.О. Динаміка судових дизелів під час використання моторних мастил з різними структурними характеристиками // Автоматизація судових технічних засобів: наук. -техн. зб. – 2021. – Вип. 27. С. 108-119. DOI: 10.31653/1819-3293-2021-1-27-108-119.
4. Sagin S., Sagin A. Development of method for managing risk factors for emergency situations when using low-sulfur content fuel in marine diesel engines // Technology Audit and Production Reserves. – 2023. – № 5 (1(73)). – P. 37-43. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.290198>.

Разінкін Роман Олександрович,
старший викладач, Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса;
<https://orcid.org/0000-0002-5817-7445>
e-mail: razinkin@dinuoma.com.ua

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ МІЖНАРОДНИМ ЕКОЛОГІЧНИМ НОРМАМ ЩОДО ВИКИДІВ ОКСИДІВ СІРКИ

Чалий Д.А.

Актуальність досліджень. Питанням екологічної безпеки суден морського та внутрішнього водного транспорту приділяється значна увага. Найбільшу шкоду довкіллю завдає суднова енергетична установка, в результаті роботи якої утворюються такі шкідливі речовини, як незгорілі вуглеводні, тверді частинки, оксиди азоту, парникові гази та сполуки сірки. Вирішенню цієї проблеми присвячені матеріали та рекомендації міжнародних організацій, а також наукові розвідки численних дослідників [2, 3]. Метою дослідження був аналіз технологічних рішень, спрямованих на досягнення відповідності суднових дизелів міжнародним екологічним стандартам щодо викидів оксидів сірки.

Матеріали та методи. Одним із способів забезпечення відповідності вимогам MARPOL щодо викидів оксидів сірки SO_x та вмісту сірки в судновому паливі є перехід на альтернативні види палива. Як основні види палива, здатними повністю або частково замінити нафтопродукти, розглядаються: зріджений природний газ (LNG), аміак, а також паливо біологічного походження (біопаливо).

Зріджений природний газ (LNG) є екологічно чистим та безпечним судновим паливом. Він відповідає вимогам Додатка VI MARPOL. Через повну відсутність сірки в його складі, використання LNG забезпечує нульові викиди оксидів сірки та практично нульові викиди твердих частинок. Динаміку впровадження суден морського транспорту на паливі LNG показано на рис. 1.

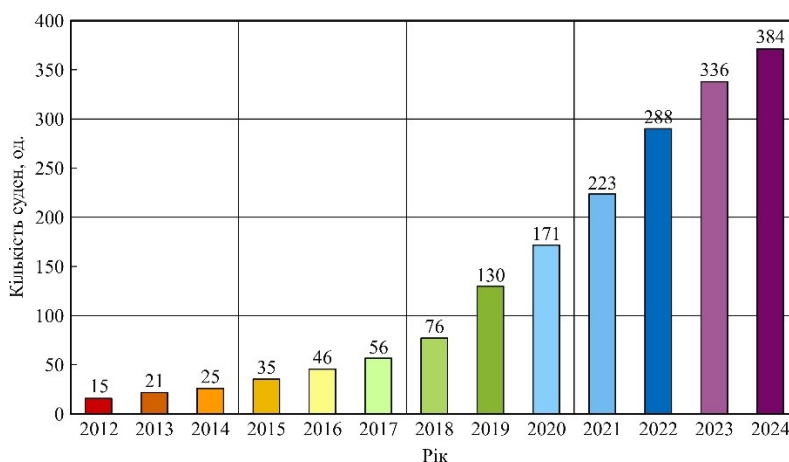


Рисунок 1 – Динаміка розвитку морських суден на LNG паливі

Аміак, як хімічна сполука, розглядається як один із варіантів чистого палива, що може застосовуватися в суднових дизелях для виконання корисного обсягу робіт.

Паливо біологічного походження / біопаливо з кожним роком отримує все більше впровадження на суднових дизелях морського та внутрішнього водного транспорту. При цьому вона використовується як біодизель (у рідкому стані) або біогаз (у газоподібному стані). Біодизель є синтетичним паливом, яке виробляють із біологічної сировини (рослинні олії, тваринні жири, водорості тощо) шляхом хімічної реакції. Динаміку розвитку суден морського транспорту, що використовують паливо біологічного походження в якості основного джерела енергії або у суміші з традиційним паливом, наведено на рис. 3.

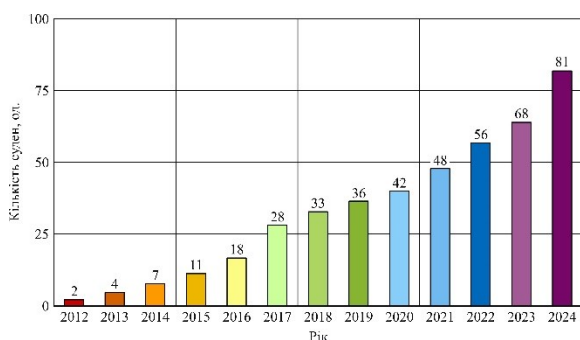


Рисунок 2 – Динаміка розвитку морських суден, що використовують аміак як паливо

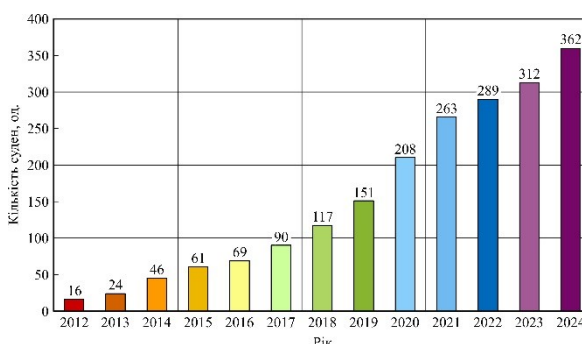


Рисунок 3 – Динаміка розвитку морських суден, що використовують паливо біологічного походження як основне джерело енергії, або у складі суміші з нафтовим паливом

Отримані результати та їх обговорення. До основних видів палива, здатних повністю або частково замінити нафтопродукти, належать: зріджений природний газ, аміак та паливо біологічного походження. Кожен із зазначених альтернативних видів палива має певні переваги як у порівнянні з традиційним паливом, так і в порівнянні один з одним. Вибір альтернативного палива з метою зниження рівню емісії оксидів сірки з випускними газами судових дизелів залежить від конструкції паливної апаратури та комплектації паливних систем дизеля, від характеристик та призначення судня а також від району його експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kolegaev, M., Brazhnik, I. (2024). Improvement of the process of preparing cargo tanks of crude oil tankers for cargo operations. *Technology Audit and Production Reserves*, 6(1(80)), 36–40. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.318534>.
2. Sagin, S.V., Sagin, S.S., Madey, V. (2023). Analysis of methods of managing the environmental safety of the navigation passage of ships of maritime transport. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (3(72)), 33–42. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.286039>.
3. Sagin S.V., Sagin S.S., Fomin O., Gaichenia O., Zablotskyi Y., Pířst'ek V., Kuřcera P. (2024). Use of biofuels in marine diesel engines for sustainable and safe maritime transport. *Renewable Energy*, 224, 120221. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120221>.

Чалий Дмитро Андрійович

здобувач другого рівня вищої освіти,

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

<https://orcid.org/0009-0005-7017-9741>

e-mail: torg2002au@gmail.com

Науковий керівник Колегаєв Михайло Олександрович

к-т техн. наук, професор, директор Навчально-наукового інституту інженерії,

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

<https://orcid.org/0009-0003-1113-6149>

e-mail: smf@onma.edu.ua

ПІДТРИМАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВИХ МОТОРНИХ МАСТИЛ

Янцелевич О.С.

Актуальність досліджень. Найбільш критичними для двигунів різних типів, включно суднових середньообертових дизелів (СОД), є пускові режими. Підвищити їхню надійність можливо шляхом удосконалення функціонування циркуляційної мастильної системи дизеля за допомогою регулювання реологічних властивостей мастильного матеріалу. Для суден середньої водотоннажності із головним двигуном яким є СОД, що працює на гвинт, крок якого регулюється (ГКР), питання підготовки дизеля та його обслуговуючих систем до моменту виходу судна з дока раніше розглядалися з точки зору загальної підготовки суднової енергетичної установки у стан готовності до експлуатації [2]. Дослідження роботи циркуляційних систем мащення проводилися за умови, що використовуване моторне мастило не зазнає жодної додаткової обробки (зокрема, внесення поверхнево-активних речовин для покращення його реологічних показників). Також не розглядалася можливість модифікації існуючих мастильних систем для підвищення надійності їх функціонування під час аварійного пуску дизеля [3]. Проведений огляд актуальних досліджень засвідчує наявність невирішеної проблеми, пов'язаної із забезпеченням додаткових маневрених якостей судна, що може бути досягнуто через оптимізацію експлуатаційних характеристик роботи циркуляційних систем мащення суднових дизелів.

Матеріали та методи. Експериментальна частина даного дослідження була виконана на судні водотоннажністю 6230 тонн. Як головний двигун на судні використовувався чотиритактний СОД Hanshin Diesel Work 6LH46L номінальною потужністю 3390 кВт, що працює на ГКР [4]. Схема циркуляційної мастильної системи цього дизеля представлена на рис. 1. Призначення елементів схеми є зрозумілим і не потребує додаткових роз'яснень.

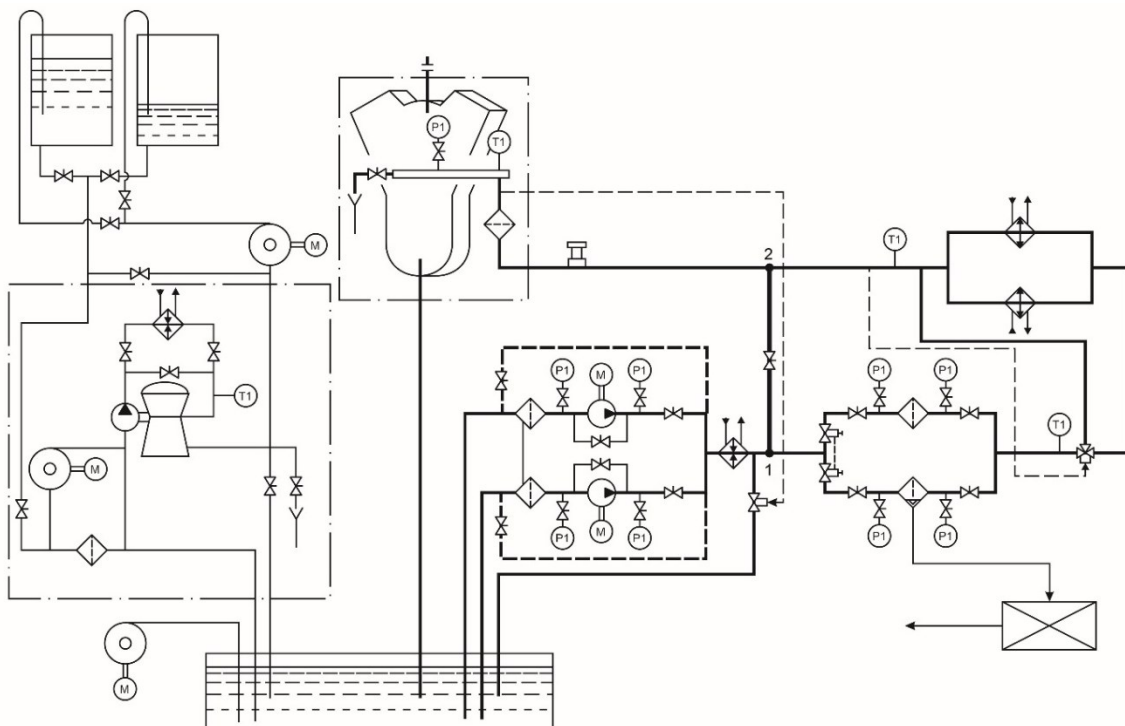


Рисунок 1 – Схема мастильної системи суднового дизеля Hanshin Diesel Work 6LH46L

Під час аварійного пуску час подачі мастила до вузлів тертя (перш за все, до підшипників руху) має критичне значення, і функціональність цього процесу виходить на перший план порівняно з необхідністю попереднього прогріву дизеля. У зв'язку з цим стандартна схема була доповнена лінією 1-2. Мастило, що подається по цій магістралі, зазнавало процесу корекції реологічних характеристик шляхом введення поверхнево-активних речовин. Важливо відзначити, що мастило по магістралі 1-2 надходило до дизеля, оминаючи блок фільтрації та охолодження. З експлуатаційної точки зору це пояснюється тим, що в момент пуску дизеля мастило в системі ще не має підвищеної температури, тому необхідність у його охолодженні відсутня. Безпосередньо на вході в дизель мастило проходить через мастильний фільтр, який забезпечує необхідний рівень очищення, а для режимів аварійного пуску процес фільтрації може бути здійснений без додаткового проходження мастила через штатну систему фільтрів. Крім того, під час аварійного пуску дизеля рекомендувалося використовувати обидва мастильних насоси; їхня паралельна робота підвищувала тиск мастила в системі та, відповідно, в парі тертя вал-вкладиш підшипника.

Як контрольовані параметри були обрані: тиск мастила в системі мащення колінчастого вала та частота обертання колінчастого вала. Результати проведених експериментів представлені на рис. 2, а, б, де показано залежності тиску в системі мащення колінчастого вала $p_{\text{ц}}$, МПа, та частоти обертання вала n , об/хв. від часу.

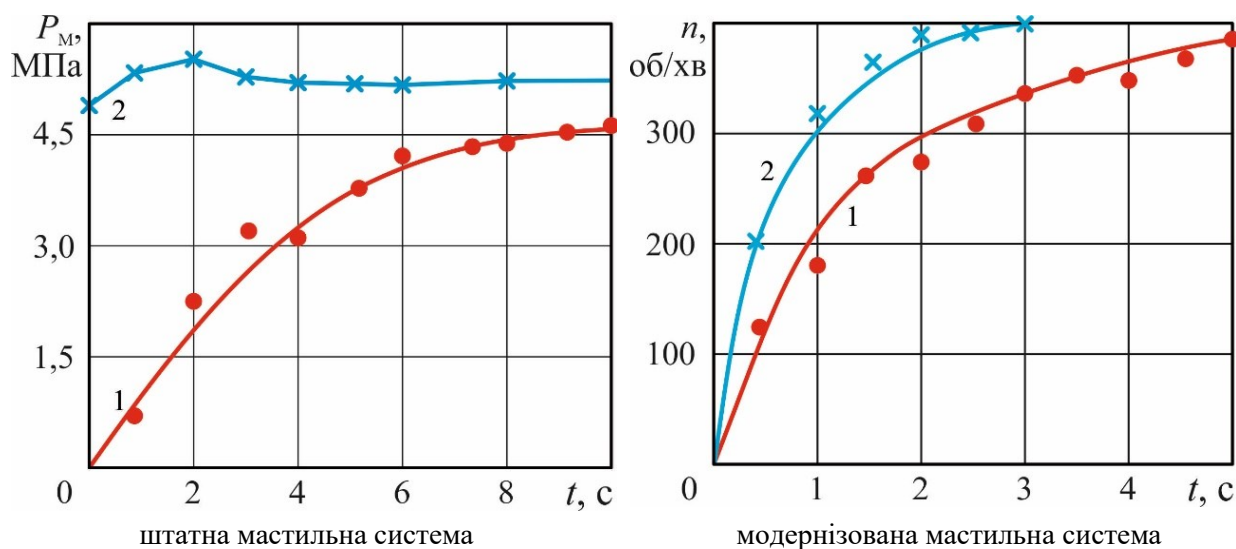


Рис. 2. Зміни в пусковий період роботи дизеля Hanshin Diesel Work 6LN46L: тиску мастила в системі мащення $p_{\text{ц}}$, МПа; частоти обертання колінчастого вала n , об/хв

Отримані результати та їх обговорення. Додаткове забезпечення мастилом ще не працюючого дизеля істотно підвищує його робочу надійність. Прискорена стабілізація тиску мастила в парі вал-вкладиш підшипника є цілком зрозумілою і не потребує додаткового пояснення (рис. 2, а). Більш скоріша стабілізація частоти обертання вала дизеля в пусковий період, перш за все, пояснюється зменшенням механічних втрат у дизелі (рис. 2, б).

ЛІТЕРАТУРА

1. Sagin S., Madey V., Stoliaryk T. Analysis of mechanical energy losses in marine diesels // Technology Audit and Production Reserves. – 2021. – № 5 (2 (61)). – P. 26-32. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239698>.
2. Сагін С.В., Столярик Т.О. Аналіз експлуатаційних характеристик моторних мастил суднових дизелів // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. – 2021. – Вип. 43. – С. 69-80. doi: 10.31653/smf343.2021.69-80.
3. Sagin S., Madey V., Sagin A., Stoliaryk T., Fomin O., Kučera P. Ensuring Reliable and Safe Operation of Trunk Diesel Engines of Marine Transport Vessels. Journal of Maritime Science & Engineering. – 2022. – Vol. 10. – 1373. <https://doi.org/10.3390/jmse10101373>
4. Сагін С.В., Столярик Т.О. Динаміка суднових дизелів під час використання моторних мастил з різними структурними характеристиками // Автоматизація суднових технічних засобів : наук. -техн. зб. – 2021. – Вип. 27. – С. 108 -119. DOI: 10.31653/1819-3293-2021-1-27-108-119.

Янцелевич Олександр Сергійович

здобувач другого рівня вищої освіти,

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

<https://orcid.org/0009-0008-7082-4597>

e-mail: alexysants9@gmail.com

Науковий керівник Сагін Сергій Вікторович

д-р техн. наук, професор,

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса;

<https://orcid.org/0000-0001-8742-2836>

e-mail: saginsergii@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ШЛЯХОМ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ У ПОВІТРЯНОМУ ЗАЗОРІ

Скороход Б. Г.

Постановка проблеми. Змінне магнітне поле у повітряному зазорі електричного двигуна призводить до специфічних механічних коливань. У випадку нерівномірного зазору між ротором і статором виникає одностороння радіальна сила, яка є причиною вимушених коливань у асинхронних електродвигунах. Також коефіцієнт корисної дії зменшується до 2,8 %, максимальний та пусковий момент до 20 % та 8 % відповідно, а ковзання збільшується до 10 %. У випадку нерівномірного повітряного зазору крива магнітної індукції спотворюється. Для обчислення величини цієї сили використовують складні обчислювальні методи, в яких є показник напруженості магнітного поля. Для його знаходження використовують тензор напруги Максвелла, але це не дає нам можливості відслідковувати його у динаміці.

Актуальність досліджень. Саме ці причини спонукають стати актуальною ідеєю вимірювання магнітного поля у повітряному зазорі електродвигуна. Для цього сьогодні використовуються наступні датчики: датчики Холла, датчики анізотропного магнітоопору, магнітно-п'єзореzystивні датчики та датчики сили Лоренца. Але необхідність споживання енергії цими датчиками обмежує їх використання. Тому значну увагу, як зчитувальним пристроям з нульовим споживанням енергії, приділили магнітно-п'єзоелектричним датчикам MEMS.

Як правило, ці MEMS-магнітно-п'єзоелектричні датчики складаються з магнітних матеріалів, п'єзоелектричних матеріалів та механічної рухомої частини. Магнітні матеріали використовуються як середовище для вимірювання магнітного поля. Коли до датчика прикладається змінне магнітне поле, індуктується магнітна сила між магнітними матеріалами та магнітним полем. Згодом сила деформує (відхиляє) рухому структуру, а також п'єзоелектричний матеріал, закріплений на структурі. Ця деформація зрештою створює вихідну напругу завдяки п'єзоелектричному ефекту, і таким чином досягається сприйняття магнітних полів.

Суть дослідження. Робота п'єзоелектричного датчика заснована на п'єзоелектричному ефекті. Розрізняють зворотній та прямий п'єзоелектричний ефект. Зворотній – під час внесення п'єзокристала в електричне поле, виникає геометрична зміна розмірів кристала. Прямий – полягає у виникненні електричних зарядів на гранях під час механічного впливу.

При наявності форми поля у повітряному зазорі, можна розкласти її на гармонічний ряд та знайти амплітуду першої гармоніки, а також частоту та амплітуду висших гармонік індукції. Амплітуди і фази висших гармонік змінюються при змінні навантаження, напруги та частоти. Спираючись на роботи по аналізу та дослідженню магнітного поля у повітряному зазорі, яких є не багато, можна стверджувати що: Чим менше повітряний зазор, тим менше його магнітний спротив та напруженість магнітного поля. Тому, збільшення зазору призводить до зменшення магніторушійної сили, збільшення $\cos \phi$.

Практичний аспект досліджень. Ця робота присвячена дослідженню динамічних характеристик асинхронного двигуна завдяки п'єзоелектричному датчику. Очікується що при змінні навантаження асинхронного двигуна можна буде спостерігати зміну напруженості магнітного поля у повітряному зазорі, а також використовувати цей метод для спостерігання стану обмоток двигуна. Для цього розроблюється макет, котрий приведений на рис.1, і плануються проведення дослідів на судновому обладнанні.

26 листопада 2025 року



Рисунок 1 – Елементи дослідницького макету

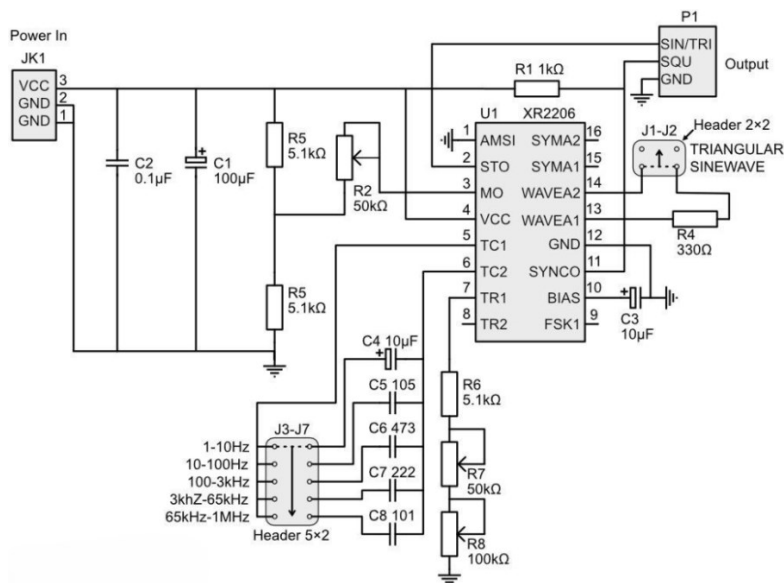


Рисунок 2 – Схема генератора частоти коливань п'єзопластин

У даному макеті змінне магнітне поле у повітряному зазорі імітується завдяки генератору частоти, схема якого отримана з відкритих джерел наведена на рис.2.

Передбачається що така конструкція дозволить призвести до механічних деформацій (коливань) біморфну пластинку з вимірювальним перетворювачем поля, завдяки чому можна буде вимірювати напругу, яка дасть можливість отримувати параметри напруженості та форми силових ліній магнітного поля в зазорі АД.

Висновки. Розробка макету та його застосування в наступних дослідженнях асинхронного двигуна імовірно дозволить відтворити картину магнітного поля у повітряному зазорі між ротором і статором, та отримати нові експериментальні дані, які дозволять динамічні характеристики асинхронних двигунів та покращити схеми керування приводом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Po-Chen Yeh, Hao Duan, Tien-Kan Chung. A Novel Three-Axial Magnetic-Piezoelectric MEMS AC Magnetic Field Sensor – micromachines.
2. Иксар Е.В., Колесников И.К. Повышение эффективности энергетических показателей работы асинхронного двигателя за счет уменьшения потерь в воздушном зазоре – Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences.
3. Ping Yu, Weiting Liu, Chunxin Gu, Xiaoying Cheng and Xin Fu. Flexible Piezoelectric Tactile Sensor Array for Dynamic Three-Axis Force Measurement, sensors.

Скороход Богдан Григорійович

здобувач другого рівня вищої освіти,

Національний університет “Одеська морська академія”, м. Одеса;

e-mail: bogdansk042@gmail.com

Науковий керівник Рябцов Олександр Васильович

к.т.н., доцент кафедри електрообладнання і автоматики суден,

Національний університет “Одеська морська академія”, м. Одеса;

<https://orcid.org/0000-0001-8259-7266>

e-mail: alex.ryabtsov@gmail.com

ПОКРАЩЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ПЕРЕБУВАННЯ МОРЯКІВ НА СУДНІ

Гончарук О. Ю.

Тривале перебування моряків на судні ставить перед судноплавними компаніями та проектувальниками суден складне завдання — забезпечити оптимальні умови життя і праці екіпажу. Одним із ключових чинників ергономічної адаптації є створення сприятливого мікроклімату у житлових приміщеннях, зокрема каютах, де моряки проводять значну частину часу під час переходів. Комфортне середовище включає не лише температурний режим, вентиляцію та освітлення, але й психологічну атмосферу, що сприяє відновленню сил та зниженню рівня стресу.

Міжнародні стандарти, закріплені у документах ІМО та ІЛО, визначають мінімальні вимоги до умов праці та відпочинку моряків, приділяючи особливу увагу мікроклімату, дизайну суден та профілактиці втоми. Поєднання технічних рішень — сучасних систем кондиціонування, шумоізоляції та ергономічного планування кают з організаційними заходами та правовими нормами створює комплексний підхід до адаптації екіпажу. Саме якісний мікроклімат у житлових приміщеннях стає запорукою безпеки, здоров'я та ефективності роботи моряків під час тривалих переходів.

Метою дослідження є поліпшення умов перебування моряків на судні під час перевезення вантажів між морськими та річковими портами.

Враховуючи індивідуальні можливості людського організму, їх проживання в каютах носить особливий, комплексний характер, який впливає на психічний стан моряка [1]. Однією з причин аварійності на морському транспорті являється «людський фактор», який спричиняє ушкодження берегових споруд, судна, його енергетичних установок і систем [2]. Тому виникає проблема в індивідуальному мікрокліматі не тільки в каюті, а й на робочому місті.

Зміна природних метеорологічних умов, штормів, кліматичних та часових поясів в період плавання призводить до неповноцінного відпочинку членів екіпажу. Все це впливає на здоров'я, працездатність та відпочинок людини. Крім того члени екіпажу судна різняться за віком, станом психічного та фізіологічного здоров'я і це потребує індивідуального, особистого ставлення до людини. Для цього необхідні сучасні судові системи життєзабезпечення для взаємодії організму людини з довкіллям і визначення оптимальних параметрів мікроклімату для покращення самопочуття і здоров'я моряків.

Для конструктивного вирішення одного із цих завдань пропонується встановлення в каютах членів екіпажу такої системи на базі мікроконтролера Arduino (рис.1).



Рисунок 1 – Система комфорту в каюті на базі мікроконтролера Arduino

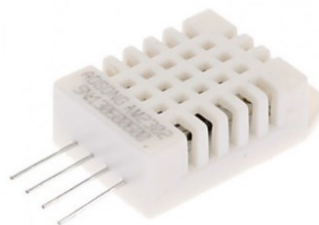


Рисунок 2 – Загальний вигляд датчика температури та вологості DHT22

26 листопада 2025 року

Принцип роботи системи комфорту полягає в тому, що мікроконтролер Arduino зчитує точні дані про температуру та вологість у каюті з датчика DHT22, виводячи їх на дисплей LCD 1602, тоді як користувач за допомогою енкодера встановлює собі бажаний рівень комфорту. Датчик DHT22 має наступні характеристики (рис.2): напруга живлення 3,5-5,5В; діапазон температур від -40 до +80 °С; діапазон вологості: 0 – 100%.

Висновок. Специфіка експлуатації морських та річкових суден вимагає подальшого вирішення ергономічних питань, а саме адаптувати перебування людини на судні на тривалих переходах. Міжнародні стандарти (ІМО, ІЛО, МLC) забезпечують мінімальний рівень комфорту, але компанії можуть впроваджувати додаткові рішення для підвищення якості життя екіпажу, тому розробка нових технічних рішень побудови багатопараметричних пристроїв комфортності та мікроклімату на робочих місцях та каютах членів екіпажу є актуальним завданням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зайцева Т.Г. Психологічні механізми активізації людського ресурсу моряка // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», 28.05.2013 - 30.05.2013. – Херсон: ХДМА, 2013. – С.11-13.
2. Самонов С.Ф. Підвищення надійності енергозабезпечення річкових суден при проходженні мостів / С.Ф. Самонов, В.О. Дубовик, А.А. Кульбацький // Матеріали XIII міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 22.11.2023 - 23.11.2023. – Одеса: НУ ОМА, 2023. – С.92-95.

Гончарук Олександр Юрійович
здобувач першого рівня вищої освіти,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса
e-mail: oleksandrgoncharuk1230@gmail.com

Науковий керівник Дубовик Віталій Олександрович
старший викладач кафедри електричної інженерії та електроніки,
Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса
<https://orcid.org/0009-0001-6571-1140>
e-mail: vadubovyk@ukr.net

ПРОПУЛЬСИВНІ І ГЕНЕРУЮЧІ МОЖЛИВОСТІ ПАРУСІВ

Каравелков В.В., Проданов Ю.О.

Одним з можливих шляхів підвищення енергоефективності і, як наслідок, екологічності суднової пропульсивної установки (ПУ) є мінімізація витрат палива головним двигуном (ГД). Внаслідок того, що сучасні малообертові двигуни (МОД) практично досягли термодинамічної межі свого розвитку, їх розробники спрямовують основні зусилля на удосконалення ГД як елемента пропульсивної системи (ПС).

В останні роки значні зміни в МОД обумовлені зростаючими екологічними вимогами до скорочення викидів шкідливих речовин у довкілля. У зв'язку з цим розроблені і запроваджені ефективні міжнародні нормативи по зниженню викидів, які регламентовані Міжнародною морською організацією (ІМО - International Maritime Organization), конвенцією МАРПОЛ, додатком VI [1].

Ідея по використанню на судах додаткових екологічно чистих двигунів вийшла на новий рівень при сучасних можливостях науки і техніки. Використання енергії вітру для руху судна – один з варіантів зниження витрат палива. Найбільше перспективними, дослідженими і випробуваними на судах на даний момент є буксирні повітряні змії – кайти (kite). Вони можуть взаємодіяти як з традиційними ПС в якості додаткового рушія, так і уособлено при сприятливих гідрометеорологічних умовах.

Мета роботи – показати можливості використання енергії вітру для руху суден і генерації електричної енергії для підвищення ефективності та екологічної безпеки проектів на тлі необхідності виконання вимог ІМО, які введені в 2013р.

Останні дослідження показали, що потенціал для економії великий, в деяких випадках він досягає 50%. У зв'язку з введенням показника, який свідчить про ефективність судна у відношенні паливної економичності і викидів парникових газів (ПГ), введений конструктивний індекс CO₂, а також індикатор експлуатаційної ефективності, який визначає ефективність судна за кількістю CO₂ в тонах, викинутих окремою установкою за період рейсу на тону перевезеного вантажу на відстань в 1 миль.

Зниження емісії ПГ визначається у відповідності з Поправкою до Додатку VI Конвенції МАРПОЛ з технічних заходів із скорочення викидів ПГ з суден у відповідності до Резолюції ІМО МЕРС.203(62), яка діє з 2013 р.

Доступна ефективна потужність вітроенергетичних установок (ВЕУ) як інноваційної технології у відповідності до [2], віднесена до категорії В-2 (рух за допомогою ВЕУ: вітрила, кайти, ротори Флеттнера), розраховують наступним чином:

$$(f_{eff} \cdot P_{eff}) = \left(\frac{0,5144 \cdot v_{ref}}{\eta_T} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F(v_{ref})_{i,j} \cdot W_{i,j} \right) - \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P(v_{ref})_{i,j} \cdot W_{i,j} \right), \quad (1)$$

де 0,5144 – коефіцієнт конвертації морських миль за годину (вузли) у метри за секунду (м/с); $(f_{eff} \cdot P_{eff})$ – доступна ефективна потужність в кВт, яка досягається вказаною ВЕУ; f_{eff} і P_{eff} об'єднуються в розрахунок, оскільки добуток доступності і потужності є результатом матричної операції, яка враховує кожний вітровий стан з ймовірністю і конкретною силою ВЕУ; η_T – загальний ККД головного привода (-ів) при 75% номінальної встановленої потужності ГД. В розрахунках рекомендується $\eta_T=0,7$, якщо інше значення не вказано і не завірене перевіряючим; $F(v_{ref})_{i,j}$ – матриця сил відповідної ВЕУ для даної швидкості судна. Кожен матричний елемент є рушійною силою в кН для відповідної швидкості судна і кута вітру. Кут вітру вказується у відносних пеленгах (з 0° в носовій частині судна). Досконалий розрахунок матриці сил і результатів випробувань

ВЕУ повинний бути представлений для завірення перевіряючому фірмою-виробником; $W_{i,j}$ - матриця ймовірності глобального вітру. Містить дані про вітрову енергію на основних шляхах судноплавства (рис.1), які ґрунтуються на статистичному огляді даних про вітер. Складові глобальної матриці ймовірності вітру містяться в [3]; $P(v_{ref})_{i,j}$ - матриця з тими ж розмірностями, що і $F(v_{ref})_{i,j}$ та $W_{i,j}$. Вона являє собою потребу в потужності для роботи ВЕУ.

Основні маршрути судноплавства сформувались на підставі багатолітньої практики ще вітрильного флоту, а сучасні дослідження, за допомогою супутникових даних про вітровий потенціал на глобальних маршрутах (рис.1) показують, що вони практично повністю збігаються.

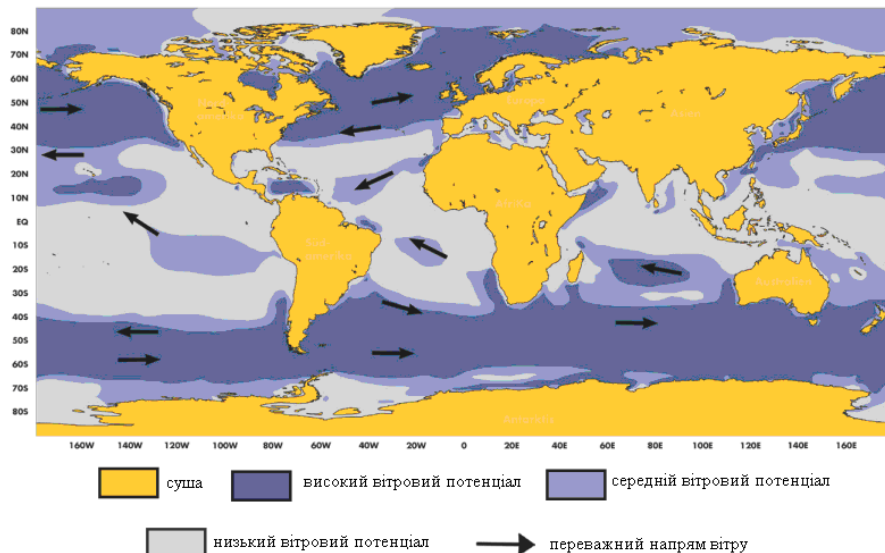


Рисунок 1 – Дані про вітровий потенціал на глобальних маршрутах судноплавства, отриманих на підставі супутникових даних

Кайт – буксирний керований повітряний змій, який по формі нагадує літальний пароплан (рис.2).

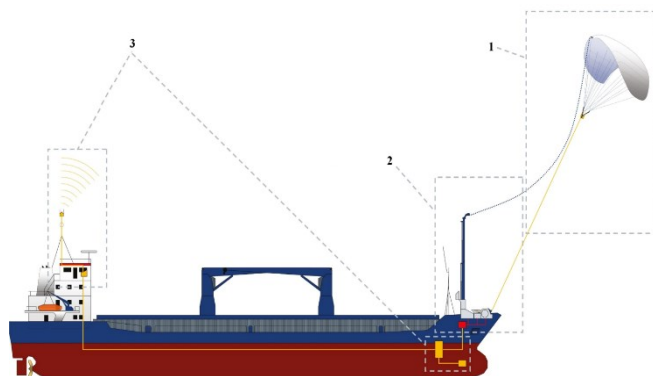


Рисунок 2 – Основні елементи пропульсивної системи з кайтом. 1 - система тяги: кайт, блок збирання інформації, трос; 2 – система запуску та приземлення кайта: лебідка, штанга, система керування; 3 – система контролю: блок отримання і опрацювання інформації, анемометр, блок керування.

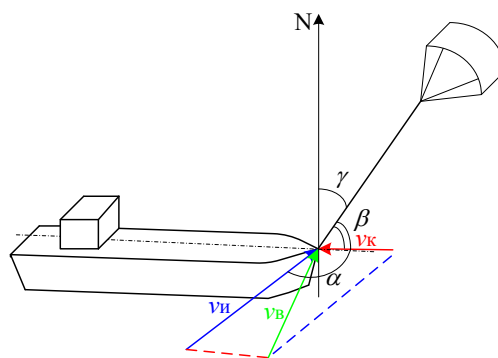


Рисунок 3 – Визначення швидкості вимпельного вітру: v_k - вектор швидкості курсового вітру; v_l - вектор швидкості істинного вітру; v_v - вектор швидкості вимпельного вітру; α – кут між векторами швидкості істинного та курсового вітру; γ – азимут; N – напрямок на Північ.

Виготовляється зі спеціального синтетичного двошарового матеріалу підвищеної міцності. Його профіль розбитий на чисельну кількість зон, керованих комп'ютерною програмою, яка забезпечує зміну довжини строп кайту і, тим самим змінювати його положення у повітрі. При цьому, в залежності від напрямку вітру встановлюється оптимальна геометрія крила. Система керування кайтом забезпечує маневри у вигляді «вісімки», що суттєво збільшує тягове зусилля. В цілому система повністю автоматизована і не потребує внесення значних змін в конструкцію судна. Система керування кайтом комп'ютеризована, має графічний інтерфейс і може працювати як в режимі автопілоту, так і в ручному. Швидкість вітру змінюється в залежності від висоти. Так, на висоті 100м вона може зростати на 20%, а при 400м - на 45% по відношенню до швидкості вітру на висоті 10м над рівнем моря. Ефективне рішення по розробці і запровадженню кайтів на морські судна в якості додаткових рушіїв було запропоновано компанією SkySails (ФРН) [4].

На відміну від вітрил, в яких використовується поверхнева сила вітру, кайт працює на більших висотах, на яких швидкість і напрям вітру є більше стабільними [5]. З метою отримання максимального тягового зусилля кайт рухається за заданою траєкторією. При цьому максимальний размах кайта може складати до 250м в ширину і до 50м у висоту [4]. Мінімально можлива швидкість вітру для кайта, дорівнює 3м/с і пов'язана з необхідністю його запуску і підйому над поверхнею води на початку роботи, а максимальна – 25м/с – лімітується міцнісними властивостями його конструкції. Мінімальний кут між напрямом вітру і курсом судна для роботи кайта може складати 50°, але це для значної сили вітру і помірної швидкості судна.

Запуск і приземлення кайта здійснюється автоматично. При запуску піднімається і висувається телескопічна штанга зі складеним «гармонікою» кайтом, який розгортається на достатній висоті і запускається на надміцному синтетичному тросі. Лебідка розмотує буксирний трос, доки не буде досягнута висота, яка є достатньою для його роботи. Пристрій у зібраному вигляді займає не більше 20м³. Закріплюється в носовій частині судна, не впливаючи на його центр ваги. Кожен етап запуску і приземлення кайта займає близько 10хв. і контролюється за допомогою дисплея, встановленого на ходовому містку.

Підтримка фіксовано прийнятого курсу судна забезпечується узгодженою роботою системи керування кайтом і системою стернового управління.

Для запобігання небажаного впливу на конструкцію судна або ГД додаткових сил, їх слід визначати в процесі сертифікації *EEDI*. При необхідності елементи в матриці сил ВЕУ можуть бути обмежені конкретно для кожного типу судна. Технічні засоби для обмеження сили ВЕУ повинні бути перевірені на ходових випробуваннях. В маркуванні ВЕУ, наприклад SKS640 (640кН), вказується її допустиме навантаження, але фактично використовується поняття *ефективне навантаження*, яке вказує на максимальну тягову системи в напрямку судна при оптимальних умовах (фактично 320кН). Це є дуже суттєвим при визначенні розмірів системи SkySails, оскільки її можна безпосередньо порівняти з тягою, необхідною судну для досягнення його крейсерської швидкості, і пов'язане, перед усім, з різницею в конструкціях суден і їх роботою на різних маршрутах [4].

Визначити відносну рушійну потужність системи для конкретного типу судна складно, але для того, щоб надати уявлення про неї, фірма SkySails вказує її ефективне навантаження для стандартних умов, які представлені в таблиці 1 і ґрунтуються на результатах натурних випробувань і теоретичних розрахунках.

Висока буксирна швидкість повітряного змія є особливо важливою, оскільки швидкість повітряного потоку в його аеродинамічному профілі є основним показником його продуктивності.

Швидкість вимпельного (уявного) вітру визначається на висоті 10м над поверхнею моря (тобто над ватерлінією), як показано на рис.3 згідно з виразом:

$$v_{ВИМП} = \sqrt{(v_I \cdot \cos \alpha + v_K)^2 + (v_I \cdot \sin \alpha)^2}, \quad (2)$$

де v_K – швидкість курсового вітру, яка дорівнює швидкості судна v_C , м/с; v_I – швидкість істинного вітру, м/с; α – кут між векторами швидкості істинного та курсового вітру, град.

Таблиця 1 – Характеристики БЕУ системи SkySails для стандартних умов

Швидкість вітру, м/с (вузли)	12,8 (25)
Кут істинного вітру, град	130
Швидкість судна, м/с (узлы)	5,1 (10)
Хвилювання моря, бали	2 (висота хвиль більше 60см)
ККД гвинта	0,6
Режим роботи кайта	динамічний

Для більшої наочності на рис.3 представлений порядок визначення швидкості вимпельного вітру.

Для інших висот швидкість вітру визначається:

$$v_{КАЙТА} = v_{ВИМП} \cdot \left(\frac{h_K}{10} \right)^{0,11}, \quad (3)$$

Висота підйому кайта визначається таким чином:

$$h_K = R \cdot \sin \beta, \quad (4)$$

де β – кут підйому кайта (кут між горизонтальною площиною, яка проходить через носову частину судна і тросом кайта), град; R – довжина троса, м.

Підйомна сила і сила лобового опору кайта визначаються за (5) і (6), представленими в [4]:

$$F_{\Pi} = \frac{1}{2} \cdot C_L \cdot \rho \cdot v_{КАЙТА}^2 \cdot S \quad (5)$$

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot v_{КАЙТА}^2 \cdot S, \quad (6)$$

де ρ – густина повітря, кг/м³ (в розрахунках можна прийняти $\rho=1,225$); S – площа кайта, м²; C_L – коефіцієнт підйому; C_D – коефіцієнт лобового опору. Для кайтів з профілем у вигляді аеродинамічного крила значення вказаних коефіцієнтів складають $C_L=1$ і $C_D=0,286$, відповідно.

Сила тяги кайта (кН), при цьому складе:

$$F_K = \frac{\sqrt{F_{\Pi}^2 + F_D^2}}{1000}, \quad (7)$$

Отримане значення сил тяги кайта повинне бути більшим за значення буксирного опору (кН), яке можна визначити з рис.4. Представлені значення буксирних опорів є характерними для більшості типів суден при заданих швидкостях в цьому діапазоні [6].

Як показують дослідження, кайти можна використовувати не лише в якості БЕУ, але й для виробництва електричної енергії. При цьому можна використати частину елементів системи керування БЕУ.

Електричну потужність, генеровану кайтом можна визначити у відповідності до (8), представленого в [8]:

$$P = \frac{2}{27} \cdot \rho \cdot S \cdot v_B^3 \cdot C_L \cdot \left(\frac{C_L}{C_D} \right)^2, \quad (8)$$

де v_B – швидкість вітру, м/с. Швидкість вітру визначається на підставі даних системи управління кайтом. В таблиці 2 представлені технічні характеристики кайта типу SKS PN14 для генерування електричної енергії – вітрова генераційна установка (ВГУ).

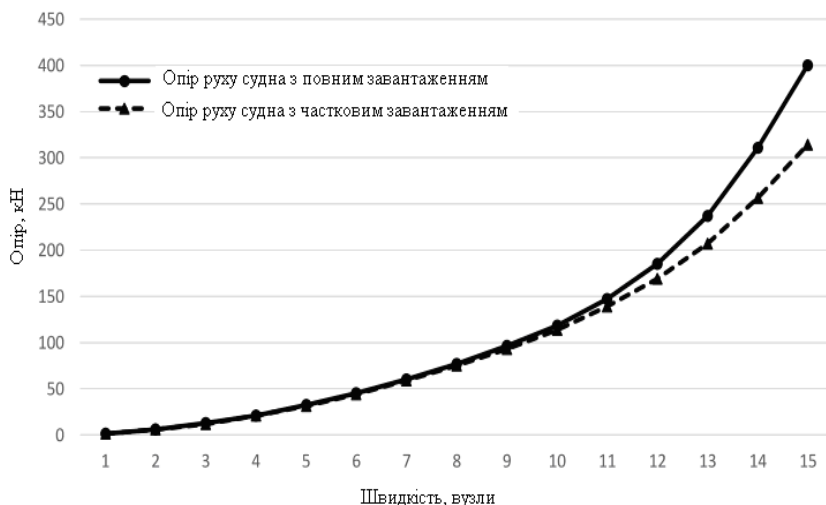


Рисунок 4 – Значення буксирних опорів

Таблиця 2 – Технічні характеристики кайта типу SKS PN14

Генерована потужність, кВт	80-200
Площа кайта, м ²	90-180
Швидкість вітру, м/с	3-25
Довжина троса, м	800
Діаметр троса, мм	14
Розташування електростанції	30-и футовий контейнер

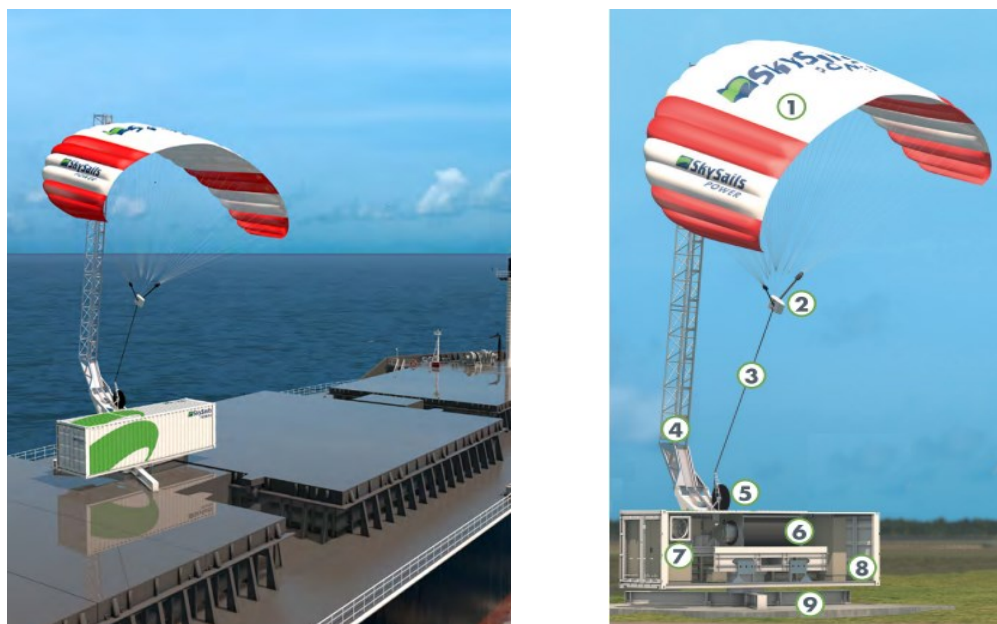


Рисунок 5 – Зовнішній вигляд вітрової генераційної установки та її внутрішній устрій:
1- кайт; 2 – блок збирання інформації; 3 – трос; 4 – мачта для запуску кайта та його приземлення; 5 – спрямовуючий диск; 6 – лебідка з генератором; 7 – шафа управління; 8 – стандартний контейнер; 9 – стійка з кільцевим кріпленням на опорній платформі.

$$P = \frac{2}{27} \cdot \rho \cdot S \cdot v_B^3 \cdot C_L \cdot \left(\frac{C_L}{C_D} \right)^2 = \frac{2}{27} \cdot 1,225 \cdot 90 \cdot 12,5^3 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{0,286} \right)^2 = 195003 \text{ Вт}$$

Висновки. Враховуючи вище викладене можна зробити наступні висновки:

1. економія палива, в залежності від погодних умов, складає від 5-30% та більше, за даними фірми-виробника SkySails, що позитивно впливає на екологічну ситуацію та знижує кількість шкідливих викидів в атмосферу.
2. кайти можуть використовуватись як на нових суднах, так і на суднах старої будови. Експлуатація кайта дозволяє також підвищити ресурс головного двигуна за рахунок зниження навантаження і, відповідно, знизити витрати палива.
3. генерація електричної енергії за допомогою кайтів на суднах буде мати обмежений характер, оскільки таку систему можна використати не для кожного типу судна і необхідно мати додатковий простір для встановлення контейнера і експлуатації генератора.

ЛІТЕРАТУРА

1. MARPOL 73/78 (consolidated edition). – IMO. – London. – 2011. – 488 p
2. MEPC.1/Circ.815. 17 June 2013. 2013 GUIDANCE ON TREATMENT OF INNOVATIVE ENERGY EFFICIENCY TECHNOLOGIES FOR CALCULATION AND VERIFICATION OF THE ATTAINED EEDI. Access mode: https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/activities/statutory/eedi/mepc_1-circ_815.pdf
3. Rules VI Additional Rules and Guidelines. Part 13 Energy Efficiency. Chapter 1 Guidelines for Determination of the Energy Efficiency Design Index. Germanischer Lloyd SE. Edition 2013. Access mode: <https://rules.dnvgl.com>
4. Turn wind into profit. Technology information. Access mode: <https://www.skysails.com>
5. <https://www.kitedynamics.com/?language=ENG>
6. Рак О.М. Особливості визначення потужності допоміжно-аварійного електроприводу руху судна з комбінованою дизель-електричною силовою установкою / О.М. Рак, В.В. Бушер, О.В. Глазева // Електромеханічні і енергозберігаючі системи, р-ISSN 2072-2052, е-ISSN 2074-9937. – Кременчук: КрНУ, – 2020. – Вип. 4/2020 (52). – С. 8–16. Access mode :<https://doi.org/10.30929/2072-2052.2020.4.52.8-16>http://ees.kdu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/03/01_8-16_Рак_Бушер_Глазева.pdf
7. Wind-powered auxiliary generator skysails power S-CLASS. Access mode: <https://skysails-power.com/wpag.html>
8. Moritz Diehl. Airborne Wind Energy: Basic Concepts and Physical Foundations. Access mode: <https://homes.esat.kuleuven.be/~highwind/wp-content/uploads/2013/08/Diehl2013a.pdf>

Каравєлков Валерій Валерійович

здобувач першого рівня вищої освіти, ННІАтаЕМ
Національний університет “Одеська морська академія”, м. Одеса;
e-mail: vykaravielkov@gmail.com

Проданов Юрій Олександрович

здобувач першого рівня вищої освіти, ННІП,
Національний університет “Одеська морська академія”, м. Одеса;
e-mail: yurij.prodanow@gmail.com

Науковий керівник Глазева Оксана Володимирівна

к.т.н., доцент, заступник директора навчально-наукового інституту
автоматики та електромеханіки,
Національний університет “Одеська морська академія”, м. Одеса;
<https://orcid.org/0000-0002-4992-7697>
e-mail: o.glazeva@gmail.com

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОПИС

Алексейчук Б.М. РОЗРАХУНОК КООРДИНАТ СУДНА ПО ПЕЛЕНГАМ ТА ДИСТАНЦІЯМ ДЕКІЛЬКОХ ОРІЄНТИРІВ /Алексейчук Б.М., Мельник О. М. // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.5-7

Вдовиця О.А. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РЕЖИМІВ ГОРІННЯ ПАЛИВА В СУДНОВИХ КОТЛАХ / Вдовиця О.А., Михайленко В.С. // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.8-9

Ткаленко О. С. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ ANN-PI²D РЕГУЛЯТОРА НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА INTEL GALILEO /Ткаленко О. С.// V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.10-13

Аніканов В.С. ДОСЛІЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СУДНОВОГО ПАРОВОГО КОТЛА /Аніканов В.С., Михайленко В.С. // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.14-16

Чекерський А.С. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ СТАБІЛІЗАЦІЄЮ КУРСУ СУДНА /Чекерський А.С., Михайленко В.С.// V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.17-18

Герман О.О., Горетий М.А. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ПІДШИПНИКІВ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ/ Герман О.О., Горетий М.А., Михайленко В.С. // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С. 19-20

Романець А. О. МОДЕРНІЗАЦІЯ ДАТЧИКА МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МЕРЕЖІ З ВИСОКОВОЛЬТНИМ ПРИСТРОЄМ ПЛАВНОГО ПУСКУ / Романець А. О. // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.21-24

Гвоздік О.М. ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ДІЯЛЬНІСТЬ МОРСЬКИХ ПОРТІВ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЇХ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ / Гвоздік О.М., Іванова А.В. // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.25-27

Хінева Г.І., Слюсаренко В.Д. ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ МОРЕГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД / *Хінева Г.І., Слюсаренко В.Д., Іванова А.В.* // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.28-32

Самойлик А.В. МОРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА СТРУКТУРОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ МОРЕПЛАВСТВА / *Самойлик А.В., Іванова А.В.* // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.33-37

Ковальчук К.О. ГІБРАЛТАРСЬКА ПРОТОКА: ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ / *Ковальчук К.О., Півторак Г.Ф.* // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.38-40

Канєвський С.О. ДОСЛІДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СУДНОВОГО КОМПРЕСОРА ПУСКОВОГО ПОВІТРЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ / *Канєвський С.О., Гвоздева І.М.* // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.41-42

Куропятник О.А. УПРАВЛІННЯ ЕМІСІЄЮ ОКСИДІВ АЗОТУ ШЛЯХОМ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗІВ В СИСТЕМІ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ / *Куропятник О.А.* // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.43-45

Разінкін Р.О. КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИЛІНДРОВОЇ ГРУПИ СУДНОВИХ МАЛООБЕРТОВИХ ДИЗЕЛІВ / *Разінкін Р.О.* // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.46-48

Чалий Д.А. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ МІЖНАРОДНИМ ЕКОЛОГІЧНИМ НОРМАМ ЩОДО ВИКИДІВ ОКСИДІВ СІРКИ / *Чалий Д.А., Колєгаєв М.О.* // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.49-50

Янцєлевич О.С. ПІДТРИМАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВИХ МОТОРНИХ МАСТИЛ / *Янцєлевич О.С., Сагін С.В.* // V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.51-53

Скороход Б. Г. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ШЛЯХОМ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ У ПОВІТРЯНОМУ ЗАЗОРІ/*Скороход Б. Г., Рябцов О.В.* //V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.54-55

Гончарук О. Ю. ПОКРАЩЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ПЕРЕБУВАННЯ МОРЯКІВ НА СУДНІ / *Гончарук О. Ю., Дубовик В.О.* //V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.56-57

Каравелков В.В. ПРОПУЛЬСИВНІ І ГЕНЕРУЮЧІ МОЖЛИВОСТІ ПАРУСІВ /*Каравелков В.В., Проданов Ю.О., Глазєва О.В.* //V науково-технічна конференція молодих вчених «ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ», 26.11.2025 – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С.58-63



V науково-технічна конференція молодих вчених
«ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ»
26 листопада 2025 року

Для нотатків

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ

V науково-технічної конференції молодих вчених
**«ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ НА МОРСЬКОМУ
ТА ВНУТРІШНЬОМУ ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ»**

26 листопада 2025 року

Комп'ютерна верстка: *Глазєва О.В.*

Підписано до друку 30.12.2025
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 3,95
Тираж 50 пр. Замовлення № И24-02-31

НУ «ОМА», центр «Видавінформ»
65052, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 8, корп.7
Свідоцтво ДК № 1292 от 20.03.2003
e-mail: publish@onma.edu.ua
Телефони: +38(048)793-24-50
+38 (0482) 793-24-51